

# **PhD értekezés**

**Király Lajos**

**- 2023 -**

**NEMZETI KÖZSZOLGÁLATI EGYETEM  
KATONAI MŰSZAKI DOKTORI ISKOLA**

**Király Lajos**

**Robbanásvédelmi vizsgálatok kiterjesztése az  
üzemi-és munkabiztonság növelése érdekében**

**Doktori (PhD) értekezés**

.....

**Témavezető:**

**Dr. Restás Ágoston, egyetemi tanár**

**BUDAPEST, 2023.**

# TARTALOMJEGYZÉK

<b>BEVEZETÉS</b> .....	<b>4</b>
RELEVÁNS SZAKIRODALOM ÁTTEKINTÉSE .....	<b>8</b>
A TUDOMÁNYOS PROBLÉMA MEGFOGALMAZÁSA .....	<b>10</b>
KUTATÁS HIPOTÉZISEK MEGFOGALMAZÁSA.....	<b>13</b>
KUTATÁSI CÉLKITŰZÉSEK .....	<b>13</b>
KUTATÁSI MÓDSZEREK .....	<b>14</b>
<b>1. A ROBBANÁSVÉDELEM ÁTTEKINTŐ VIZSGÁLATA</b> .....	<b>17</b>
1.1. A robbanás általános bemutatása .....	17
1.2. Jelentősebb robbanások a múltban.....	21
1.3. A munkavégzés feltételrendszere robbanásveszélyes területen .....	23
1.3.1. A zónabesorolás kritériumai és átsorolási lehetősége szellőzéssel .....	23
1.3.2. A kockázatelemzés folyamata.....	31
1.3.3. A munkavégzés feltételrendszerének minimális követelményei .....	33
1.4. Hatósági jelenlét a robbanásvédelem területén .....	34
1.5. Ellentmondások a magyar jogrendszerben.....	36
1.6. A Tűzvédelmi Műszaki Irányelvek általános bemutatása.....	40
1.6.1. A robbanásvédelmi TvMI további fejlesztési lehetőségei .....	42
1.6.2. A HAZOP SIL és a LOPA alkalmazása.....	45
1.7. Létesítési feltételek katasztrófahelyzetre – forgatókönyv elemzés .....	49
1.8. Részkövetkeztetések.....	53
<b>2. DIKLÓRMETÁN KOMPLEX ÉGHETŐSÉGÉNEK VIZSGÁLATA</b> .....	<b>56</b>
2.1. A diklórmétán (DCM) általános bemutatása.....	<b>56</b>
2.2. A DCM veszélyes tulajdonságai .....	<b>57</b>
2.3. A DCM kémiai instabilitása és reakciói.....	60
2.4. A DCM viselkedése ipari körülmények között.....	64
2.5. A DCM vizsgálatának háttere és laborterve.....	68
2.6. A DCM lobbanáspont vizsgálata és eredményei.....	71
2.7. A DCM éghetőségi vizsgálata forró fém felületen.....	73
2.8. A DCM viselkedésének robbantókamrás vizsgálata .....	78
2.9. Részkövetkeztetések.....	82
<b>3. ROBBANÁSVESZÉLYES MUNKAKÖRNYEZET VIZSGÁLATA</b> .....	<b>84</b>
3.1. A kérdőíves kutatás módszertani háttere.....	84
3.2. Korábbi kérdőíves kutatások a katasztrófavédelem kutatási területen.....	87

3.3	Kérdőíves adatgyűjtésem módszertani háttere.....	89
3.4	Munkavállalók attitűd-vizsgálata a robbanásvédelem területén .....	92
3.4.1	A kérdőíves kutatás demográfiai válaszainak kiértékelése .....	93
3.4.2	A kérdőíves kutatás önértékelési válaszainak kiértékelése .....	97
3.4.3	A kérdőíves kutatás munkahelyi attitűd vizsgálatának kiértékelése .....	102
3.4.4	A kérdőíves kutatás robbanásvédelmet érintő kiértékelése.....	111
3.5	Robbanásvédelmi előadások további lehetőségei .....	117
3.6	Kockázati mátrix elemzése.....	119
3.7	Részkövetkeztetések.....	122
	<b>ÖSSZEGZETT KÖVETKEZTETÉSEK.....</b>	<b>124</b>
	<b>ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK.....</b>	<b>129</b>
	<b>AJÁNLÁSOK .....</b>	<b>130</b>
	<b>KUTATÁSI EREDMÉNYEK GYAKORLATI FELHASZNÁLHATÓSÁGA .....</b>	<b>131</b>
	<b>HIVATKOZOTT IRODALOM JEGYZÉKE .....</b>	<b>132</b>
	<b>A DOKTORI ÉRTEKEZÉS BENYÚJTÓJÁNAK A TÉMAKÖRBŐL KÉSZÜLT PUBLIKÁCIÓS JEGYZÉKE .....</b>	<b>139</b>
	<b>Az értekezés kohéziós táblázata .....</b>	<b>141</b>
	<b>MELLÉKLETEK.....</b>	<b>144</b>

## BEVEZETÉS

A katasztrófavédelem nemzeti ügy, a védekezés egységes irányítása állami feladat, amely megjelenik a 2011. évi CXXVIII. törvény a katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról (továbbiakban katasztrófavédelmi törvény) létrehozott jogszabályban. Az egységes katasztrófavédelem kialakulásával a korábbihoz képest nagyobb hangsúlyt kapott a megelőzés, amely természetesen sok más feladatkör mellett a robbanásvédelemre is hatással volt. A robbanásvédelem jogszabályi szempontból elsősorban a munkavédelem része, de a katasztrófavédelem valamennyi feladatrendszeréhez köthető témakör. Szorosan kapcsolódik az iparbiztonsági szakterülethez, hiszen a veszélyes anyagot tároló vagy feldolgozó üzemekben olyan robbanásveszélyes terek alakulhatnak ki, amelyek veszélyeztetik az emberi életet és az anyagi javakat. A balesetek elkerülése és megelőzése érdekében hatósági tevékenység működik. A téma a tűzoltósági szakterülethez szintén köthető, hiszen a mentő tűzvédelem elsődleges beavatkozói maguk a tűzoltók, akik akár az életük kockáztatásával is végrehajtják a tűzoltói beavatkozást. A 6/2016. (VI.24.) BM OKF utasítás 1. sz. melléklete a Tűzoltás-taktikai Szabályzat XIII. fejezete mutatja be a tűzoltást veszélyes anyag jelenlétében [1]. Egy veszélyes anyag szabadba kerülése nem csupán az üzem területén, hanem annak környezetében is okozhat az egészségre káros hatásokat. Egy ilyen esemény során sor kerülhet akár a lakosság kitelepítésére, kimenekítésére is, amely tevékenység már a polgári védelmi szakterülethez köthető.

A robbanások kapcsán az embernek óhatatlanul először a 2004. augusztus 5.-én bekövetkezett törökbálinti petárdaraktár robbanása jut eszébe, amely katasztrófa során három ember veszítette életét [44]. A robbanás a tér és időkoordinátáknak megfelelően alapvetően egy statikus katasztrófa, tehát egy meghatározott jól körülhatárolható helyen megy végbe és a következmények felszámolása is az adott helyen valósul meg. Az ilyen katasztrófák rendszerint a helyi, rendelkezésre álló erők igénybevételével felszámolhatók. Meg kell azonban jegyezni, hogy egy detonáció dominó-hatást is előidézhet, amelynek következtében az emberi élet mentése érdekében a polgári védelem részéről sor kerülhet a lakosság kitelepítésére is. Ez is azt támasztja alá, hogy a robbanásvédelem a veszélyes anyagok jelenléte miatt kiemelt fontosságú téma, amely folyamatos vizsgálatra, kutatásra és korszerűsítésre szorul. A téma rendkívül széleskörű, ezért a robbanásvédelem témakörét szűkítenem kellett. Ennek keretén belül az értekezésemben bemutatom a robbanásvédelmet érintő hazai és nemzetközi jogszabályok ellentmondásait és hiányosságait, illetve megfogalmazom a további fejlesztési lehetőségeket. Ezen kívül egy saját tervezésű mérést is készítek egy általam kiválasztott veszélyes anyag

kapcsán, amellyel felhívom a figyelmet a veszélyes anyagok egyéb, eddig nem vizsgált körülményeire. Végül elvégzem az egyes veszélyes üzemek dolgozóinak attitűd-vizsgálatát is a biztonságos munkavégzés fenntartásának, illetve az esetleges üzemzavarok hatékonyabb elhárítása érdekében.

Ez a három témakör megítélésem szerint kapcsolódik egymáshoz, hiszen egy már eddig is jól működő jogszabályi rendszer további fejlesztési lehetőségeinek vizsgálata a veszélyes anyagok extrém körülmények közötti alkalmazásával, további olyan munka és balesetvédelmi előadások tervezését teszi lehetővé, amely eddig ilyen formában még nem valósult meg.

Minden olyan anyag vagy készítmény veszélyesnek tekinthető, amely fizikai, kémiai illetve biológiai hatása révén az emberi szervezet és/vagy környezet károsítására képes. Főbb csoportjai a következők:

- robbanó anyagok és készítmények
- oxidáló anyagok és készítmények
- fokozottan tűzveszélyes anyagok és készítmények
- tűzveszélyes anyagok és készítmények
- kismértékben tűzveszélyes anyagok és készítmények
- nagyon mérgezőek
- mérgezőek
- ártalmasak
- maró (korrozív) anyagok és készítmények
- irritáló v. izgató anyagok és készítmények
- túlérzékenységet okozó (allergizáló, szenzibilizáló) anyagok és készítmények
- karcinogén (daganatkeltő) anyagok és készítmények
- mutagén (genetikai károsodást okozó) anyagok és készítmények
- reprodukciót és az utódok fejlődését károsító anyagok és készítmények
- környezetre veszélyes anyagok és készítmények [2].

Látható tehát, hogy a veszélyes anyagok jelenléte mindennapi életünk részét képezi. Vannak azonban olyan állampolgárok, akik munkájuk során gyakrabban és nagyobb mennyiségben foglalkoznak veszélyes anyagokkal. A következőben a veszélyes anyagokkal kapcsolatos tevékenységeket mutatom be röviden.

Magyarországon az iparbiztonság részét képezi a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek elleni védekezés, a veszélyes áru szállítása, a létfontosságú rendszerek és létesítmények védelme, valamint a nukleáris baleset –elhárítás [3].



1. ábra: Az iparbiztonság szakterületei. Készítette: A szerző.

A fentiek alapján a veszélyes tevékenységek végzésére az alsó vagy felső küszöbértékű veszélyes üzem biztonsági elemzést, illetve biztonsági jelentést készít. A küszöbérték alatti üzemek súlyos káresemény elhárítási tervet (SKET) készítenek. A hatóság a biztonsági tervdokumentáció készítésénél figyelembe veszi a súlyos baleset bekövetkezésének valószínűségét és a súlyos baleset következményeit. Amennyiben a biztonság csak bizonyos feltételekkel fogadható el, abban az esetben a hatóság kötelezi az üzemeltetőt arra, hogy olyan intézkedéseket vezessen be, amelyek elfogadható szintre csökkentik a kockázatot.

A kritikus infrastruktúra védelem szakterületén a katasztrófavédelem bizonyos felelősségi körökkel rendelkezik. Ez hatósági munkavégzést foglal magába.

A *veszélyes áru szállítás* ellenőrzése szintén a katasztrófavédelem egyik feladata. Ez a jogkör kiterjed a közúti (ADR), vasúti (RID), vízi (ADN) és légi szállítás (ICAO) ellenőrzésére is. A szabályok megsértése esetén a hatóság bírságot szab ki. A veszélyes anyagot szállító járművek balesete során a veszélyes anyag a környezetbe kerülhet, amely károsító hatásokat is von maga után [4].

*A nukleáris baleset-elhárítás részeként* Magyarországon a BM OKF működteti az Országos Nukleárisbaleset-elhárítási Rendszert, amelynek legfontosabb feladata a radiológiai és nukleáris balesetekkel kapcsolatos megelőzési, védekezési és helyreállítási feladatok végrehajtása. Az Országos Sugárfigyelő, Jelző és Ellenőrző Rendszer (OSJER) vezető szerve a hivatásos katasztrófavédelmi szerv központi szervének Nukleáris Baleseti Információs és Értékelő Központja (a továbbiakban: NBIÉK).

Látható tehát, hogy a veszélyes anyagok jelenléte számos megoldásra váró feladatot vonz maga után. Ennek érdekében a világ kutatói különböző vizsgálatokat és méréseket végeztek, amelyek számos új megközelítést is eredményeztek. Az értekezésem következő részében néhány ilyen vizsgálatot kívánok bemutatni.

Értekezésemben egy az ipari technológiában elterjedt veszélyes anyag a diklórmetán (DCM) tulajdonságait is megvizsgálom. A kiválasztott veszélyes anyag elemzése azért fontos, mert az akkumulátor gyártás egyik alapanyagának előállítása során, diklór-metánt (DCM)/metilén-klorid oldószert használnak, amelyet többször és többlépcsőben újra hasznosítanak (regenerálást követően), a többszöri újra- regenerálás során a technológia, további nehezen kiküszöbölhető potenciálisan is veszélyes tűzkockázati helyeket rejt magában. A következő potenciálisan veszélyes keresztmetszeti zónák a következők:

1. DCM gőz visszaszállítása nagyátmérőjű csővezetéken, hibalehetőség lehet: tömítés meghibásodása, vegyianyag kicsapódás és forró (>350°C-os) felületre történő fröccsenés, magas hőmérsékletre felfűtött hengeres csigatengelyes keverőberendezés közelében. Ésszerűen feltételezett forgatókönyv: extrúder szigetelt kamracsövében található hőmérséklet jeladók meghibásodása és/vagy kimoszulása, amelynek következtében a szabályozásra vonatkozó paraméterek az érzékelés nem megfelelőssége miatt nem az elvárt határértékeken belül mozognak, és a hőmérséklet faktor (felfűtés) emelkedése zajlik le. A DCM folyadék esetleges kiszabadulása és felületre forró túlfűtött felületre történő fröccsenése miatt hirtelen történő robbanás és láng jelenség következhet be, amely az extrúder környezetében található paraffin ködöt belobbantja és további lánc folyamat indulhat be.

2. Mosó és szárító berendezés hőmérséklet kiegyenlítés hiánya következtében fellépő (és nem kellően telített /vízgőz/) veszélyes anyag jelenlét és oxigénes környezet a 10 m/s sebességgel nagyobb mértékben belobbanó anyag (forró felület: szárító berendezés) a 9 mikrométeres PP/PE fólia réteget meggyújtja, amelynek pórusaiban paraffin olaj található finom eloszlásban. Veszély: emberi sérülés vagy halál és berendezések végzetes meghibásodása és



robbanása. Intézkedés: meglévő és szekcionált habrendszerek kiépítése és továbbfejlesztése, magasnyomású automata elárasztás, átmeneti tartályba történő technológiai anyagok kiürítése a csőszakaszokban (gőz és folyadék fázis), tűzcsappantyúk beépítése, szivattyúk belső terének rádiófrekvenciás áramlás- és sűrűségmérése (oxigénes veszélyes anyagmentes működések miatti túlhevülés és kavitációs helyzetek minimalizálása vagy csökkentése).

A fentiek elemzése azért is fontos mert a jogszabályi környezetben található definíciók nem egyértelműek, példaként említve az *1996. évi XXXI. törvény a tűz elleni védekezésről, a műszaki mentésről és a tűzoltóságról*, (továbbiakban\_ Tűzvédelmi törvény) által definiált veszélyes technológia, tűz- és robbanásveszélyes megfogalmazás (amely kellően egyértelmű és egzakt). Az *1993. évi XCIII. törvény a munkavédelemről* (továbbiakban: Munkavédelmi törvény) által megfogalmazott veszélyes technológia és a végrehajtási rendeletben részletezett potenciálisan robbanásveszélyes munkakörnyezet. A fent bemutatott példák kívánják elsődlegesen szemléltetni az esetleges ellentmondásokat rámutatva arra, hogy a szabályozó környezet is frissítésre szorulhat az egyes új eredmények ismertetése mellett.

#### RELEVÁNS SZAKIRODALOM ÁTTEKINTÉSE

A robbanásvédelem elsődleges célja a gyújtóforrás megszüntetése. Ennek keretén belül a robbanásvédelem első európai szabályozása 1975-ben valósult meg egy irányelv keretén belül [5], amely a potenciálisan robbanásveszélyes környezetben használt elektromos berendezésekre vonatkozó tagállami jogszabályok harmonizációját valósította meg. Ezt követően adták ki 1994-ben a 94/9/EK – ma már hatályát veszített - irányelvet, amelyet a köznyelv ATEX direktívaként használ [6]. Az irányelv „*a potenciálisan robbanásveszélyes környezetben levő munkahelyek minimális munkavédelmi követelményeiről*” szóló 3/2003. (III. 11.) FMM–ESZCSM együttes rendelet keretében került bele a magyar jogrendbe, amely az 1999/92/EK irányelvet (ATEX137 irányelv) által megfogalmazottaknak megfelelően a magyar jogszabályi hierarchiába [7], úgy, mint a Munkavédelmi törvény és annak végrehajtási rendeletei szabályozzák. A Munkavédelmi törvény III. fejezete az egészséget nem veszélyeztető és biztonságos munkavégzés követelményeit szabályozza [8]. A fejezet 30 §-ban pedig megjelenik a robbanásvédelmi követelmény a villamosszerelvények kapcsán. A robbanásvédelem és tűzvédelem kapcsolódása a magyarországi jogrendszerben is megjelenik a Tűzvédelmi törvényben [9], illetve az *54/2014. (XII. 5.) BM rendelet az Országos Tűzvédelmi Szabályzatról* (továbbiakban OTSZ) keretén belül [10]. A tűzvédelmi törvényben megjelenik a hivatásos tűzoltóság és az önkormányzati tűzoltóság feladatai között tűz-és robbanásveszély esetén a

biztonsági intézkedések végrehajtásában való közreműködés [9]. Az OTSZ alapján pedig jelenleg a tűzvédelmi hatóság, a katasztrófavédelem a következő vizsgálatokat és ellenőrzéseket végzi a robbanásvédelem tekintetében: Robbanásbiztos alkatrész tanúsítványa, tűzvédelmi szabványossági felülvizsgálati jegyzőkönyv, villámvédelmi szabványossági felülvizsgálati jegyzőkönyv, elektrosztatikus feltöltődés és kisülés elleni védelem tűzvédelmi felülvizsgálati jegyzőkönyv, valamint kábelszigetelés mérési jegyzőkönyv [7] [10]. Emellett kiemelném még a már említett *1999/92/EK irányelvet*, amely a *robbanásveszélyes légkör kockázatának kitett munkavállalók biztonságának és egészségvédelmének javítására vonatkozó minimumkövetelményekről* ír. Az irányelv a robbanásveszélyes munkakörnyezetben kitett munkavállalók biztonsága és egészsége céljából meghatároz bizonyos minimumkövetelményeket. Ennek keretén belül a jogszabály a munkáltatók számára meghatározza a robbanásveszélyes légkör kialakulásának megelőzését, a begyulladás elkerülését, valamint a robbanás hátrányos hatásainak az enyhítését [11].

A robbanásveszélyes környezet meghatározása ma már szabványban meghatározott számítási módszerek segítségével, a szakértők objektív megítélésén alapulva valósul meg. Ma már tudjuk, hogy valamennyi éghető anyag pora hajlamos a porrobbanásra. Számos olyan technológia létezik, amelyekben az alapanyagok por formájában fordulnak elő, ezek a területek pedig robbanásveszélyes területnek minősülnek [12]. Az itt alkalmazott berendezésekre és gépekre vonatkozó követelményeket, valamint a biztonságos munkavégzés feltételeit a jogszabályok mellett különböző szabványok is rögzítik. Ezek közül kiemelném az MSZ EN 60079-17:2014 szabványt, amely a robbanásveszélyes terekben lévő villamos berendezések és nem villamos berendezések OTSZ szerinti felülvizsgálatára és karbantartására közvetlenül ható tényezőket tartalmazza [13]. Az MSZ 15633-1:926 szabvány volt az első, amelyben a robbanásveszélyes teret az EN előírásoknak megfelelően megfogalmazták [14]. A különböző robbanásveszélyes terek zónabesorolására pedig az MSZ EN IEC 60079-10-1:2021 alkalmazható [9]. Irányadó jogszabály még a *35/2016. (IX. 27.) NGM rendelet a potenciálisan robbanásveszélyes környezetben történő alkalmazásra szánt berendezések és védelmi rendszerek vizsgálatáról és tanúsításáról* [16], és a *40/2017. (XII. 4.) NGM rendelet az összekötő és felhasználói berendezésekről, valamint a potenciálisan robbanásveszélyes közegben működő villamos berendezésekről és védelmi rendszerekről* [17]. A robbanásvédelem témakörében már számos kutatást folyt hazai és nemzetközi szinten. Mivel a kutatott témám széleskörű, ezért valamennyi kutatási eredmény bemutatására nincs lehetőségem, azonban az általam legfontosabbnak tartott eredményeket szeretném röviden ismertetni.

Magyarországon említésre méltó Koburger Márk munkája, aki elsősorban a robbanásveszélyes terek zónabesorolásával foglalkozott részletesebben [18] [19]. Szintén ezt a témát vizsgálja Bónusz is, aki a zónabesorolás kapcsán az éghető gőzök, gázok jelenlétét elemzi a villamos veszélyesség fokozatainak elemzésével, a hatályos jogszabályok és szabványok összevetésével [20]. A robbanásveszélyes terekben történő munkavégzést, valamint a robbanásvédelmi dokumentáció készítésének tapasztalatait a Cimer – Dancsesz szerzőpáros vizsgálja mélyrehatóan [21]. A témában az emberi élet védelmét Hernád is megfogalmazta az egyik művében [22]. A téma katasztrófavédelmi vonatkozásában kiemelném Vass Gyula [23] és Szakál Béla doktori értekezését [24], valamint Kerekes Zsuzsanna tanulmányát az építőanyagok tűzvédelmi vizsgálatairól és minősítéséről az Ybl tűzvédelmi laboratóriumában [25]. Fontos mértékadó szakirodalom még egy korábbi előadás sorozat is, amely bemutatja a robbanásveszélyes térségek besorolását, a villamos berendezések tervezését, kiválasztását és szerelését, valamint a különböző készülékek javítását, felújítását és helyreállítását is [26]. Lukács és szerzőtársai pedig mélyrehatóbban foglalkoztak a létfontosságú rendszerelemeket ért robbantásos cselekmények elleni védelem kérdéskörével [27] [28].

A nemzetközi szakirodalmak közül figyelemre méltó Eckhoff munkája, aki a robbanásveszélyt [29], és a porrobbanást [30] elsősorban a feldolgozóiparban vizsgálja. Szintén számottevő alkotásnak tekintem Nolan kézikönyvét a tűz- és robbanásvédelmi műszaki alapelvekről [31]. A robbanásmentesítő követelményekről Lee ír részletesen [32], a porrobbanás megelőzéséről és védelméről gyakorlati útmutatót pedig Barton készíttette el [33]. A témához köthető anyagok vizsgálatával kapcsolatban számos tanulmány készült már. Ezek közül kiemelném Weissmann munkáját a metil-klorid pirolíziséről [34], Senser publikációját a diklórmétán kémiai szempontú vizsgálatáról, illetve Ho és kutatócsoportjának munkáját a diklórmétán termikus reakcióinak vizsgálatáról [35]. A témakör természetesen több releváns szakirodalmat magában foglal. Ezek közül a legrelevánsabb kutatási megállapításokat, értekezéseim fejezeteiben mutatom be részletesebben.

#### A TUDOMÁNYOS PROBLÉMA MEGFOGALMAZÁSA

A tudomány és a technika állandó változásokon megy keresztül a műszaki világban. Történelmünk során számos olyan hasznos technikai újítást fedezett fel az emberiség, amelyek megkönnyítik mindennapjainkat. Ezek az újítások azonban bizonyos esetben robbanásokat eredményezhetnek, amelyek veszélyeztetik az emberi életet és az anyagi javakat. Ennek érdekében fontos meghatározni a biztonságos munkavégzés körülményeit. A XIX. században

a villamos készülékek bevezetésével jelentős változások történtek mind az iparban, mind pedig a háztartásokban. Az iparban elsősorban a szénpor és a metán jelenléte miatt a szénbányákban fellépett egy fejlesztési igény a robbanásvédelem tekintetében [31]. Mivel a villamosság óriási előnyt és segítséget jelentett, alkalmazása egyre szélesebb körben kezdett elterjedni. Ez azonban olyan veszélyeket is magában rejtett, mint a robbanás, ezért megkezdődött ennek megelőzésére irányuló kutatási tevékenység is. Kezdetben meg kellett találni a robbanásveszélyes környezet, a villamos és nem villamos készülékek használatából adódóan a meglévő gyújtóforrások biztonságos elválasztásának lehetséges módjait. Ennek következtében sikerült csökkenteni bányalégrobbanások előfordulását [32]. A biztonság érdekében olyan ellenőrzött villamos berendezések kezdtek el alkalmazni, amelyek megfelelnek a szigorú biztonsági előírásoknak. A biztonsági előírások mára elérték kívánt hatásukat, hiszen a villamos gyújtóforrások által okozott balesetek száma meglehetősen alacsony, a sikeres szabályozásoknak köszönhetően. Ez azonban nem jelenti azt, hogy ne következzenek be ilyen balesetek. Ahogyan számos más katasztrófa, úgy a robbanások is elsősorban az emberi közreműködésre vezethetők vissza [36]. Ma már számos olyan alkalmazás létezik, amely robbanásbiztos terméket igényel. A szakterületen zajló folyamatos kutatási tevékenység során olyan villamos mérés technikákat alakítottak ki, amelyek robbanásveszélyes helyeken is létesíthetők [37].

A különböző szabványok lehetőséget biztosítanak a gyártóknak arra vonatkozóan, hogy robbanásbiztos rendszert, eszközt fejlesztett-e ki. A robbanásvédelem hazai szabályozása egy több hatóságot és szakhatóságot is érintő komplex feladatkör, amely a jogszabályi alapokat figyelembe véve a munkavédelemhez tartozik a 3/2003. (III. 11.) FMM–ESZCSM együttes rendelet szerint [50]. A hatósági munka felelősséggel jár, így az erre vonatkozó kutatási tevékenységnek is folyamatosnak kell lennie. A hatékonyság és a biztonság érdekében az illetékes hatóságokkal szemben ún. követelményrendszereket támasztottak. Bár a követelmények hatékonyak, a teendők átvizsgálásával további javaslatokat is meg lehet fogalmazni a biztonság növelése érdekében.

Éghető gázok, gőzök és porok esetén robbanóképes légtér alakulhat ki. Gyújtóforrás jelenlétében, a robbanásvédelem alapja, hogy a gyújtóforrás valószínűségét csökkenti, olyan védelmi módot alkalmaz, ami mellett nem alakulhat ki gyújtóforrás. A robbanóképes légtér kialakulásától függően a potenciálisan robbanásveszélyes területeket zónákra kell osztani és meg kell határozni az alkalmazott gépekre, berendezésekre és a munkavégzésre vonatkozó

szabályokat. A biztonságos munkavégzés egyik feltétele az, hogy a megfelelő szabályozók mellett olyan munkakörnyezet álljon rendelkezésre, amely biztosítja a megfelelő védelmet az alkalmazott veszélyes anyagok tulajdonságaival szemben, különösen ott, ahol robbanás veszélye is kialakulhat [37].

A témakörhöz köthető szabványok elsősorban normál körülményekre vonatkoznak. A gyakorlatban bekövetkezett események tapasztalataival azonban igazolni szükséges a „normál körülmény” fogalmának kiterjesztését is. A normál körülmény egy olyan tervezett üzemszerű működés, amely magában foglalja a védelmi rendszerek kialakításának esetében az ésszerűen előrelátható rendellenes működést is. A nem normál körülményekre vonatkozó kutatási tevékenység még nem annyira széleskörű, mint a normál körülményt érintő vizsgálatok, ezért ez a terület további elemzésre szorul, hiszen meg kell fogalmazni a nem normál körülményekre vonatkozó minimális feltételrendszert is.

Az iparban a veszélyes üzemi tevékenység biztonsága és annak felügyelete kiemelten fontos. Ezt a különböző jogszabályok betartásával és betartatásával el lehet érni. Fontos azonban a veszélyes anyagok ismerete is. Ezek tulajdonságait a biztonsági adatlapok is feltüntetik. Segítségével megismerhetjük a veszélyes anyagok egészségügyi hatásai, valamint a termékek biztonságos felhasználását, tárolását és ártalmatlanítását. Ez a módszer hatékonyan alkalmazható, azonban megítélésem szerint egy veszélyes üzemben előfordulhatnak olyan extrém körülmények, amelyek következményeként a veszélyes anyag az eddig megszokottakhoz képest másként is viselkedhet. Ezt egy általam kiválasztott anyag kapcsán elemezni is kívánom.

A katasztrófavédelem szakterületén evidens, hogy minden esetben elsődleges az életmentés, ezáltal a biztonság kiemelt szerepet kap az egyes műveletek kapcsán. A biztonságos munkavégzés alapfeltétele az, hogy a munkavállalók – különösen az iparban – ismerjék a környezetükben lévő veszélyforrásokat és azok hatásait. Ennek okán szeretnék megbizonyosodni, arról, hogy a különböző veszélyes ipari üzemek munkavállalói, megfelelő munka, tűz - és balesetvédelmi ismeretekkel rendelkeznek-e, illetve, hogy az eddigi alkalmazott szabályozások tartalmazznak-e még további fejlesztési lehetőségeket. Ezt egy saját kérdőíves adatgyűjtés segítségével kívánom megvalósítani, ahol elsősorban a veszélyes üzem dolgozóinak attitűd-vizsgálatát szeretném elvégezni. Megítélésem szerint az általam kutatott téma aktuális, amely a jövőben elsősorban az ipar folyamatos fejlődése miatt még nagyobb jelentőséget kaphat.

## KUTATÁS HIPOTÉZISEK MEGFOGALMAZÁSA

1. Feltételezésem szerint a robbanásvédelmet érintő egyes hazai szabályozók további fejlesztésével növelhető a magyarországi veszélyes üzemek biztonsága.
2. Vélelmezem, hogy egyes veszélyes anyagok esetében az extrém körülmények hatása a szakirodalmakban található értékeknél hamarabb vezethet az anyag robbanásához.
3. Feltételezésem szerint a jelenlegi tűz- és munkavédelmi előírások tartalmazznak még további szabályozási lehetőségeket, melyek a munkabiztonsági szabályozási környezet egyértelműsítésével és a határvonalak definiálásával növelhetik a biztonság aktuális szintjét.

## KUTATÁSI CÉLKITŰZÉSEK

Az emberi élet és az anyagi javak védelme, valamint a biztonságos munkakörnyezet kialakítása, és a fenti hipotézisek igazolásának érdekében a következő kutatási célkitűzéseket fogalmazom meg:

1. Az eddiginél még biztonságosabb munkakörnyezet kialakításáért célul tűzöm ki egyes hazai jogszabályok, illetve irányelvek gyenge pontjainak feltárását a hatékonyabb robbanásvédelmet szolgáló keretrendszer megfogalmazása érdekében.
2. Célul tűzöm ki annak feltérképezését, hogy egyes hazai veszélyes üzemekben alkalmazott veszélyes anyagok a normál üzemi állapottól eltérő extrém körülmények hatására mutathatnak-e olyan kémiai jelenséget, amely a biztonságra jelentős hatást gyakorolva, a biztonsági adatlap fizikai/kémiai adattartalmának felülvizsgálatát, bővítésének szükségességét indokolja.
3. Céloom megbizonyosodni, hogy a különböző veszélyes ipari üzemek munkavállalói, megfelelő munka, tűz - és balesetvédelmi ismeretekkel rendelkeznek-e, illetve megállapítani, hogy az erre irányuló munkavédelmi szabályozások milyen további fejlesztési lehetőségeket tartalmaznak.

## KUTATÁSI MÓDSZEREK

A fentiekben megfogalmazott kutatási célkitűzéseim elérése érdekében az alábbi, főbb kutatási módszereket alkalmaztam:

- Megvizsgáltam és részletesen elemeztem a témakört érintő releváns hazai és nemzetközi szakirodalmak tudományos eredményeit.
- Személyes konzultációt végeztem a témakör elismert hazai és nemzetközi szakembereivel, meglátásaikat összegeztem és felhasználtam az értekezésemben megírása során.
- A kutatásomat érintő eredmények tekintetében saját készítésű diagrammokat és ábrákat készítettem és elemeztem.
- A veszélyes üzemeket érintő szakmai kérdések vizsgálata során felhasználtam saját tapasztalataimat is.
- A valósághoz közeli feltételekkel forgatókönyvet (scenário) készítettem, amely segítségével elemeztem egy lehetséges baleset következményeit (esettanulmány készítése).
- A diklórmetán égési tulajdonságait vizsgálva laboratóriumi vizsgálatokat végeztem az ország három különböző laboratóriumában .
- Kérdőíves adatgyűjtés formájában attitűd-vizsgálatot végeztem a veszélyes üzemekben dolgozó munkavállalók körében. A kérdőíves adatgyűjtésem eredményeit, null hipotézissel és variancia-analízissel vizsgáltam, ezen kívül Pearson korrelációt is alkalmaztam.

A kutatási módszereim sikeres alkalmazását nagymértékben elősegítette a doktori képzésem 3 éve alatt elkészített kutatási tervem. A képzés ideje alatt igyekeztem olyan tárgyakat hallgatni, amelyek hozzájárultak az értekezésem később megírásához. Kutatási tevékenységemet és azok legfontosabb eredményeit igyekeztem konferenciákon és szakmai „workshopok” keretén belül is ismertetni, ezáltal folyamatos visszacsatolást kaptam a kutatásom aktuális hatékonyságáról. A pozitív és kritikus visszacsatolásokat igyekeztem értekezésemben fokozatosan beépíteni.

Ennek megfelelően doktori értekezésemet 3 fő fejezetre tagoltam:

Az **1. fejezetben** a robbanásvédelem általános, áttekintő vizsgálatát végzem el, a releváns hazai és nemzetközi szakirodalmak elemzésével. Megvizsgálom továbbá a témakör égésméleti hátterét, valamint az ide vonatkozó fizikai és kémiai folyamatokat, illetve ismertetem a védelmi

alapelveket is. Konkrét példákon keresztül bemutatok a múltban bekövetkezett robbanással kapcsolatos nemzetközi és hazai katasztrófákat és az azokból nyert tapasztalatokat. Részletesen foglalkozom a robbanásveszélyes térben történő munkavégzés feltételrendszerével, amelynek keretén belül bemutatom az ún. zónabesorolási kritériumokat. Ezt követően több lépcsős elemzés segítségével ismertetem a kockázatelemzés folyamatát, valamint a munkavégzés feltételrendszerének minimális követelményeit. Részletesen ismertetem a hatósági jelenlét fontosságát és szükségét a robbanásvédelem területén és az ún. ellentmondásokat a magyar jogrendszerben. Ezt követően bemutatom a Tűzvédelmi Műszaki Irányelvek (Továbbiakban TvMI) szerepét és fontosságát, valamint további fejlesztési lehetőségeit a robbanásvédelem területén. Egy feltételezett példán keresztül matematikai számítások segítségével létesítési feltételeket határozok meg egy szimulált katasztrófhelyzetre. A fejezet eredményeként meghatározom az első célkitűzésként megfogalmazom egyes hazai jogszabályok, illetve hazai irányelvek további bővítési lehetőségeinek vizsgálatát. A fejezet végén röviden ismertetem legfontosabb megállapításaimat, következtetéseimet és eredményeimet.

A **2. fejezetben** elvégzem a diklórmetán éghetőségének komplex vizsgálatát. Ennek keretén belül a fejezetben ismertetem a veszélyes anyagokkal történő munkavégzés legfontosabb ismérveit. Ezt követően bemutatom a veszélyes anyagokkal kapcsolatos eddigi mérések és laborkísérletek eredményeit, majd ezután a diklórmetán lobbanáspontján történő kémiai jelenségeket vizsgálom meg. Ezt egy saját háromlépéses laborkísérlet segítségével valósítom meg. A mérés eredményeként rávilágítok arra, hogy a veszélyes anyagok, a biztonsági adatlapjukon, illetve a szakirodalmakban feltüntetett veszélyeken felül, extrém körülmények között milyen további egészségügyi kockázatokat is rejtenek magukban, illetve, hogy az adott kockázatok milyen körülmények között jöhetnek már létre. A fejezet eredményeként teljesítem második célkitűzésemet, miszerint megvizsgálom azt, hogy egyes hazai veszélyes ipari üzemekben is alkalmazott veszélyes anyagok a normál üzemi állapottól eltérő extrém körülmények hatására milyen kémiai jelenségeket mutatnak a szakirodalmakban olvasható értékekhez képest. A fejezet végén röviden ismertetem legfontosabb megállapításaimat, következtetéseimet és eredményeimet.

A **3. fejezetben** elvégzem a robbanásveszélyes munkakörnyezetben való munkavégzés vizsgálatát, amelynek keretén belül külön figyelmet szentelek a további fejlesztési lehetőségekre is. Kérdőíves adatgyűjtés formájában megvizsgálom a tűz - és balesetvédelmi előadások további fejlesztési lehetőségeit. Ezt úgy végzem el, hogy először általánosságban



bemutatom a kérdőíves kutatás módszertani háttérét, valamint a korábbi kérdőíves kutatások eredményeit a katasztrófavédelem kutatási területén. A saját kérdőíves adatgyűjtésem eredményeként kiértékelem a demográfiai, a munkavállalók önértékelési, valamint a munkahelyi tűz-és balesetvédelmi attitűd vizsgálatok eredményeit. Ennek keretén belül javaslatokat fogalmazok meg a tűz-és balesetvédelmi előadások további fejlesztésével kapcsolatban. A fejezet eredményeként teljesítem harmadik célkitűzésemet, amely szerint megbizonyosodok a munkavállalók tűz- és balesetvédelmi ismereteinek megfelelőségéről, továbbá feltárom azokat a tartalékokat, amelyek a biztonság további növelése, fejlesztése érdekében rövidtávon is elérhetők. A fejezet végén röviden ismertetem legfontosabb megállapításaimat, következtetéseimet és eredményeimet.

Értekezésem végén ismertetem a kutatott témám összegzett következtetéseit, valamint az új tudományos eredményeimet. Emellett megfogalmazom értekezésem ajánlásait és a kutatási eredményeim gyakorlati felhasználhatóságát.

# 1. A ROBBANÁSVÉDELEM ÁTTEKINTŐ VIZSGÁLATA

Ahhoz, hogy a robbanásvédelem témakörét részletesen elemezni tudjam, megvizsgálom a témakör égésméleti hátterét, a múltban bekövetkezett robbanási tapasztalatokat, a munkavégzés feltételrendszerét robbanásveszélyes térben, a hatósági jelenlét fontosságát, illetve a jogszabályok további fejlesztési lehetőségeit. Értekezésemben nem foglalkozom részletesebben a porrobbanással. Ennek oka egyrészt az, hogy a témaválasztásom részét képező anyag folyadék, amelyből hő hatására gáz lesz és nem por. Másrészt pedig a porrobbanás részletes bemutatását az értekezés terjedelmi követelményei sem teszik lehetővé.

**Feltételezésem szerint a robbanásvédelmet érintő egyes hazai szabályozók további fejlesztésével növelhetők a magyarországi veszélyes üzemek biztonsága.**

**Az eddiginél még biztonságosabb munkakörnyezet kialakítása érdekében célul tűzöm ki egyes hazai jogszabályok, illetve irányelvek gyenge pontjainak feltárását, valamint a hatékonyabb robbanásvédelmet szolgáló keretrendszer megfogalmazását.**

## 1.1. A robbanás általános bemutatása

Az égés egy a hétköznapi életben is lejátszódó kémiai folyamat, amely fény- és hő kibocsátásával jár. Ahhoz, hogy az égés bekövetkezzen, három alapfeltétel együttes meglétére van szükség térben és időben úgy, mint:

- éghető anyag
- égést tápláló közeg ( $O_2$ )
- és az éghető anyag gyulladási hőjét elérő hőmérséklet, illetve értekezésem esetén a vizsgált veszélyes anyag lobbanását létrehozó hőmérséklet



2. ábra: Az égés 3 feltétele (tűzháromszög). Forrás: [38].

A robbanás egy olyan, nagy sebességű égési folyamat, ahol a mozgó lángfront sebessége 10 m/s vagy afelett van, de 100 m/s-nál kisebb [10].

Az égés viszont bizonyos esetben öngyulladásaként is kialakulhat, amely tulajdonképpen az MSZ EN 1127-1:2019 szabvány szerinti 13. gyújtóforrás [39]. Az égés egyik alapfeltételének megszüntetésével maga az égés is megszűnik, ez pedig tulajdonképpen a tűzoltás alapjának is tekinthető. A robbanásvédelem alapját képezi a gyújtóforrások kizárása.

Az égést számos tényező alapján csoportosíthatjuk, azonban ezek közül kiemelném a témát érintve az égési sebesség alapú csoportosítást [32]. Ennek megfelelően az égés lefolyása lehet *lassú*, *normál*, *gyors*, *nagyon gyors*, illetve *leggyorsabb*. A  $0,0001 < v < 0,001$  m/s sebességű oxidációs folyamatokat *lassú égésnek* nevezzük. Ez a tűzvédelmi szakterületen általában a lassú izzást, parázslást jelenti. A leggyakoribb égési folyamat a  $0,001 < v < 0,05$  m/s lángterjedési sebességű tartományban zajlik, ezért ezt *normál égésnek* nevezik. Bár ez a sebesség átlagosnak tekinthető, a tűzoltói beavatkozások tapasztalatai azt mutatják, hogy már ennél a sebességnél is a lehető leggyorsabban be kell avatkoznia a tűzoltóknak. *Gyors égés esetén* a lángterjedés sebessége  $0,05 < v < 0,1$  m/s között van. Ez megközelítőleg egy kényelmes gyaloglási sebesség tizedét jelenti. Témám alapjának a *nagyon gyors égési folyamatot* tekintem, amelyet robbanásnak is neveznek. Ennek lángterjedési sebessége  $0,1 < v < 10$  m/s érték között található. A nagy sebesség miatt a reakció rövid idő alatt játszódik le és hatalmas energia-felszabadulással jár együtt, amely pedig már olyan másodlagos veszélyforrásokat eredményezhet, mint az omlásveszély, az áramütés vagy a tűzveszély. A leggyorsabb égést detonációnak is nevezik, amely csoportba már a különböző robbanóanyagok tartoznak. Detonáció esetén az égési sebesség nagyobb, mint a hangsebesség. Az ez alatti terjedési sebesség megnevezése

deflagráció. A robbanóanyagok sebessége eltér egymástól. Míg egyes robbanóanyagoknak  $v > 10$  m/s a lángterjedési sebessége, addig másoké akár elérheti a  $v = 8000$  m/s sebességet is. A hagyományos 1–2 kg súlyú töltetek  $1/100000 - 1/300000$  s alatt detonációra képesek [40]. Az égésméleletet vizsgálva eljutottam tehát az égéstől a robbanásig, ezért a következőkben a robbanást és annak védelmét fogom részletesen bemutatni, amelyet a robbanás fogalmának ismertetésével kezdek.

*„A robbanás egy hirtelen bekövetkező reakció, amely gyors fizikai vagy kémiai oxidációval vagy bomlással együtt hőmérséklet- és/vagy nyomásváltozást okoz. A legismertebb reakciók a gyúlékony gázok, gőzök vagy porok és a levegőben található oxigén között játszódhatnak”* [37; 6]. Ezen kívül természetesen robbanásveszélyessé válhat folyékony anyag is lobbanáspont fölötti hőmérsékleten. Ahhoz, hogy normál légkörben robbanás keletkezzen, ahhoz éghető anyag, oxigén és gyújtóforrás szükséges. Vegyi üzemekben, illetve azokban a technológiákban, ahol robbanásveszélyes anyagot tárolnak, feldolgoznak vagy előállítanak, robbanásveszélyre is számítani kell az üzemeltetés és karbantartás során. Gyárakban, finomítóknál robbanásveszélyes terület alakulhat ki, ott ahol csak a robbanás első két feltétele (hő és robbanásveszélyes anyag) teljesül. Az oxigén ebben az esetben már magában az anyagban is előfordulhat.

A levegővel kevert gyúlékony anyagok alsó- és felső éghetőségi (robbanási) határkoncentrációval rendelkeznek, amely két érték között a robbanási tartomány található. A robbanásveszélyes anyagok, ha az alsó és felső éghetőségi határkoncentráció között van a robbanóképes anyag koncentrációja az égéstápláló közegben gyújtóforrás hatására nagysebességű égési folyamatot indíthatnak el, ezen típusú égésre is vonatkozik az a jelenség, amikor bizonyos koncentráció alatt és felett nem alakul ki robbanás, míg a gázoknál ezt az alsó és felső értéket térfogat%-ban határozzák meg, porok esetében  $\text{g/m}^3$ . Az alsó robbanási határt (ARH) többek között munkahelyek biztonságának meghatározásakor szokták figyelembe venni. A biztonság tekintetében az alsó robbanási határtól 80%-al kisebb értéket (ARH 20%) már biztonságosnak tekintenek. Ide kapcsolódik a robbanásvédelem is, amelynek célja lehet egyrészt az éghető anyag kiváltása, másrészt pedig az oxigén mennyiségének csökkentése arra a szintre, ahol a robbanásveszély kialakulása már nem áll fenn [37] [41].

A különböző technikai berendezések gyújtóforrásnak minősülnek<sup>1</sup>. Ahhoz, hogy ezeknek a gépeknek és eszközöknek a gyújtóforrássá válását kizárjuk, védelmi alapelvek alkalmazására van szükség. Jelenleg négy védelmi alapelvet különböztetünk meg. Ezek közös előfeltétele az,

---

<sup>1</sup> Minimális gyújtási energiaszint elérése után tud csak gyújtóforrássá válni az anyag.

hogy azok a részek, amelyek kapcsolatban állnak a robbanóképes levegővel, nem melegedhetnek egy bizonyos fok fölé. *Ez az érték attól a hőmérséklettől függ, melynek során az egyes anyagok vagy keverékek a fizikai tulajdonságaik alapján reakciót mutatnak.* A 4 védelmi alapelvet részletesebben a következőkben mutatom be [37] [41].

Az *első védelmi alapelv* esetén a robbanóképes keverék bejuthat a készülékbe, majd ott be is gyulladhat, ezért különböző intézkedések segítségével biztosítani kell, hogy a robbanás a környezetre ne terjedjen át. A védelem lehetséges módja ebben az esetben megvalósulhat nyomásálló tokozatok, kvarchomok kitöltés, valamint tokozott megszakító berendezések segítségével.

A *második védelmi alapelv* lényege, hogy a készülék részeiben tokozatok vannak elhelyezve, amelyek megakadályozzák, hogy a robbanóképes keverék hozzáférjen a gyújtóforráshoz. A védelem lehetséges módja itt többek között a túlnyomásos védelem, a tokozat általi védelem, az olaj alatti védelem, valamint a légmentes lezárás.

A *harmadik védelmi alapelv* esetén a robbanóképes elegy bejuthat a tokozatba, de abban nem gyullad meg. Ebben az esetben meg kell előzni a hőmérséklet és a szikrák keletkezését. Ilyenkor a védelem megvalósulhat a fokozott biztonsági intézkedések betartásával és a nem szikrázó eszközök használatával.

A robbanásvédelem ezen kívül megjelenik a mentő tűzvédelem oldaláról is. A Tűzvédelmi törvény 31 §-a alapján a hivatásos tűzoltóság tűzoltási és műszaki mentési tevékenységet végez, és közreműködik közvetlen tűz- és robbanásveszély esetén a biztonsági intézkedések végrehajtásában, ennek érdekében állandó készenléti jellegű szolgálatot tart [9]. A 39/2011. (XI. 15.) BM rendelet 17 § - a megemlíti, hogy robbanásveszély esetén a tűzoltásvezető joga bontást elrendelni. A 40 § pedig meghatározza, hogy a tűzoltás előkészítése és a felderítés során a sugárszerelés tartályról történik, amennyiben a beavatkozással robbanásveszély vagy jelentős kárnövekedés megakadályozható. A rendelet 41 §-a meghatározza, hogy a felderítésnek ki kell terjednie az élet-, robbanás- és omlásveszélyre, veszélyes anyag jelenlétének megállapítására, a tűz körülményeire, környezetére, az időjárási viszonyokra, valamint az automatikus tűzjelző berendezések jelzésének értékelésére, és az egyéb befolyásoló tényezőkre [42].

A fentiek tehát rámutatnak arra, hogy robbanásveszélyes terekben is történik munkavégzés. Értekezésem következő részében a munkavégzés feltételrendszerit mutatom be robbanásveszélyes környezetben, egy kis történelmi kitekintőt követően.

## 1.2. Jelentősebb robbanások a múltban

Ahhoz, hogy a robbanásveszélyes térben történő munkavégzés feltételrendszerét jobban megismerjem, felkutattam néhány korábbi Magyarországon bekövetkezett olyan robbanást, amely a médiában is nagyobb jelentőséget kapott.

Porrobbanásra hazánkban kevesebb példa van, mint gázrobbanásra. Ezek elsősorban silókban, porelválasztókban vagy őrlőgépekben keletkeznek. Ilyen volt például a 2006-ban Kaposfüreden egy kukorica silóban tárolt mezőgazdasági szemestermék porrobbanása, ahol két ember is életét vesztette [43].

Porrobbanásra példa az értekezésem bevezetésében már említett törökbálinti petárdaraktár robbanása, amelyet sokan a mai napig a „*legrejtélyesebb hazai ipari baleset*” címszóval emlegetnek [44]. A robbanás 2004. augusztus 5-én, 17:00 óra magasságában keletkezett a főváros agglomerációs körzetéhez tartozó Törökbálinton. A településen a katasztrófa napján a Mechanikai Művek területén egy raktárhelyiségben megközelítőleg 50 t mennyiségű pirotechnikai eszköz volt jelen. A robbanásveszélyes környezetben feltételezhetően a pirotechnikai anyagok gondatlan mozgatása következtében először kisebb robbanás, aztán tűz, majd végül detonáció következett be. A detonáció súlyosságát igazolja, hogy a helyszíntől majdnem 10 km-re lévő szeizmográfok is érzékelték az esetet. A detonációt követően a kisebb robbanások még órákon keresztül folytatódtak. A tragédia emberáldozatokat is követelt, hiszen a raktár területén tartózkodók közül hárman is életüket veszítették, de ezen kívül a helyszínen és attól távolabb is, többen megsebesültek. A robbanás dominó-hatás szerűen nem csak a raktárhelyiséget, hanem annak környezetét is érintette. A környéken kigyulladt számos lakóépület, de lángra kapott a növényzet is. A légnyomás miatt ablakok törtek be és több autó is kiégett. Ennek köszönhetően a polgári védelem a környéken lakó állampolgárokat kitelepítette [44] [45]. A robbanást tehát emberi gondatlanság idézte elő, amely sajnos bármelyik veszélyes anyagokkal foglalkozó üzemben előfordulhat. Erre szolgált példát egy másik hasonló eset is.

A 2004-es év sajnos másik nagy visszhangot kapó robbanást is eredményezett. 2004 decemberében gázrobbanás történt Budapest X. kerületben a Hős utcában is. A robbanás következtében egyetlen ember szenvedett kisebb sérülést. Összesen 41 embert kellett kimenekíteni a háromemeletes épületből, akiknek az elhelyezéséről a polgári védelem, illetve a kerületi önkormányzat gondoskodott. A gázrobbanás után az egyik lakásban kisebb tűz ütött ki, amelyet a tűzoltók még idejében eloltottak.

Ezen kívül számos kisebb nagyobb gázrobbanást fel lehet még sorolni, többek között a 2010-es MOL csepeli bázishelyén bekövetkezett tartályrobbanást, amely halálos áldozatot is követelt, vagy nem is olyan régen 2021 októberében Nyírbátorban is egy biogáz üzem telephelyén. A robbanás következtében három ember halt meg [46].

A következőkben sorolhatnák még példákat kisebb-nagyobb hazai és nemzetközi robbanásokra, azonban megítélésem szerint már ez a néhány eset is jól mutatja azt, hogy Magyarországon is számolni kell az ilyen típusú balesetekkel, amely mint láthatjuk nem csak a veszélyes üzemekben, hanem a polgári lakóépületekben is kialakulhatnak. A fent megnevezett esetekből azt a következtetést vonom le, hogy a robbanások nagyrésze – ahogy az a civilizációs katasztrófákra jellemző – elsősorban emberi közreműködésre vezethetők vissza. Veszélyes munkakörnyezetben, mint amilyenek a robbanásveszélyes terek, kiemelt figyelmet kell fordítani a munkavégzés biztonságára. Ennek megfelelően értekezésem következő alfejezetében megvizsgálom és elemzem a munkavégzés feltételrendszerait robbanásveszélyes térben.

Természetesen nemzetközi szinten is találni olyan gázrobbanással kapcsolatos katasztrófát, amelynek híre bejárta az egész világot. Ilyen többek között a régmúltból jól ismert kanadai Halifaxi robbanás, amely egy tengerészeti katasztrófa 1917. december 6-án [46]. A katasztrófa a mai napig az egyik legjelentősebb ember által előidézett robbanás. A lökéshullámokat a leírások szerint 180-200 km-es távolságról is érezni lehetett. A partközelen lévő településeket nemcsak a tűzvihar, hanem az azt követő szökőár is sújtotta, amelynek következtében egy egész városrész teljesen megsemmisült. A katasztrófában több mint 200 ember vesztette életét, valamint megközelítőleg 9000 ember sérült meg, de még ennél is többen vesztették el az otthonukat [47].

Elrettentő példákat nem csak a régmúltból, hanem a közelmúltból is lehet hozni. Ilyen esemény volt a 2020-as Bejrúti robbanások, amely eseményben megközelítőleg 50 ember halt meg és további 2700 sérült meg. A robbanás a bejrúti kikötő közelében történt, a helyszínen több robbanóanyag-raktár és vegyianyagraktár is volt. A robbanás következtében sok család a megrongált házakban rekedt, akiknek a mentése nemzetközi összefogás segítségével valósult meg. A robbanás feltehetőleg egy a Richter-skála szerinti 4,5-ös erősségű földrengésnek felel meg [48].

Ezen kívül természetesen több, jelentős robbanás is megrázta a világot, azonban ezek elemzését az értekezésem terjedelmi korlátai miatt a továbbiakban mellőzöm.

### **1.3. A munkavégzés feltételrendszere robbanásveszélyes területen**

A vegyiparban történő munkavégzés veszélyes, ezért a munkáltatónak ki kell alakítania a biztonságos munkavégzés alapfeltételeit. Az alkalmazott veszélyes anyagok ellen a biztonságos munkakörnyezetet, valamint a robbanásveszélyes környezetben alkalmazott gépekre, berendezésekre vonatkozó követelményeket, különböző szabályozók biztosítják. Az alfejezet keretén belül ismertetem a zónabesorolás lehetséges módjait, valamint a biztonságos munkavégzés minimális követelményeit [49]. Elemzésem alapja a 3/2003. (III. 11.) FMM-ESzCsM rendelet a potenciálisan robbanásveszélyes környezetben lévő munkahelyek minimális munkavédelmi követelményeiről.

Értekezésem következő részében a témakör vonatkozásában egy átfogó bemutatást végzek a szakterület szakmai kihívásairól, amit az ide vonatkozó jogszabályok ismertetésével kezdek.

A Munkavédelmi törvény meghatározza a munkaeszközökre, továbbá az egészségügyi miniszterrel együttesen a munkahelyekre vonatkozó munkavédelmi követelmények minimális szintjét, ideértve az ideiglenes vagy változó helyszínű építkezésekre vonatkozó munkavédelmi szabályokat is [8]. Ez alapján határozták meg a potenciálisan robbanásveszélyes környezetben lévő munkahelyek minimális munkavédelmi követelményeiről” szóló 3/2003. (III. 11.) FMM-ESzCsM együttes rendeletet [50].

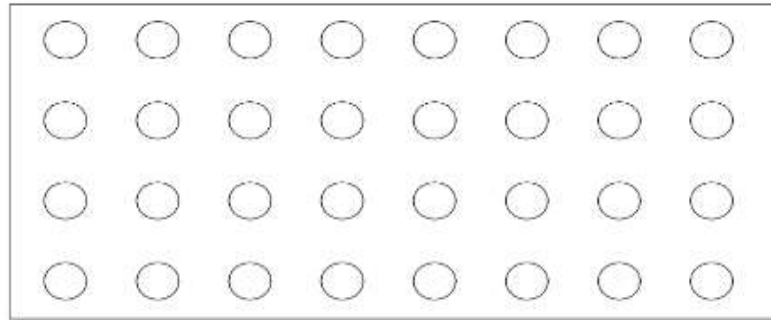
#### **1.3.1. A zónabesorolás kritériumai és átsorolási lehetősége szellőzéssel**

A védelem és a biztonságos munkavégzés szempontjából fontos megvizsgálni a zónabesorolás kritériumait is. Ennek lényege, hogy a munkáltató azt a munkaterületet, ahol kialakulhat a robbanóképes légtér, be kell sorolnia az alább felsorolt zónák egyikébe.

- **0. zóna:** Az a munkaterület, ahol az éghető gázok gőzök, a levegővel keveredve állandó robbanóképes légtér alakítani ki, amely gyakran hosszú időtartamban van jelen.



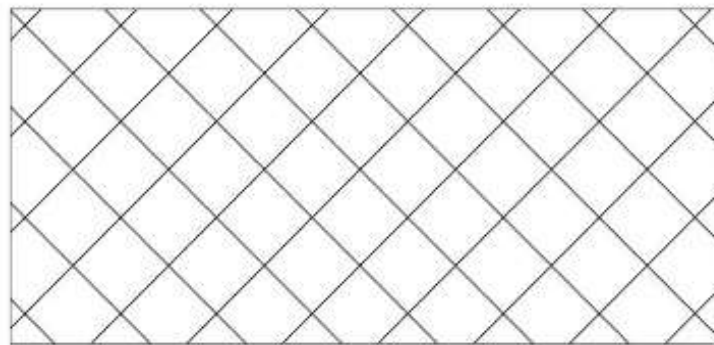
Jelölése:



3. ábra: A 0. zóna jelölése. Forrás: [51]

- **1. zóna:** Az a munkaterület, ahol normál üzemi körülmények között az éghető gázok, gőzök a levegővel keveredve robbanóképes légtér alakulhat ki.

Jelölése:

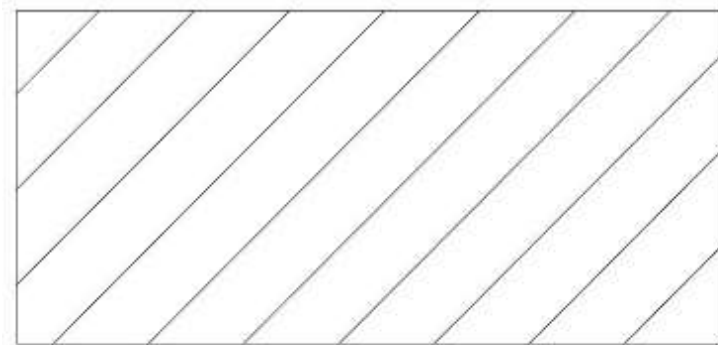


Zone 1

4. ábra Az 1. zóna jelölése. Forrás: [51].

- **2. zóna:** Az a munkaterület, ahol normál üzemi körülmények között az éghető gázok, gőzök a levegővel keveredve ritkán és rövid ideig alakítanak ki robbanóképes légtér.

Jelölése:



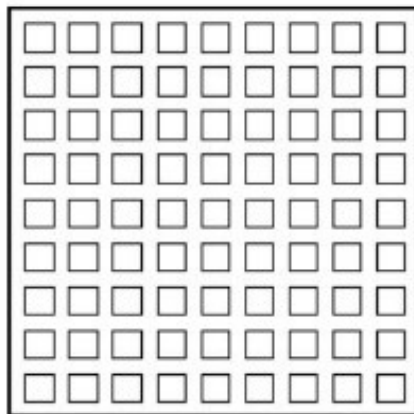
Zone 2

5. ábra: A 2. zóna jelölése. Forrás: [51].

A zónák kialakítása kapcsán meg kell jegyezni, hogy több feltételnek kell egyszerre teljesülnie ahhoz, hogy a gázrobbanás bekövetkezhesen. Ilyen feltétel az éghető anyag jelenléte, annak levegővel alkotott koncentrációja, gyújtóforrás és az oxidáló szer jelenléte.

- **20. zóna:** Az a munkaterület, ahol lebegő éghető porok levegővel alkotott keverékéből gyakran és hosszú ideig alakul ki robbanóképes légtér.

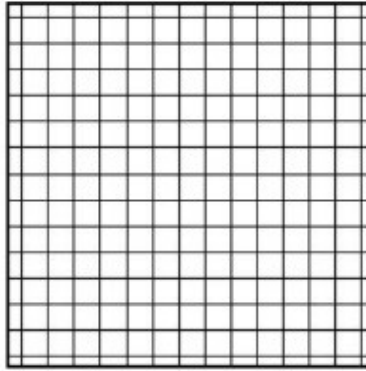
Jelölése:



6. ábra: A 20. zóna jelölése. Forrás: [52].

- **21. zóna:** Az a munkaterület, ahol normál üzemi körülmények között lebegő éghető porok levegővel keveredve robbanóképes légtér alakíthatnak ki.

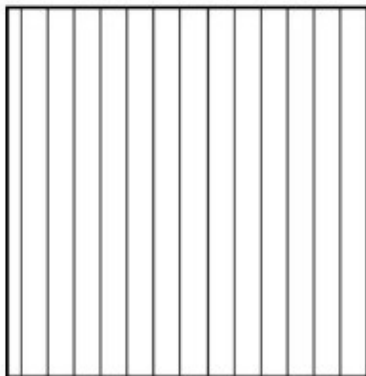
Jelölése:



7. ábra: A 21. zóna jelölése. Forrás: [53].

- **22. zóna:** Az a munkaterület, ahol normál üzemi körülmények között lebegő éghető porok levegővel keveredve ritkán, rövid ideig alakítanak ki robbanóképes légteret [50].

Jelölése:



8. ábra: A 22. zóna jelölése. Forrás: [52].

A zónabesorolás kijelölésekor fontos az ide vonatkozó számítási metodikát is bemutatni és kiértékelni. A kibocsátási forrás meghatározásakor meg kell vizsgálni, hogy a robbanásveszélyes tér normál üzemre vonatkozik-e. A normál üzem egy olyan állapot, amelyben a gyártmány a tervezési jellemzőinek határértékein belül üzemel [20]. Az éghető gázok és gőzök általában zárt technológiai körülmények között fordulnak elő, ennek megfelelően robbanásveszélyes tér elsősorban szivárgások miatt alakulhat ki [25]. Így minden csővezeték, tartályt vagy berendezést potenciálisan éghető anyagot kibocsátó forrásnak kell tekintenünk. A kibocsátó forrásnak 3 fokozata van, úgy, mint *folyamatos* fokozatú, *elsőrendű* és *másodrendű* fokozatú kibocsátás. Az első esetén a kibocsátás normál üzemben folyamatos

vagy hosszú ideig tartó, a második esetben rendszeres, a harmadikban pedig ritka és rövid ideig tartó.

Ennek meghatározása után ki kell számítani az egységnyi idő alatt kiáramló gáz/gőz mennyiségét, amit a szakirodalom kibocsátási mértéknek (rátának) hív. Minél nagyobb a kibocsátás mértéke, annál nagyobb a zóna kiterjedése [8]. A kibocsátási mérték függ a forrás geometriájától, a sebességtől, az illékonyságtól, a koncentrációtól, valamint a hőmérséklettől. Ennek megfelelően a kibocsátási ráta számításnak képlete az MSZ EN 60079-10-1:2021 szabvány szabvány szerint a következő [15]:

$$\frac{dG}{dtmax} = S \times p \sqrt{\gamma \times \frac{M}{R \times T}} \times \left(\frac{2}{\gamma+1}\right)^{\frac{\gamma+1}{\gamma-1}} \quad (1)$$

ahol:

dG/dtmax= legnagyobb tömegáram [kg/s]

M= a gáz mólömege [kg/mol]

T= a gáz hőmérséklete a palackon belül [K]

p= gáznyomás a kibocsátás helyén [bar]

γ= az adiabatikus expanzió politrop indexe

S= nyílás keresztmetszete [mm<sup>2</sup>]

R= egyetemes gázállandó

Ezek meghatározása után meg kell vizsgálni a kibocsátó források körüli környezet esetén a szellőztetés lehetőségét. A szellőzés egy olyan folyamat, amely során a kibocsátó forrás körül egy adott térfogatban frisslevegővel cserélődik ki a levegő, így elősegítve a szétterjedést [49]. A szellőztetés folyamata azonban befolyással lehet a zóna típusára is. A szellőztetés alap esetben természetes módon – szél által – valósul meg, azonban ezt a folyamatot mesterségesen – ventilátorok segítségével is biztosíthatjuk. A szellőzésre vonatkozó legfontosabb tényező az, hogy a szellőztetés mértéke közvetlen kapcsolatban van a kibocsátó forrás típusával és a hozzá tartozó kibocsátási mértékkel. Ennek megfelelően a robbanásveszélyes térben el kell érni az ideális szellőzési feltételeket. A lehetséges kibocsátási mértékhez viszonyítva a szellőzés mértékével elsősorban a zóna minőségét és nem annak kiterjedését lehet megváltoztatni.

A szellőzéssel kapcsolatos besorolás alapja az MSZ EN 1127-1:2019. Amikor a szellőzést vizsgáljuk, el kell dönteni, hogy a kibocsátó forrás közelében milyen a szellőzés

üzembiztonsága, hiszen ez közvetett módon befolyással van a zóna növekedésére is. A szellőzés üzembiztonságának három szintjét különböztetik meg:

- jó: Ebben az esetben tulajdonképpen folyamatos a szellőzés. A szellőzés számításakor általában 0,5 m/s szélesebséggel szoktak számolni, amely gyakorlatilag folyamatosan fennáll. Így a szellőzést megbízhatónak, vagyis jónak tekinthetjük.
- megfelelő: Itt várhatóan működőképes a szellőzés, csupán kevés alkalommal fordulnak elő kisebb időtartamú kimaradások.
- gyenge: A gyenge szellőzés már nem felel meg a jó és a megfelelő szellőzési szintnek, ezért a mesterséges szellőzés üzembiztonságának elemzésénél a berendezés üzembiztonságát kell figyelembe venni [21].

Ez után meg kell határozni a szellőzés fokozatát, amit az elméleti térfogat értéke, valamint a zárt tér esetén a helyiség térfogata és az elméleti térfogat aránya határozza meg. Ez alapján a szellőzésnek is 3 fokozata van:

- Erős szellőzés (VH): Gyakorlatilag azonnal képes csökkenteni a kibocsátó forrásnál található koncentrációt, ezzel létrehozva egy alsó robbanási határérték alatti koncentrációt. Elhanyagolható kiterjedésű zónát eredményez, viszont amennyiben a szellőzés üzembiztonsága nem megfelelő, abban az esetben az elhanyagolható kiterjedésű zónát egy másik zónatípus veheti körül.
- Közepes szellőzés (VM): Szabályozhatja a koncentrációt, ezzel biztosítva a stabil zónahatárokat a folyamatos kibocsátás közben. Amikor a kibocsátás megszűnik, utána már nem marad fenn nagyobb mennyiségű robbanóképes gázközeg. A zóna kiterjedését és típusát a tervezési paraméterek adják meg.
- Gyenge szellőzés (VL): A kibocsátási folyamata során nem képes szabályozni a koncentrációt, és/vagy a kibocsátás megszűnése után nem tudja megakadályozni, hogy túlzott mennyiségű éghető gázközeg maradjon fent [49].

A szellőzés hatására tehát megváltoznak a zónatípusok is.

A térségbesorolás tehát egy besorolási módszere a robbanóképes környezetnek. Ez azt a célt szolgálja, hogy könnyebbé tegye a biztonságosan üzemeltethető villamos gyártmányok kiválasztását és telepítését. A besoroláskor azonban figyelembe kell venni a gáz gyulladási tényezőit, a gyulladási hőmérsékletet és a gyújtási energiát [15]. A zónabesorolás tehát egy rendkívül fontos és komplex feladat, amely elsősorban a biztonságot szolgálja. Olyan balesetek

okozta meghibásodások, mint a szivattyútömítések, karimadugók vagy kiömlések, amelyek javítással vagy leállítással járnak, nem tekinthetők a normál működés részének. A normál működés magában foglalja az indítási és leállítási feltételeket, valamint a rutinszerű karbantartást, de nem foglalja magában az üzembe helyezés részeként történő első beindítást. A rutinszerű karbantartás nem foglalja magában azokat a tevékenységeket sem, amelyeknél a kibocsátott mennyiség vagy a kibocsátás mértéke nagyobb, mint a terület besorolásánál használt érték. Ilyen az, amikor a berendezések vagy rendszerek részleges szétszerelése vagy a légkörbe történő szándékos légtelenítés szükséges a karbantartási tevékenység elvégzéséhez [53].

A ritka meghibásodás logikus módon olyan meghibásodásfajta, amely csak ritka esetekben fordulhat elő. Ezek a szabvány alkalmazásában a különálló és független berendezések meghibásodását jelentik folyamatszabályozó eszközök, amelyek lehetnek automatizáltak vagy kézi vezérlésűek. Ezek olyan események láncát indíthatják el, amelyek tűzveszélyes anyag nagyobb mértékű felszabadulásához vezethetnek. A ritka üzemzavarok közé tartozhatnak olyan nem várt körülmények is, amelyekre az üzem tervezése nem terjed ki, mint például a váratlan korrózió. Ha a korrózió vagy hasonló körülmények miatti kibocsátás az üzem működésének részeként várható vagy ésszerűen várható volt, akkor ez nem tekinthető ritka üzemzavarnak [53].

Megvizsgálva a zónabesorolás szabályait **megállapítom**, hogy a jogszabályi előírások elsősorban normál üzemi körülményeket vizsgálnak. Ezek vizsgálják többek között pl. a tervezett karbantartásokat, azonban az előre nem tervezett karbantartásokat viszont nem, pedig a veszélyhelyzet szempontjából ezek vizsgálata megítélésem szerint fontos lenne.

A zónákkal kapcsolatban megítélésem szerint rendkívül fontos a megfelelő zónabesorolási alaprajz készítése. Ez segít az egyes zónák és annak határainak megismerésében. Tapasztalataim alapján ezek az alaprajzok nem jelennek meg 2D minőségben az épület bejáratánál a falon, amit hiányként értékelek. Javaslom ezeknek a zónabesorolási alaprajzoknak az elhelyezését a bejárat melletti falon, szemmagasságban, annak érdekében, hogy a veszélyes helyiségbe érkezők már a belépés kezdetén megismerjék a zónák határait. Bár a zónahatárt az ún. Ex háromszög segítségével is jelölik, megítélésem szerint a zónabesorolási alaprajzok csak további segítséget jelentenének, többek között a beavatkozó tűzoltóknak is. Egy alaprajz megkönnyítheti a tűzoltásvezetői döntéshozatalt is.



9. ábra: Zónák felfestése robbanásveszélyes épületen belül [6].

A robbanásveszélyes anyagok különböző jelenléte miatt a felmerülő kockázatok értékelése eltér az adott területek zónabesorolásakor. Ennek az a célja, hogy segítse az ilyen környezetben megfelelő biztonsággal üzemeltethető és karbantartható elektromos és nem-elektromos gyártmányok kiválasztását. Ennek köszönhetően, olyan alapos, mindenre kiterjedő elemzés végrehajtására van szükség, amely kiterjed az adott robbanóképes közeg minden előfordulási lehetőségére [52].

Szintén további tapasztalatom az, hogy a zónák határait az adott épületen belül sem lehet minden esetben egyértelműen beazonosítani. Ez a veszélyes létesítménybe látogató „külsős” személyek esetén hatványozottan igaz. Kutatásom során azonban találtam olyan üzemeket, ahol ezek már a „laikus” emberek számára is könnyen beazonosíthatók. Ezt jelentős mértékben segíthetik a különböző ún. „jó megoldások”, amelyek a katasztrófavédelem más szakterületein is már megjelentek egyaránt határon innen és túl [54]. Ilyenek a robbanásvédelem zónabesorolási szakterületén is vannak. Közülük kiemelném azt a lehetőséget, amikor egy adott robbanásveszélyes épületen belül vannak a padlóra felfestve a zónahatárok.

Ezek, jól látható és egyértelmű módon fejezik ki a zónák egyes határait, amely kapcsán a gyakorlott veszélyes üzem dolgozója már tudja, hogy fel kell készülnie a veszélyes munkakörnyezetre. Ezek a felfestések természetesen nem csak egy épület egy helyiségén belül helyezkedhetnek el. Segítheti a veszélyes környezet megismerését az is, ha ezek már az ajtó nyitáskor megjelennek a bejárat előtt a padlón.



10. ábra: Az ajtó csukódásának jelzése szintén a biztonságot szolgálja. Készítette: A szerző.  
Megítélésem szerint az ehhez hasonló „jó megoldásokkal” könnyebben megismerhetővé válnak az egyes zónák, amely a munkakörülmények hatékonyabb felismerését is szolgálhatja, ezzel növelve a munkabiztonságot.

### 1.3.2. A kockázatelemzés folyamata

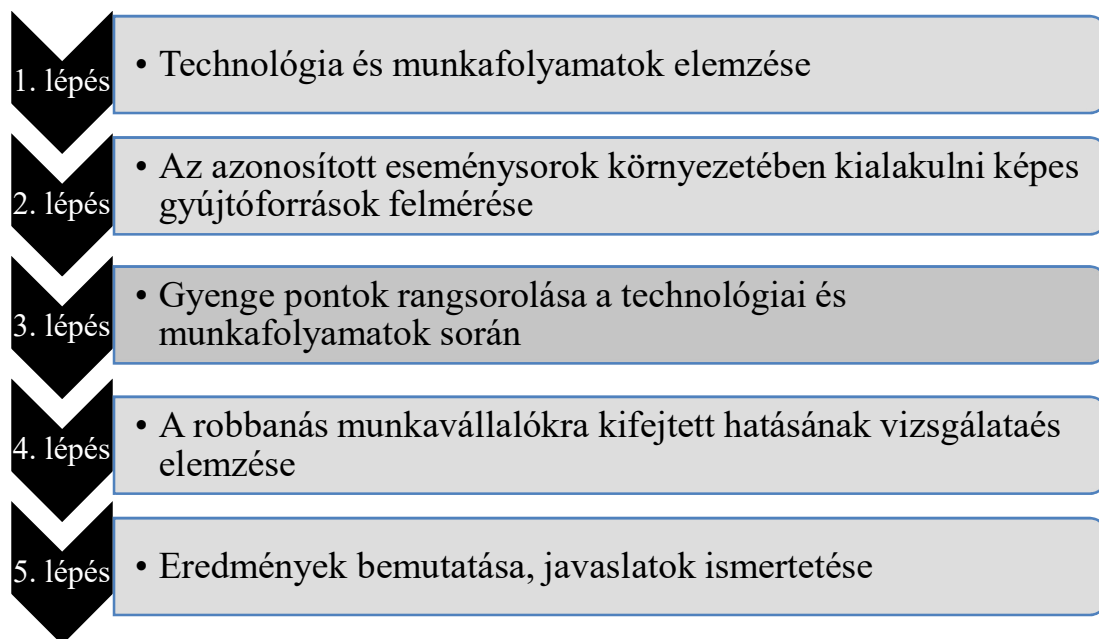
A robbanás következményeinek, tehát az emberi szervezetre gyakorolt hatása, valamint a bekövetkezés gyakoriság alapján értékelni kell a lehetséges kockázatokat. Egy munkáltatónak intézkedéseket kell hoznia a különböző kockázatok csökkentése érdekében. Ennek megfelelően először meg kell vizsgálnia, hogy a fennálló veszélyeket hogyan kell megszüntetni. Ilyenkor át kell gondolni azt, hogy a kockázattal járó munkafolyamatokat milyen módon lehet olyan tevékenységgé átalakítani, amely nem veszélyezteti az egészséget ugyanakkor képes elérni ugyanazt a technológiai célt [49]. Egy másik módszer lényege viszont az, hogy a rendelkezésre álló berendezéseket, eszközöket, anyagokat és tényezőket korszerűbbre cseréljük [55]. Ehhez azonban alapos kutatás-fejlesztési tevékenység elvégzésre van szükség [56].

A zónabesorolás után fontos, hogy meghatározzam a kockázatelemzés folyamatát is. Ezt a kockázat fogalmának meghatározásával kezdem, ami a 2011. évi CXXVIII. törvény a katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról (továbbiakban katasztrófavédelmi törvény) 3. § -a szerint „*egy adott területen adott időtartamon belül vagy meghatározott körülmények között jelentkező egészség-, illetve környezetkárosító hatás valószínűsége*” [57]. A kockázatelemzés pedig „*olyan eljárás, mely az adott területre vonatkozó azonosított lehetséges kockázatok csoportosítását és értékelését foglalja magában*” [58]. Ennek



elvégzésére több módszer is létezik, a biztonsági dokumentációkban a következő alkalmazott kockázatelemzési módszerek jelennek meg. Ezeket a módszereket egy korábbi kutatásom során én magam is összegyűjtöttem [49].

- Létesítmény-kiválasztási módszer („holland szűrő”)
- Dow-féle tűz-és robbanásveszélyességi index (TRI)
- Ellenőrzőjegyzékes elemzés
- Előzetes veszélyelemzés [59]
- Működőképesség-és veszélyelemzés (HAZOP)
- Meghibásodásmód és -hatás elemzése (FMEA)
- Hibakritikusság-elemzés / Kockázati mátrix
- Hibafa-elemzés
- Eseményfa-elemzés
- Bizonytalanság-elemzés Monte Carlo szimulációval
- Dominóhatások elemzése a DominoXL kóddal
- Hatásterjedési modellek [49].



11. ábra: A munkavégzés folyamatának 5 lépcsős ábrája. Készítette: A szerző.

A munkavégzés folyamata általában a következő 5 lépés formájában szokott megvalósulni.

*Első lépésként* a technológia és munkafolyamatok elemzése valósul meg egy nemzetközi szinten is ismert és elfogadott Meghibásodásmód-és hatáselemzés módszerrel. Ennek lényege,

hogy meg lehessen határozni a robbanásveszélyes légtér kialakulásának lehetőségét. Ezáltal a különböző vizsgálatok leszűkíthetővé válnak a teljes üzemről a kritikus részekre [60].

*Második lépésként* az első lépésben azonosított eseménysorok környezetében kialakulni képes gyújtóforrások felmérése történik.

A *harmadik lépés* során rangsorolni kell azokat a gyenge pontokat, amelyek fellépnek a technológia és munkafolyamatok során.

A *negyedik lépésben* már maga a robbanás munkavállalókra kifejtett hatása kerül vizsgálatra robbanást modellező szoftver, valamint terjedésszámítás segítségével.

Az *ötödik lépés* a kockázatelemzés eredményeit mutatja be. Emellett a meghibásodásmód-és hatáselemzés vizsgálat alapján megfogalmazzák a javaslatokat a kockázatok csökkentésére.

### **1.3.3. A munkavégzés feltételrendszerének minimális követelményei**

A potenciális robbanásveszélyes környezetben lévő munkahelyek minimális munkavédelmi követelményeit a 3/2003. (III. 11.) FMM-ESzCsM rendelet írja elő [50].

A robbanóképes gázközegben alkalmazott villamos és nem villamos gyártmányok követelményeit a következőképpen lehet megfogalmazni, az ATEX 35/2016 NGM rendelet) 2. melléklet 1.0.5 szerint.

A villamos és nem villamos berendezések fő alkatrészén, jól látható helyen, a vegyi korrózióknak ellen állva a következő adatokat tartalmazó jelöléssel kell ellátni:

- Gyártó neve és bejegyzett kereskedelmi neve, esetleg védjegye, és címe
- Széria illetve a típus megjelölése,
- Tétel- vagy gyártási szám, amennyiben van
- Gyártási év
- Specifikus robbanásvédelmi megjelölés. Ezt követi a berendezés alkalmazási csoportjának és kategóriájának szimbóluma
- II. alkalmazási csoport esetében a „G” betű (gázok, gőzök vagy permet jelenléte miatt kialakult robbanásveszélyes környezetre vonatkozóan), vagy a „D” betű (porok jelenléte miatt kialakult robbanásveszélyes környezetre vonatkozóan).

Ezen felül, amennyiben szükséges fel kell tüntetni a biztonságos alkalmazásukhoz szükséges minden lényeges adatot.

A munkavégzés feltételrendszere robbanásveszélyes térben rávilágított arra, hogy az egyes vegyi kockázatok (pl. hibrid porok) kevésbé ismertek. A különböző veszélyeket mélyreható tervekészítéssel el tudjuk kerülni. Már a tervekészítés során lehetőség nyílik a veszélyes anyagok kockázatának csökkentésére, így javíthatóvá válnak az egyes technológiai folyamatok. Amennyiben ez nem valósul meg, úgy szükség van az anyagok robbanástechnikai jellemzőinek ismeretére ez által pedig a későbbiekben további vizsgálatok válnak szükségessé [49]. A fent leírtaknak megfelelően megállapítom, hogy a megelőző tűzvédelem egyik sarkalatos pontja a robbanásbiztonság, ezért **szükségesnek tartom a terület tűzvédelmi hatóság általi ellenőrzését, amelyet a megállapításom szerint a biztonság növelése érdekében fejleszteni szükséges.** Ide sorolom a hatékonyabb szakmai munka megvalósítása érdekében, a robbanásvédelmi szakemberek képzésének fejlesztését és bővítését.

#### **1.4. Hatósági jelenlét a robbanásvédelem területén**

A robbanásvédelem területét szabályozó egyik legjelentősebb előírás a már fentebb is említett OTSZ, valamint annak XVIII. fejezete (használati szabályok). Ahogyan feljebb már említettem az OTSZ alapján jelenleg a tűzvédelmi hatóság a katasztrófavédelem ellenőrzéseket végez a robbanásvédelemben is. Ellenőrzi a robbanás biztonságtechnikai szabványossági felülvizsgálati jegyzőkönyvet, villámvédelmi szabványossági felülvizsgálati jegyzőkönyvet, elektrosztatikus feltöltődés és kisülés elleni védelem tűzvédelmi felülvizsgálati jegyzőkönyvet, valamint kábelszigetelés mérési jegyzőkönyvet.

Az OTSZ XI. fejezete mutatja be a robbanás elleni védelem előírásait. Ahhoz, hogy a robbanásvédelmet biztosítani lehessen térben és időben korlátozni kell a veszélyes anyagok jelenlétét, ki kell zárni a gyújtóforrásokat, valamint korlátozni kell a robbanás káros hatásait. Robbanásveszélyes technológia esetén úgy kell megvalósítani a káros hatások korlátozását, hogy az ne idézzen elő robbanást a technológián kívül, ne veszélyeztessen közlekedési útvonalat, tűzoltási felvonulási területet és személyeket, valamint a lehető legkisebb károsodás érje az építményszerkezeteket [10].

A jelenleg hatályban lévő engedélyezési és építési eljárásokba egyelőre nincs még bevonva a munkavédelemmel foglalkozó szakigazgatási szerv. Meglátásom szerint a hatóságra már az engedélyezés szakaszában is nagy szükség lenne. A táblázatban összefoglalom azon engedélyező hatóságok joggyakorlatát, amely a robbanásbiztonság-technikát kötelező tartalmi elemként vizsgálja [7].

1. táblázat: Engedélyező hatóságok joggyakorlata. Készítette a szerző. Forrás: [7]

Hatóság neve	Jogosult-e ellenőrzésre	Létesítési engedély robbanás védelmi jóváhagyása	Az engedélyezési dokumentáció eleme a robbanás biztonságtechnika ?	Hatóságként vagy szakhatóságként kerül bevonásra?
Munkavédelemi	Igen	Nem	Nem	Nem
Katasztrófavédelmi	Nem	Nem	Igen	Igen
Közlekedési	Nem	Nem	Igen	Igen
Építési	Nem	Nem	Igen	Igen
Környezetvédelmi	Nem	Nem	Nem	Igen
Mérésügyi és Kereskedelmi	Nem	Nem	Igen	Igen
Népegészségügyi	Nem	Nem	Nem	Nem

Ha megvizsgáljuk a nemzetközi jogi szabályozásokat, akkor azt tapasztaljuk, hogy a tűzvédelem és a munkavédelem már az engedélyező fázisban megtalálható (2. táblázat). Hazai vonatkozásban a katasztrófavédelmi szerv az, amely a leginkább alkalmas erre a feladatra. Ennek köszönhetően javaslom, hogy a hivatásos katasztrófavédelem ellenőrzési és létesítési jogkörrel is el legyen látva. Ezt arra alapozom, hogy jelenleg a munkavédelmi hatóság nem szakhatóság, ezáltal nem vesz részt a különböző létesítési és engedélyezési folyamatokban. A katasztrófavédelem viszont már az OTSZ-en keresztül rendelkezik bizonyos jogkörökkel, ezért megítélésem szerint a robbanásvédelemmel kapcsolatos feladatrendszer a munkavédelmi hatóság helyett a katasztrófavédelmi hatósági feladat lehetne.

2. táblázat: Nemzetközi kitekintés a szabályozás, az ellenőrző és az engedélyező hatóság kapcsán. Készítette: A szerző. Forrás [7].

Ország	Szabályozás	Ellenőrző hatóság	Engedélyező hatóság
<b>Mexikó</b>	National Consensus Standard, NFPA 69, ATEX 134	Munkavédelmi Hatóság, Tűzoltó Parancsnokság	Munkavédelmi Hatóság, Tűzoltó Parancsnokság

<b>USA</b>	National Consensus Standard, NFPA 69	Munkavédelmi Hatóság, Tűzoltó Parancsnokság	Munkavédelmi Hatóság, Tűzoltó Parancsnokság
<b>Olaszország</b>	81/08 (Consolidated Law on Health and Safety in the workplace), 99/92 / EC	Tűzoltó Parancsnokság	Tűzoltó Parancsnokság
<b>Csehország</b>	116/2016 Rendelet, 117/2016 Rendelet, 406/2004	Munkavédelmi Hatóság	Munkavédelmi Hatóság, Tűzoltó Parancsnokság

Szintén megoldandó problémaként tekintek arra, hogy a robbanásvédelem területét szabályozó legfontosabb előírások között található bizonyos eltérések és ellentmondások. A következő alfejezetben ezeket fogom bemutatni.

### **1.5. Ellentmondások a magyar jogrendszerben**

A robbanásvédelem hazai szabályozása aktuálisan több hatóságot és szakhatóságot is érintő összetett feladatkör. Ez azt eredményezi, hogy a magyarországi jogrendszerben különböző ellentmondások alakultak ki. A robbanásvédelem és tűzvédelem kapcsolódik egymáshoz a hazai jogi szabályozásokban, úgy, mint tűzvédelmi törvény és OTSZ. A következőkben röviden ismertetem a Munkavédelmi törvény és végrehajtási rendelete, valamint a tűzvédelmi törvény, a katasztrófavédelmi törvény és a környezetvédelmi törvény végrehajtási rendeletek közötti eltéréseket és ellentmondásokat.

A *Tűzvédelmi törvény* 4 § -a törvény alkalmazásában megemlíti a

- tűzvédelmi megfelelőségi tanúsítvány
- tűz és robbanásveszélyes készülék
- tűzvédelmi biztonsági követelmény
- tűz vagy robbanásveszélyes technológia

- megfelelőségi nyilatkozat [9].

Az utolsó esetén már megtörténik a más jogszabályra való utalás (22/2009 ÖM rendelet). Emellett különbséget kell tenni a robbanásveszély és a munkavédelmi törvényben megfogalmazott előírások és a tűzvédelmi előírások között.

A Munkavédelmi törvényben megjelennek az energia-, cső-, és közműhálózatok, robbanás biztonságtechnikai követelmények. Emellett a törvény meghatározza, hogy az a létesítmény, munkaeszköz, anyag/keverék, munkafolyamat, technológia (beleértve a fizikai, biológiai, kémiai kóroki tényezők expozíciójával járó tevékenységeket is), amelynél a munkavállalók egészsége, testi épsége, biztonsága megfelelő védelem hiányában károsító hatásnak lehet kitéve. A munkavédelmi törvény egyik legfontosabb célja az, hogy a munkavégzés környezetében tartózkodók és munkát végzők elsődleges védelme biztosított legyen. Ehhez kitételként teszi közzé a megfelelő védelem hiányát, amely ez által elsődlegesen a veszély azonosítására szolgálhat [8]. A veszélyes anyagok és azok egyéb tulajdonságait a vonatkozó jogszabály szerinti kockázatértékeléssel és előzetes becsléssel szükséges meghatározni (statikus, dinamikus), tekintettel a veszélyes technológiák és gépek egyéb különös szabályaira. Veszélyes technológia vizsgálatát szakirányú munkabiztonsági szakértői engedéllyel rendelkező személy végezheti. Azt azonban szükséges megemlíteni, hogy a jogszabály összekapcsolja az egyes jogi keretrendszereket a veszélyazonosítással. Ebben az esetben visszautalás is történik a tűzvédelmi törvényben található robbanásveszéllyel kapcsolatos megfogalmazásra. Ez értelemszerűen nem a végeláthatatlan előírások szükségességét, hanem az azonosított tulajdonságok hangsúlyos tárgyalását szolgálja betartatni. Ebből azt a következtetést vonom le, hogy a munkavédelmi törvény végrehajtási rendeletében előírtak készítéséhez nincs szükség munkabiztonsági szakértői tevékenységre. Célszerűnek tartom viszont kiemelni azt, hogy a munkavédelmi végrehajtási rendelet nem csupán a robbanásveszélyes munkahelyek foglalkozik [7].

*A 1995. évi LIII. törvény a környezet védelmének általános szabályairól [60] vizsgálata során megállapítottam, hogy a környezetvédelmi jogrendszer teljesen következetes módon mérlegeli a robbanásbiztonság technikájával összefüggő kötelezettségeket, amelyeket peremfeltételként támaszt bizonyos engedélyek elnyerését. A következőkben a környezetvédelmi jogi kapcsolósági pontokat a 3. táblázat segítségével mutatom be.*

3. táblázat: A környezetvédelmi jogi kapcsolódási pontjai a robbanásvédelemhez. Készítette:

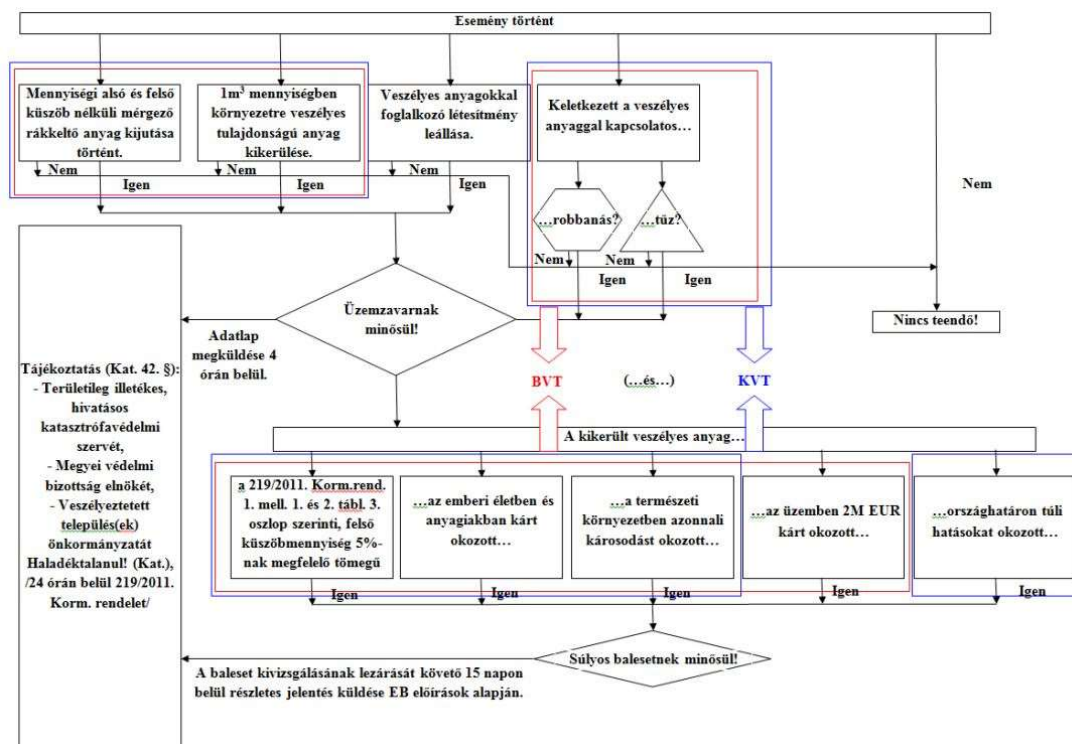
A szerző. Forrás [7].

<b>Jogszámból megnevezése</b>	<b>Kapcsolódási pont helye</b>
1995. évi LIII. törvény	28. §
57/2013. (II.27.) Kormányrendelet	2. sz. melléklet
132/2010. (IV.21.) Kormányrendelet	I. melléklet, 6.
136/2008. (V. 16.) Korm. rendelet	I. melléklet, 6.
106/1995. Kormányrendelet	8. §, 1. sz. melléklet
219/2004. (VII.21.) Kormányrendelet	1. sz. melléklet, 13. sz melléklet
6/2009. (IV.14.) Rendelet	1.-3. sz. melléklet
90/2007. (IV.26.) Kormányrendelet	3. §, 1.- 2. melléklet
2012. évi CLXXXV. törvény	1. sz. melléklet
225/2015. (VIII. 7.) Korm. rendelet	Hiányosság a kapcsolódásban
309/2014. (XII. 11.) Korm. rendelet	Hiányosság a kapcsolódásban
246/2014. (IX. 29.) Korm. rendelet	8. §, 16. §
445/2012. (XII. 29.) Korm. rendelet	Hiányosság a kapcsolódásban
72/2013. (VIII. 27.) VM rendelet	1. melléklet
145/2012. (XII. 27.) VM rendelet	Hiányosság a kapcsolódásban
306/2010. (XII. 23.) Korm. rendelet	27. §
25/2006. (II. 3.) Korm. rendelet	Hiányosság a kapcsolódásban
6/2011. (I. 14.) VM rendelet	14. melléklet
4/2011. (I. 14.) VM rendelet	3. § (részben)

<b>Jogszabály megnevezése</b>	<b>Kapcsolódási pont helye</b>
1996. évi LIII. törvény	73. § (részben)
118/2011. (XII. 15.) VM rendelet	2. § (részben)
284/2007. (X. 29.) Korm. rendelet	Hiányosság a kapcsolódásban
280/2004. (X.20.) Korm. rendelet	Hiányosság a kapcsolódásban
27/2008. (XII. 3.) KvVM-EüM együttes rendelet	Hiányosság a kapcsolódásban
93/2007. (XII. 18.) KvVM rendelet	Hiányosság a kapcsolódásban
29/2001. (XII. 23.) KöM-GM együttes rendelet	Hiányosság a kapcsolódásban

A fenti táblázattal kapcsolatosan ki kell emelni, hogy a katasztrófavédelmi törvény és végrehajtási rendeleteiben található követelményrendszer, aktuálisan tárgyalja a fentiekkel összefüggésben lévő keretrendszert, egy tercier a folyamat eredményeként. Mivel a szabályozás ráter a folyamatba illeszthető metodikára is, ezért egy úgynevezett útmutató fa ábrát készítettem el, amely nagyjítva az értekezésem 1. sz. mellékletében is megtalálható [7]. Ez a fábra mind az ellenőrzést végző mind az alkalmazó feladatait könnyebbé teheti.





12. ábra: A robbanásvédelmi szabályozás metodikája (illusztráció). (Az ábra nagyítva az 3. számú mellékletben található). Készítette a szerző. Forrás: [7]

Fenti jogszabályok, táblázatok és az ábra rövid elemzéséből megállapítom, hogy a robbanásbiztonsággal kapcsolatos jogszabály rendszer csak rendkívül összetett módon írható le. Emellett a megfelelő hatósági jelenlét és ellenőrzési keretrendszer is hiányzik belőle. A jogszabályi ellentmondások eredményeként megállapítom, hogy a hazai szabályozókat két részre lehet csoportosítani a robbanásvédelem témakörén belül. Az egyik csoporthoz sorolom a tűzvédelmi törvényt, az OTSZ-t és az ide vonatkozó TvMI-et. Ezek a jogszabályok elsősorban a tűz- és robbanásveszélyes technológiákkal foglalkoznak, emellett konkrétan érintik a tűzvédelmi hatóság kockázatelemzési feladatait. A másik csoportba a munkavédelmi törvényt és a 3/2003. (III. 11.) FMM–ESZCSM együttes rendelet sorolom [50]. Ezek a jogszabályok már más megközelítésben írnak a témakőről. Ezek elsősorban a potenciálisan veszélyes kockázatokat foglalják magukban. A lehetséges kockázatokról írnak, komolyabb konkrétumok nélkül.

### 1.6. A Tűzvédelmi Műszaki Irányelvek általános bemutatása

2015-ben egy új irány jelent meg a tűzvédelmi szakemberek részére, hiszen ekkor vette kezdetét az OTSZ módosítása, amely a korábbiakkal ellentétben új szempontok és elvárások szerint

készült el. A változás egyik iránya az volt, hogy az elvárt biztonsági szintet az OTSZ tartalmazza, annak teljesítése viszont már hazai szabványok betartásával valósul meg, mint pl. a Tűzvédelmi Műszaki Irányelvek (továbbiakban: TvMI). Ezekben az irányelvekben található megoldások és számítások nagy segítséget jelentenek a tervezőknek-

A robbanás elleni védelemről szóló TvMI készítésében magam is részt vettem, egészen pontosan annak 6. és 7. fejezetében, vagyis a robbanásveszélyes környezet létesítési feltételeinek, illetve a kiegészítő létesítési feltételek speciális eseteinek kidolgozásában. Mielőtt azonban az általam is közreműködött eredményeket ismertetném, megnevezem a robbanás elleni TVMI létrehozásának indokait.

Európai Unió tagországunk többek között azt is jelenti, hogy bizonyos nemzetközi jogszabályoknak és szabványoknak meg kell felelnünk. A kutatási témámhoz kapcsolódóan ilyen a 60079-es szabványcsomag, illetve az ATEX direktíva is, amelyet már korábban részleteztem. Ezek előírásai már alkalmazásra kerültek a Munkavédelmi törvény végrehajtási rendeletében az 5/1993. (XII. 26.) MüM rendelet a munkavédelemről szóló 1993. évi XCIII. törvény egyes rendelkezéseinek végrehajtásáról, ezért az irányelveket újabb törvénybe nem lehetett betenni kiegészítésként. 2014-től viszont lehetőség van TvMI készítésre, amit én személy szerint egy jó megoldásnak tartok, amely alternatív lehetőségként ajánlást tesz jelen esetben a robbantást érintő kérdésekben.

Ennek köszönhetően társaimmal együtt kidolgoztuk először az általános létesítési feltételeket. Abban az esetben, ha a zónabesorolás során a gyúlékony gázok, gőzök, esetleg ködök esetén robbanásveszélyes technológia körül létrejött robbanásveszélyes zónák összesített térfogata eléri magának a helyiség térfogatának a 20%-át, vagy esetleg a zónák függőleges vetületének alapterületi kiterjedése haladja meg a helyiség alapterületének a 20%-át, abban az esetben az egész helyiséget a tűzvédelmi kockázat szempontjából robbanásveszélyesnek minősítik és különböző szempontok alapján alakítják ki. Ezek a szempontok a 6.3.2. – 6.3.3. pontok szerint kerülhetnek kialakításra.

Fontos eleme volt a robbanásveszélyes TVMI kidolgozásának a robbanás hatásainak csökkentési lehetősége és a lehetséges védelmi módok alkalmazása. Ha az alkalmazott technológia miatt, a robbanás bekövetkezése teljesen nem zárható ki, abban az esetben minimalizálni kell a robbanás káros hatásait, amelyre különböző módszerek állnak rendelkezésre. Ilyen lehet, hogy a robbanásveszélyes berendezés a legnagyobb robbanási nyomásra méretezett vagy a redukált robbanási nyomásra méretezve is elkészülhet. A

robbanásveszélyes berendezések védelme érdekében, a robbanási túlnyomás levezetése céljából, olyan hasadótarcsák és robbanóajtók is felhasználhatók, amelyek irányított megnyílásukkal a szerkezetekre ható robbanási nyomást csökkenteni képesek.

Kidolgozásra került az irányelvben még a *kiegészítő létesítési feltételek speciális esetei* is. Ebben szó van a passzív tárolásról, a tárolási manipulációról, a porok tárolásának manipulációjáról, illetve az akkumulátor töltő helyiségekről, a földgázfogadó helyiségekről, valamint a festőfalakkal kialakított helyiségekről is.

A robbanás ellen védelemről szóló TvMI vonatkozásában megállapítom, hogy korábban nem voltak létesítési feltételek a tervezés során. Ezt pótolta az általam és szerzőtársaimmal is kidolgozott ajánlás 6. és 7. fejezete. Ennek tartalmát a fentiek során részletesen is bemutattam. A TvMI szintén újítást hozott abban a tekintetben, hogy a Munkavédelmi törvény végrehajtási rendeletében - az 5/1993. (XII. 26.) MüM rendelet a munkavédelemről szóló 1993. évi XCIII. törvény egyes rendelkezéseinek végrehajtásáról – ugyan írnak erről, azonban a robbanásvédelmi tervfejezet ma már része az építési engedélyeknek. A következőkben a robbanásvédelmi TvMI további általam fontosnak tartott fejlesztési lehetőségeit mutatom be, különös tekintettel a HAZOP/SIL és LOPA ajánlásokkal.

### **1.6.1. A robbanásvédelmi TvMI további fejlesztési lehetőségei**

A robbanásvédelemről szóló TvMI megítélésem szerint tartalmaz még további fejlesztési lehetőségeket. Ilyen lehetőségként tekintek az ún. Hazard and Operability Study/Safety Integrity Level (továbbiakban: HAZOP/SIL) -el történő kiegészítésre, elsősorban a kötelező tartalmi elemek tekintetében. A HAZOP eljárás egy olyan folyamattechnológiai elemzés, amellyel a tervezett és már működő rendszereknek kockázatelemzése megvalósítható. A vizsgálatban komoly hangsúlyt kapnak a folyamatirányítási egységek, és a különböző berendezések védelmi eszközei, de ezen kívül figyelembe veszik a jelen lévő személyzetet, illetve azok tapasztalatait is [6]. A vizsgálat célja tulajdonképpen egy szisztematikus zavarfeltárás és nyomozás. Ennek keretén belül megvalósul a tervezett működési körülményektől eltérő helyzetek azonosítása, a kiváltó okok és azok lehetséges következményeinek feltárása, illetve a szükséges ellenintézkedések végrehajtása. A módszer különösen hatékonyan alkalmazható vegyipari technológiai rendszerek esetén.

Az létesítendő- és a már létesített technológiák vagy üzemi folyamatok alkalmazása során egyaránt lehetséges és kitett az a veszélyhelyzet és vészhelyzeti kép, miszerint az adott módszer

nem mindenben fog a tervezetteknek megfelelően alkalmazásokat mutatni és az esetleges nem egyezőségek kihatással lehetnek az eljárás többi részére is.

A technológiák és gépek, nem tervszerű működéséből, kezelői és kezelési hibákból stb. adódó potenciális meghibásodások, melyek vészhelyzetet okozhatnak és azok ki- és ráhatásainak felmérésére, szisztematikus és kritikus összevetéses elemzésére dolgozták ki a HAZOP módszert. Az elnevezés az angol Hazard and Operability (veszélyesség és üzemeltethetőség) kifejezésből származó mozaikszó és rövidítés (mely a magyarországi műszaki szóhasználatban is alkalmazott), a módszert az 1960-as években eredetileg kifejlesztő és elsőként alkalmazó Imperial Chemical Industries után. [100]

Az elemzési alkalmazás lényege egy jó felkészültségű műszaki tervezői és üzemeltetői csapat gondolatainak vezetése és indikálása annak érdekében, hogy felismerhessék egy adott üzem vagy technológia addig rejtett és lehetséges veszélyeit, értékeljék a potenciális veszélyek következményeit, szükség esetén veszélycsökkentő intézkedésekre tegyenek javaslatot vagy veszélyt kizáró csökkentési tervet, ezzel javítva az üzem katasztrófavédelmi és iparbiztonsági mutatóit. [100]

A HAZOP vizsgálat során a felfedett nem egyezőségek elemző értékelésénél figyelembe szükséges venni a következőket [100]:

- az esetleges rendellenes működés gátlására/kiváltására illetve megszüntetésére van-e műszaki megoldások mentén alkalmazás,
- az esetleges rendellenes működésre utaló jelző funkciók megfelelőek-e, illetve a beavatkozáshoz időben észlelhetőek-e, továbbá az észlelés és a beavatkozás között eltelt delta „t” idő tolerálható-e,
- a szolgáltatások esetleges kimaradás kritikus infrastrukturális (lokális üzemi határokon belüli) vonatkozásban milyen veszélyhelyzeteket és láncreakciókat idézhetnek elő és a veszélyek elhárítására megvan-e a lehetőség,
- a beépített érzékelő/mérő és elemző berendezések és irányítástechnikai eszközök elegendőek-e az indítás, leállítás, normál üzemeltetés szabályozására, kézbe tartására, a technológia megszaladása esetén az esetleges kontroll biztosítására,
- a beépített biztonságtechnikai célú műszaki eszközök, egységek és irányítástechnikai elemek (villamos- és nem villamos végkapuk (reteszek), vészjelzők, gáz/gőz-, tűz/nyomás és robbanás-, füstérzékelés, nyomáshatárolás) megfelelőek-e az esetleges

vészhelyzetek elhárítására, illetve rendelkezésre áll-e elegendő idő az óvintézkedések elindítására és végrehajtására. [100]

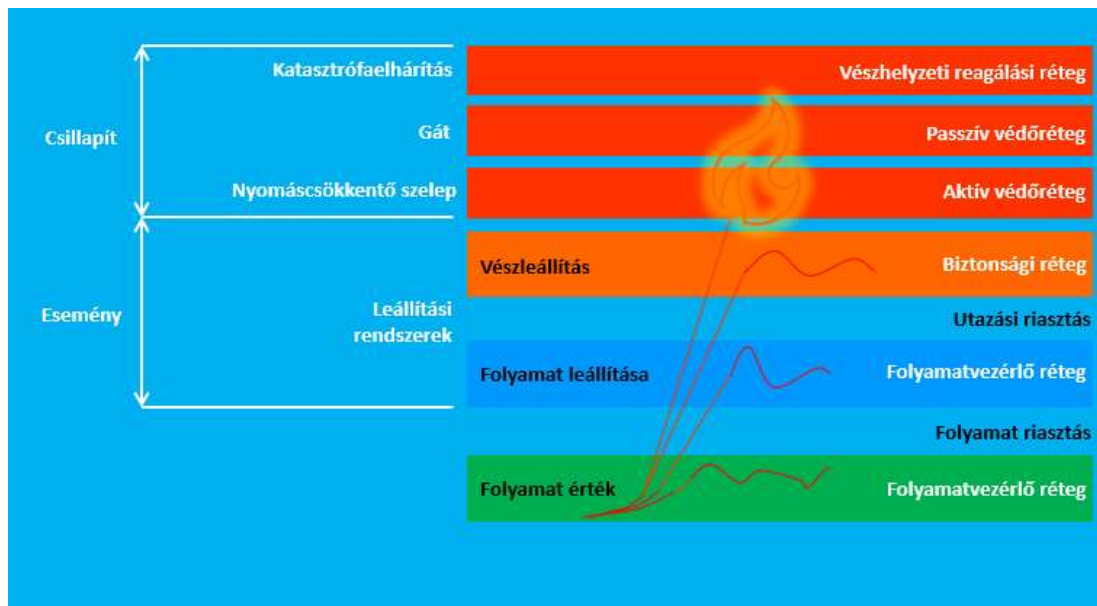
A vizsgálat a következő lépésekre osztható fel [100]:

A mennyiségi és minőségi elemzésre kiválasztott technológia határainak definiálása,

- HAZOP elemzés értékelő vizsgálati lapjának elkészítése,
- Mennyiségi esemény- és hatáselemzés,
- Minőségi valószínűségi elemzés (mátrixok használatával),
- Minőségi esemény- és hatáselemzés,
- Társasági, humán és társadalmi összeskockázatok meghatározása: az adott veszély bekövetkezésére vonatkozóan, valamint a következményeként fellépő események súlyossága az emberi életre-, egészségre-, környezetre és ökológiai rendszerekre, a gazdasági károkra és berendezésekre, valamint az épített és természeti környezetre vonatkozólag. [100]

Az MSZ EN 61882\_2016 Veszély- és működőképesség-elemzés (HAZOP-elemzés). Alkalmazási útmutató (IEC 61882:2016) szabvány alapján kell a HAZOP elemzést elkészíteni.

A HAZOP és a SIL szerepe, a felhasznált biztonsági rendszerek, megoldások és különböző folyamatok részletes elemzése. Ezeken kívül biztonsági rendszerek működését is képes tanulmányozni bármely meghibásodás esetén [3]. Jelenleg négy SIL létezik, úgy, mint SIL 1, SIL 2, SIL 3 és SIL 4. Minél magasabb a SIL, annál alacsonyabb a meghibásodás kockázata is, illetve minél nagyobb a meghibásodás kockázata, annál szigorúbbak a biztonsági követelmények. Ezzel kapcsolatban fontos megjegyezni, hogy az MSZ EN 61508 biztonsági szabványsorozat SIL-jei jelentősen eltérnek az ISO 26262 ASIL-jeitől – és a biztonsági szintek más szabványoktól [62].



13. ábra: HAZOP elemzés szemléltető ábrája. Készítette: a szerző

### 1.6.2. A HAZOP SIL és a LOPA alkalmazása

A folyamatok (veszélyes) „Layer of Protection Analysis”-Védelmiszint Elemzésére (LOPA) is támaszkodnak, amelyet a folyamatbiztonságra való tekintettel szükséges meghatározni, mint olyan módszert, amely független eseményforgatókönyveket elemez, hogy összehasonlítsa a forgatókönyv kockázatbecslését a kockázati kritériumaival. A LOPA segít a vállalatoknak meghatározni, hogy hány független védelmi szintű intézkedésre van szükség, valamint hogy az egyes védelmi szinteknek mekkora kockázatcsökkentést kell biztosítaniuk ahhoz, hogy a forgatókönyv a vállalat kockázattűrő (menedzsment által meghatározott- jogszabályok előírásainak teljesítésén túlmenően – értékszintű megközelítés) képességén belül legyen.

A védelmiszint elemzés készítése az MSZ EN 61508-5, MSZ EN 61511-3 szabványok szerint történik. A LOPA célja a megfelelő kockázatcsökkentéshez szükséges SIL érték fél-quantitatív módon történő meghatározása.

Az alkalmazott LOPA védelmi réteg elemzés menete:

1. lépés: A HAZOP elemzés alapján a feltárt eltérésekből és azok következményeiből a várható veszélyes helyzetek (cenario-k) kerültek meghatározásra.

2. lépés: A vizsgált scenario kiválasztása. Megjegyzés: egy időben a LOPA csak egy scenarióra vonatkozik.

3. lépés: A vizsgált scenario-ra vonatkozó következmény súlyosságának meghatározása az emberi életre és egészségre-, a gazdasági és üzleti következményekre, valamint a környezetre vonatkozólag. Az adott súlyossághoz tartozó tolerálható gyakoriság meghatározása. A legsúlyosabb következményre, illetve azonosság esetén egyenként el kellett végezni a LOPA vizsgálatot külön-külön az emberi életre és egészségre-, a gazdasági károkra és berendezésekre, valamint a környezetre vonatkozólag.

4. lépés: A HAZOP alapján a kiváltó események – azaz az okok – meghatározása és azok gyakoriságának a becslése vagy számolása. Megjegyzés: egy következménynek több oka is lehet, de nem minden kockázat csökkentés hat minden okra. Azok az okok kerültek összevonásra, amelyek azonos kockázat csökkentési móddal rendelkeznek.

5. lépés: A kiváltó okok gyakoriságát engedélyező tényezők és azok valószínűségének meghatározása. Megjegyzés: gyakran az okok láncolata vezet egy nem kívánt esemény bekövetkezéséhez, ekkor a közvetlen okot megelőző szükséges események gyakoriságát is figyelembe kellett venni.

6. lépés: A következmények hatását módosító tényezők meghatározása. Megjegyzés: egy kiváltó esemény bekövetkezésekor kialakuló következmény súlyosságát többtényező is befolyásolhatja, amelyeket a becsléseknél figyelembe kellett venni (pl. személyekre vonatkoztatva a sebezhetőség meghatározása).

7. lépés: A nem mérsékelt események gyakoriságának meghatározása

8. lépés: A független védelmi rétegek (IPL-ek) meghatározása. Minden védelmi rétegnél meg kellett határozni, illetve meg kellett becsülni a működési igény esetén fellépő hibázás valószínűségét (PFD).

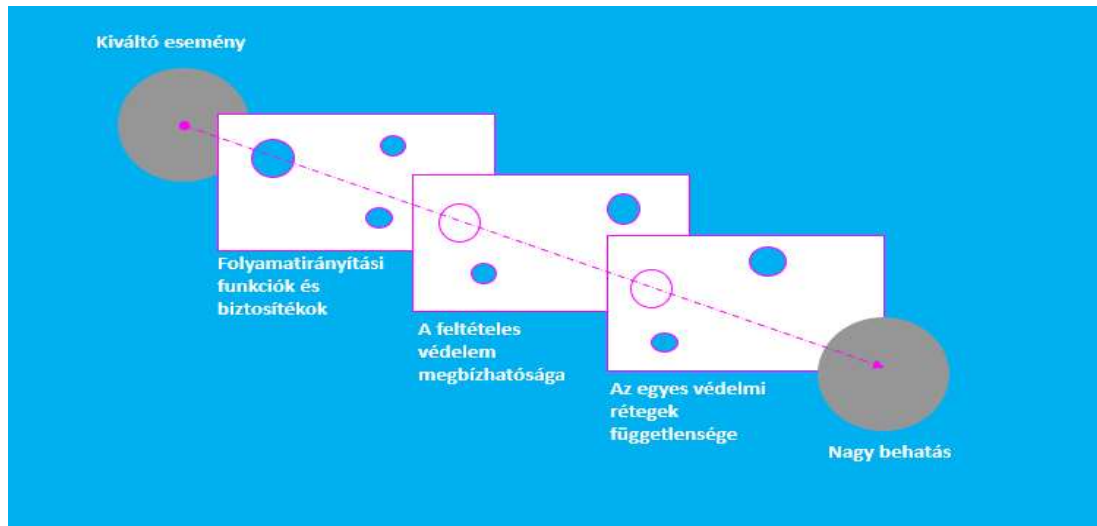
9. lépés: Összesíteni kellett a független védelmi rétegek (IPL) PFD értékeit, és meg kellett határozni az eredő kockázatcsökkentésüket.

10. lépés: A mérsékelt események gyakoriságának meghatározása (Mitigated Event frequency: MEF).

11. lépés: Össze kell vetni az elfogadható és a mérsékelt események gyakoriságát. Értékelni kell a megmaradó kockázatot, és döntéseket kellett hozni további kockázatcsökkentő intézkedésekről, pl. SIF-ek alkalmazásáról.

12. lépés: Amennyiben szükség volt SIF-ek alkalmazására, meg kellett határozni a SIF biztonsági integritási szintjét (SIL).

13. lépés: A LOPA dokumentálása, ellenőrzése és jóváhagyása.



14. ábra: LOPA elemzés szemléltető ábrája, Készítette a szerző

A LOPA és a HAZOP elemzések egymástól függetlenül zajlanak le, de egymást kiegészítve megbízható kockázatértékelést nyújtanak. A HAZOP a lehetőségek teljes skálájának bemutatásával segíti a vállalatokat az aktuális kockázatok megértésében. A LOPA feltárja a rendelkezésre álló védelmiszinteket arra az esetre, ha ezek közül a lehetőségek közül valamelyik valósággá válik, és azonosítja a meglévő gyengeségeket, hogy kezelni lehessen azokat. A HAZOP/SIL valamint a LOPA megközelítésű integrációjával és folyamat szemléletével már az üzemszerűen - és ésszerűen előrelátható meghibásodások kiküszöbölhetők [63].

Az elvégzett HAZOP elemzés eredményei alapján a LOPA eljárás során alkalmazott számítás segítségével a becsült kockázati értékek összehasonlításra kerülnek az üzemeltető által jóváhagyott tolerálható kockázati értékekkel. A tolerálható frekvencia érték az adott súlyosságú következmény még tolerálható bekövetkezési gyakoriságát jelenti, tehát azt, hogy egy esemény bekövetkezését statisztikai szempontból átlagosan hány évente tarja elfogadhatónak az üzemeltető [63].

A HAZOP SIL beépítését már hazai üzemek is támogatták, van ahol meg is valósult, mint pl. a Toray Industries Kft. - nál Nyergesújfalun. A következőkben a HAZOP SIL kötelező tartalmi



elemeit mutatom be egy hazai példán keresztül, amelynek eredményeként javaslatot kívánok majd tenni ennek beépítésére a robbanásvédelmi TvMI-be. A HAZOP SIL kapcsán a következők beépítését javaslom a TvMI-ben meghatározni:

*Első lépésként természetesen találni kell egy olyan vállalatot vagy szakembert, aki megbízható és jártas a témában. A különböző elemzések és az alkalmazandó módszer lehetőséget ad a "SIL" pontos meghatározására. A HAZOP elemzés eredményei alapján lehetőség nyílik további vizsgálatra a várható SIL szint meghatározásához. A további vizsgálatra szoruló műszeres biztonsági rendszerek száma és a kapcsolódó ráfordítások a HAZOP elemzést követően becsülhetők meg. Első lépésben kockázati gráf módszerrel történik az elemzés, majd a további azonosítást (amennyiben szükséges) Layers of Protection Analysis<sup>2</sup> (LOPA) analízissel lehet elvégezni. SIL-ellenőrzésre abban az esetben van szükség, ha a SIL célértékkel rendelkező SIS biztonsági szintje ezt megköveteli. Mivel sok vállalat nem rendelkezik saját kockázatelemzési eljárással, egy erre irányuló pályázatnak tartalmaznia kell a HAZOP elemzéshez szükséges saját kockázati mátrix kidolgozását. A munka megkezdésének feltétele, hogy az ajánlatkérő és a veszélyes üzem elfogadta a kockázati mátrixot és kijelenti annak alkalmazhatóságát. Egy ilyen kockázatelemzési módszer alkalmas lesz a jövőbeni az üzemi veszélyek kockázatelemzésének elvégzésére és saját eljárásrend bevezetésére.*

Kezdetben az alábbi adatok megadására van szükség:

- Műszeres P&I sémák, rövid technológiai leírások és a szükséges „folyamat-diagramok”.
- "Ok-okozati diagramok" a "Vezérlőrendszer, blokk- és leállítási diagramok"
- Az egyes rendszerek folyamatleírásai, beleértve a jogi szabályozást, a vezérlést és az automatikus / kézi leállítási folyamatokat.
- Biztonsági szelepek berendezés- és eszközlísták, méretezési kritériumok és számítások
- Az elektromos ellátás sémája
- Karbantartási utasításokat
- Hozzájárulás az elemzések során a technológiával kapcsolatos műszaki, üzemeltetési és szakmai kérdések megvitatásához

---

<sup>2</sup> egy olyan módszer, amelyet nagy kockázattal járó események értékelésére használnak, annak érdekében, hogy meghatározzák azt, hogy az előfordulási valószínűség és a következmények súlyosságának kombinációja megfelel-e az üzem kockázati határértékének.

A HAZOP záró rendelkezései tartalmazzák:

- a további biztonsági intézkedéseket ott, ahol az üzemi biztonság növelésére szükség
- szükség esetén a további megjegyzéseket
- a felelős személyek kijelölését a biztonsági intézkedések végrehajtására.

A megvalósítás speciális software-ek segítségével valósul meg, mint amilyen többek között a PHA Pro 8, amely HAZOP elemzésre is alkalmas. A SIL hitelesítés végrehajtásához a szabványos követelményeknek megfelelő EXSILentia SILver szoftver is alkalmazható.

A HAZOP SIL –el kapcsolatos elemzésem és egy hazai példa ismertetése után arra a megállapításra jutottam, hogy ennek segítségével növelhető egy veszélyes üzem biztonsága. A jelenlegi jogi szabályozás ezt nem teszi kötelezővé, azonban az elemzést követően megállapítom, hogy szükséges ezek alkalmazása, ha nem is jogi keretek között meghatározva, de ajánlás formájában mindenképp.

**A robbanásvédelem áttekintő vizsgálatának eredményeként javaslom a robbanás elleni védelemről szóló TvMI kibővítését a létesítési feltételek kapcsán, kiegészítve azokat a HAZOP/SIL alkalmazásának lehetőségével.** Ennek eredményeként megvalósulnak először egy veszélyelemzés (HAZOP), aztán egy villamos szempontú vizsgálat (SIL) majd a legvégén egy védelmi és műszaki szempontú elemzés (LOPA). Ez megítélésem szerint a jelenlegi TvMI 7. fejezetének (Kiegészítő létesítési feltételek speciális esetekben) 7.8-es alfejezetét képezhetné HAZOP SIL és LOPA ajánlások alcímmel. Ez természetesen további költségeket is jelent egy veszélyes üzem vagy küszöb alatti üzem számára, azonban, ha figyelembe vesszük azt, hogy alkalmazásával növelhető a munkabiztonság, akkor a HAZOP SIL beépítése ajánlott. A költségek tekintetében személyes konzultációt folytattam piaci szereplőkkel és megtudtam, hogy ennek kidolgozása – természetesen minden üzem esetén más – 15 000 és 20 000 Euro közé tehető, ami 2023-as árfolyamon számolva nagyjából 6 – 8 millió Forint további kiadást jelent. Ez megítélésem szerint egy átlagosnak tekinthető üzem költségvetését nem terheli meg olyan mértékben, hogy az a legfontosabb források átcsoportosítását kell, hogy eredményezze.

### **1.7. Létesítési feltételek katasztrófahelyzetre – forgatókönyv elemzés**

A kiválasztott anyag (diklórmetán) elemzése azért fontos, mert az akkumulátor gyártás egyik alapanyagának előállításánál, diklórmetán/metilén- klorid oldószert használnak, amelyet többször és többlépcsőben újra használnak (regenerálást követően), a többszöri újra regenerálás

során a technológia, további nehezen kiküszöbölhető potenciálisan is veszélyes tűzkockázati (és robbanásveszélyes) helyeket rejt magában.

A kapott eredmények nagymértékben segítik és segíthetik a további implementálandó- és a már meglévő gyártástechnológiai fejlesztéseket és javításokat. A modellezés során kiválóan alkalmazható a katasztrófavédelmi szabályozó környezet által meghatározott üzemek esetében alkalmazott „Phastrisk” szoftverrel, amellyel a gyakoriságok és az esetleges scenáriók lekövethetők az intézkedések és védelmi szintek, tovább fejleszthetők. Bementi paraméterek a kiválasztott veszélyes anyag mennyisége és térbeli kiterjedése (felület) alkalmazható a kikerülő veszélyes anyag és a fogadó környezet fizikai paramétereinek mellett. A fentiekben bemutattam, hogy Magyarországon TvMI elkészítése jelentős segítséget nyújt a létesítési feltételek meghatározásakor. Mivel az irányelvek már bizonyítottan a gyakorlatban is működnek, természetes, hogy ezek bővítésével és pontosításával is foglalkozik már a szakterület. Értekezésemben egy lehetséges bővítési lehetőséget fogalmaztam meg a robbanásvédelemről szóló TvMI fejlesztésére.

A különböző veszélyes anyagok vizsgálatakor (lejen esetben a diklórmetán) megítélésem szerint nem csak az fontos, hogy egy anyag várható hatásait és tulajdonságait elemezzük, hanem az is, hogy egy veszélyes anyagtároló meghibásodás esetén a szabadba jutott anyag mekkora területen okoz károkat. Ezt egy általam meghatározott feltételezés útján kívánom megvizsgálni. Ennek szemléltetésével kívánom felhívni a figyelmet arra, hogy fontos lenne még foglalkozni a létesítési feltételek meghatározásával katasztrófavédelem esetén, amikor a veszélyes anyag pl. hordókban vagy IBC tartályokban kerül tárolásra.

#### *Feltételezett esemény:*

Egy veszélyes üzemben a veszélyes anyagot tároló hordók katasztrófális meghibásodását követően 400 liter mennyiségű acetont kiömlik és a talajszinten egy nagyobb méretű tócsát képez. A fokozottan tűz- és robbanásveszélyes anyaggal szennyezett nedvesített felületek párolognak, amely azt eredményezi, hogy a távozó gőzök összekeverednek a levegővel és robbanásveszélyes keveréket alkotnak.

#### *Feltételezésem adatai:*

- Veszélyes anyag neve: Aceton
- Veszélyes anyag mennyisége: 400 l
- Veszélyes anyag tárolása: hordóban

- Hordó tárolása: 500 m<sup>2</sup> raktárhelyiségben
- Szellőztetés típusa: mesterséges
- A környezet max. hőmérséklete: T=313 K (40 °C)
- A hordóban tárolt aceton max. hőmérséklete: T=313 K
- Halmazállapot: folyadékfázis

A feltételezett esemény vizsgálatának célja meghatározni, hogy a 400 liter mennyiségű kifolyt veszélyes anyag mekkora területet érint (mekkora tócsa keletkezik), illetve, hogy ez betéríti –e az érintett tárolóhelyiség teljes alapterületét. Utóbbi adat a beavatkozó állomány számára is fontos információval szolgál. Ahhoz, hogy a kialakult tócsa nagyságát meghatározhassam, a következő adatok és számítások elvégzése szükséges.

A talajszintre jutott folyadéktócsa sugara:

$$r = \sqrt{\frac{V_{\text{aceton}}}{hx\pi}} \quad (2)$$

ahol,

$$V_{\text{aceton}} = 400 \text{ l} = 400 \text{ dm}^3 \text{ (aceton térfogata)}$$

$$h = 1 \text{ mm (kialakult tócsa magassága)}$$

$$r = \sqrt{\frac{400 \text{ dm}^3}{0,01 \text{ dm} \times 3,14}} = 112,86 \text{ dm} = 11,2 \text{ m}$$

A kialakult tócsa felszíne tehát:

$$A_{\text{aceton}} = r^2 \times \pi = 11,2^2 \times 3,14 = 393,88 \text{ m}^2$$

Mivel a veszélyes anyag egy 500 m<sup>2</sup> –es raktárhelyiségben helyezkedett el, ezért fenti számításom igazolja, hogy a raktárhelyiség egészét nem, csupán 78%-át érinti a talajszintre kiömlött veszélyes anyag. Amennyiben a raktárhelyiség alapterülete kisebb lenne, mint 500 m<sup>2</sup> abban az esetben a tócsa felületének a nagysága az alapterület nagyságával lenne megegyező. Ebben az esetben a kifolyt aceton magassága nagyobb lenne, mint az általam meghatározott 1 mm.

A legmagasabb környezeti hőmérséklethez tartozó gőznyomás meghatározása szintén fontos egy ilyen vizsgálat során. A fenti adatoknak megfelelően az aceton hőmérséklete 40 °C (313 K). Az ehhez tartozó gőznyomás pedig:

$$p_f \text{ Aceton} = 420 \text{ Torr} = 55996 \text{ Pa}$$

Egy ilyen jellegű katasztrófahelyzet során még számos dolgot ki lehetne számolni, mint például:

- a párolgó folyadék átlagos molekulatömege
- a folyadék párolgási tömegáramának meghatározása a nedvesített felületen
- tömegátadási együtthatók kiszámítása
- legkisebb térfogat áramlási sebesség meghatározása
- elméleti térfogat számítása
- veszélyeztetett térfogat nagyságának meghatározása
- fennmaradási idők számítása
- hőmérsékleti osztályok meghatározása

Ezekkel azonban az értekezésemben elsősorban terjedelmi korlátok miatt nem foglalkozom.

A továbbiakban a feltételezett katasztrófahelyzet alapján olyan javaslatokat fogalmazok meg, amelyek a robbanás TvMI fejlesztését is szolgálhatják.

Javaslataim:

- A szellőztetés kapcsán javaslom, az ehhez hasonló katasztrófahelyzetek esetén 1-1  $dV_0/dt = 18 \text{ m}^3/\text{s}$  és  $dV_0/dt = 77 \text{ m}^3/\text{s}$  térfogatáramú ventilátor elhelyezését a raktárhelyiségek födémhez legközelebbi pontján. A ventilátorok esetén fontos, hogy azok mindig friss levegőt szívjanak be és hogy a ventilátorok által a helyiségekbe befűvott levegőt és a párolgó robbanásveszélyes gőzöket a szabadba vezesse ki.
- A gázkoncentráció mérők esetén javaslom a raktár méretéhez mérten 1-2 folyamatos, robbanásbiztos kivitelű gázkoncentráció mérő készüléket elhelyezni. A folyamatos gázkoncentrációt mérők által mért értékeket olyan helyiségben szükséges elhelyezni, ahol a jelek folyamatos felügyelete minden nap, a nap 24 órájában biztosítva van. A gázkoncentráció mérők jelzése érdekében a raktárak belső- és külső falán elhelyezett robbanásbiztos kivitelű hang és fényjelzést (piros) is telepítését javaslom.
- A raktárhelyiségek megvilágítása kapcsán javaslom, robbanásbiztos kivitelű világítótesteket és kapcsolók elhelyezését, úgy, hogy a megvilágítási érték az ide vonatkozó jogszabályi előírásoknak megfeleljen. Hatékony megoldás lehet az is, hogy a raktárhelyiségek világításának kialakítását úgy oldjuk meg, hogy a helyiségek tetőszerkezetére felülvilágítókat helyeznek el és a felülvilágítókon keresztül, az épületen kívül elhelyezett fényforrásokkal biztosítjuk a megfelelő megvilágítást.

- A termelőberendezések kialakítása esetén azokat javasolom úgy kivitelezni, hogy azok a tároló edények katasztrófális meghibásodása esetén haladéktalanul leállíthatók és áramtalaníthatók legyenek úgy, hogy a berendezést kezelőnek az emlőgépet ne kelljen elhagynia.
- Az épületszerkezetek kialakítása kapcsán javasolom a raktárhelyiségek bejáratánál lévő küszöböt úgy kialakítani, hogy a raktárban a tárolóedény meghibásodásakor kiömlő robbanásveszélyes folyadék ne tudjon onnan kijutni.
- Az oltóberendezések tekintetében javasolom meghatározni a mértékadó tűzterhelést és ennek figyelembe vételével a tárolt anyagoknak megfelelő hatásos oltóberendezést kell kialakítani. A fenti esettanulmány esetén (40 °C -os aceton) a vízzel oltás nem hatékony azért mert az anyag sűrűség kisebb a víznél 40 °C -on.
- Hordók hatékonyabb tárolása érdekében a teli és üres hordókat anyagfajtánként jól elkülönítve és nem éghető anyagú táblákkal megjelölve, a használatuknak megfelelően, ürítőnyílásukkal felfelé, lezárt állapotban javasolom tárolni, mind a teli, mind az üres hordók esetén.
- A kiömlött anyag kármentesítése tekintetében a tároló hordók súlyos meghibásodásakor a szabadba kerülő tűz- és robbanásveszélyes anyagok felitatasása céljából megfelelő mennyiségű velitató homokot és az ehhez szükséges lapátot javasolom készenlétben tartani.
- Fontos még megítélésem szerint a raktározás szabályozásának vizsgálata is. Az egyes tárolási szabályokat utasítások formájában javasolom szabályozni. Ezeket az utasításokat az üzemben dolgozó munkavállalókkal is ismertetni szükséges, valamint meg kell tartani a rendszeres dokumentált oktatásokat is. A témakörrel részletesebben majd a 3. fejezetben foglalkozom.

A fent felsorolt megállapításaim és javaslataim megítélésem szerint tovább növelhetik egy veszélyes üzem biztonságát. Ezeket az irányelveket szintén be lehetne építeni a robbanás elleni védelemről szóló TvMI-be.

### **1.8. Részkövetkeztetések**

A fejezetben a robbanásvédelem egyes részterületeinek sajátosságait vizsgáltam és feltártam számos hiányosságot, amelyek alapján a következőket fogalmaztam meg:

- A zónabesorolás elemzése alapján a szellőztetés fontossága mellett megállapítottam, hogy a hazai jogszabályok a zónabesorolásakor csak a normál üzemi működést veszik figyelembe, az attól eltérő körülményeket vagy pl. a karbantartási munkálatokat nem vizsgálja semmi, amelyet szintén hiányként értékelek. Megállapítom továbbá, hogy a robbanásvédelmet érintő jogszabályok különböző ellentmondásokkal jelennek meg a magyar jogrendszerben, amelyből azt a következtetést vonom le, hogy a témakört érintő jogszabályok harmonizációra szorulnak.
- A fent leírtak alapján megállapítom, hogy a megelőző tűzvédelem egyik sarkalatos pontja a robbanásbiztonság, ezért szükségesnek tartom a terület tűzvédelmi hatóság általi ellenőrzését, amely az álláspontom szerint még tartalmaz fejlesztési és fejlődési lehetőségeket. Ide sorolom a hatékonyabb szakmai munka megvalósítása érdekében, a robbanásvédelmi szakemberek képzésének fejlesztését és bővítését.
- A fejezetben ismertetett jogszabályok, táblázatok és ábrák rövid elemzéséből megállapítom, hogy a robbanásbiztonsággal kapcsolatos jogszabály rendszer csak rendkívül összetett módon írható le. Emellett a megfelelő hatósági jelenlét és ellenőrzési keretrendszer is hiányzik belőle.
- Szintén a fejezet következtetéseként vonom le, hogy bár Magyarországon léteznek a robbanásvédelmet érintő jogszabályok, azonban ezek több esetben hiányosak vagy épp ellentmondásosak. Kiemelve a Tűzvédelmi Törvény és a Munkavédelmi Törvény végrehajtási rendeletében található robbanásveszélyre vonatkozó megállapításait. Előzők betartása a napi munkavégzés-, valamint az egyes megalapozó tervezési szakaszok során esetleges hiányosságokat mutatnak. A vizsgálat konzervatív oldalú megközelítésben és nem teljeskörű percentilitásban a Munkavédelmi Törvény, Tűzvédelmi Törvény és Katasztrófavédelmi Törvény (1993.évi XCIII. Törvény, 1996.évi XXXI. Törvény és 2011.évi CXXVIII. Törvény) és az előzőleg említett törvények Vhr.-ei (54/2014. /XII.5./ OTSZ R., 3/2003. /III.11./ FMM-ESzCsM E. R. és 219/2011. /X.20./ Korm. R.) által meghatározott robbanásvédelmi követelmény rendszerek elemzésére terjedt ki, feloldásra van szükség a potenciálisan veszélyes, veszélyes fogalmak és veszélyes technológia- gép- és eszköz valamint az elfogadható mértékű kockázat definíciók esetében. Előzők egyértelműsítése és kidolgozása azért is fontos, mert az egyes megalapozó tervezési fázisok, beüzemelési- és üzemeltetési feladatok esetében kiemelt fontossággal bírnak a műszaki felhasználó kör érintettségében. A szűk keresztmetszetek feloldását követően a Robbanás elleni

védelem TvMI 13.3.-vel műszaki korrelációt mutató szaktevékenységet megalapozó munkabiztonsági és tűzvédelmi szaktevékenységet is támogató Iparbiztonsági Irányelv kidolgozását, mely a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos ipari balesetek elleni védekezéssel összhangban, a katasztrófavédelmi ellenőrzések részét képező karbantartási auditok lefolytatását, további példatárral bővítené. Fentiek esetében az oktatási keretrendszerbe is egységes ajánlással kíván javaslatot tenni a robbanásbiztonság- technika képzési struktúráját illetően az akkreditált szakmérnöki képzések és mérnöki képzések esetében. Ennek kiküszöbölése a katasztrófavédelem és a robbanásvédelmi szakemberek feladata. A hiányosság kiküszöbölése ma is folyamatban van, amelynek az egyik eredményterméke a TvMI Robbanás elleni védelem témaköre.

- A robbanás elleni védelemről szóló TvMI elemzéseként arra következtetésre jutottam, hogy a HAZOP SIL és a LOPA elemzés segítségével növelhető egy veszélyes üzem biztonsága. Ennek beépítését a létesítések esetén a hazai jogi környezet nem teszi kötelezővé, azonban ennek alkalmazása megítélésem szerint ajánlott.

**A robbanásvédelem áttekintő vizsgálatának eredményeként javaslom a robbanás elleni védelemről szóló TvMI kibővítését a létesítési feltételek kapcsán, kiegészítve azokat a HAZOP/SIL alkalmazásának lehetőségével, valamint a katasztrófavédelemre történő létesítési feltételek meghatározásával.** Ez megítélésem szerint a jelenlegi TvMI 7. fejezetének 7.8-as alfejezetét képezhetné HAZOP/SIL alkalmazási lehetőségek címmel.

**A fentiek alapján meggyőződésem, hogy teljesítettem első célkitűzésemet, miszerint feltártam a hazai jogszabályok és irányelvek gyenge pontjait, valamint olyan keretrendszert fogalmaztam meg, amely hatékonyabbá teszi a jelenlegi robbanásvédelmi előírásokat.**

**A fentiek alapján az a feltételezésem, mely szerint a robbanásvédelmet érintő egyes hazai szabályozók további fejlesztésével növelhetők a magyarországi veszélyes üzemek biztonsága igazoltnak tekintem.**



## **2. DIKLÓRMETÁN KOMPLEX ÉGHETŐSÉGÉNEK VIZSGÁLATA**

A robbanásvédelem áttekintését követően, megítélésem szerint fontos, hogy saját mérésekkel győződjek meg a biztonsági adatlapon megadott veszélyes paraméterek valós veszélyeiről illetve hiányairól. Ennek érdekében elvégzem egy általam kiválasztott, hazai üzemekben is felhasznált veszélyes anyag a diklórmetán (továbbiakban: DCM) komplex éghetőségeinek vizsgálatát. Ennek keretén belül a fejezetben ismertetem a veszélyes anyagokkal történő munkavégzés legfontosabb ismérveit is. Ezt követően bemutatom a veszélyes anyagokkal kapcsolatos eddigi mérések és laborkísérletek eredményeit, majd ezt követően a DCM lobbanáspontján történő kémiai jelenségeket vizsgálatom meg egy saját háromlépéses laborkísérlet segítségével.

**Vélelmezem, hogy egyes veszélyes anyagok extrém körülmények hatására a szakirodalmakban található értékeknél hamarabb az anyag robbanásához vezethetnek.**

**Célul tűzöm ki megvizsgálni azt, hogy egyes hazai veszélyes üzemekben alkalmazott veszélyes anyagok a normál üzemi állapottól eltérő extrém körülmények hatására, mutathatnak-e olyan kémiai jelenséget, amely a biztonságra jelentős hatást gyakorolva, eltér a szakirodalmakban található értékekhez képest.**

A kitűzött céloom elérése érdekében nem csak megvizsgálom a témát érintő releváns hazai és nemzetközi szakirodalmakat, hanem egy háromlépéses saját labormérés elvégzését is megvalósítom.

### **2.1. A diklórmetán (DCM) általános bemutatása**

Azt, hogy a DCM-nek milyen egészségkárosító hatásai vannak, azt az anyag biztonsági adatlapja mutatja meg, amely adatlapot az értekezésem 1. számú függelékében helyeztem el. A biztonsági adatlap egy olyan dokumentáció, amely széleskörű információkat mutat, úgy, mint az anyagok vagy keverékek összetétele, egészségügyi hatásai, valamint a termékek biztonságos felhasználása, tárolása és ártalmatlanítása. A biztonsági adatlapok segítségével lehetővé válik mind a munkáltatói, mind a felhasználói oldalról, az emberi egészség és a munkahelyi biztonság védelme, illetve a környezet védelmével kapcsolatos, legfontosabb intézkedéseket megtétele. A biztonsági adatlapok formai és tartalmi követelményeit az 1907/2006/EK rendelet II. 2015/830 és (EU) 2020/878) határozza meg [64]. A DCM az MSZ EN ISO/IEC 80079:20-1 szabványban nem jelenik meg, amely tény a kutatásom alapja.

CAS- No.	Name formula	Relative (air = 1)	Melting point [°C]	Boiling point [°C]	Flash point [°C]	Lower flam. limit [Vol. %]	Upper flam. limit [Vol. %]	Lower flam. limit [g/m <sup>3</sup> ]	Upper flam. limit [g/m <sup>3</sup> ]	Auto. ign. temp. [°C]	Most inc. mixture [Vol. %]	MESG [mm]	9. pp. - 9b [mm]	MHC ratio	Temp. class	Equip. group	Method of tests
75-08-1	Ethanethiol (= Ethyl Mercaptan) (= Ethyl sulphydrate) (= Mercaptoethane) CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> SH	2,11	-148	35	-48	2,8	18,0	73	468	295		0,90		0,9	T3	IIA	a
75-15-0	Carbon Disulfide CS <sub>2</sub>	2,64	-112	46	-30	0,6	60,0	19	1900	90	8,6	0,34	0,02	0,38	T6	IIC	c
75-19-4	Cyclopropane (= Trimethylene) CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub>	1,45	-128	-33	gas	2,4	10,4	42	183	500		0,91		0,84	T1	IIA	a
75-21-9	Oxirane (= Ethylene oxide) (= Epoxyethan) CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> O	1,52	-123	20	gas	2,6	100	47	1848	428	-8	0,59	0,02	0,47	T2	IIB	a
75-29-5	2-Methylpropane (= iso-Butane) (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CHCH <sub>3</sub>	2,00	-159	-12	gas	1,3	9,9	31	236	460		0,95			T1	IIA	a
75-29-6	2-Chloropropane (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CHCl	2,70	-117	35	<-20	2,8	10,7	92	350	590		1,32			T1	IIA	a
75-31-0	2-Propanamine (= iso-Propylamine) (= 2-Aminopropane) (= 1-methylethylamine) (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CHNH <sub>2</sub>	2,03	-101	32	<-24	2,3	8,8	55	208	340		1,05			T2	IIA	a

- 38 - ISO/IEC 80079-20-1:2017 © ISO/IEC 2017

15. ábra: Egyes veszélyes anyagok technikai tulajdonságai. Az ábra nagyítva a 4. számú mellékletben található. Forrás: [98]

## 2.2. A DCM veszélyes tulajdonságai

Mielőtt az általam tervezett kísérletet bemutatnám, fontos tisztázni azt, hogy pontosan milyen anyag a DCM, illetve azt, hogy milyen egészségkárosító hatásai vannak. A kísérletemhez a DCM-et egyrészt személyes okokból választottam, másrészt pedig azért mert az anyagot több hazai ipari üzem is felhasználja és hasznosítja, ezért egy ilyen vizsgálat hozzájárulhat egyes eddig nem ismert tapasztalatok megszerzéséhez.

A halogénezett szénhidrogének közül a metán klór származékai monoklór-metán (metil-klorid) diklór-metán (metilén-klorid) DCM], triklórmetán (kloroform) illetve a tetraklór-metán (szén-tetraklorid) ipari és gazdasági szempontból egyaránt fontos szerepet játszik. Ezeket a termékeket nemcsak fontos kémiai intermediereként, hanem oldószerként is széles körben alkalmazzák [97]. Számos vegyület között gyenge poláros molekula lévén a DCM bizonyult a legmegfelelőbb oldószernek.

A DCM egy szerves klorid vegyület, amelynek képlete CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>. A metilén-klorid átlátszó, színtelen, nem gyúlékony, illékony folyékony klórozott szénhidrogén, édes, kellemes illatú, és

bomlási hőmérséklet fölé hevítve erősen mérgező foszféngőzt bocsát ki. Hevítve vagy égés hatására, valamint forró felületekkel érintkezve könnyen lebomlik, amelynek eredményeként mérgező és maró füst keletkezik. Az anyag a szervezetbe kerülhet a bőrön keresztül, belégzéssel és lenyelés útján is. A DCM irritálja a szemet, a bőrt és a légutakat is. Az anyag lenyelése hányást válthat ki, ami aspirációs tüdőgyulladást okozhat. Az anyag negatívan hat a központi idegrendszerre, a májra, a vérré, a tüdőre és a szívre. Az expozíció előidézhethet akár szén-monoxid mérgezést is. Az expozíció nagy koncentrációk esetén, okozhat tudati szint csökkenést vagy akár halált [65].

Az anyag nagyobb mennyiségben akár súlyosabb egészségügyi kockázatokat is eredményezhet. Belégzése esetén jelentkezhet gyengeség, hányinger, álmoság, szédülés, fejfájás vagy akár öntudatlanság is. A megbetegedések megelőzése érdekében fontos a tárolóhelyiség folyamatos szellőztetése, illetve laboratóriumban való alkalmazása esetén a folyamatos elszívás. Belégzés után fontos a friss levegő és egy hosszabb pihenés. Szélsőséges esetekben pedig oxigén alkalmazása vagy mesterséges lélegeztetés [65].

Az anyag bőrrel való érintkezése esetén könnyen felszívódhat, amelynek következtében száraz bőr, vörösség és égető érzés alakulhat ki. A károsodások megelőzése érdekében javasolt védőkesztyű és védőruházat használata az anyag jelenlétében. Elsősegély nyújtáskor a segítséget nyújtó személy lehetőség szerint viseljen védőkesztyűt. A szennyezett ruházatot mihamarabb el kell távolítani. A bőrt először öblíteni, majd vízzel, szappannal alaposan le kell mosni. Szemmel való érintkezés esetén az elsődleges tünetek a szem vörössége és fájdalma, amely megelőzhető védőszemüveg alkalmazásával. Az érintett területet először bő vízzel néhány percig öblíteni kell (kontaktlencsét eltávolítani), majd orvoshoz fordulni. A diklórmétán lenyelése esetén elsősorban erős hasi fájdalom jelentkezhet. A lenyelés megelőzése érdekében az anyag közelében kerülni kell az étkezést és a dohányzást. Elsősegély során a szájat ki kell öblíteni, hánytatni viszont szigorúan tilos! Szükségessé válhat oxigén belélegeztetése. Természetesen ebben az esetben is mihamarabbi orvosi ellátásra van szükség [65].

Az anyag kiömlése esetén a veszélyeztetett területet minden esetben ki kell üríteni és a további intézkedésekről szakértőkkel konzultálni. A kiömlő folyadékot zárható tartályokba kell gyűjteni, a megmaradt folyadékot pedig homokkal vagy inert adszorbenssel fel kell itatni, majd a helyi szabályozás szerint tárolni és elhelyezni [65].

Végül bemutatom a diklórmetán egyes fizikai és kémiai adatait is. Erre azért van szükség, mert az értekezésem későbbi részében egy saját mérés bemutatása kapcsán a most feltüntetett adatok fontosak lesznek [65].

- Képlet:  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$
- Cas szám: 75-09-2
- Molekulatömeg: 84.9
- Forráspont: 40 °C
- Olvadáspont: -97 °C
- Relatív sűrűség (víz = 1): 1.3 (20 °C)
- Oldékonyság vízben, g/100ml 20 °C-on: 1.3 (mérsékelt)
- Gőznyomás, kPa 20 °C-on: 47.4
- Relatív gőz sűrűség (levegő = 1): 2.9
- A gőz/levegő keverék relatív sűrűsége 20° C-on (levegő = 1): 1.9
- Öngyulladási hőmérséklet: 605 °C
- Robbanási határok, térf% levegőben: 13-22
- Lásd Megjegyzések.
- Oktanol/víz megoszlási koefficiens mint log Pow: 1.25
- Viskozitás: 0.32 mm<sup>2</sup>/s 20 °C -on [65].

A DCM gyengén poláris, vízzel nem, de sok más szerves oldószerrel elegyedik. A halogénezett szénhidrogénekben a szén-halogén kötés nagyobb mértékű polaritása nem befolyásolja a fizikai tulajdonságait. Olvadás- és forráspontjuk sokkal magasabb az azonos szénatomszámú szénhidrogénékéénél, de ezt jelentősen nagyobb moláris tömegükkel, így a molekulák közt kialakuló erősebb diszperziós kölcsönhatással is megmagyarázhatjuk. A DCM illékonysága és sokféle szerves vegyület oldására való képessége miatt számos technológiai folyamat hasznos oldószere. Szobahőmérsékleten magas gőzkoncentrációt eredményez, különösen zárt térben vagy korlátozott szellőzés esetén válik veszélyessé. A DCM gőzének belélegzése kábító hatásokat vált ki, amely magában foglalja az álmoságot, fejfájást, szédülést, magas koncentrációjú eszméletvesztést és halált. Az anyag belélegzése irritálja az orrot és a torkot, és káros hatással van a központi idegrendszerre. A metilén-klorid bizonyítottan mutagén és rákkeltő anyag. (NCI05), (CAS 75-09-2) [66]. Környezeti szempontból a DCM kimondottan károsító anyagok közé tartozik, elsősorban az égése során keletkező nem tökéletes reakciótermékek miatt [67]. A reagensek égésterméké alakításának módosítása csökkentheti a

környezetre káros anyagok mennyiségét a kritikus égési reakciózónában. Az égés hatékonysága általában attól függ, hogy a reagensek hogyan alakulnak terméké, de ez a folyamat összetett.

### 2.3. A DCM kémiai instabilitása és reakciói

Vannak olyan veszélyes anyagok, amelyeket jól ismerünk és vannak természetesen olyanok is, amelyeket kevésbé. Ez utóbbiak jelenthetnek különösen nagy veszély, hiszen elhárításukra, mentesítésükre, sok esetben eddig nem volt tapasztalat. Ilyen eset volt többek között a 2010-es vörösiszap katasztrófa is Magyarországon [68] [69]. A DCM vizsgálatát elsősorban a különleges-, és veszélyes égési-robbanási tulajdonsága és elterjedt ipari felhasználása miatt tartom fontosnak. Saját vizsgálataimat is épp ezért erre a vegyületre fókuszáltam.

A DCM éghetőségről a szakirodalom nem egységes. A Toxikológiai Enciklopédia [70] néhány fontos fizikai paramétert és az éghetőségre az alábbiakat adja feltüntetve az erősen toxikus hatásokat. A diklór-metán hidrolízise oldatban rendkívül lassú. Jellemzői teljes spektrumát a Pubchem hivatalos oldalán találjuk meg [66].

- Oldhatósága 1,38 g/100 ml vízben 20 °C-on
- Gőznyomás 349 Hgmm 20 °C-on
- Gőzsűrűség 2,93
- tenzió (log P) 1,25
- Fajsúly 1,33 (víz = 1)
- Gyúlékonyság Éghető folyadék
- Gyúlékonysági tartomány 14-22% (levegőben)
- Gyulladás hőmérséklet 605 °C
- Öngyulladás hőmérséklet:(556 °C) – 605 °C [67] [70] [71].

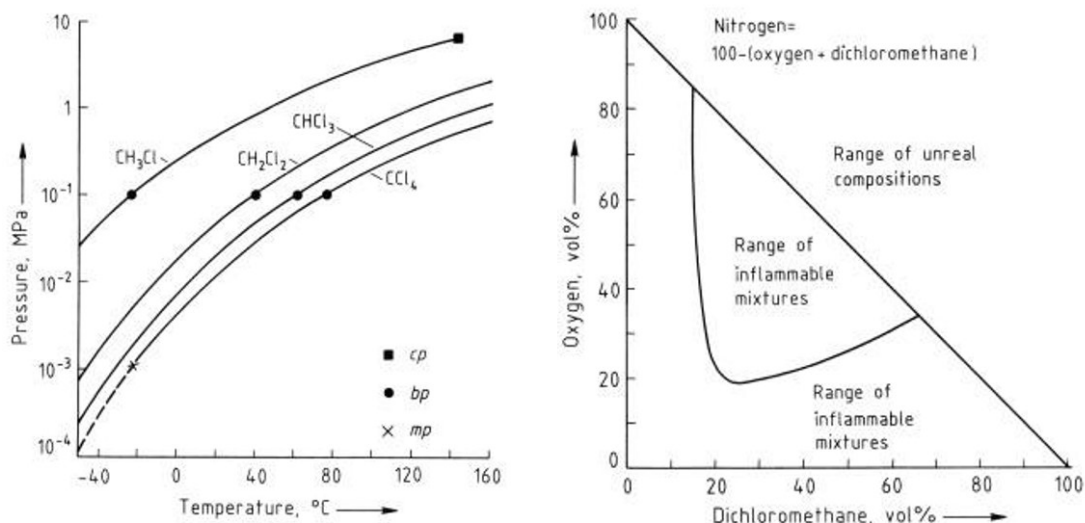
Biztonsági adatlapja alapján az anyag bizonyos körülmények között gyúlékony és robbanásveszélyes. Ilyen körülmény lehet például, forró felület, láng hatás vagy azzal járó munkavégzés (hegesztés)- mintaként említendő egy példaként említendő biztonságtechnikai adatlap megfogalmazása: „10.4 Kerülendő körülmények, Figyelje meg a rá nyomtatott tárolási hőmérsékletet. Nincs több szükség.” Hivatkozás a biztonsági adatlapA tűzben irritáló vagy mérgező füstök (esetleg gázok) keletkeznek belőle. Az anyag hevítése nyomásnövekedést okoz, amely magában hordozza a szétrobbanás kockázatát is. **A biztonsági adatlap nem tér ki viszont arra, hogy ezek hány fokos hőterhelés esetén következhetnek be.** Hevesen reagál erős oxidálószerrel, erős bázisokkal és fémekkel, mint alumínium por és magnézium por. Ez tűz és robbanás veszélyt okozhat. Ezen felül megtámad egyes műanyagokat, a gumit és a

bevonatokat. Az azonnali veszélyek megelőzése érdekében nem érintkezhet egyes összeférhetetlen anyagokkal, mint pl. sósav, foszgén, szén-dioxid. A halogéntartalom csökkenti a vegyület éghetőségét. A nagyobb halogén tartalmú vegyületek éghetetlenek (legfeljebb hőhatására elemeikre bomlanak, például a jodoform vagy széntetraklorid), a kisebb halogén tartalmúak tökéletes égése során szén-dioxid mellett hidrogén-halogenid vagy elemi halogén szabadul fel. Egyes halogénezett szénhidrogéneket oltóanyagként használnak, illetve használtak (H 1301). A halogénezett szénhidrogének tökéletlen égése igen veszélyes lehet. Például a felszabaduló klór a tökéletlen égés közben keletkezőszén-monoxiddal veszélyes, harci gázként is használt idegméreggá, foszgénné ( $\text{COCl}_2$ ) alakulhat [72]. Nedvesség hiányában normál hőmérsékleten a diklór-metán viszonylag stabil, összehasonlítva rokonaival, a kloroformmal és a szén-tetrakloriddal. Magas hőmérsékleten ( $300\text{--}450\text{ }^\circ\text{C}$ ) hajlamos elszenesedni, amikor a gőz érintkezik acéllal és fém-kloriddal [73]. Forró felületekkel és nyílt lánggal érintkezve lebomlik, majd mérgező füstöket bocsát ki, amelyek irritálóak és figyelmeztetnek jelenlétükre. Bomlásig hevítve erősen mérgező foszgén és /hidrogén-klorid/ füstöt bocsát ki [74].

A DCM nedvesség hiányában normál hőmérsékleten viszonylag stabilnak nevezhető, különösen, ha összehasonlítjuk annak ún. rokonvegyületeivel, mint pl. a kloroformmal és a szén-tetrakloriddal. Az anyag magasabb hőmérsékleten ( $300\text{--}450^\circ\text{C}$ ) viszont már hajlamos elszenesedni, amikor a gőz érintkezik acéllal és fém-kloriddal.

A DCM forró felületekkel és nyílt lánggal érintkezve bomlásnak indul, majd ezt követően mérgező füstöket bocsát ki, amelyek irritálók lehetnek. Bomlásig hevítve az anyag erősen mérgező foszgén és hidrogén-klorid füstöket képes kibocsátani. Ezek a klórozott vegyületek gátolják a szénhidrogén égési folyamatait, emellett azonban növelik a szén-monoxid szintjét (magasabb  $\text{CO}/\text{CO}_2$  arány), és nagy molekulatömegű vegyületeket és kormot képeznek a lángokban.

A DCM a levegőben tulajdonképpen nem gyúlékony. Így ez az egyetlen nem gyúlékony, alacsony forráspontú kereskedelmi oldószer. Az anyagnak nincs lobbanáspontja a DIN 51 755 és az ASTM 56–70, valamint a DIN 51 758 és az ASTM D 93–73 definíciói szerint. Ennek köszönhetően nem vonatkoznak rá a gyúlékony folyadékokra vonatkozó különböző előírások. A fennálló tűzveszélyességi korlátok ( $\text{CH}_2\text{Cl}_2$  gőz/levegő) következtében a G1 (VDE 0165) robbanási kategóriába tartozik. Kis mennyiségű DCM hozzáadása gyúlékony folyadékokhoz (pl. benzin, észterek, benzol stb.) növeli azok lobbanáspontját; 10–30% DCM hozzáadása az ilyen keverékeket nem gyúlékonyra teheti.



16. ábra: Metil-klorid gőznyomás görbéje (bal, valamint a DCM  $\text{O}_2$  és  $\text{N}_2$  keverékeinek gyúlékonysági tartománya. Forrás: [75].

Környezetvédelmi szempontból a DCM különösen káros anyagnak tekinthető, elsősorban az égése során keletkező tökéletlen reakciótermékek miatt. A reagensek termékké alakításai módjának módosítása csökkentheti a környezetre káros anyagok mennyiségét az égési reakciózónában [67]. Az égés hatékonysága általában attól függ, hogy a reagensek hogyan alakulnak termékké. Ez a folyamat azonban összetett. A DCM elsősorban instabil molekula, de ennek ellenére nehezen lép reakcióba.

A téma mértékadó szakirodalmainak többsége valamilyen katalizátor jelenlétét írja le az anyaggal kapcsolatban. A katalizátor befolyásolja, milyen átmeneti égéstermék keletkezik. Az erre vonatkozó irodalmak szinte kivétel nélkül valamilyen katalizátor jelenlétét adják meg. Shuang Xu kinetikai és spektroszkópai eredményei feltárták, hogy a felületi szulfát új reakcióutat alakított ki a formaldehid intermedier képződéséhez, amely tovább oxidálható  $\text{CO}_x$ -dá [76].

A kutatók számos tanulmányt végeztek a klórozott szénhidrogének magas hőmérsékletű reakciójával kapcsolatban. Weissman és Benson a  $\text{CH}_3\text{Cl}$  és  $\text{CH}_3\text{Cl}/\text{CH}_4$  keverékek magas hőmérsékletű (1200-1300 K) bomlását vizsgálták [34]. Vizsgálataik fő termékeként a  $\text{C}_2$  szénhidrogéneket jelentették, és a  $\text{CH}_3\text{Cl}$  egyfajta katalizátor volt a képződéshez. Senser és szerzőtársai a PIC (Products of Incomplete Combustion) képződését vizsgálták a  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ ,  $\text{CH}_4$ /levegő reakciója során lamináris lapos lángban 1 atmoszféranyomáson és 1500-2000 K hőmérsékleti tartományban [77]. Megfigyelték, hogy nagyszámú stabil intermedier keletkezik

a láng elején, de a láng kritikus tartományában is gyorsan lebomlanak. Azt is meghatározták, hogy a klór jelenléte elősegíti az etánt és a fogyasztást. A szerző feltételezte, hogy a  $\text{CH}_4/\text{CH}_2\text{Cl}_2$  keverékek oxidációjában a  $\text{CH}_3$  és  $\text{CHCl}_2$  gyökök dominálnak, és ezen gyökök kombinációs reakciója  $\text{C}_2$  vegyületek képződését eredményezi.

Ho a DCM termikus bomlását vizsgálta  $\text{H}_2/\text{O}_2$  keverékekben és argon gázban. A reakciót csőreaktorban hajtották végre 1 atmoszféra össznyomáson, 610-820 °C hőmérséklet-tartományban, átlagos tartózkodási idővel 0,1-2,0 másodperc között [35]. A tanulmányban megfigyelt fő termékek a metil-klorid, a metán, a CO és a HCl voltak. Megállapították, hogy az oxigén szinte nincs is hatással a DCM bomlási folyamatra, ha a konverzió 50% alatti és/vagy a kezdeti oxigénkoncentráció 5% alatti. Ha az átalakulás 90% felett van, a fő termékek úgy, mint a sósav és a nem klórozott szénhidrogének, mint például a  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ ,  $\text{C}_2\text{H}_4$ . Azt is kimutatták, hogy minél magasabb az  $\text{O}_2:\text{H}_2$  arány, annál alacsonyabb hőmérséklet szükséges a CO-CO<sub>2</sub> képződés megfigyeléséhez [35].

A  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$  bomlása, stabil köztes termékek képződése és átalakulása 1 másodpercen belül megtörténik, mely hőmérsékletfüggő. Ebben a pirolízises reakciórendszerben kizárhatjuk az oxigén és a metán,  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$  bomlására és termékeloszlásra gyakorolt hatását [78].

Zhang kutatásában a fő termékek a  $\text{C}_2\text{HCl}_3$ , a  $\text{CH}_3\text{Cl}$  és a  $\text{CHClCHCl}$ . Kiseb megfigyelt termékek a  $\text{C}_2\text{H}_4$ ,  $\text{C}_2\text{H}_3\text{Cl}$  és  $\text{CH}_2\text{CCl}_2$ . A klór-acetilén és a  $\text{C}_2\text{HCl}$ , stabilabbnak tűnik. A DCM teljes átalakulását csak kombinált katalizátorral sikerült elérni [79].

Az eredmények azt mutatják, hogy a CuMnOx/Zr-Ti-Al katalizátor hatékony lehet a DCM elégetéséhez, mivel a teljes átalakulást 470 °C-on érte el anélkül, hogy egyéb káros szerves melléktermékek keletkeztek volna. A zeolitok is hatékony katalizátornak bizonyultak. Zhang összehasonlította a Na és Ka tartalmú zeolitok hatását. Az eredmények azt mutatták, hogy a DCM égését a FAU zeolit katalizálja a lépcsőzetes mechanizmuson keresztül, amely nedves levegőben adszorpciót, deklórozást, hidrolízist és oxidációt tartalmaz. A NaFAU aktívabbnak bizonyult. A NaFAU és KFAU deklórozási és hidrolízis lépéseinek számított aktiválási gátjai 82,1 és 124,2 kJ mol<sup>-1</sup> voltak [79].

Számos tanulmányt végeztek a klórozott szénhidrogének magas hőmérsékletű reakciójával kapcsolatban. Senses a Products of Incomplete Combustion (PIC) képződését vizsgálták  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ , / $\text{CH}_4$ / elegy levegőben való reakciója során lamináris lapos lángban 1 atmoszféra nyomáson és 1500-2000 K hőmérséklet-tartományban [77]. Megfigyelték, hogy először nagyszámú stabil intermedier keletkezik a lángban, de a láng kritikus tartományában ezek



gyorsan lebomlanak. Megfogalmazták továbbá, hogy a klór jelenléte elősegíti az etánt és a fogyasztást. A szerző feltételezte, hogy a  $\text{CH}_4/\text{CH}_2\text{Cl}_2$  keverékek oxidációjában a  $\text{CH}_3$  és  $\text{CHCl}_2$  gyökök dominálnak, és ezen gyökök kombinációs reakciója  $\text{C}_2$  vegyületek képződését eredményezi [35]. A klórozott szénhidrogének két szakaszában különbözőképpen léphetnek kölcsönhatásba a szénhidrogének égési folyamatába. Az első a pirolízis során az iniciáció szakaszban az aktív klóratomok jelenléte felgyorsítja a láncreakciót, azaz a gyökök további képződését (a klór gyök felgyorsítja a terjedést). A klór-szénhidrogének gátolják a  $\text{CO} \rightarrow \text{CO}_2$ -vá oxidálódását a későbbi égési fázisban is.

Yulin Gu és szerzőtársai kimutatták, hogy a  $\text{CuMnOx}/\text{Zr-Ti-Al}$  katalizátor hatékony katalizátor lehet a DCM elégetéséhez, mivel a teljes átalakulást  $470\text{ }^\circ\text{C}$ -on érte el anélkül, hogy egyéb káros szerves melléktermékek keletkeztek volna [80]. Shuang Xu kinetikai és spektroszkópiai eredményei feltárták, hogy a felületi szulfát új reakciót alakított ki a formaldehid intermedier képződéséhez, amely tovább oxidálható  $\text{CO}_x$ -dá. [76].

#### **2.4. A DCM viselkedése ipari körülmények között**

Azelőtt, hogy a DCM vizsgálatának labortervét elkészítem, fontos meghatározni azt, hogy a vizsgált anyag milyen módon kerülhet kémiai szempontból extrém körülmények közé.

Az előzőekben tehát bemutattam a DCM-et, mint anyagot a biztonsági adatlapja alapján. A kutatás során arra a következtetésre jutottam, hogy a veszélyes anyagok biztonsági adatlapjai bár alapvetően precízek és használható információkat nyújtanak, rendelkeznek még olyan kisebb hiányosságokkal, amely megítélésem szerint az iparbiztonság területén fontos lenne. Egyik ilyen hiányosságként tekintek arra, hogy a biztonsági adatlapok sok esetben nem foglalkoznak az ún. extrém üzemi körülményekkel (nyílt láng használata, extrém hőmérséklet, halmazállapotváltozás utáni viselkedés). Ezen felül megállapítom, hogy nemzetközi szinten sem egységes a biztonsági adatlap és a vegyi anyagok besorolása. Többek között Dél-Korában és Japánban pl. a DCM nincs besorolva a robbanásveszélyes anyagok közé. Az Európai Unió rendelkezik azonban egy megítélésem szerint rendkívül hasznos szakmai portállal, ahol a robbanásveszélyes anyagokat valós adatok alapján, jól kategorizálják. Véleményem szerint ezeket nemzetközi szinten is harmonizálni szükséges. A Globally Harmonized System (továbbiakban: GHS) elsősorban tájékoztatást ad a veszélyes anyagokkal kapcsolatban, nemzetközi rendszerek felállításának segítségével, az egészség és a környezet védelme érdekében. Megítélésem szerint az új biztonsági adatlapok kiadása és pontosítása az ő feladatuk. A Classification, Labelling and Packaging (továbbiakban: CLP), amely az anyagok és

keverékek osztályozása, címkézése és csomagolását egységesíti, azt hozzáigazítja európai uniós szinten a nemzetközi GHS rendszeréhez. Mivel a CLP Uniós irányelv, azért javaslom a szakmai portálos honlap releváns adatai a veszélyes anyagokról, beépíteni a CLP-be, ezáltal egy még hatékonyabban alkalmazható tudástár jöjjön létre.

Mivel a DCM-et magyarországi ipari létesítmények is felhasználják nagyobb mennyiségben, ezért az anyag vizsgálata érdekében saját méréseket készítettem laboratóriumi körülmények között. A DCM elsődleges felhasználási területe tehát az ipari technológiákban valósul meg. A metilén-kloridot elsősorban festékeltávolítóknál használják oldószerként, de használják aeroszolos készítményekben, oldószerként gyógyszergyártásban, zsíroló szerként, elektronikai gyártásban és etánhabos habosítóként is. Különösen hatékonyan távolítják el a nagyon tartós bevonatokat – pl. az ólmozott festéket is – gyorsan és az aljzat károsítása nélkül. Az élelmiszeriparban kávé és tea koffeinmentesítésére, valamint komlókivonatok és egyéb ízesítők készítésére használják. Illékonyasága miatt aeroszolos spray-hajtóanyagként és poliuretánhabok habosítószerként használják.

A saját mérésém segítségével szeretnék rámutatni arra, hogy az anyag biztonsági adatlapján feltüntetett információkon kívül egyéb veszélyeket is magával hordoz, különösen extrém körülmények között. A mérés ismertetése előtt bemutatom azokat az ipari üzemeket és létesítményeket, ahol a diklórmetán valamilyen formában napi szinten jelen van. Ilyen pl. Toray Industries Hungary Kft. vagy a Zoltek Zrt. is Nyergesújfalun.

A DCM, felhasználása tehát mindennapos az iparban. A Toray Industries Hungary Kft. esetén a DCM felhasználása a következőképpen zajlik:



1.kép: Toray Industries Hungary Kft. telephelye Nyergesújfalun. Készítette: A szerző.

A gyártás alapanyaga polipropilén<sup>3</sup> ( $C_3H_6$ )<sub>x</sub> és polietilén<sup>4</sup> ( $C_2H_4$ )<sub>x</sub> alapanyag, ami tulajdonképpen egy porgranulátum. Ezek az anyagok egy silóból kerülnek bele egy ún. extruderbe, amelyet paraffinnal összekeverve felfűtenek és így alakul ki belőle egy műanyag ömlény.

Amennyiben a DCM gőz visszaszállítása nagyatmérőlű csővezetékén valósul meg, hibalehetőség lehet a tömítés meghibásodása, a vegyi anyag kicsapódás és a forró (>350 °C-os) felületre történő fröccsenés is. Ésszerűen feltételezett scenárió lehet egy extrúder szigetelt kamracsőben található hőmérséklet jeladó meghibásodása és/vagy kimoszulása, amelynek következtében a szabályozásra vonatkozó paraméterek az érzékelés nem megfelelősége miatt nem az elvárt határértékeken belül mozognak, és a hőmérséklet faktor (felfűtés) emelkedése zajlik le. A DCM folyadék esetleges kiszabadulása és felületre forró túlfűtött felületre történő fröccsenése miatt hirtelen történő robbanás és láng jelenség következhet be, amely az extrúder környezetében található paraffin ködöt belobbantja és további lánca folyamat indulhat be.

Extrém körülmény kialakulhat mosó és szárító berendezés hőmérséklet kiegyenlítés hiánya következtében fellépő (és nem kellően telített /vízgőz/) veszélyes anyag jelenlét és oxigén

<sup>3</sup> a világ egyik leggyakrabban előállított műanyaga.

<sup>4</sup> az egyik szélesebb körben használt műanyag

környezet a 10m/s sebességgel nagyobb mértékben belobbanó anyag a 9 mikrométeres PP/PE fólia réteget meggyújtja, amelynek pórusaiban paraffin olaj található finom eloszlásban.



2. kép: Polipropilén tárolása silókban. Készítette: A szerző.

A kialakult műanyag ömleny rátapad egy hengerfalra, amelynek következtében létrejön egy 1 méter széles fólia. Ez kezdetben még nedves állapotban van ezért szárítani szükséges. A DCM-re azért van szükség, mert ennek segítségével kerül kimosásra a paraffin olaj. Egy-egy ilyen művelet során nem „vész kárba” jelentős mennyiségű DCM, hiszen az üzem területén az anyag folyamatos regenerációja is zajlik, így a DCM elsősorban párolgás útján ürül nagyobb mennyiségben.



3. kép: Egy tiszta DCM tartály (balra) és az anyag regenerálása silókban (jobbra). Készítette:  
A szerző.

Egy másik, már felsőküszöbértékű veszélyes üzemnek minősülő létesítmény a Zoltek Companies, Inc, amely világszerte ismert a kereskedelmi szénszálgyártásban, szintén felhasználja a DCM-et a gyártási folyamat során. Ezt elsősorban a vegyi szál vizsgálatok, valamint a különböző labormérések során teszik meg. A DCM sűrűség-megoszlás mérésére használják fel. A szálakat DCM-be helyezik egy ún. sűrűségmérő oszlopban. Ebben megnézik, hogy mennyire süllyed le az elemi szál, ezzel megmérve annak sűrűségmegoszlását.

A két fenti példa alapján megállapítom, hogy a DCM egy olyan anyag, amelyet hazánk ipari üzemei is felhasználnak. Ez az anyag más veszélyes anyagokhoz képest megítélésem szerint kevésbé ismert, ezért egyes tulajdonságai előre vetíthetők akár új kémiai viselkedési formákat, különösen extrém körülmények között. Ennek bizonyítása érdekében egy többlépcsős laborkísérletet végzek, három különböző laboratóriumban. Vizsgálatom célja bebizonyítani, hogy a DCM komplex éghetőségi vizsgálat eredményeként extrém körülmények között – úgy, mint magasabb hő, lángthatás - képes robbanási, illetve égési jelenségeket mutatni. Vizsgálatomat a következő alfejezetben mutatom be.

## 2.5 A DCM vizsgálatának háttere és laborterve

Miután röviden ismertettem a DCM jelenlétét és felhasználását egyes magyarországi ipari üzemekben, bemutatom az anyaggal kapcsolatos laboratóriumi mérésemet. A mérést egy gondosan elkészített laborterv alapján végeztem el. Labormérésem egyik kulcspontja az anyag tulajdonságainak és viselkedésének a vizsgálata lobbaspont környékén. Ahhoz, hogy a

várható kémiai folyamatokat elemezni tudjam, fontos meghatározni azt, hogy pontosan mi is az a lobbanáspont. A lobbanáspont az a hőmérséklet, ahol már megjelenik az égni képes gőz-levegő elegy és ez már lánggal is meggyújtható. Ennek megfelelően a lobbanáspont alapján megítélhető a veszélyhelyzet. Ilyenkor figyelembe kell venni.

- azt, hogy egy meghatározott hőmérsékleten annak a gőznek van nagyobb térfogata, amelynek a lobbanáspontja alacsonyabb
- az ATEX előírások szerint az Ex védettséget az alacsonyabb gyulladási hőmérséklet alapján kell megállapítani
- az elektromos és nem elektromos alkatrészeket
- a szellőztetést az adott anyagra kell méretezni [81].

A lobbanáspont kapcsán fontos továbbá meghatározni azt, hogy milyen módon lehet a veszélyhelyzetet megítélni a lobbanáspont alapján, illetve, hogy mivel lehet csökkenteni a robbanásveszélyt. A veszélyt csökkentheti például a nyílászárókon történő szellőztetés, a csökkenő hőmérséklet, a légköri nyomás növekedése, a munkahely területének nagysága, illetve az oldószerek egyes tulajdonságai (gőznyomás, forráspont, párolgási szám). Ezzel szemben lehetőség szerint kerülni kell a robbanásveszély megelőzése érdekében a:

- hőmérséklet emelkedését
- a légköri nyomás csökkenését
- oldószergőzök levegővel való elegyedését
- a nyílászárók folyamatos csukva tartását, ezzel megelőzve a szellőztetést
- a fajlagos felület nagyságát
- az oldószerek levegőre vonatkoztatott nagyobb gőzsűrűségét [81].

Ezen kívül ügyelni kell a gáz-gőz-köd-por-levegő elegy robbanási hatására, amely függ:

- az éghető gáz-gőz- köd tisztaságától
- az éghető por szemcseméretétől
- az éghető anyag koncentrációjától és mennyiségétől
- az éghető keverék hőmérsékletétől nyomásától és nedvességtartalmától
- az éghető keverék homogenitásától és turbulenciájától
- valamint a gyújtóforrástól, valamint annak energiájától és elhelyezkedésétől [81].

Általánosságban megfogalmazom, hogy a robbanásveszély csökkenthető már abban az esetben is, ha az ATEX előírásnak megfelelően betartjuk az egészségügyi határt, amely az alsó robbanási határ töredéke. Ezen kívül egyéb egészségügyi normák betartásával is elkerülhető a robbanásveszély.

A vizsgált anyag és a lobbanáspont rövid bemutatása után, ismertetem a labortervet, amely terv alapján végül elvégeztem a vizsgálataimat. A méréshez azért választottam a DCM-et, mert ez az anyag illékony, nehezebben gyullad be, azonban a levegőben robbanó elegyet képezhet. Ez egy nagy mennyiségben, iparilag előállított és felhasznált anyag, amelyet laboratóriumokban könnyen megvizsgálhatunk. Mivel jó oldószer, ezért a hagyományos méréseken túl a DCM akár robbantókamrában is megvizsgálható

**A mérés célja:** A DCM, a jelenleg releváns szakirodalmi ismereteink alapján feltételezhető, hogy magasabb hőmérsékletnek kitéve továbbra is képes robbanási vagy égési aktivitást mutatni, annak ellenére, hogy számos szakirodalom nem éghető anyagként definiálja. Ennek észlelésére és igazolására speciális mérési feltételeket állítottam fel.

**A mérés tárgya:** DCM viselkedése láng és hőterhelés hatására.

**A mérés menete:** Három különböző időpontban, három különböző helyszínen.

**A vizsgált anyag:** DCM ( $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ ). Teljes mintakészlet 1 liter DCM, amelyből több sorozatban végeztünk vizsgálatot. A vizsgálatok szélső értékmenyisége 22,018 ml és 37,36 ml volt.

**A mérés folyamata:** A mérés megvalósítása három lépésben. Első lépésben a DCM, mint folyékony anyag lobbanáspontján történő kémiai jelenségek vizsgálatát végzem el. Második lépésben a DCM viselkedését vizsgálom láng és hőterhelés hatására (extrém körülmények között). Harmadik lépésben robbantókamrás vizsgálatot végzek azért, hogy a vizsgált anyag égésterméke ne keveredjen azonnal a környezettel, hanem egy zárt térben maradjon a vizsgálat ideje alatt.

**Labormérések ideje:**

- Első mérés: 2021. március, MSZ EN 22592:1996 alapján
- Második mérés: 2021. december, nem szabványos mérés
- Harmadik mérés: 2022. április, MSZ EN ISO/IEC 80079-20-1:2016 szabványban részletezett robbantókamrában, nyomásálló berendezésben végzett mérés

### **Labormérések helyszíne:**

- Első mérés: Óbudai Egyetem Ybl Miklós Építéstudományi Kar, Tűzvédelmi laboratórium. Budapest, Thököly út 74.
- Második mérés: Széchenyi István Egyetem, Győr, Egyetem tér 1.
- Harmadik mérés: Miskolci Egyetem, Dustlab porlabor Miskolc, Egyetem út 1.

### **Vizsgálatban részt vevő személyek:**

- 1 laborvezető,
- 1 tudományos munkatárs

**Biztonsági intézkedések:** A mérésen részt vevők a biztonsági előírásoknak megfelelően védőszemüveget, védőkesztyűt és a laborban készletben tartott fehér köpenyt viseltek. A veszélyes anyagra való tekintettel a helyszínen a mérés közben hatékony elszívást, a mérések között, illetve után pedig alapos szellőztetést végeztek.

**Várható eredmények:** A DCM gyújtóforrás nélkül nem mutat égési jelenséget, azonban láng hatás mellett (extrém körülmény) már megjelennek bizonyos kémiai folyamatok, amelyek az anyag biztonsági adatlapján nem szerepelnek.

A laborterv ismertetése után bemutatom a több lépésből álló mérés első kísérletét.

## **2.6 A DCM lobbanáspont vizsgálata és eredményei**

*Első mérésemet* az Óbudai Egyetem Ybl Miklós Építéstudományi kar tűzvédelmi laboratóriumában végeztem el. A laborban található felszerelések képesek kiszolgálni az építési anyagok és termékek, épületbelső tűzbiztonsági értékelésének elméleti és gyakorlati képzési elvárásait. Emellett a labor megfelelően felszerelt ahhoz, hogy különböző elsősorban kutatási célú mérések történjenek, fókuszálva az egyes anyagok tűzvédelmi adatainak vizsgálatára és azok rögzítésére. A laboratórium műszerparkját az elmúlt évek során a különböző pályázatokon elnyert támogatás segítségével fejlesztették. A laboratórium felszereltsége megfelel az Európai Unió előírásainak és irányelveinek megfelelő, különféle elemzésekre, úgy, mint az építési termékek oxigén tényezőjének vagy indexének, gyulladási hőmérsékletének, sugárzó hővel szembeni viselkedésének és meggyújthatóságának vizsgálatára, például padlóhéjazatok megfeleltetésére és minősítésére. A fent megnevezett felszerelések és mérési lehetőségek okán választottam tehát labormérésem első helyszínéül Óbudai Egyetem Ybl Miklós Ybl Miklós Építéstudományi kar tűzvédelmi laboratóriumát, ahol a DCM viselkedésének vizsgálatával



kívántam meghatározni az anyag lobbanás és gyulladáspontját. A mérés a következő terv alapján valósult meg [101]:

**A mérés ideje:** 2021. március 18.

**Vizsgált anyag:** DCM

**Vizsgálat ideje és helye:** 2021. március 22, YMÉK Tűzvédelmi laboratórium

**Vizsgálati eljárás:** A mintákat az MSZ EN 22592: 1996 „Lobbanás és gyulladáspont meghatározása. Cleveland szerinti nyitott tégelyes módszerrel”. Gyújtóforrás: PB láng  
Készülék: Petrotest CLA 2, valamint az MSZ EN 22719: 1995 „Lobbanáspont meghatározása. Abel- Pensky szerinti zárt tégelyes módszerrel”. A gyújtóforrást egy izzó kerámia szolgáltatta. A vizsgálat során használt készülék: Petrotest PMP 2, amelyet szabványok előírásai szerint vizsgáltam.

**A vizsgálat során mért lobbanáspontok eredménye:**

- Nyílttéri lobbanáspont: nem kimutatható
- Zárttéri lobbanáspont: nem kimutatható

**A vizsgálatból levont következtetések:**

*Zárttéri megfigyelésem eredménye,* felfűtéskor 40 °C-ig, ahol 30 °C körül már meglehetősen sűrű kormozó gőzök jelentek meg a zárttér nyílásán, azonban ez egyáltalán nem volt meggyújtható. Ennél a mérésnél a gyújtóforrást egy szikra (szabvány szerint) szolgáltatta. A minta hőmérséklete nem emelkedett 39,5 °C fölé, tehát forrásban volt.

*Nyílttéri megfigyelésem eredménye,* hogy 38 °C - on megindult a forrás, további felfűtés esetén sem melegedett a folyadék 39 °C - on túl, miközben folyamatosan forrt a folyadék minta, amíg el nem forrt teljesen. A vizsgált anyag többszöri gyújtási próba után sem volt belobbantható. Ebben az esetben a gőzök színtelenek voltak.

**A mérés végeredménye:** az anyag lobbanáspontja nem volt kimutatható, mert a nevezett folyadék 40 °C -on elforr és lángjelenség nélkül gáz halmazállapotúvá válik. A vizsgálati eredmények a vizsgálati módszerben előírt körülményekre vonatkoznak, azok nem vihetők át minden további nélkül más környezeti viszonyokra. A tűzben való viselkedés megítélésére ezek a vizsgálati eredmények önmagukban még nem elégségesek, ezért össze kell hasonlítani azokat más égéstechnikai jellemzőkkel. A vizsgálati eredmények a megvizsgált mintákra vonatkoznak.

Mivel az első mérés nem vezetett a kívánt eredményre, ezért a DCM viselkedését megvizsgáltam egy másik laboratóriumban láng és hőterhelés (extrém körülmény) hatása alatt is.

## **2.7 A DCM éghetőségi vizsgálata forró fém felületen**

Mivel az első mérés nem mutatott semmilyen égési jelenséget, ezért további méréseket kellett végrehajtanom. Második mérésemet a Széchenyi István Egyetem Anyagtudományi és Technológiai Tanszék Anyagvizsgáló Laboratóriumában végeztem el. A laborban lehetőség van mechanikai, anyagszerkezeti, roncsolásmentes, technológiai, valamint tisztaságvizsgálatok elvégzésére is.

**Labormérés ideje:** 2021.12.02.

**Tárgy:** DCM viselkedése láng és hőterhelés hatására (extrém körülmények között).

**Labormérés helyszíne:** Széchenyi István Egyetem, Győr, Egyetem tér 1.

**Vizsgált anyag:** DCM

**Vizsgálatban részt vett személyek:**

- 1 laborvezető,
- 1 tűzvédelmi vizsgálómérnök,
- 1 tudományos munkatárs,
- 1 EHS mérnök

**Előzmények:** Óbudai Egyetem Ybl Miklós Építéstudományi Kar tűzvédelmi laboratóriumában korábban elvégzett lobbanáspont mérések alapján, az anyag lobbanáspontja nem volt kimutatható, mert a nevezett folyadék 40 °C-on elforr és lángjelenség nélkül gáz halmazállapotúvá válik.

**Vizsgálat célja:** A DCM-re vonatkozó szakirodalmi hivatkozások alapján feltételezhető, hogy az anyag magasabb hő hatására mégis képes robbanási illetve égési jelenségeket mutatni. Ennek kimutatására és ellenőrzésére egyedi mérési körülményeket állítottunk össze.

**Vizsgálat során alkalmazott eszközök:** A hőforrást vízszintes helyzetű *izzó vasmag* biztosította, amelynek hőmérsékletét a hozzá csatlakoztatott *szabályozó egységgel* lehetett beállítani. A hőmérséklet mérésére két helyen *termoelemeket* alkalmaztunk, egyik a vasmag

hőmérsékletét, a másik a vasmagra helyezett fémedény belső hőmérsékletét mérte. Az alkalmazott lángforrás egy 3-4 cm magasságú propánláng volt.



18. ábra: A vizsgálat során használt eszközök. Készítette: a szerző

**Vizsgálat menete:** A vasmag felületi hőmérsékletét és a mintatartó belső hőmérsékletét fokozatosan emeltük. A DCM folyadékot folyamatosan csepegtettük a kívánt beállított hőmérsékleten. Az azonnal elpárolgó DCM-gőz viselkedését két körülmény között figyeltük meg.

*Első lépés* külső gyújtóforrás (láng) nélkül: a DCM viselkedését csak melegítés mellett (lángforrás nélkül) vizsgáltuk vaslap helyezett alumíniumedénybe ejtve (20. ábra).

A *második lépés* az égési jelenségek megfigyelése volt egy 3-4 cm magas propánláng segítségével. A vaslap hőmérsékletét fokozatosan emeltük, miközben a DCM folyadékot a mintatartóba csepegtettük, mint az első esetben. A vaslap fokozatosan melegeedett, amíg a DCM folyamatosan csöpögött. Első lépésben a DCM reakcióját csak hevítéssel (lángforrás nélkül) vizsgáltam úgy, hogy a cseppeket vaslapra helyezett alumínium edénybe csepegtettem. A második lépésben egy vaslap helyezett vastag falú rézötvözet edényben az anyag reakcióját is megfigyeltük csepegtetéssel, végig lángthatás jelenlétében (21. ábra).



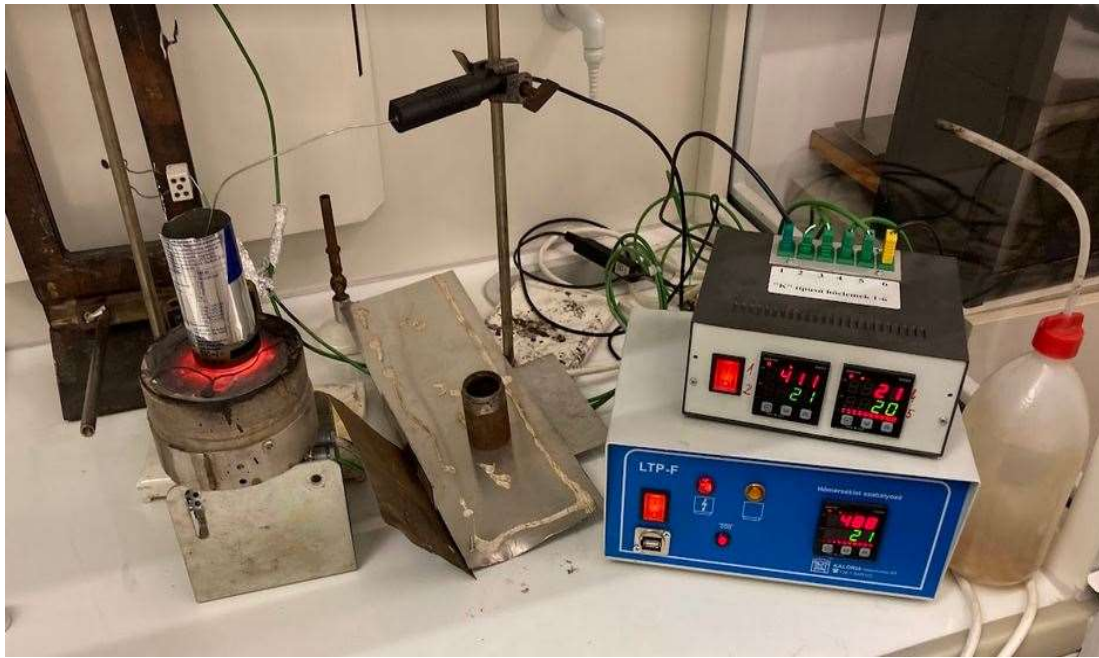
19. ábra: Vizsgálati eljárás láng nélkül (bal) és láng segítségével (jobb). Készítette: A szerző.

**Eredmények, megfigyelések:**

A mérés eredményeit a lent feltüntetett táblázatokban ismertetem.

4. táblázat: Csepegtetés eredményei gyújtóforrás nélkül. Készítette: A szerző

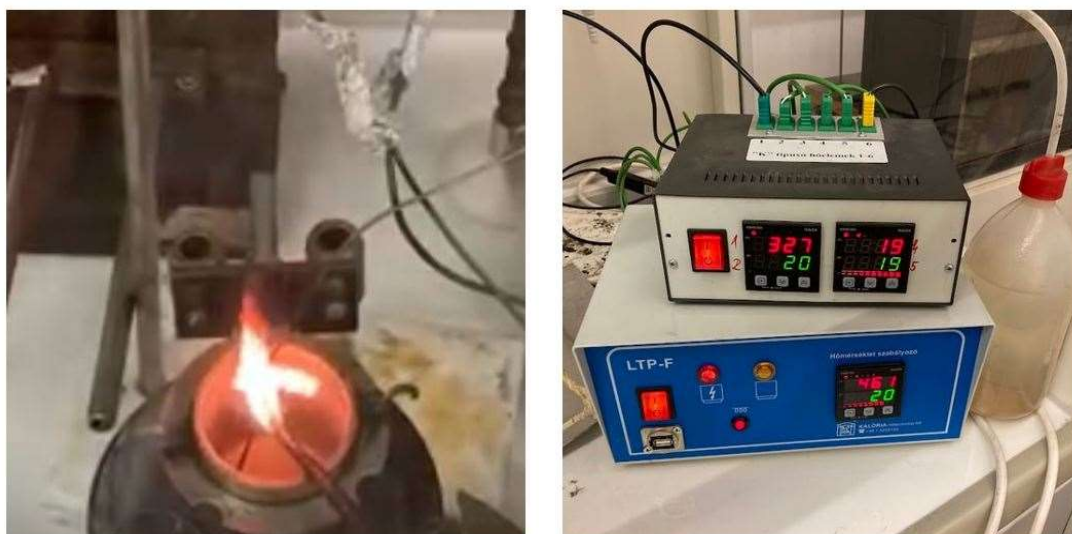
Vasmag hőmérséklet	Belső térhőmérséklet	Megfigyelések
315 °C	235 °C	kémiai reakció nem látható
350 °C	285 °C	kémiai reakció nem látható
430 °C	335 °C	kémiai reakció nem látható
440 °C	350 °C	kémiai reakció nem látható
Eredmény: A DCM 435 °C-ig gyújtóforrás nélkül nem mutat égési jelenséget.		



20. ábra: A DCM 435 °C-ig gyújtóforrás nélkül nem mutat égési jelenséget. Készítette: A szerző

5. táblázat: Csepegtetés eredményei lángthatás mellett. Készítette: A szerző.

Vasmag hőmérséklet	Belső térhőmérséklet	Megfigyelések
250 °C	150 °C	kémiai reakció nem látható
<b>310 °C</b>	200-220 °C	a láng alsó zónájában felvillanás tapasztalható
408 °C	310 °C	felvillanás és piroforos jellemzők
470 °C	340 - 350 °C	felvillanás és piroforos jellemzők
503 °C	370 °C	határozott lángjelenség
<b>Eredmény: 310 °C –on megjelent az első felvillanás</b>		



131. ábra: Felvillanás és piroforos jellemzők 330 °C –on. Készítette: A szerző.

**Összegzés:** A laboratóriumi mérés megerősíti azt a hipotézisemet, hogy lehetséges olyan feltételeket teremteni, amelyek lehetővé teszik a DCM égésének kimutatását. Megvizsgáltam, hogy a DCM már 40 °C-on elpárolgott, így a robbanás jelenségét már a gőzökhöz rendelték. A lobbanáspont, azaz a folyadék felülete továbbra sem ad égési jelenséget. A robbanás és gyulladás már sokkal hamarabb bekövetkezik a szakirodalmakban olvasható értéknél. Feltételeztem, hogy a forró réz fémfelület (a mintatartó felület) erős katalizátorként működik. Eddigi vizsgálataink során ez a legalacsonyabb hőmérséklet (310 °C), amelyről beszámolhatok. Fontos megjegyezni, hogy ez gyújtóforrás jelenlétében igaz, tehát az általam mért robbanás nem spontán égés. Mérésem megerősíti a szakirodalomnak azt a részét, amely megmutatja, hogy a DCM égése milyen módon függ a körülményektől és a katalizátortól.

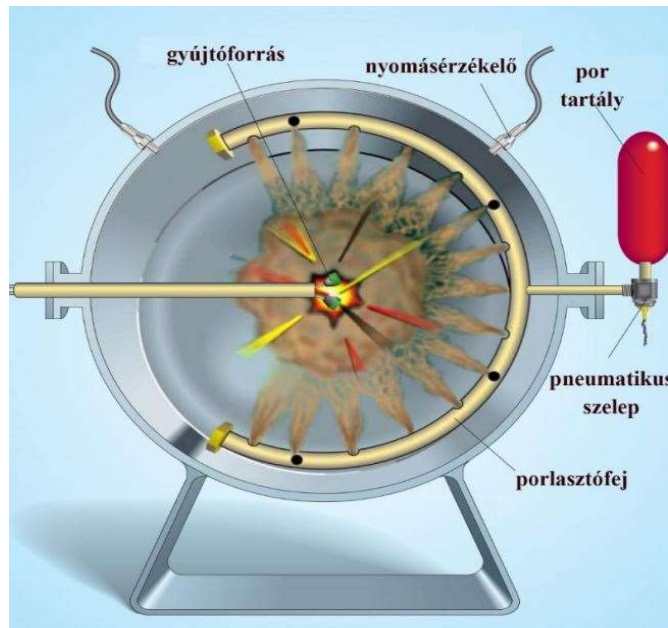


22. ábra: A DCM csepegtetés lángthatás mellett 370 °C –on. Készítette: A szerző.

### 2.8 A DCM viselkedésének robbantókamrás vizsgálata

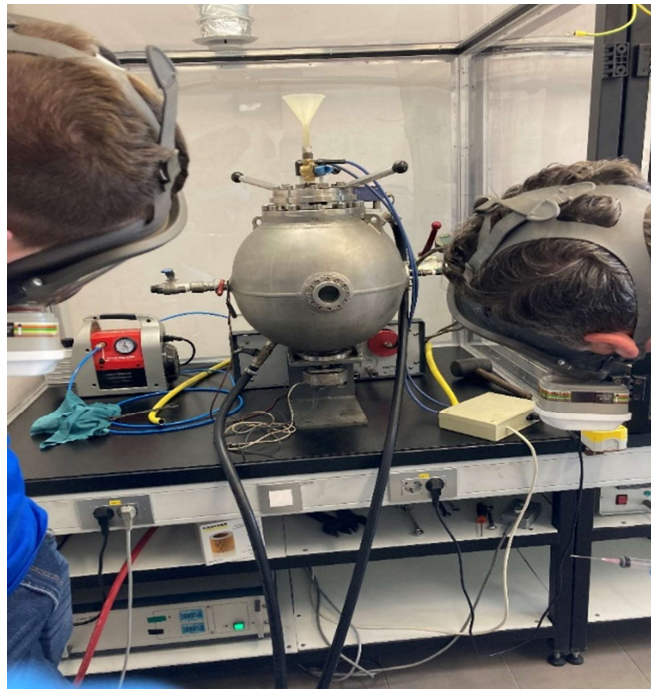
A DCM viselkedésének vizsgálata során egy harmadik mérésre is sor került. Az anyag viselkedését egy vaslap szerelt robbantókamrában is megvizsgáltam, annak érdekében, hogy a bomlástermék egyben maradjon. Ez azért fontos, mert a DCM hevítésekor, mert a klórról ( $\text{Cl}_2$ ) leválik a metán ( $\text{CH}_4$ ), amely hevítéskor robbanásra is képes. Az égéstermék viszont a robbantókamrában egyben marad. Emellett a robbantókamrás vizsgálat egy alternatív (eddig kevésbé vizsgált) vizsgálati lehetőséget is ad. A vizsgálat során 1 liter mennyiségű DCM –et használtunk, amely nem egy mennyiségben, hanem kisebb űrtartalomban befecskendezve került bele a kamrába. A vizsgálatok során az AÉH eléréséhez 22,018 ml az FÉH eléréséhez 37,36 ml volt szükséges.

A mérés helyszíne a Miskolci Egyetem DustLab laboratóriuma volt, ahol lehetőség van robbanási jellemzők vizsgálatára is. A laboratórium képes robbanóképességi paraméterek meghatározására, robbantókamra segítségével. Ennek segítségével meghatározható maximális robbantási túlnyomás ( $p_{\text{max}}$ ) maximális nyomásnövekedési sebesség ( $[\text{dp}/\text{dt}]_{\text{max}}$ ), robbanási jelzőszám, explóziós együttható ( $K_{\text{st}}$ ), alsó robbanási határkoncentráció (ARH (LEL)), illetve felső robbanási határkoncentráció (FRH (UEL)) is. Egy ilyen robbantókamra szerkezeti felépítését mutatja be a 24. ábra.



23. ábra: Egy robbantókamra szerkezeti elemei. Forrás: [82].

A fent megnevezett okok mellett választásom azért esett a Miskolci Egyetem laboratóriumára, mert ez lehetőséget biztosít az egyes technológiákban alkalmazott fokozottan tűz- és robbanásveszélyes anyagok illetve azok keverékeinek tény-alapú megközelítésének vizsgálatához is. Itt lehetőség van továbbá különböző porok, gőzök, gázok és hibrid keverékek robbanástechnikai paramétereinek meghatározására is. A 25. ábrán az a robbantókamra látható, amelybe a vizsgált anyag került.



24. ábra: Robbantókamrás vizsgálat a Miskolci Egyetem DustLab laboratóriumában.

Készítette: A szerző.



**Tárgy:** DCM viselkedése extrém körülmények között robbantókamrában.

**Labormérés ideje:** 2022.04.14.

**Labormérés helyszíne:** Miskolci Egyetem DustLab, 3515 Miskolc-Egyetemváros.

**Vizsgált anyag:** DCM

**Vizsgálatban részt vett személyek:**

- 1 laborvezető
- 2 egyetemi labormérnök
- 1 tudományos munkatárs,
- 1 EHS mérnök

**Előzmények:** Óbudai Egyetem Ybl Miklós Építéstudományi Kar tűzvédelmi laboratóriumában korábban elvégzett lobbanáspont mérések alapján, az anyag lobbanáspontja nem volt kimutatható, mert a nevezett folyadék 40 °C -on elforr és lángjelenség nélkül gáz halmazállapotúvá válik.

A Széchenyi István Egyetem Anyagtudományi és Technológiai Tanszék Anyagvizsgáló Laboratóriumában (Győr) hő hatására a vizsgált anyag cseppjei azonnal gázhalmazállapotúvá váltak (elforrt, feltételezhetően elbomlott). Az így keletkezett gáz gyújtóforrás hatása nélkül 435 °C -ig nem mutatott égési jelenséget. Gyújtóforrás jelenlétében (propánláng), 310 °C felett a gázok már égési jelenséget mutattak.

**Vizsgálat célja:** A diklórmetán vizsgálata extrém körülmények között ún. robbantókamrában. Megvizsgálom, hogy az anyag zárt térben mutat-e eltérő viselkedést a korábbi mérésekhez képest.

**Vizsgáló berendezés:** A vizsgáló kamra egy rozsdamentes acélból készült duplafalú gömb, melynek belsőterfoga 20 liter. A dupla fal folyadék áramoltatását teszi lehetővé a kamra körül. Ez egyrészt a hűtés célját szolgálhatja, vagyis elvezetheti a robbanások által keltett hőt, másrészt előre megadott hőmérsékletre történő melegítést is lehetővé tehet. A gyújtószerkezet a gömb középpontjában található. A gömb oldalán lévő egyik kivezetésen két piezoelektromos nyomásérzékelő található [41].

A gömbtartályt a tetején lévő bajonettzáras tető levételével lehet kinyitni. A bajonetzár zárt állapotát egy biztonsági kapcsoló jelzi.

A 20 literes gömb és a KSEP 310 gáz vezérlő egység egy jól szellőztethető laboratóriumi fülkében van elhelyezve.

**A vizsgálat menete:** A diklórmetán vizsgálata robbantókamrában az anyag alsó robbanási határértékén (13%), felső robbanási határértékén (22%) köztes koncentrációkon történtek. A befecskendezés különböző hőmérsékleten történt meg a különböző koncentrációk esetében. (20°C, 39°C-160°C). A gyújtóforrás elektromos szikra volt, melynek minimális energiaszintje 0,01mJ lehet és 10mJ energiaszintig növelhető. A szikra nem volt képes a tesztkészülékben található mintát begyújtani.

**A vizsgálat eredménye:** A robbantókamrás vizsgálat során a diklórmetán nem mutatott robbanási tevékenységet, sem az anyag alsó robbanási, sem pedig a felső robbanási határértékén. Ezen kívül megvizsgáltam még az anyag viselkedését a két robbanási határérték közötti százaléktartékon. Ezen mérések során sem tapasztaltam jelentős robbanási tevékenységet. A mérés eredményeként azt a következtetést vonom le, hogy a robbantókamrában, ahol a keletkezett gőzfázisban lévő vegyi anyag egyben marad, ott sem változik meg az anyag viselkedése.



25. ábra: DCM vizsgálata egy vaslapra szerelt robbantókamrában. Készítette: A szerző.

Ennek köszönhetően a háromlépéses laborkísérletem során, a **második mérés eredményeit tekintem leginkább irányadónak** az anyag viselkedésével kapcsolatban extrém körülmények között.

## 2.9 Részkövetkeztetések

A fejezetben a veszélyes üzemekben alkalmazott veszélyes anyagok normál üzemi állapottól eltérő extrém körülményeinek vizsgálatára összpontosítottam. Tekintve, hogy a feltételezett anyagok mennyisége nagyszámú lehet, ezért egy potenciálisan az előzőknek megfelelő anyag vizsgálatával foglalkoztam.

Az iparban számos, különböző anyagot használnak fel. Ezek közül értekezésemben a DCM vizsgáltam. Azzal a feltételezéssel éltem, hogy az anyag extrém körülmények úgy, mint magasabb hő és lángthatás között képes robbanási, illetve égési jelenségeket mutatni. Ezt egy háromlépéses laborkísérlet segítségével vizsgáltam meg, amely kísérletek alatt a következőket tapasztaltam.

*Zárttéri megfigyelésem eredménye*, felfűtéskor 40 °C-ig, ahol 30 °C körül már meglehetősen sűrű kormozó gőzök jelentek meg a zárttér nyílásán, azonban ez egyáltalán nem volt meggyújtható. Ennél a mérésnél a gyújtóforrást egy szikra (szabvány szerint) szolgáltatta. A minta hőmérséklete nem emelkedett 39,5 °C fölé, tehát forrásban volt.

*Nyílttéri megfigyelésem eredménye*, hogy 38 °C on megindult a forrás, további felfűtés esetén sem melegedett a folyadék 39 °C -on túl, miközben folyamatosan forrt a folyadék minta, amíg el nem forrt teljesen. A vizsgált anyag többszöri gyújtási próba után sem volt belobbantható. A vizsgálati eredmények a vizsgálati módszerben előírt körülményekre vonatkoznak, azok nem vihetők át minden további nélkül más környezeti viszonyokra.

Ezt követően a DCM –et extrém körülmények között is megvizsgáltam. Ennek eredményeként megfogalmaztam, hogy hő hatására a cseppek azonnal gázhalmazállapotúvá váltak. Az így keletkezett gáz gyújtóforrás hatása nélkül 435 °C -ig nem mutat égési jelenséget, gyújtóforrás jelenlétében viszont, 310 °C felett a gázok már égési jelenséget mutatnak, 370 °C - on határozott lángjelenséggel.

Végül egy robbantókamrás vizsgálat következtében megállapítom, hogy a DCM nem mutatott robbanási tevékenységet, sem az anyag alsó robbanási, sem pedig a felső robbanási határértékén, sem a két érték között.

**Fentiek alapján azt javaslom, hogy a veszélyes anyagokat a normál üzemi körülményektől eltérően extrém körülményekre vonatkozóan is vizsgálják és a kapott eredményeket a biztonságtechnikai adatlapokban iránymutatásként külön pontként közölgék.**

**Fentiek alapján a második célkitűzésemet is teljesítettem, hiszen a laborkísérletek, illetve a veszélyes anyagok viselkedése láng és hőterhelés hatására végzett kutatásom eredményeként megállapítom, hogy vannak olyan veszélyes anyagok, amelyek a biztonsági adatlapjukon feltüntetett veszélyeken felül, extrém körülmények között további egészségügyi kockázatokat is rejtenek magukban. A laboratóriumi mérésem igazolja, hogy lehetséges olyan feltételeket teremteni, amelyek lehetővé teszik a DCM égésének kimutatását. A robbanás és gyulladás már sokkal hamarabb bekövetkezik a szakirodalmakban olvasható értékeknél.**

**Fentiek alapján a laboratóriumi mérések igazolják azt a hipotézisemet, mely szerint a veszélyes anyagok extrém körülmények hatására a szakirodalmakban található értékeknél hamarabb vezethetnek az anyag robbanásához.**

### 3 ROBBANÁSVESZÉLYES MUNKAKÖRNYEZET VIZSGÁLATA

A robbanásvédelem általános bemutatása, illetve a DCM komplex éghetőségeinek vizsgálatát követően értekezésem 3. fejezetében elvégzem a robbanásveszélyes munkakörnyezetben való munkavégzés feltételrendszerének a vizsgálatát. Ennek keretén belül külön figyelmet szentelek a további fejlesztési lehetőségekre is.

**Feltételezésem szerint a jelenlegi tűz- és munkavédelmi előírások tartalmazznak még további szabályozási lehetőségeket, melyek a munkabiztonsági szabályozási környezet egyértelműsítésével és a határvonalak definiálásával növelhetik a biztonság aktuális szintjét.**

A hipotézisem igazolása érdekében célokom **megbizonyosodni, hogy a különböző veszélyes ipari üzemek munkavállalói, megfelelő munka, tűz - és balesetvédelmi ismeretekkel rendelkeznek-e, illetve megállapítani, hogy az erre irányuló munkavédelmi szabályozások milyen további fejlesztési lehetőségeket tartalmazznak.**

Kérdőíves adatgyűjtés formájában megvizsgálom a tűz - és balesetvédelmi előadások további fejlesztési lehetőségeit, amelynek során először általánosságban bemutatom a kérdőíves kutatás módszertani háttérét, valamint a korábbi kérdőíves kutatások eredményeit a katasztrófavédelem kutatási területen. A saját kérdőíves adatgyűjtésem során kiértékelem a demográfiai, a munkavállalók önértékelési, valamint a munkahelyi tűz-és balesetvédelmi attitűd vizsgálatok eredményeit. Ennek keretén belül pedig javaslatokat fogalmazok meg majd meg a tűz-és balesetvédelmi előadások további fejlesztésével kapcsolatban. A kitűzött céljaim elérése érdekében a kérdőíves adatgyűjtésem eredményeit, null hipotézissel és variancia-analízissel vizsgálom, de ezen kívül alkalmazom a Pearson korrelációt is.

#### 3.1 A kérdőíves kutatás módszertani háttere

Mielőtt részletezem saját kérdőíves kutatásom eredményeit, bemutatom a kérdőíves kutatások elméleti és módszertani háttérét. A kérdezés manapság az egyik legalapvetőbb adatgyűjtési forma, hiszen ennek segítségével képesek vagyunk bizonyos információk pótlására vagy megszerzésére. A kérdezésnek két alapvető fajtája van, úgy, mint szóbeli, illetve írásos kérdésfeltevés. Az *első csoportba* a különböző személyes és csoportos interjúk, a *második csoportba* pedig a kérdőívek tartoznak [83]. A tudományos kutatások során általában a

kérdőíves kérdésfeltevés tekinthető gyakoribb módszernek, ezért értekezésemben ennek a módszertani háttérét mutatom be részletesebben, annak érdekében, hogy utána saját kérdőíves adatgyűjtésemet elemezni tudjam.

A kérdőíves kutatás a tudományos adatgyűjtés egy különleges és sokszor használt módszere. Ennek során a kutatók kérdőívek elkészítésével vizsgálják meg a kérdezettek véleményét, tudását, ismereteit a kutatandó tárgyról [84]. A kérdőíves kutatás célja, egy kérdés vagy esemény jellemzése, a kapott adatokból, de akár különböző hipotézisek igazolására és vélemények megismerésére is alkalmas módszer. A vizsgálat fajtája lehet:

- egyszeri vizsgálat
- alkalomszerű (egyszer megismételt)
- tervszerű
- többször (véletlenszerű időközökben) megismételt

A kérdőívek a legtöbb esetben olyan témát vizsgálnak, amelynek már vannak bizonyos előzményei, amelyeket a kutatók már a különböző szakirodalmak és tapasztalatok vizsgálatával feltártak. Egy jó kérdőív elkészítése több feladatból tevődik össze. Ide sorolható

- Az előzetes tájékozódás, a kutatási probléma, kérdés megfogalmazása.
- A probléma alapvető fogalmainak meghatározása (konceptualizálás), a téma indikátorainak megtalálása.
- Döntés a mintavétel számáról, a kérdőív kitöltetési módjáról
- A kérdőív megtervezése.
- A kérdőív kitöltetése a kérdezettekkel.
- A beérkezett adatok és információk értékelése, következtetések levonása, eredmények meghatározása [84].

A kérdőíves kutatások esetén is fontos kiválasztani azt az alapsokaságot, amelyben az adott témának a megkérdezése a legmegfelelőbb eredményt hozhatja. Később ebből kell kiválasztani a kérdezettek körét, amit mintának neveznek. A minta kiválasztásával egyidőben szükséges elkészíteni a kutatás eszközét, tehát magát a kérdőívet. A kisebb-nagyobb korrekciót követően valósul meg a kérdőívek kitöltése, amelynek csatornája lehet online, telefonos vagy pedig személyes. Természetesen hibák is felléphetnek egy ilyen vizsgálat során, ezért a hatékony kérdezés érdekében fontos ezeknek az elkerülése. Hiba előfordulhat többek között már a probléma megfogalmazásánál és a fogalmak meghatározásánál is. Utóbbi esetben a célkitűzés

legfontosabb fogalmait kell megtalálni. Egy kérdés abban az esetben jó, ha megfogalmazása precíz és alapos. Fontos, hogy ez legyen hatásos, udvarias, egyszerű, félreérthetetlen és megfelelő hosszúságú. Ahhoz, hogy a megfelelő eredményre jussunk egy kérdőív során, a legfontosabb kérdésköröket logikus sorrendbe kell állítani. Ezeken kívül természetesen egyéb hibalehetőségek is felléphetnek, akár a kérdezés idejére és helyszínére vonatkozóan [84].

Egy jó kérdőív összeállításának része a fő, a motiváló és a mellékkérdések. A főkérdések elsősorban a kitűzött cél elérésére irányulnak, a motiváló kérdések a fenntartható kitöltési kedvet szolgálják, míg a mellékkérdések alapvetően nem köthetők szorosan a témához, azonban válaszaik árnyalhatják a főkérdésekre beérkezett válaszokat.

A kérdések jellegüket tekintve lehetnek nyílt és zárt kérdések. Nyílt kérdés esetén szabad a feleletválasztás lehetősége mind számában, mind formájában. Ennek előnye, hogy a kérdezett a feltett kérdésre azt válaszol, amit csak szeretne, ezzel pedig a kérdező a kérdezett pontos véleményét kapja az adott kérdésben, ami előny egy kutatás során. A nyílt kérdések hátránya viszont a válaszadási szabadság kockázata, hiszen a kérdezett nem biztos, hogy olyan választ ad, amely a kérdező számára mérhető eredményt mutat. Ennek a hibának a kiküszöbölésére alkalmazhatunk zárt kérdéseket. Ebben az esetben a kérdezett feleletválasztásos kérdéseknél a megadott válaszok közül választhat. Egyválasztós kérdés esetén egy, többválasztós esetén akár többet is. Ennek előnye, hogy a kérdezett a kérdező számára mindenképpen feldolgozható választ ad (hiszen a kérdezett által adott válaszok közül választ), hátránya viszont, hogy előfordulhat olyan eset, hogy a válaszlehetőségek nem adják vissza a kérdezett való véleményét, csupán egy ahhoz közeli értéket. A mérték- vagy skálaformáló kérdés esetén a válaszokat a kitöltő rangsorolja és elhelyezi egy skálán [83] [84].

A kérdőívek elkészítéskor kisebb hibák is előfordulhatnak, amelyek hátráltatják vagy torzítják a kapott eredményeket. Gyakori hibának minősül:

- ha hiányzik néhány motiváló mondat a kérdőív elejéről,
- ha a kérdőív struktúrája nem átlátható,
- ha a kitöltés ideje túl hosszú,
- ha nem adja vissza a kitöltés célját,
- ha túl sok a feleletválasztási lehetőség,
- ha hibás a kérdések sorrendje,
- ha hiányos vagy hibásak az instrukciók,

A kérdések összeállításakor meg kell vizsgálni a kérdőív érvényességét és megbízhatóságát is. Ez azt jelenti, hogy a megfogalmazott kérdések arra vonatkoznak-e amit kérdezni szeretnénk, illetve hogy helyesen tettük-e fel a kérdést, továbbá hogy a kérdés megismétlése esetén is azonos eredmények jönnek-e ki [84].

A kérdőíves kutatásnak bizonyos érzékenységi küszöbértéke is van. Számos kérdőív kötelező tartalmi elemét képezi, bizonyos demográfiai adatok megadása, amely pl. a társadalomkutatások területén elengedhetetlen. Ez szociológiai tapasztalatok alapján, egyes kérdezetekben bizalmatlanságot eredményez, amely gyakran a kérdőív idő előtti megszakításához vezet. Éppen ezért fontos felhívni a figyelmet ezeknek az adatoknak a bizalmas kezelésére is.

### **3.2 Korábbi kérdőíves kutatások a katasztrófavédelem kutatási területen**

A kérdőíves kutatás módszertani háttérének bemutatását követően elemzem azokat a tudományos közleményeket és PhD értekezéseket, amelyek a katasztrófavédelem kutatási területen készültek és módszertani szempontból kérdőíves adatgyűjtésen alapultak.

Rácz Sándor „*A beavatkozási hatékonyság növelése a tűzoltások és műszaki mentések során*” című PhD értekezésében egy kérdőíves vizsgálatot is végzett kvalitatív és kvantitatív módszereket egyaránt használva. A kérdőív során a mentő tűzvédelemben a tűzoltás vezetésére jogosult személyek véleményét vizsgálta (attitűd vizsgálat) különleges és az általános tűzoltói beavatkozásokat érintő technikai feltételek és kiképzettség között. Értekezésében ezen kívül elemezte a tűzoltásvezetők szakmai tapasztalatának és a saját tudásuk értékelésének a különböző összefüggéseit. A felkészítés hatékonyságának növelése érdekében elemezte az oktatás azon elvi lehetőségeit, ahol pozitív hatás érhető el a felkészítési folyamat során. A problémák megoldására irányuló egyes eljárási elemek bevalásvizsgálatával megerősítést keresett az intervenció kör szerinti problémafeltárás helyességéről és a modell értékű környezet fontosságáról. A szerző kérdőíves vizsgálatának eredményeként bebizonyította, hogy találhatók eltérések a tűzoltásvezetők saját képzettségük megítélésének tekintetében, elsősorban az általános és egyes speciális szaktudást igénylő beavatkozások között. Ezen felül kimutatta, hogy az egyes különleges szakképesítést igénylő beavatkozások között nincsen összefüggés a tűzoltásvezetők szakmai tapasztalata és a saját képzettségük megítélése során [85].



Kérdőíves adatgyűjtést más PhD értekezésekben is találtam. Bodnár László „*Az erdőtüzek oltásának hatékonyságát növelő módszerek kutatása és fejlesztése*” című doktori értekezésében egy saját mérést hajtott végre önkéntes tűzoltókkal. Bár részkutatása elsősorban a tűzoltókat érintő többletterhelés csökkentésének lehetőségeire irányult, a terhelhetőség egyes fokozatait, valamint a tűzoltók fizikai állapotát kérdőívek segítségével vizsgálta meg. A kutatás eredményeként meghatározta, hogy egy tűzoltó a saját testtömegén felül megközelítőleg 30 kg többletterheléssel még bizonyos ideig képes a feladatát hatékonyan elvégezni, azonban az ezt meghaladó tömeg mennyisége már jelentős hatással van a munkavégzés hatékonyságára [86].

Restás Ágoston „*A tűzoltásvezetők kényszerhelyzeti döntéshozatala*” című PhD értekezésében egy saját szerkesztésű kérdőívet készített, amelynek segítségével szóasszociációs felmérést végzett. A kérdőív szakmailag jellegzetes tűz-, és káresetek gondolati megjelenítését tűzte ki célul. A kutatásához a Nemzeti Közszolgálati Egyetem tűzvédelmi és mentésirányítási, valamint a katasztrófavédelmi és iparbiztonsági szakirányon tanuló hallgatókat vizsgálta önkéntes alapon. A mérésben az utóbbi két szakirány eredményeit kontrollcsoportként elemzte. Kutatásának eredményeként megállapította, hogy a tűzoltók válaszainak megoszlása a szóasszociációs válaszok tekintetében a kontroll csoport válaszaival összehasonlítva láthatóan eltolódik, tehát felülreprezentált a beavatkozás irányába [87].

A Horváth Galina - Restás Ágoston - Bodnár László szerzőhármás egy összetett elégedettségfelmérést végzett a tűzoltó újonc képzést, [88] a tűzoltó II. képzést [89] a tűzoltó I. képzést [90], a műveletirányító képzést [91], valamint a szerparancsnok képzést befejezők körében [92]. A kérdőív segítségével vizsgálták a fent megnevezett képzések csoportjaiban a képzés kezdeményezésének indokát, a képzés értékelését, a képzés színvonalát, az elméleti és gyakorlati ismereteket, a hivatástudatot, valamint a napi munka és a karrier elősegítésének lehetőségeit.

Az ehhez hasonló kérdőíves kutatásokból természetesen több is van a katasztrófavédelem kutatási területen, azonban ezek mindegyikét az értekezés terjedelmi korlátai miatt természetesen nem tudom bemutatni. Az általam tanulmányozott kérdőíves vizsgálatok felmérése után arra a következtetésre jutottam, hogy ez a típusú kutatási módszer a katasztrófavédelem tudomány területén használható eredményeket ad, ezért értekezésemben magam is készítettem egy kérdőívet. A kérdések elsősorban az egységes katasztrófavédelem iparbiztonsági feladatrendszerét érinti, azon belül is a veszélyes üzemekkel kapcsolatos tevékenységeket. [99]

### 3.3 Kérdőíves adatgyűjtésem módszertani háttere

Azt követően, hogy rövid kitekintő elemzést végeztem a különböző kérdőíves kutatásokról a katasztrófavédelem tudományterületén, ismertetem saját kérdőíves kutatásomat. A kutatásom célja, hogy megbizonyosodjak, arról, hogy a különböző veszélyes ipari üzemek munkavállalói, megfelelő munka- és balesetvédelmi ismeretekkel rendelkeznek-e, illetve, hogy az eddigi alkalmazott munkavédelmi szabályozások tartalmazznak-e még további fejlesztési lehetőségeket. A kitűzött cél elérése érdekében egy olyan kérdőívet hoztam létre, amely bárki számára könnyen kitölthető. A kérdőíves adatgyűjtés eredményeit matematikai (valószínűségi) statisztikai módszerek alkalmazásával értékeltem ki. A hitelesebb elemzés érdekében nullhipotézist, valamint szignifikancia – elemzést is végrehajtottam. Ezt követően különbözőségvizsgálatokat, valamint varianciaanalízis-vizsgálatot végeztem. Eredményeimet Karl Pearson angol matematikus korreláció számításával végeztem el.

A matematikai – valószínűségi - statisztikai módszerek alkalmazása a hipotézisek vizsgálatának az alapja. A próbák két nagy csoportra oszthatók: összefüggés és különbözőség vizsgálatok. A statisztikai módszerek a következő táblázat szerint vannak szemléltetve:

6. táblázat: Alkalmazott statisztikai módszerek szemléltetése [102].

<b>KÜLÖNBÖZŐSÉGVIZSGÁLATOK</b>			
<b>Jelentős-e a különbség?</b>			
<b>Adatfajták</b>	<b>Intervallum</b>	<b>Ordinális</b>	<b>Nominális</b>
<b>Minták száma</b>			
<b>Egy</b>	Egymintás t-próba	Wilcoxon-próba	Khi-négyzet-próba
<b>Kettő</b>	Kétmintás t-próba és F-próba	Mann-Whitney-próba	Khi-négyzet-próba
<b>Több</b>	Varianciaanalízis (ANOVA)	Kruskal-Wallis-próba	Khi-négyzet-próba
<b>ÖSSZEFÜGGÉS-VIZSGÁLATOK</b>			
<b>Van-e szoros összefüggés?</b>			
<b>Adatfajták</b>	<b>Intervallum</b>	<b>Ordinális</b>	<b>Nominális</b>
<b>Változók száma</b>			
<b>Kettő</b>	Korrelációs számítás	Spearman-féle rangkorrelációs számítás	Khi-négyzet-próba
<b>Kettő vagy több, mint kettő</b>	Regresszióanalízis		
<b>Több, mint kettő</b>	Parciális korrelációs számítás		
	Faktoranalízis		
	Klaszteranalízis		

Ahogy korábban már említettem az ún. *nullhipotézis – vizsgálat* alapozza meg a kérdőívem kiértékelését. A nullhipotézis alatt azt értjük, amikor két minta megállapítható tulajdonságai között nincs szignifikáns különbség. A statisztikai próbákat ennek vizsgálatára használjuk fel, így el lehet dönteni, hogy a nullhipotézis fennáll-e, vagy szükséges-e elvetni. Feltételezem például, hogy potenciálisan robbanásveszélyes munkakörnyezetben dolgozó munkavállalónak magasabb az iskolai végzettsége vagy esetleg gyakoribb képzést kap, mint az átlag ipari munkavállaló/gépkezelő ennek okán nagyobb fokú és biztonságosabb munkavégzés valósulhat meg [102].

Elemzésem fontos része még a szignifikancia. A szignifikancia vagy null hipotézis egyezményes határa az 5%-os (0,05) véletlen valószínűség (jele: p) [102].

- Ha  $p > 0,05$  - Ebben az esetben nem jelentős a különbség vagy a változás, vagy nincs összefüggés két változó között, a nullhipotézist elfogadjuk [102];
- Ha  $p < 0,05$  - Ebben az esetben jelentős a különbség vagy a változás, vagy összefüggés van két változó között. A hipotézisünket igazoltnak tekinthetjük, hiszen a különbség igazolhatóan nem a véletlen műve. A nullhipotézist elvetjük [102].

Statisztikai próbák során megkülönböztetünk első- és másodfajú vagy fokú hibát. *Elsőfajú hiba* alatt értjük, amikor a nullhipotézist elvethetjük annak ellenére, hogy igaz. Ennek következménye, hogy hibás állítások kerülnek be a rendszerbe. *Másodfajú hiba* pedig azt, amikor a nullhipotézist fenntartjuk annak ellenére, hogy nem igaz. Ennek a hibának a következménye az lehet, hogy nem állapítunk meg új, esetleg eddig nem feltárt összefüggést. A hibának nagyobb a valószínűsége, ha a kutató kevés elemszámmal dolgozik [93], a megoldás, hogy nagyobb csoporton kell megismételni a vizsgálatot, és a következtetéseket azután levonni [102].

A minta nagyságát tekintve a túl nagy minta is vezethet hibához. Általában az 5%-os szignifikancia szintet használják a döntésekhez. Nem lényeges eredményekhez vezet, ha nagy elemszám esetén a nullhipotézist elutasítjuk. Ilyen esetben érdemes a szignifikancia szintet 1%-ra szükséges levinni, és a statisztikai próbát újból el kell végezni [93]. Bizonyos esetekben a vizsgálati mintát részmintákra szükséges osztani valamilyen változó szerint a pontosabb kiértékelés végett. Ekkor dichotomizálásról beszélünk. A módszer segít különbséget tenni az adatok között a megadott változó (életkor, nem, kategória) szerint, mely segíti az adatok pontosabb kiértékelését [102].

A kérdőívem kiértékeléséhez *különbözőségvizsgálatokat* is készítetek. Ezek azt vizsgálják, hogy egy változót tekintve kettő vagy több részminta között van-e jelentős különbség. A kutatások lehetőséget adnak, hogy a mintánkat bármelyik változó alapján két vagy több részmintára

összák fel (életkor, nem, kategória szerint) [94]. A vizsgálat típusa alapján a következő különbözőségvizsgálatok léteznek [102]:

1. Önkontrollos vizsgálat során egy minta vizsgálata történik két különböző időpontban. A kutatási folyamat elején és végén ugyanazoknál a személyeknél ugyanazokat az adatokat és kérdésköröket vizsgálják. Ez a vizsgálati típus nagyfokú precizitást igényel, ugyanis fontos, hogy a személyek a vizsgálat elején és végén beazonosíthatóak legyenek, mert így lehet a vizsgálat elején és végén kitöltött kérdőíveket összepárosítani.

2. Kontrollcsoportos vizsgálat során két egymástól független rész minta vagy minta összehasonlítása történik ugyanazon változó alapján egy adott időpontban. Ennél a vizsgálatnál nem szükséges a két mintának azonos elemszámúnak lennie, valamint a művelet során egy adott időpontban kerül alkalmazásra ugyanaz a mérőeszköz a két mintánál vagy rész mintánál.

3. Összetett kontrollcsoportos vizsgálat során kettőnél több rész minta összehasonlítása történik ugyanazon változó alapján. A vizsgálat célja, hogy kiderüljön, van-e jelentős különbség a rész minták között ugyanazon változó alapján [94].

Végül, kérdőívem kiértékelésében nagy segítséget nyújtott az ún. varianciaanalízis is.

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$$

$$S_x^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2$$

$$S_y^2 = \frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m (Y_i - \bar{Y})^2$$

$$F_{emp} = \frac{S_x^2}{S_y^2}$$

Fentiek alapján elvégeztem a null hiotézis szerinti varianciaanalízist és statisztikai módszrek szerinti kiértékelését. Az eredményeket a Pearson korreláció alapján számítom majd ki, amely korreláció megmutatja, hogy van-e kapcsolat két vagy több mennyiségi változó között, és amennyiben igen, az mennyire szoros.

$$\rho_{X,Y} = \frac{cov(X,Y)}{\sigma_X \sigma_Y}$$

***cov = kovariancia***

***$\sigma_x$  = standard változója az X – nek***

$\sigma_y = \text{standar változója az } Y - \text{nak}$

A formulában a  $\sigma$  a kiterjeszhető várakozásokra is az alábbiak szerint:

$$\text{cov}(X, Y) = E[(X - \mu_x)(Y - \mu_y)]$$

A  $\sigma$  formula a következőképpen is felírható:

$$\rho_{X,Y} = \frac{E[(X - \mu_x)(Y - \mu_y)]}{\sigma_x \sigma_y}, \text{ ahol } \sigma_x \text{ és } \sigma_y \text{ jelenti a}$$

$$\mu_x = \text{jelenti } X - \text{et}$$

$$\mu_y = \text{jelenti } Y - \text{t}$$

$E = \text{jelenti az adott változó várható értékét, mely képlet később látható (szórás)}$

- 0-0.19: nagyon gyenge
- 0.2-0.39: gyenge
- 0.40-0.59: közepes
- 0.6-0.79: erős
- 0.8-1: nagyon erős korreláció.

### 3.4 Munkavállalók attitűd-vizsgálata a robbanásvédelem területén

A kérdőív kitöltése természetesen önkéntes alapon, anonim módon valósult meg. A kérdések megfogalmazása egyszerű és megítélésem szerint félreérthetetlen volt. Ezt megerősítette az a tény, hogy a kérdőív kitöltésével kapcsolatban kutatásom zárásáig nem kaptam olyan észrevételeket, amelyek a feltett kérdések pontosítására irányultak. A kérdőívem formája zárt, hiszen minden feltett kérdésre válaszlehetőségeket nyújtottam a kérdeztettek részére. A válaszlehetőségek két fajtáját alkalmaztam, úgy, mint feleletválasztós, illetve skálás válaszlehetőségek. Mindkét esetben mellőztem a nem tudom/nem válaszol válaszlehetőségeket, amelyet a kérdeztettek feleletválasztási ösztönzése miatt tartottam fontosnak. A kérdőív elején, még az első demográfiai kérdések előtt egy rövid bemutatkozást készítettem magamról, ahol bemutattam a kérdőív célját.

A kérdőívet úgy állítottam össze, hogy azokat elsősorban olyan kérdeztettek töltsék ki, akik valamilyen ipari üzemben (lehetőleg felső küszöbértékű veszélyes üzemben) végzik napi szintű munkájukat, különböző beosztásokban. Megítélésem szerint a kérdőív egy 40 fős mintavételen

alapuló kutatás segítségével már mérhető eredményt fog mutatni. A mintavétel számának relevanciáját a Pearson korreláció alapján elfogadottnak tekintem. Az általam feltett kérdések tematikája négy témakört foglal magába.

Az *első* az úgynevezett demográfiai kérdéskör, amely minden kérdőív kötelező tartalmi eleme. Demográfiai kérdéseim olyan adatokat érintett, mint a kérdezett neme, korcsoportja, legmagasabb iskolai végzettsége, családi állapota és beosztása. A kérdések első ránézésre személyes adatnak tűnhetnek, azonban a fent megjelölt adatok egy üzemben több munkavállalóra is ráillenek, ezért a kérdezettekre történő ráismerés nem lehetséges. A kapott adatokat a kérdőív elemzése során bizalmasan kezeltem, erről a kérdezetteket a válaszadás elején tájékoztattam is. Fontosnak tartottam lehatárolni ezt a témakört is, függetlenül attól, hogy kérdőívem várható eredményét elsősorban nem az ezekre érkezett válaszok fogják jelentősen befolyásolni. A kérdőívben ezeket a kérdéseket „D” jelöléssel láttam el.

A *második* kérdéskör célja a kérdezettek önértékelési, illetve önellenőrzési megismerése volt. Itt arra voltam kíváncsi, hogy a veszélyes üzem dolgozói mennyire ismerik az őket körülvevő veszélyforrásokat, illetve, hogy milyen mértékben valósítják meg a szükséges biztonsági intézkedéseket.

A *harmadik* kérdéskör a munkahelyi tűz-és balesetvédelem attitűd vizsgálatának megismerésére irányult. A kérdések középpontjában a különböző munkafolyamatokban rejlő baleseti lehetőségeket és azok hatását vizsgálatam a munkavállalók tekintetében. Itt kisebb kitekintést is tettem a veszélyes munkakörülmény pszichológiai hátterének elemzésére.

Végül a kérdőív utolsó, *negyedik* részében, már konkrétan a robbanást, mint veszélyforrás hatását vizsgáltam a munkavállalók tekintetében. Itt azt szerettem volna tudni, hogy a kérdezettek megítélése szerint a jelenleg alkalmazott tűz, baleset-és robbanásvédelmi előadások mennyisége és minősége megfelelő-e vagy esetleg tartalmaz-e még további lehetőségeket.

A kérdőív végén pedig megköszöntem az együttműködést.

### **3.4.1 A kérdőíves kutatás demográfiai válaszainak kiértékelése**

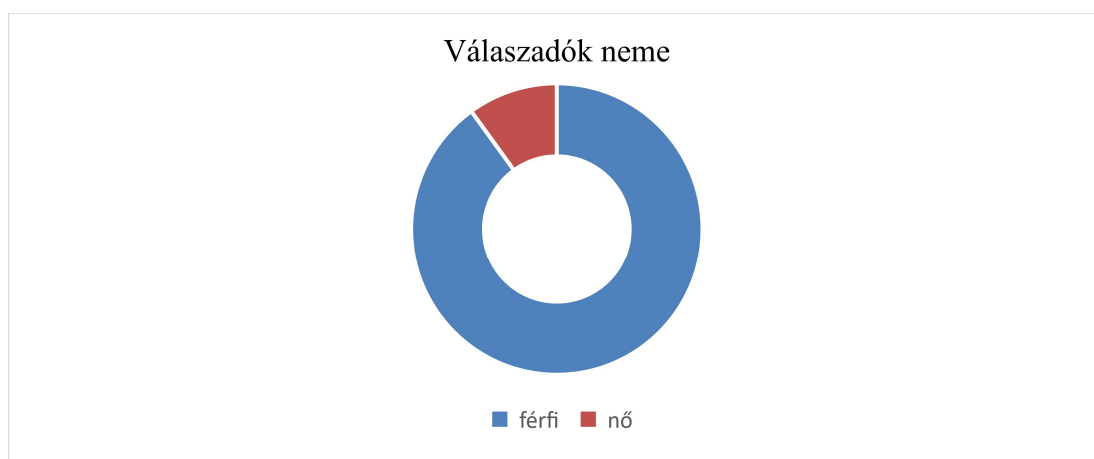
Ahogy az az előző alfejezetben is megfogalmaztam, kérdőívem demográfiai kérdésekkel kezdődött. Az öt ilyen jellegű kérdés a következő demográfiai adatok összegyűjtésére irányult:

- A kérdezett neme
- Melyik korcsoportba tartozik?
- Mi az Ön legmagasabb iskolai végzettsége?
- Mi az Ön családi állapota?

- Mi az Ön munkaköri beosztása a vállalatnál ahol dolgozik?

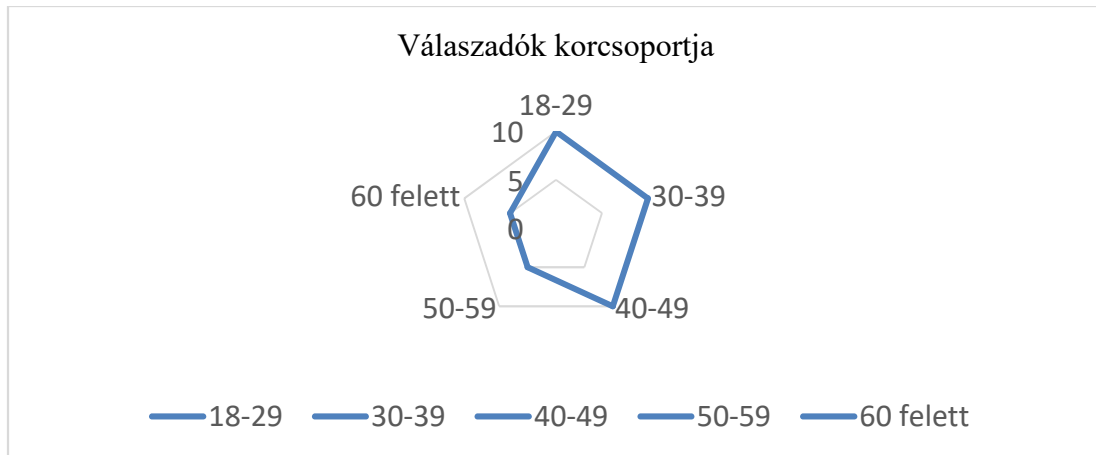
Ezeket a demográfiai kérdéseket nem feltétlenül a kérdőív kötelező tartalma miatt tettem csak bele, hanem azért is, hogy a kérdések megfelelően strukturált formában kövessék egymást, ahol kezdetben a kézenfekvő, egyszerű kérdések keltik fel a kérdezett érdeklődését. Demográfiai adatok kezelésében jártas szakemberekkel végzett személyes konzultációim alkalmával megtudtam, hogy ezek a kérdések – bár elsősorban személyes jelenlét esetén – kialakítanak egyfajta bizalmat is a kérdező és a kérdezett között, amely megítélésem szerint szintén fontos a hatékony adatgyűjtés szempontjából.

Az öt demográfiai kérdés tehát nem feltétlenül befolyásolja kutatásom célkitűzését és várható eredményeit, azonban néhány érdekes adat már itt is kirajzolódott. Az egyik ilyen a *nemek összetétele*, hiszen a kérdezettek több mint 90%-a férfi volt.



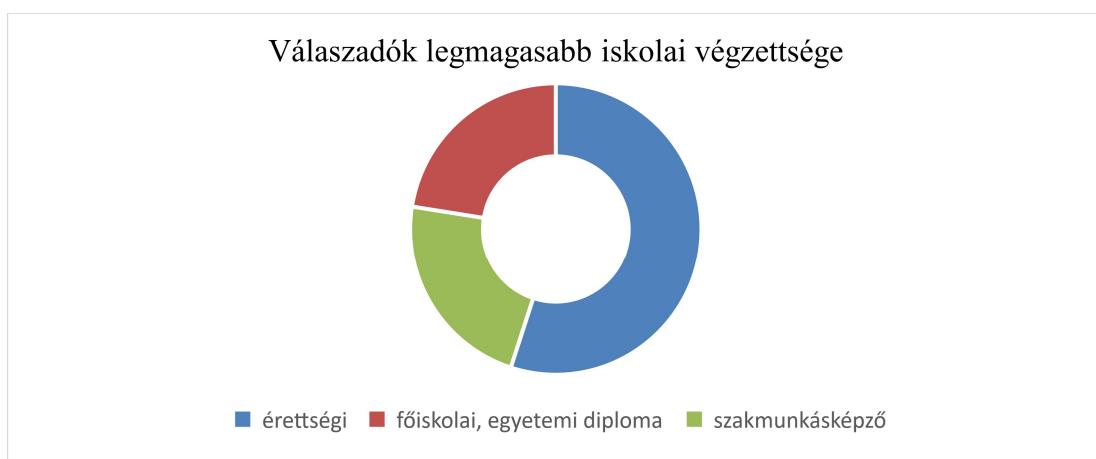
26. ábra: Nemek megoszlása a kérdezettek között. Készítette: A szerző.

A *korcsoportok* alapján látható, hogy alapvetően a kérdezettek – és ezáltal a veszélyes üzemek dolgozói –összetétele vegyes. Egyik korcsoport sem került az általam lélektani hatának tekintett 10%-os határ alá, bár összességében megállapítom, hogy a fiatalabb 50 év alatti generáció tagjai valamivel magasabb számban képviseltetik magukat. Számuk meghaladja a 20%-ot.



27. ábra: A kérdezettek korcsoport szerinti megoszlása. Készítette: A szerző.

A legmagasabb iskolai végzettség tekintetében szintén egy vegyes összetételt figyeltem meg. Az tisztán kirajzolódik, hogy elsősorban a munkavégzés jellege miatt a csupán általános iskolai végzettséggel rendelkezők nincsenek jelen ezen a szakterületen. E fölött azonban az iskolai végzettség eloszlása már arányosabb. Hasonló mértékben képviselik magukat a szakmunkásképzővel, valamint a főiskolai vagy egyetemi diplomával rendelkezők száma, amely mindkét esetben 20-25% között alakult. Kiemelkedik viszont az érettségivel rendelkezők aránya, akik a kérdezettek több mint felét adták. A legmagasabb iskolai végzettség tekintetében összességében arra a következtetésre jutottam, hogy az általam vizsgált munka-és balesetvédelmi intézkedések nem vezethetők majd vissza egyetlen speciális csoporthoz sem, tehát a vizsgálatomat a veszélyes üzemek valamennyi munkavállalójának figyelembevételével kell majd elvégezniem.

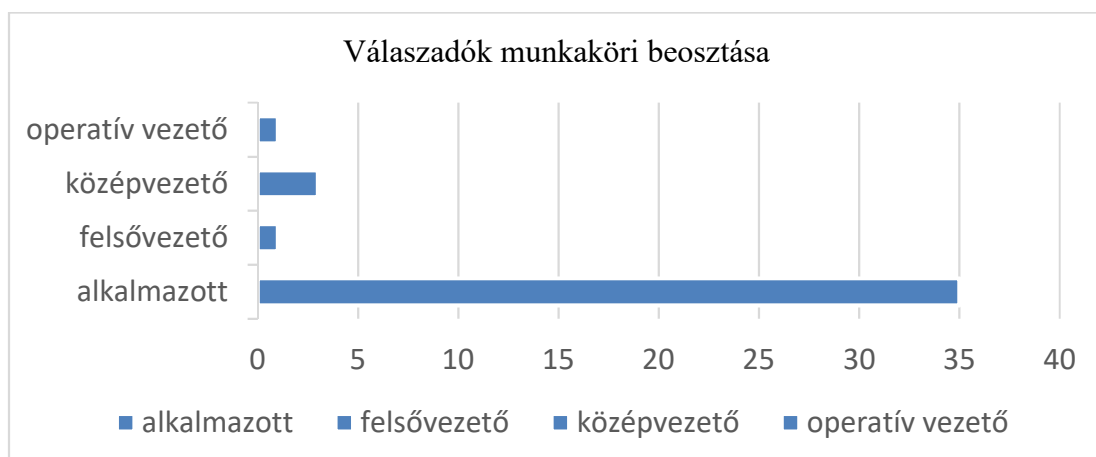


28. ábra: A kérdezettek megoszlása a legmagasabb iskolai végzettség szerint. Készítette: A szerző.



A kérdezettek *családi állapotára* vonatkozó kérdést valójában csak demográfiai okokból tettem fel. Megítélésem szerint erre a kérdésre adott válaszok egyáltalán nincsenek hatással kérdőívem eredményeire, ezért ennek bemutatását a továbbiakban mellőzöm.

A demográfiai kérdéskör utolsó kérdése a kérdezettek *munkaköri beosztására* irányult. A válaszadók közül elsősorban az alkalmazottak véleményére voltam kíváncsi, hiszen ők nem feltétlenül végeznek irodai munkát, így nagyobb valószínűséggel kerülnek közvetlen kapcsolatba egy veszélyes anyaggal vagy annak környezetével. A válaszadók jelentős része alkalmazottként dolgozik, számuk majdnem eléri a 90%-ot. Kérdőívemet természetesen vezetők is kitöltötték azonban számuk összességében alacsony. Köztük volt egy operatív vezető, három középvezető és egy felsővezető is. Véleményem szerint az alkalmazottak elsősorban napi tevékenységükkel, míg a vezetők inkább a döntéshozói jogkörükkel lehetnek hatással egy veszélyes üzem biztonságára. A kérdezettek munkaköri beosztására irányuló megoszlását relevánsnak tekintem, hiszen általánosságban is elmondható a vállalatokról, hogy munkavállalóik nagyrésze alkalmazott és nem vezető beosztású személy.



29. ábra: A kérdezettek munkaköri beosztására irányuló megoszlása. Készítette: A szerző.

### ***Részkövetkeztetés***

A kérdőíves kutatás demográfiai kérdéseinek kiértékelése után megállapítom, hogy a veszélyes üzemekben dolgozók összetétele demográfiai szempontból vegyes. Ez igaz mind a személyes (nem, legmagasabb iskolai végzettség), mind pedig vállalati megközelítésből (munkaköri beosztás). Összességében megállapítom, hogy kérdőívem a demográfiai szempontok alapján alkalmas arra, hogy a robbanásveszélyes munkakörnyezetet, illetve az ott dolgozó emberek attitűd-vizsgálatát elvégezzem.

### 3.4.2 A kérdőíves kutatás önértékelési válaszainak kiértékelése

A demográfiai kérdéseket követően, kérdőíves vizsgálatom további kérdései a kérdezettek önértékelési, illetve önellenőrzési megítélésére irányult. Ez összesen 4 kérdést foglalt magába, amelyek a következők:

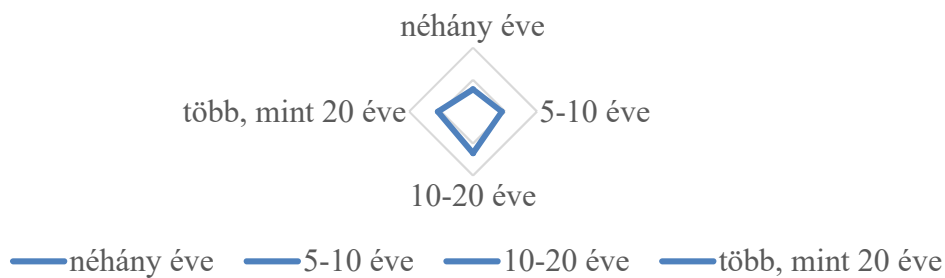
- Mióta dolgozik veszélyes (vagy annak tekinthető) munkakörnyezetben?
- Megítélése szerint megfelelően ismeri az Önt körülvevő veszélyforrásokat?
- Megítélése szerint ismeri -e a munkakörnyezetében tárolt vagy felhasznált veszélyes anyag egészségkárosító hatásait?
- Saját megítélése szerint Ön a biztonsági előírásokat milyen mértékben tartja be?

Az önértékelés tekintetében célul tűztem ki feltárni, hogy egy veszélyes üzem dolgozói mit gondolnak a saját, biztonságot is érintő tevékenységeikről, illetve a munkakörülményekben rejlő esetleges veszélyekről.

Ennek első lépéseként a munkavállaló *veszélyes munkakörnyezetben eltöltött idejét* vizsgáltam. Akárcsak az előző kérdésblokkban, most is feleletválasztási lehetőségek közül választhattak a kérdezettek, hiszen 4 időintervallumot határoztam meg, úgy, mint néhány éve, 5-10 éve, 10-20 éve, illetve több mint 20 éve. Ezeket az időintervallumokat úgy határoztam meg, hogy közöttük jól elkülöníthető legyen az, hogy mekkora azon munkavállalók száma, akik már évtizedek óta, jelentős tapasztalattal a hátuk mögött dolgoznak, illetve hányan vannak azok, akik csupán néhány éve. A válaszok ebben az esetben is vegyes összetételt mutattak, közöttük kiugró érték egyik irányba sincs. Azt azonban megállapítom, hogy a válaszadók legnagyobb részben (32,5%) csak néhány éve (5 évnél kevesebb) dolgoznak veszélyes üzemben. Ebből azt a következtetést vonom le, hogy a fiatalabb generáció számára nem elrettentő egy ilyen munkahely, hanem egy kihívásokkal teli, színes munkakörnyezet motiválja őket a munkavállalásban. Szintén magasabb értéket mutatott a több mint 20 éve veszélyes munkakörnyezetben dolgozók száma (27,5%), amelyből azt a következtetést vonom le, hogy sikeresnek mondható a vállalatok részéről a munkavállalók megtartási képessége. A köztes értékek száma szintén elfogadható, a többi válaszhoz képest szórási értékük alacsony.

A D2 -es Melyik korcsoportba tartozik? és a P1-es kérdés Mióta dolgozik veszélyes (vagy annak tekinthető) munkakörnyezetben? között Pearson korrelációt végeztem el a 3.3 alfejezetben bemutatott módon. A korreláció eredménye: 0,759326397, tehát erős korrelációt mutat.

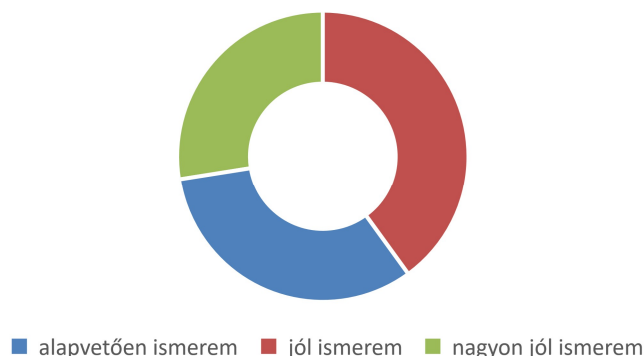
## Mióta dolgozik veszélyes (vagy annak tekinthető) munkakörnyezetben?



30. ábra: Veszélyes munkakörnyezetben eltöltött idő vizsgálata. Készítette: A szerző.

A kérdéskör második kérdésében azt akartam megítélni, hogy a kérdezettek saját megítélésük szerint megfelelően ismerik-e az őket körülvevő különböző veszélyforrásokat. A válaszok azt a megnyugtató eredményt mutatják, hogy a munkavállalók mindegyike ismeri ezeket a veszélyforrásokat. Különbség közöttük csupán annak mértékében van. Az ismertség fokai között – az előző kérdéshez hasonlóan – itt sem tapasztaltam jelentősebb szórást. Legkevesebb azoknak az aránya (27%), akik saját megítélésük alapján nagyon jól ismerik ezeket a különböző veszélyforrásokat. Ettől valamivel többen gondolják úgy, hogy alapvetően ismerik azokat, azonban nem teljes mértékben, tehát kisebb hiányosságokkal. Végül a legtöbb válaszadó úgy véli, hogy jól ismeri a veszélyeket, arányuk 40%. A P1-es Mióta dolgozik veszélyes (vagy annak tekinthető) munkakörnyezetben? és a P2-es Megítélése szerint megfelelően ismeri az Önt körülvevő veszélyforrásokat? kérdések között a Pearson korreláció értéke 0,344984655, tehát gyenge korrelációt mutat.

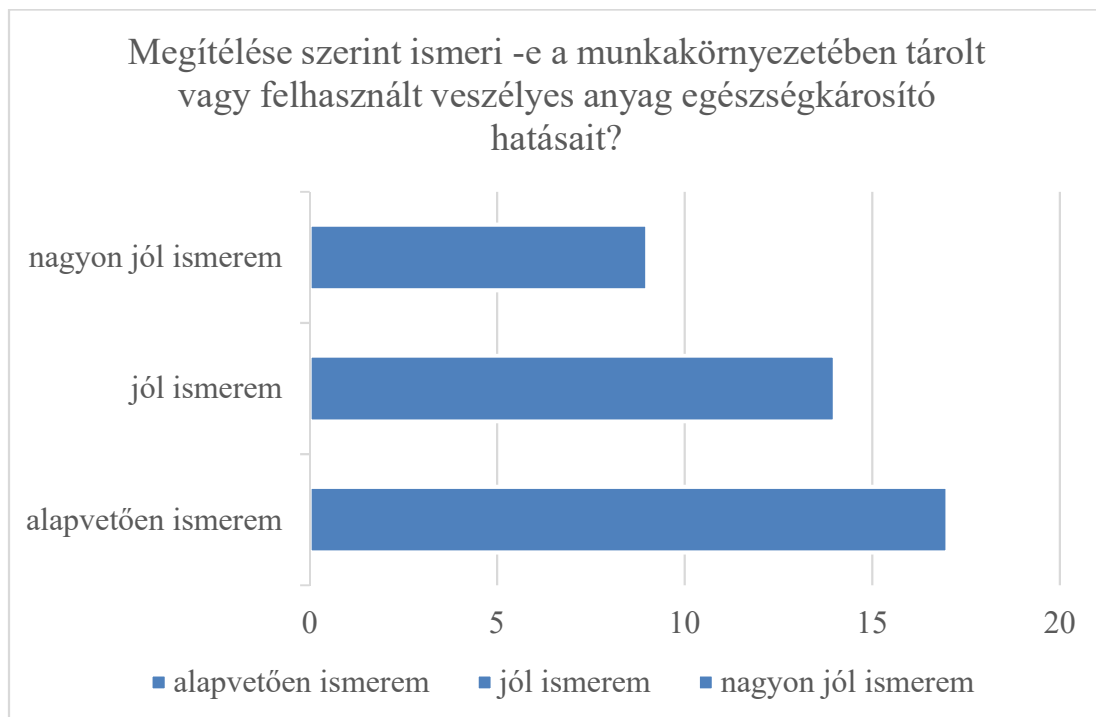
## Megítélése szerint megfelelően ismeri az Önt körülvevő veszélyforrásokat?



141. ábra: A kérdezettek saját tudásának megítélése a veszélyforrásokra vonatkozóan.

Készítette: A szerző.

Ezt követően a kérdőívem következő kérdése a *munkakörnyezetében tárolt vagy felhasznált veszélyes anyag egészségkárosító hatásainak ismeretére* irányult. A válaszlehetőségek közül itt sem jelölte be senki azt, hogy nem ismeri ezeket az egészségkárosító hatásokat. Ez, az előző kérdésre adott válaszok alapján logikus, hiszen a munkavállalókra káros veszélyforrások és egészségkárosító hatások között található átfedés. A feleletválasztási lehetőségek a kérdések tekintetében kismértékű szórást mutatnak. A válaszadók valamivel több, mint 22%-a nagyon jól ismeri, 35%-a jól ismeri és több, mint 42%- a alapvetően ismeri a rá ható esetleges egészségkárosító hatásokat. A válaszokból arra a következtetésre jutottam, hogy a veszélyes üzemek munkavállalói alapvetően ismerik a veszélyforrásokon túl, az egészségkárosító hatásokat is. Ez természetesen jó visszacsatolás a vezetők számára, azonban nem jelenti azt, hogy minden alkalmazott minden veszélyforrással és annak hatásával mélyreható tudással rendelkezik, ezért megítélésem szerint bizonyos időközönként szükség van egyes ismeretek frissítésére. A P2 - es Megítélése szerint megfelelően ismeri az Önt körülvevő veszélyforrásokat? illetve a P3 - as Megítélése szerint ismeri -e a munkakörnyezetében tárolt vagy felhasznált veszélyes anyag egészségkárosító hatásait? kérdések közötti korreláció eredménye: 0,811637693, tehát nagyon erős korrelációt mutat.

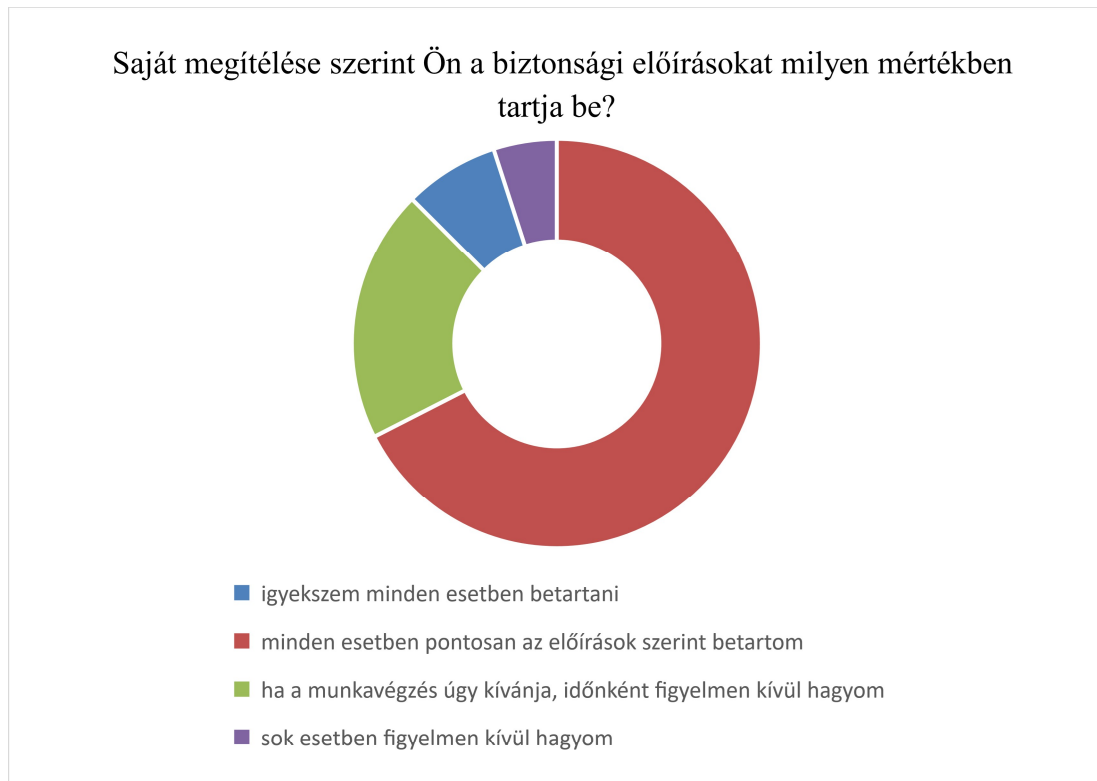


152. ábra: A kérdezettek saját tudásának megítélése a veszélyes anyagok egészségkárosító hatásaira vonatkozóan. Készítette: A szerző.

Azt követően, hogy megvizsgáltam a kérdezettek ismereteit a veszélyes üzemben tárolt veszélyes anyagok egészségkárosító hatásairól, elemzés alá vettem azt, hogy a munkavállalók a különböző biztonsági előírásokat a tőlük elvárható módon betartják-e. Ennek érdekében feltettem nekik azt a kérdést, hogy „Saját megítélésük szerint milyen mértékben tartják be a különböző biztonsági előírásokat”? Válaszlehetőségként szerepelt, hogy az illető (önmaga megítélése alapján) sok esetben figyelmen kívül hagyja. Szerencsére ezt a válaszlehetőséget csupán két kérdezett jelölte be, amiből arra következtetek, hogy a biztonsági előírások be nem tartása inkább gondatlanságból, mint szándékosság okán keletkezik (5%). Szintén alig mérhető eredményt adott az a válaszlehetőség, hogy a munkavállalók, ha a munkavégzés úgy kívánja, időnként figyelmen kívül hagyják a szükséges biztonsági intézkedéseket. Itt már a gondatlanság mellett, egyfajta szándékosságot is felfedeztem, amely részben elszomorító, azonban az erre mutató alacsony érték (7,5%) bizakodásra adhat okot. A biztonsági intézkedések be nem tartása tehát összességében alacsony értéket mutat, hiszen számuk alig haladja meg a 10%-ot, tehát 10-ből 9 dolgozó igyekszik azok betartására. A szabályokhoz való ragaszkodás mértékében viszont már találtam különbségeket. A „minden esetben pontosan az előírások szerint” betartom a szabályokat válaszlehetőség, tulajdonképpen a legtudatosabb, legbiztonságosabb magatartást jelöli. Az összes válaszadó pontosan 20%-a végzi ily módon a napi munkáját saját bevallása alapján. A többi szabálykövető alkalmazott „igyekszik minden esetben betartani” a biztonsági előírásokat, azonban ezt teljes mértékben nem tudták garantálni. Számuk kiugró értéket ad a válaszadók közül, hiszen több mint kétharmaduk (67,5%) így cselekszik.

A kérdésre kapott válaszokból azt a következtetést vonom le, hogy a veszélyes üzemek dolgozói, alapvetően igyekeznek a meghatározott biztonsági előírásokat maradéktalanul betartani. Kisebb, elsősorban gondatlanságból keletkezett hiányosságok sajnos bármikor előfordulhatnak. Ezek megelőzése érdekében, javaslom figyelemfelhívó táblák kihelyezését egyrészt a veszélynek kitett helyiségbe való belépés esetén, másrészt pedig magában a helyiségben is. Ezt a különböző zónahatárok épületben történő felfestésekor már vizsgáltam az 1. fejezetben. A kérdőív eredményei az ott megfogalmazott javaslataimat megerősítik. A P1 - es Mióta dolgozik veszélyes (vagy annak tekinthető) munkakörnyezetben? és a P4 -es Saját megítélés szerint Ön a biztonsági előírásokat milyen mértékben tartja be? kérdések közötti Pearson korreláció eredménye: -0,405324321 tehát közepes korrelációt mutat. A P2 - es Megítélés szerint megfelelően ismeri az Önt körülvevő veszélyforrásokat? és a P4 -es Saját megítélés szerint Ön a biztonsági előírásokat milyen mértékben tartja be? korreláció eredménye: -0,044610158, nagyon gyenge korrelációt mutat. A D2 -es Melyik korcsoportba

tartozik? és a P4 -es Saját megítélése szerint Ön a biztonsági előírásokat milyen mértékben tartja be? Korreláció eredménye:  $-0,292844147$  gyenge korrelációt mutat.



163. ábra: A veszélyes üzemek biztonsági előírásainak betartására irányuló magatartás vizsgálata. Készítette: A szerző.

### ***Részkövetkeztetés***

A kérdőíves kutatás önértékelési, illetve önellenőrzési válaszainak kiértékelése után a következő megállapításokat teszem:

- Egy veszélyes üzem, illetve annak munkakörnyezete a fiatalabb generáció számára nem egy elrettentő körülményt, hanem egy kihívásokkal teli, színes munkakörnyezetet jelent, amely motiválja őket a munkavállalásban. Megítélésem szerint ez az ipar számára pozitív jövőképpel kecsegtet.
- A munkavállalókra ható különböző veszélyforrások megismeréséből, a válaszok azt a megnyugtató eredményt mutatják, hogy a munkavállalók mindegyike ismeri a rá ható veszélyforrásokat. Különbség közöttük csupán annak mértékében van.
- A veszélyes munkakörnyezetben tárolt vagy felhasznált veszélyes anyag egészségkárosító hatásainak ismerete alapján az üzemek munkavállalói alapvetően ismerik a veszélyforrásokon túl, az egészségkárosító hatásokat is.

- Az üzemet érintő biztonsági előírások betartásának vizsgálatából arra a következtetésre jutottam, hogy a munkabiztonság mellőzése inkább gondatlanságból, mint szándékosság okán keletkezik. A veszélyes üzemek dolgozói, alapvetően igyekeznek a tőlük elvárható módon a meghatározott biztonsági előírásokat maradéktalan betartására.

### **3.4.3 A kérdőíves kutatás munkahelyi attitűd vizsgálatának kiértékelése**

Az önértékelési, illetve önellenőrzési kérdések elemzését követően, kérdőíves vizsgálatom további kérdései a kérdezettek attitűd vizsgálatára irányult a munkahelyi tűz-és balesetvédelem kérdéskörében. A témában összesen 8 kérdést fogalmaztam meg a következő képpen:

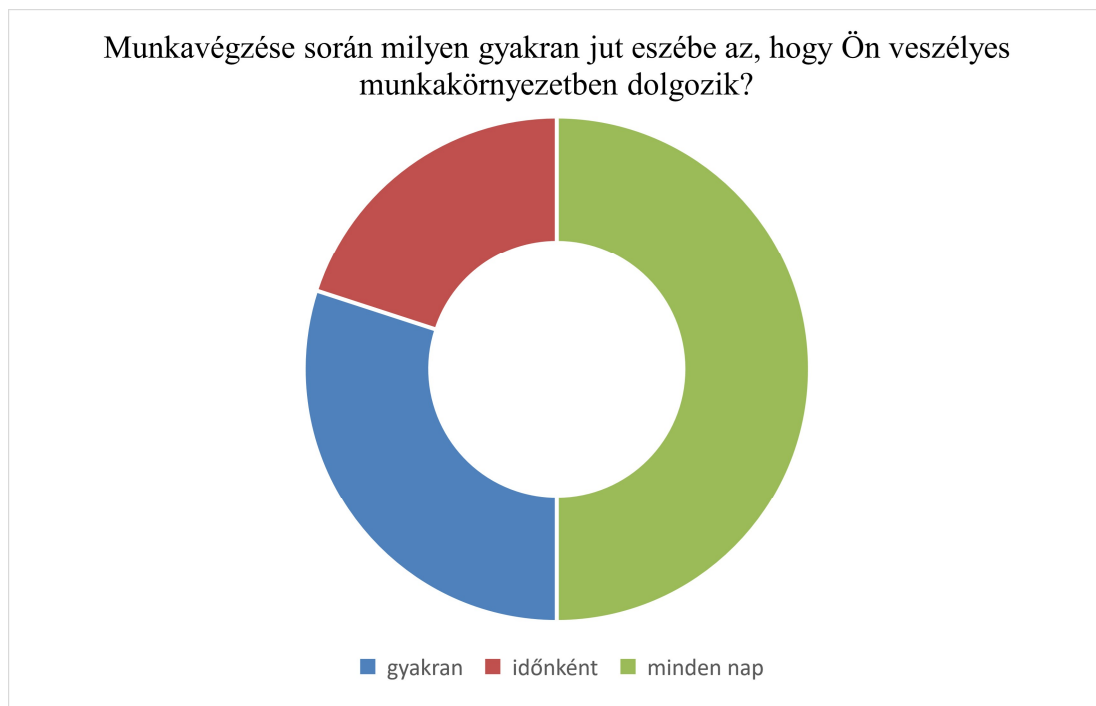
- Munkavégzése során milyen gyakran jut eszébe az, hogy Ön veszélyes munkakörnyezetben dolgozik?
- Volt-e már a munkahelyén olyan üzemzavar vagy baleset, amely ijedségre adott okozott?
- Volt-e már a munkahelyén olyan üzemzavar vagy baleset, amely végül csak a szerencsének köszönhetően nem következett be?
- Amennyiben munkahelyén tűz ütne ki, Ön magabiztosan tudná használni a tűzoltó készülékeket?
- Amennyiben a munkahelyén emberi életet vagy egészséget veszélyeztető körülmény lépne fel, mennyire tudná azt, hogy mi a teendő az ilyen esetekben?
- Amennyiben a munkahelyén emberi életet vagy egészséget veszélyeztető körülmény lépne fel, mennyire érzi úgy, hogy Ön esne pánikba?
- Ön egy 1-től 10-ig terjedő skálán mennyire tartja fontosnak a munka- és balesetvédelmi előadásokat?
- Ön hogyan ítéli meg a munka és balesetvédelmi előadások gyakoriságát?

Ezzel a kérdésblokkal megvizsgálom azt, hogy a veszélyes üzemek alkalmazottai egy veszély kialakulása esetén tudnák-e stresszhelyzetben is, hogy mi a teendő, illetve hogy a veszélyhelyzeti képességek fejlesztése milyen módon fejleszthető.

Ez irányú vizsgálataimat, először egyszerűbb, úgynevezett felvezető kérdésekkel kezdtem. Közülük az első annak elemzésére irányult, hogy a kérdezettnek a munkavégzése során milyen gyakran jut az eszébe az, hogy munkáját veszélyes munkakörnyezetben végzi? A négy általam meghatározott válaszlehetőség a soha – időnként – gyakran – minden nap volt. A válaszadók fele (pontosan 50%), saját bevallása alapján mindennap szembesül a veszélyes munkakörnyezet tényével. Ebből azt a következtetést vonom le, amit az előző kérdésblokk válaszai is

megegerősítene, hogy a munkavállalók tisztában vannak az esetleges veszélyekkel, ami a biztonsági intézkedések és előírások rendszeres betartását is szolgálja. A további válaszok megoszlása azt mutatja, hogy a kérdezettek 30%-a gyakran, míg 20%-uk időnként gondol a veszélyes munkakörnyezetre. Senki sem válaszolta azt, hogy erre soha nem gondol. Ez megítélésem szerint szintén a munkavállalói tudatosságot erősíti.

A P1 -es Mióta dolgozik veszélyes (vagy annak tekinthető) munkakörnyezetben? és az M1 –es Munkavégzése során milyen gyakran jut eszébe az, hogy Ön veszélyes munkakörnyezetben dolgozik? kérdések közötti korreláció eredménye:  $-0,02133948$  nagyon gyenge korrelációt mutat.



34. ábra: Veszélyes munkakörnyezet tudatának vizsgálata munkavállalói szemszögből.

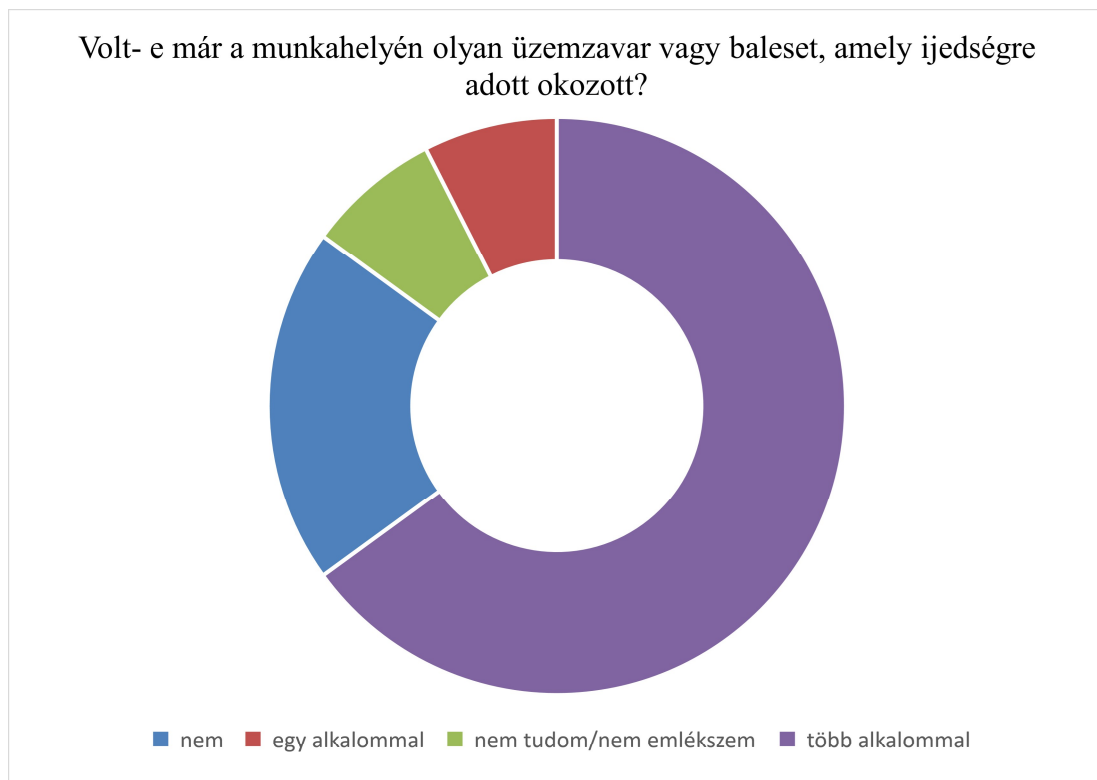
Készítette: A szerző.

A munkavállalói tudat elemzése után arra voltam kíváncsi, hogy a kérdezettek munkahelyén az üzem területén volt –e olyan üzemzavar vagy baleset, amely ijedségre adott okot. Ez a kérdés kevésbé a célkitűzésben meghatározott attitűdvizsgálatra irányult, sokkal inkább a lényegi kérdések felvezetése, illetve a saját kutatói kíváncsiság is vezérelt a kérdés kapcsán. A válaszadók majdnem kétharmada (65%) több alkalommal, míg 7,5% egy alkalommal élt át valamilyen jellegű ipari balesetet vagy üzemzavart. Itt meg kell említeni, hogy a kérdésben nem különítettem el az üzemzavarokat a balesetektől, pedig a biztonság szempontjából lényeges a kettő közötti különbség [95]. A többi válaszadó eddig ilyet vagy nem élt át (20%) vagy pedig nem emlékszik rá/nem tudja (7,5%).



Egy üzemzavar sajnos bármikor kialakulhat, azonban a szakmai tapasztalat azt mutatja, hogy Magyarországon az egységes katasztrófavédelem kialakulása óta elsősorban a szigorú és jól meghatározott, a megelőzés fontosságára irányuló jogszabályok miatt ezek száma szerencsére alacsony.

A P2 -es Megítélése szerint megfelelően ismeri az Önt körülvevő veszélyforrásokat? és M2 -es Volt- e már a munkahelyén olyan üzemzavar vagy baleset, amely ijedségre adott okozott? kérdések korreláció eredménye: 0,207916424 gyenge korrelációt mutat.



35. ábra: Ijedségre okot adó üzemzavar vagy baleset. Készítette: A szerző.

Kérdőívem következő kérdése meglehetősen hasonló volt az előzőhöz, amely az ijedségre okot adó üzemzavar vagy baleset esetleges bekövetkezésére irányult. Ezt követően azt kérdeztem meg a munkavállalóktól, hogy volt- e már a munkahelyükön olyan üzemzavar vagy baleset, amely végül csak a szerencsének köszönhetően nem következett be? A kérdezettek negyede (25%-a) eddigi munkája során nem tapasztalt ilyet. Megítélésem szerint ők elsősorban azok a munkavállalók, akik néhány éve dolgoznak csak veszélyes üzemben. A kérdezettek több mint fele (60%) már több alkalommal, néhány százalékuk (5%) pedig eddig csak egy alkalommal élt át hasonló körülményt. A kérdezettek maradék 10%-a nem tudta hitelesen megválaszolni a kérdést. A válaszokból azt a következtetést vonom le, hogy az eddigiekhez hasonlóan sajnos

előfordulhatnak gondatlanságból előforduló balesetek, azonban a jól behatárolt hazai jogszabályi környezet mellett ezek kialakulásának valószínűsége szerencsére elenyésző. Jellemző, hogy az egyes tevékenységeknek ok-okozati összefüggésben kell lenniük, illetve, a szintén megjelenik még a tevékenységeket érintő kontroll, amely szintén gátat szab a gondatlanságnak. A P1 -es Mióta dolgozik veszélyes (vagy annak tekinthető) munkakörnyezetben? és az M3 -as Volt- e már a munkahelyén olyan üzemzavar vagy baleset, amely végül csak a szerencsének köszönhetően nem következett be? kérdések korreláció eredménye: 0,479353118 közepes korrelációt mutat. Az M2-es Volt- e már a munkahelyén olyan üzemzavar vagy baleset, amely ijedségre adott okozott? és M3 -as Volt- e már a munkahelyén olyan üzemzavar vagy baleset, amely végül csak a szerencsének köszönhetően nem következett be? kérdések közötti korreláció eredménye: 0,643086819, erős korrelációt mutat.



176. ábra: A szerencsének köszönhetően be nem következett balesetek vizsgálata. Készítette:  
A szerző.

Ezt követően arra voltam kíváncsi, hogy a kérdezettek saját bevallásuk alapján mennyire talpraesettek stresszhelyzetben. Ennek oka, hogy stresszhelyzetben minden ember máshogy viselkedik. Van, aki meg tudja tartani higgadságát, viszont egyesek pánikba esnek. Ennek vizsgálata a tűzvédelem területén megítélésem szerint kiemelten fontos [96]. A veszélyes üzemekben – bizonyos esetben – egy probléma megszüntetése megvalósulhat például a hagyományos tűzoltó készülékek alkalmazásával. Kérdésem erre is irányult, ami úgy hangzott, hogy „Amennyiben munkahelyén tűz ütne ki, Ön magabiztosan tudná használni a tűzoltó készülékeket?”

Kérdettjeim pontosan fele (50%) válaszolta azt, hogy saját bevallása szerint ezt meg tudná valósítani. A válaszok másik fele megoszlott. 42,5%-a talán, míg 7,5%-a pedig biztosan nem tudná használni a tűzoltó készülékeket.



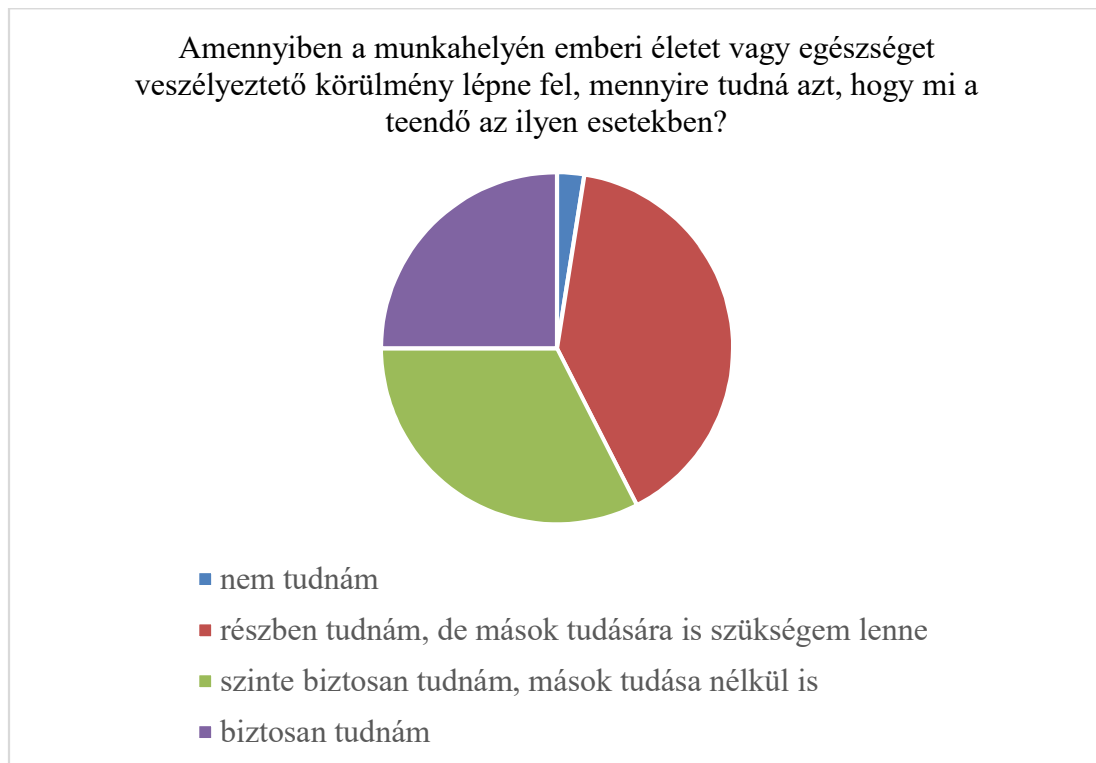
37. ábra: Tűzoltó készülékek használatának ismerete a kérdezettek között. Készítette: A szerző.

A kérdésre kapott válaszokból azt a megnyugtató következtetést vonom le, hogy egy veszélyes üzem munkavállalói megkapják a szükséges tűzvédelmi oktatást, az ott szerzett tudást pedig hasznosítani is tudják. Persze kivételek mindig adódnak, ezért célszerűnek látom, hogy ezek a munka- tűz és balesetvédelmi oktatások a szokottnál sűrűbben ismétlődő jelleggel újra megtartásra kerüljenek, annak érdekében, hogy a megszerzett tudás ne „kopjon ki”.

A következő kérdésem ezen túlmutatóan egy üzemszavar esetének attitűd-vizsgálatára irányult. Arra voltam kíváncsi, hogy általánosságban a kérdezettek amennyiben a munkahelyén emberi életet vagy egészséget veszélyeztető körülmény lépne fel, mennyire tudnák azt, hogy mi a teendő az ilyen esetekben?

Megnyugtató válaszokat kaptam, ugyanis a válaszadók csupán 2,5%-a jelezte azt, hogy nem tudná azt, hogy ilyen esetben mi a teendő. Ez jelen kérdőív esetén egy embert jelent, ezért az elemzés szempontjából elhanyagolhatónak tekintem. A válaszadók 25%-a saját bevallása szerint biztosan tudná azt, hogy mi a teendő, a többi válaszadóban azonban már kisebb hiányosságok tapasztalhatók. 32,5%-a szinte biztosan tudná azt, hogy mi a teendő, mások tudása nélkül is. A fennmaradó 40% pedig azt válaszolta, hogy csak részben tudná a

legszükségesebb teendőket, elsősorban mások tudására is támaszkodva. Az M4 –es Amennyiben munkahelyén tűz ütne ki, Ön magabiztosan tudná használni a tűzoltó készülékeket? és az M5 - ös Amennyiben a munkahelyén emberi életet vagy egészséget veszélyeztető körülmény lépne fel, mennyire tudná azt, hogy mi a teendő az ilyen esetekben? kérdések közötti korreláció eredménye: 0,633083427 erős korrelációt mutat.

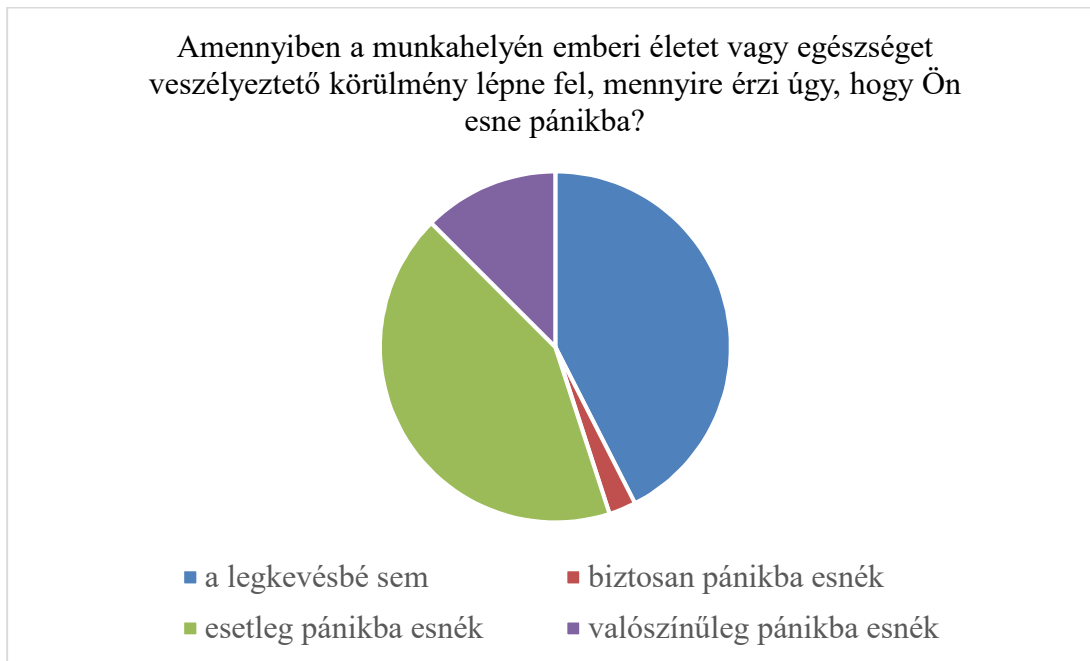


38. ábra: Cselekvési tudat vizsgálata emberi élet vagy egészséget veszélyeztető körülmény esetén. Készítette: A szerző.

A válaszokból azt a következtetést vonom le, hogy egy valós üzemi baleset során, meglehetősen kevés az olyan alkalmazott, aki magától, stresszhelyzetben is tudná a legfontosabb teendőket. A többieknek már mások támogatására és segítségére is szüksége lenne. Ez megítélésem szerint szintén megerősíti azt a következtetésemet, hogy a munkavédelmet és tűzvédelmet érintő előadásokat célszerű lenne gyakrabban feleleveníteni, akár online módon is végrehajtható ismétlődő előadások formájában.

Ezt követően megvizsgáltam a kérdezettek pszichikai tulajdonságait egy veszélyhelyzet esetén. A válaszok itt is a munkavállalók attitűd-vizsgálatán alapult. A kérdés úgy hangzott, hogy „Amennyiben a munkahelyén emberi életet vagy egészséget veszélyeztető körülmény lépne fel, mennyire érzi úgy, hogy Ön esne pánikba?” Válaszlehetőségként szerepelt a legkevésbé sem,

az esetleg pánikba esnék, a valószínűleg pánikba esnék és a biztosan pánikba esnék. A válaszadók majdnem fele (42,5%) saját megítélése alapján a legkevésbé sem esne pánikba. Ez munka – és balesetvédelmi szempontból a legjobb válaszlehetőség. Szintén 42,5% gondolja úgy, hogy egy veszélyhelyzetben „*esetleg pánikba esne*”. Itt már megjelenik a bizonytalanság, mint tényező. A kérdezettek csupán 12,5%-a esne valószínűleg pánikba. Biztosan csak egy kérdezett jelentette ki a pánikzavart.



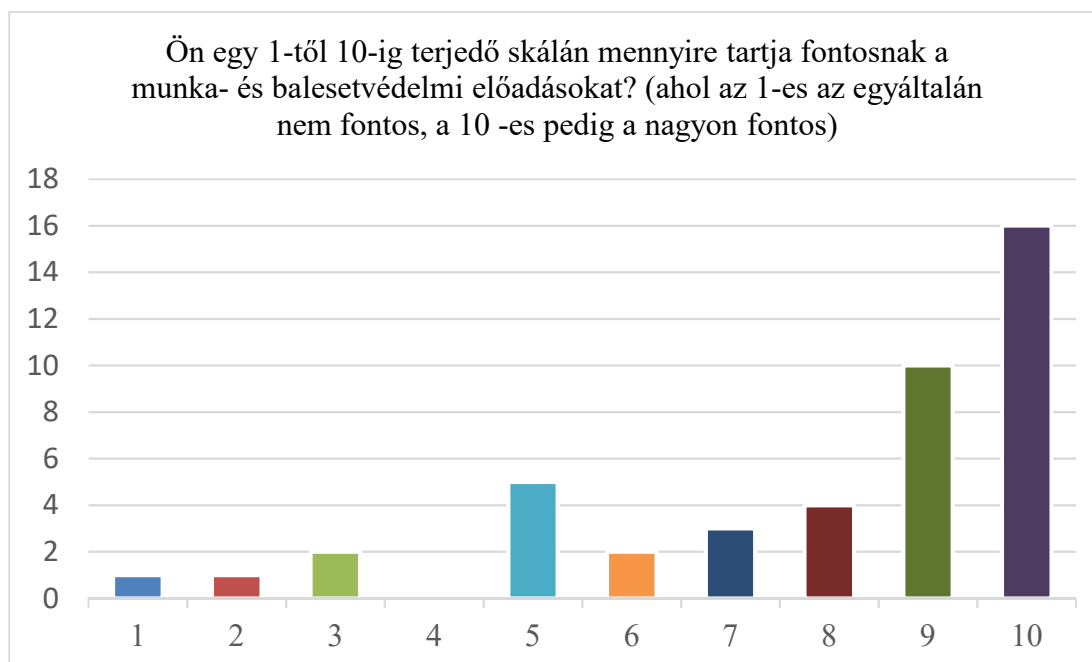
39. ábra: Pánikba esés pszichológiai vizsgálata emberi életet vagy egészséget veszélyeztető körülmény esetén. Készítette: A szerző.

A válaszok alapján azt a következtetést vonom le, hogy összességében a veszélyes üzemi dolgozók saját maguk megítélése alapján nem esnek könnyen pánikba, amely kiemelten fontos munka és balesetvédelmi szempontból. Biztos tudást azonban a felélnél kevesebb munkavállaló vállalt fel, ezért kisebb bizonytalanságot itt még felfedezni vélek. Ehhez jön továbbá az is, hogy a veszélyhelyzet elméleti ténye szubjektív, illetve, hogy a kérdőív kitöltés idején a kérdezettek természetesen biztonságban voltak, így valós körülmények közötti viselkedésüket nem tudtam elemezni. Megítélésem az, hogy a pánik jelenségen könnyen lehet javítani abban az esetben, ha a biztos tudás a rendelkezésünkre áll. Ezt ismétlő munka-és balesetvédelmi előadások is biztosíthatják.

A következőkben a balesetvédelmi előadások mennyiségéről és fontosságáról készítettem kérdést, egy 10 – fokú skálán, amelynek lényege, hogy a válaszadó a véleményét egy 1- től 10

– ig terjedő skálán tudja érzékeltetni. Kérdésem az volt, hogy a kérdezettek egy 1-től 10-ig terjedő skálán mennyire tartják *fontosnak* a munka- és balesetvédelmi előadásokat? A legnagyobb arányban (40%) a kérdezettek a 10-es opciót jelölték be. Ezt követte 15%-al a 9 – es, majd 12,5%-al az 5-ös érték. A kérdőívkitöltéseket általában jellemzi az, hogy a kérdezettek nem mennek el a válaszadások esetén a szélsőséges irányba. Inkább előnyben részesítik az ún. „középső értékeket” és árnyalt véleményt fogalmaznak meg [84]. Ezt én a saját kérdőívem jelenlegi kérdésénél nem tapasztaltam, tehát megítélésem szerint a kérdezettek nem árnyalták véleményüket, hanem a valós gondolataikat ismerhettem meg.

A P1 -es Mióta dolgozik veszélyes (vagy annak tekinthető) munkakörnyezetben? és az M7 – es Ön egy 1-től 10-ig terjedő skálán mennyire tartja fontosnak a munka- és balesetvédelmi előadásokat? (ahol az 1-es az egyáltalán nem fontos, a 10 -es pedig a nagyon fontos) közötti korreláció eredménye: -0,099735533 nagyon gyenge korrelációt mutat.



40. ábra: Munka- és balesetvédelmi előadások fontossága a munkavállalók szemszögéből.

Készítette: A szerző.

A válaszok elemzése során a 8, 9, illetve 10-es értékek megerősítik az a feltételezésemet, hogy a munka – és balesetvédelmi előadások nagyon fontosak. A válaszok 65%-a tehát majdnem 2/3-a egyetért ebben. Kevésbé tartják fontosnak a középső értéket jelölő kérdezettek. Ők rendszerint 4 és 7 közötti értékeket karikáztak be, amely az összes válasz 25%-a. A fennmaradó 10% az, aki ezeket az előadásokat feleslegesnek tartja. Összességében megállapítom, hogy a

munkavállalóknak nem teher és nem felesleges időtöltés egy munka – és balesetvédelmi, esetleg tűzvédelmi oktatáson való részvétel.

A munka – és balesetvédelmi előadások fontossága után meg akartam ítélni ezek gyakoriságát is, a munkavállalók szempontjából. A kérdés pontosan úgy hangzott, hogy „*Ön hogyan ítéli meg a munka és balesetvédelmi előadások gyakoriságát?*” Válaszlehetőségként megadtam a „ritkán vannak”, a „megfelelő mennyiségben vannak”, a „lehetne belőle több is” és az „eddig nem találkoztam ilyennel” lehetőségeket. Ez utóbbit csak a logikus válaszfelépítés miatt tettem bele, szerencsére ezt a kérdezettek közül senki sem jelölte be. A válaszadók valamivel több, mint fele (57%) szerint ezek megfelelő mennyiségben vannak. A többiek, akiknek a száma csak kevéssel tér el az előzőtől, azt vallották, hogy ezek túl ritkán vannak (15%), illetve lehetne belőlük több is (27,5%). Mivel a két csoport között megítélésem szerint nincs markáns különbség, ezért ebből azt a következtetést vonom le, hogy a veszélyes üzem dolgozóinak majdnem fele, rendelkezik kisebb hiányosságokkal. Ezeket a hiányosságokat meglátásom szerint a már fent említett ismétlő munka, baleset – és tűzvédelmi előadásokkal pótolni lehetne.

Az M7 -es *Ön egy 1-től 10-ig terjedő skálán mennyire tartja fontosnak a munka- és balesetvédelmi előadásokat?* (ahol az 1-es az egyáltalán nem fontos, a 10 -es pedig a nagyon fontos) és az M8 -as *Ön hogyan ítéli meg a munka és balesetvédelmi előadások gyakoriságát?* kérdések közötti korreláció eredménye: 0,012963637 nagyon gyenge korrelációt mutat. A P1 -es *Mióta dolgozik veszélyes (vagy annak tekinthető) munkakörnyezetben?* és az M8 - as *Ön hogyan ítéli meg a munka és balesetvédelmi előadások gyakoriságát?* kérdések korreláció eredménye: 0,146829399 nagyon gyenge korrelációt mutat.



41. ábra: Munka, baleset - és tűzvédelmi előadások gyakoriságának vizsgálata. Készítette: A szerző.

#### 3.4.4 A kérdőíves kutatás robbanásvédelmet érintő kiértékelése

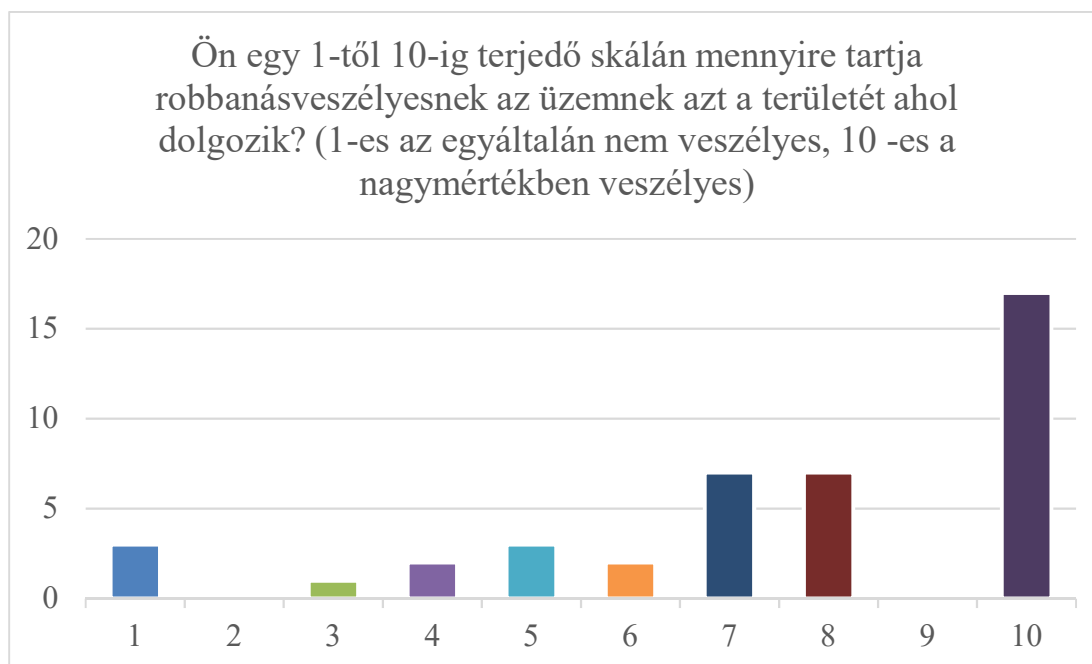
A munkahelyi tűz - és balesetvédelmi kérdések elemzését követően, kérdőíves vizsgálatom további kérdései a kérdezettek speciálisan a robbanásvédelmet érintő attitűd vizsgálatára irányult. A témában összesen 4 kérdést fogalmaztam meg, amelyből kettő klasszikus feleletválasztás, kettő pedig skálás válaszlehetőségeket tartalmazott. A kérdések a következők voltak:

- Ön egy 1-től 10-ig terjedő skálán mennyire tartja robbanásveszélyesnek, az üzemnek azt a területét ahol dolgozik?
- Ön egy 1-től 10-ig terjedő skálán mennyire fél egy esetleges robbanástól?
- Volt-e már robbanásveszély az üzemnek azon a területén ahol Ön dolgozik?
- Ön hogyan ítéli meg a robbanásvédelemről szóló előadások gyakoriságát?

A robbanásvédelmet érintő kérdések elemzését a robbanásveszélyes környezet feltárásával kezdtem. Első kérdésem során, azt mértem fel, hogy a kérdezett egy 1-től 10-ig terjedő skálán mennyire tartja robbanásveszélyesnek, az üzemnek azt a területét ahol dolgozik? A válaszok kapcsán meghatároztam, hogy 1-es az egyáltalán nem veszélyes, a 10 -es pedig a nagymértékben veszélyes területet jelöli.



A válaszok a következőképpen alakultak: A kérdezettek legnagyobb része (42,5%) a 10-es válaszlehetőséget jelölte be. Szintén mértékadónak tekintem a 8-as értékre adott válaszokat, amely a megkérdezettek 17,5% át foglalja magában. Az előzőekhez hasonlóan kiemelt válaszként tekintek a 8-10 közötti értékekre, amelyek jelen esetben 60%-ot adnak ki. A 4-7 közötti köztes válaszok aránya e kérdés tekintetében 30%. A fennmaradó 10% nem tartja egyáltalán veszélyesnek a munkakörnyezetét. Természetesen ebben benne vannak a vezetők és egyéb döntéshozók is, akik nem feltétlen dolgoznak közvetlen veszélynek kitett munkaterületen.

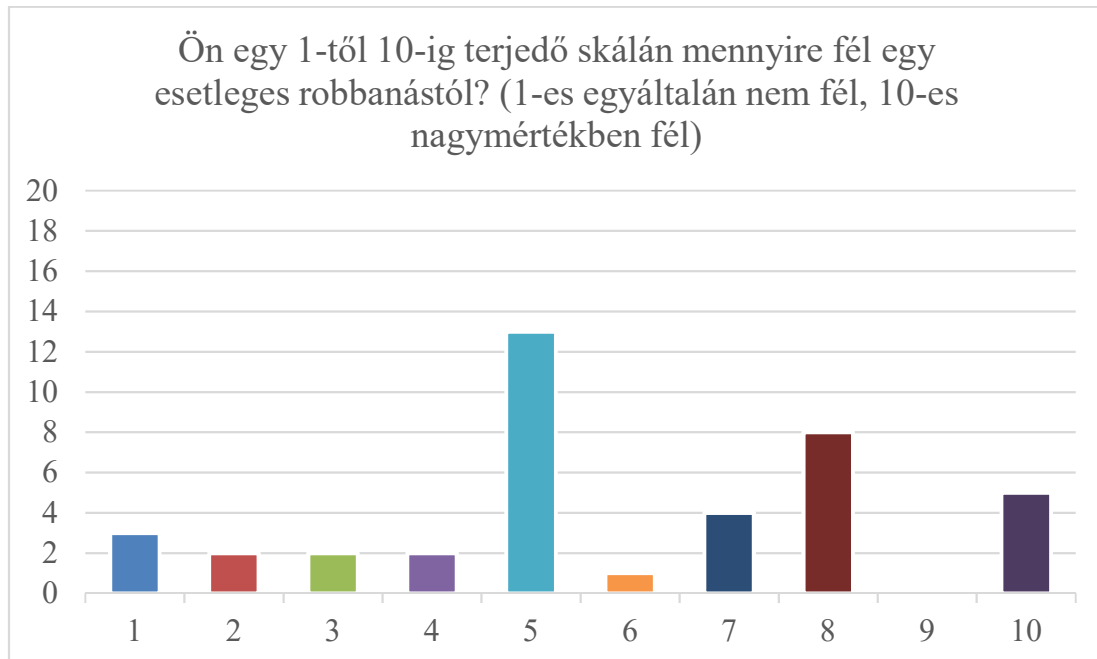


42. ábra: Robbanásveszélyes munkakörnyezet megítélésének elemzése. Készítette: A szerző.

A kérdésekre érkezett válaszokból azt a következtetést vonom le, hogy a munkavállalók a munkakörülmények veszélyével (jelen esetben robbanás) tisztában vannak. Azt, hogy ez a tudat mennyire kelt bennük félelmet, azt a következő kérdés elemzésével tisztázom.

A robbanásveszélyes munkakörnyezet megítélésnek vizsgálata után, elemzem azt, hogy a kérdezettek mennyire tartanak egy esetleges robbanás kialakulásától a veszélyes munkakörnyezetben. Az előző kérdéshez hasonlóan itt is egy 10-fokú skálás válaszlehetőség állt a kérdezettek rendelkezésére. Ebben az esetben is az 1-es jelentette, hogy egyáltalán nem fél, míg a 10-es azt, hogy nagymértékben fél a robbanástól. Az előző kérdésekhez hasonlóan kiemelt válaszként tekintek a 8-10 közötti értékekre, amelyek jelen esetben szerencsére nem közelítették meg a korábbi értékeket. A válaszadók éppen negyede (25%) fél jelentős mértékben egy robbanás kialakulásától. Ennél a kérdésnél az ún. 4-7 közötti köztes válaszok

aránya mutatott nagyobb szórást. Az összes válaszadó 50%-a jelölte ezeket a válaszlehetőségeket. 15%-os értéket mutatott az, hogy mely munkavállalók nem tartanak egyáltalán egy esetleges robbanás kialakulásától. Az R1 -es Ön egy 1-től 10-ig terjedő skálán mennyire tartja robbanásveszélyesnek, az üzemnek azt a területét ahol dolgozik? (1-es az egyáltalán nem veszélyes, 10 -es a nagymértékben veszélyes) és R2 -es Ön egy 1-től 10-ig terjedő skálán mennyire fél egy esetleges robbanástól? (1-es egyáltalán nem fél, 10-es nagymértékben fél) közötti korreláció eredménye: 0,327667159 gyenge korrelációt mutat.



43. ábra: Robbanástól való félelem vizsgálata. Készítette: A szerző.

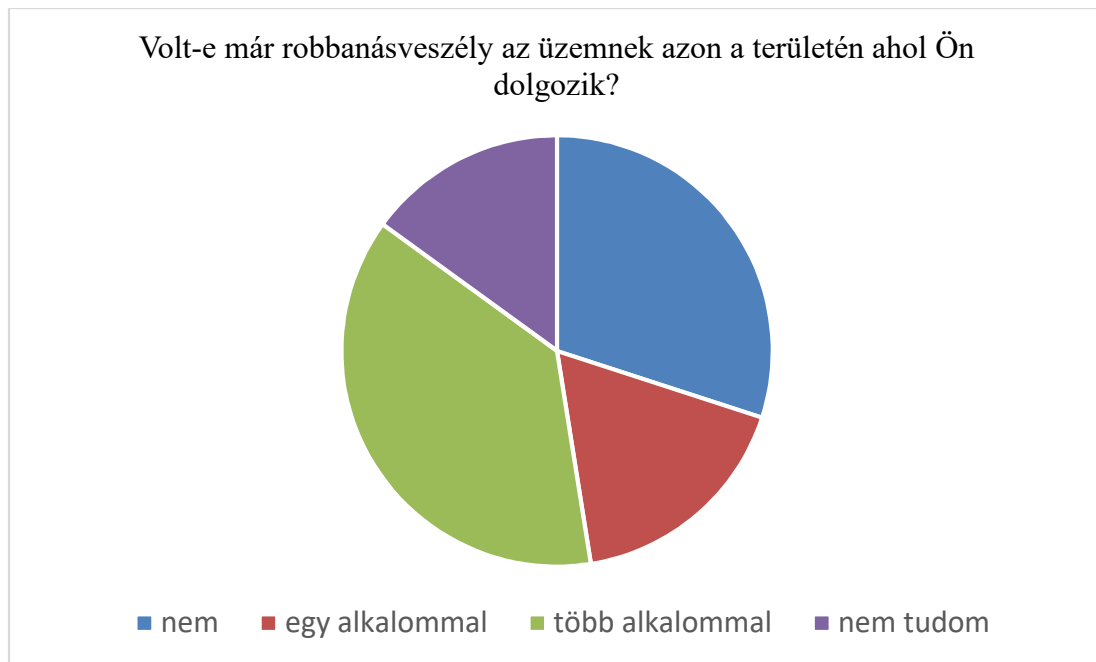
A fenti válaszok alapján arra a megállapításra jutottam, hogy bár kisebb robbanás elsősorban az emberi gondatlanság miatt sajnos kialakulhat, a munkavállalók nem érzik magukat veszélyben. Ennek oka megítélésem szerint az, hogy az egységes katasztrófavédelem megalakulása óta a szervezet kiemelt hangsúlyt fektet a megelőzési tevékenységre. Ez azt eredményezi, hogy a hatályos szabályozók betartásával és betartatásával a legtöbb üzemi baleset megelőzhető, ezáltal a munkavállalók biztonságérzete egyidőben nő.

A robbanásvédelmet érintő ún. skálás kérdései után ismét zárt kérdések következtek. Ennek első kérdése a múltra vonatkozott, miszerint, hogy volt-e már robbanásveszély az üzemnek azon a területén ahol Ön dolgozik? Itt fontosnak tartom meghatározni azt, hogy nem kialakult robbanásról, hanem annak veszélyéről volt szó. A kérdőív kitöltésekor erre a válaszadók figyelmét is felhívtam. A válaszadók majdnem harmada (30%) nem találkozott még

robbanásveszéllyel a munkája során. 17,5%-a egy alkalommal, míg 37,5%-a több alkalommal is élt már át robbanásveszélyes helyzetet. A fennmaradó 15%, nem adott mérhető eredményt, hiszen ebben az esetben a kérdezettek a nem tudom válaszlehetőséget vizsgálták.

A P1 -es Mióta dolgozik veszélyes (vagy annak tekinthető) munkakörnyezetben? és R3 -as Volt-e már robbanásveszély az üzemnek azon a területén ahol Ön dolgozik? kérdések közötti korreláció eredménye: 0,31254289 gyenge korrelációt mutat. Az M2 -es Volt- e már a munkahelyén olyan üzemzavar vagy baleset, amely ijedségre adott okozott? és az R3 -as Volt- e már robbanásveszély az üzemnek azon a területén ahol Ön dolgozik? kérdések közötti korreláció eredménye: 0,435717183 közepes korrelációt mutat. Az M3 Volt- e már a munkahelyén olyan üzemzavar vagy baleset, amely végül csak a szerencsének köszönhetően nem következett be? és az R3 -as Volt-e már robbanásveszély az üzemnek azon a területén ahol Ön dolgozik? közötti korreláció eredménye: 0,433209857 közepes korrelációt mutat.

Az R1 -es Ön egy 1-től 10-ig terjedő skálán mennyire tartja robbanásveszélyesnek, az üzemnek azt a területét ahol dolgozik? (1-es az egyáltalán nem veszélyes, 10 -es a nagymértékben veszélyes) és az R3 -as Volt-e már robbanásveszély az üzemnek azon a területén ahol Ön dolgozik? közötti korreláció eredménye: 0,138936748 nagyon gyenge korrelációt mutat. Az R2 -es Ön egy 1-től 10-ig terjedő skálán mennyire fél egy esetleges robbanástól? (1-es egyáltalán nem fél, 10-es nagymértékben fél) és az R3 -as Volt-e már robbanásveszély az üzemnek azon a területén ahol Ön dolgozik? közötti korreláció eredménye: 0,076493661 nagyon gyenge korrelációt mutat.



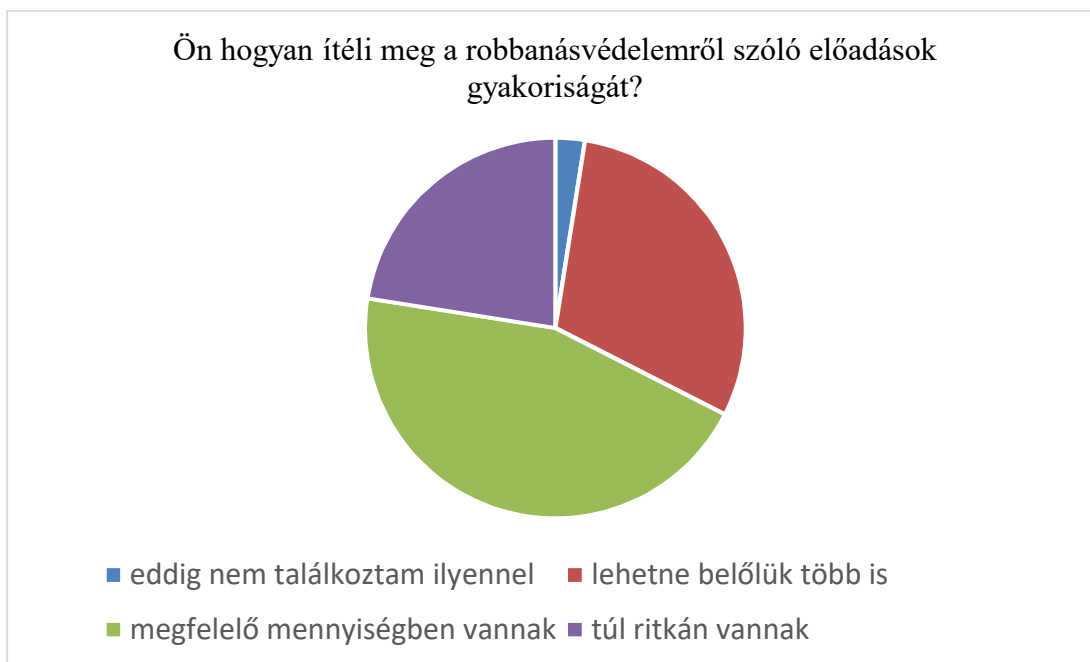
44. ábra: Kialakult robbanásveszély vizsgálata az üzemnek azon a területén ahol a válaszadó dolgozott. Készítette: A szerző.

A válaszokból azt a logikus következtetést vonom le, hogy egy robbanásveszélyes környezet ugyan kialakulhat, de azok idejében való felismerése már a munkavállalók tapasztalatán is múlik.

A kérdőíves kutatásom utolsó kérdése a robbanásveszélyes előadások gyakoriságára irányult. Az előző kérdésblokkal ellentétben jelen esetben nem általánosságban kívántam megvizsgálni a tűz- és balesetvédelmi előadások gyakoriságát, hanem arra voltam kíváncsi, hogy speciálisan a robbanásvédelemmel kapcsolatban milyen tapasztalati vannak a kérdezetteknek. Válaszlehetőségként feltüntettem a túl ritkán vannak, megfelelő mennyiségben vannak, a lehetne belőlük több is, illetve az eddig még nem találkoztam ilyennel lehetőségeket.

Az „eddig még nem találkoztam ilyennel” válasz szerencsére jelen esetben sem adott mérhető eredményt (2,5%), hiszen csupán 1 fő választotta ezt a lehetőséget. Ennek oka lehet, hogy a kérdezett még új alkalmazott volt, aki nem vett részt még ilyen foglalkozáson, illetve nem zárom ki a félrekattintás lehetőségét sem. Az összes válaszadó 22,5%-a szerint a speciálisan robbanásvédelmi előadások túl ritkán vannak. A lehetne belőlük több is válaszlehetőség 30%-os eredményt mutatott, míg a megfelelő mennyiséget kevesebb, mint a válaszadók fele (45%) jelölte be. Az M8-as Ön hogyan ítéli meg a munka és balesetvédelmi előadások gyakoriságát? és az R4 -es Ön hogyan ítéli meg a robbanásvédelemről szóló előadások gyakoriságát? közötti

korreláció eredménye: 0,668624296 erős korrelációt mutat. Az R3-as Volt-e már robbanásveszély az üzemnek azon a területén ahol Ön dolgozik? és az R4 -es Ön hogyan ítéli meg a robbanásvédelemről szóló előadások gyakoriságát? közötti korreláció eredménye: -0,142064849 nagyon gyenge korrelációt mutat. A P1 - es Mióta dolgozik veszélyes (vagy annak tekinthető) munkakörnyezetben? és az R4 -es Ön hogyan ítéli meg a robbanásvédelemről szóló előadások gyakoriságát? közötti korreláció eredménye: -0,067611552 nagyon gyenge korrelációt mutat. Végül pedig az R2 -es Ön egy 1-től 10-ig terjedő skálán mennyire fél egy esetleges robbanástól? (1-es egyáltalán nem fél, 10-es nagymértékben fél) és az R4 -es Ön hogyan ítéli meg a robbanásvédelemről szóló előadások gyakoriságát? közötti korreláció eredménye: -0,192238506 nagyon gyenge korrelációt mutat.



45. ábra: Robbanásvédelmet érintő előadások gyakoriságának vizsgálata munkavállalói szemmel. Készítette: A szerző.

A jelenlegi robbanásvédelmi előadások gyakorisága a válaszadók több mint felének jelen formában kevés. A tudásuk gyarapítás érdekében, saját maguk megítélése alapján további ismeretszerzésre van szükség. Ennek megfelelően javaslom a tűz- és balesetvédelmi előadások ismeretanyagának robbanásvédelmet érintő tematikájának bővítését. Ez az általam már javasolt ismételt előadások formájában is megvalósulhat.

### 3.5 Robbanásvédelmi előadások további lehetőségei

A robbanásvédelemmel kapcsolatban értekezésem megírása közben több helyen is felhoztam hazai veszélyes üzemeket, amelyek kapcsán következtetéseket is megfogalmaztam. Ezek közül két üzemet emeltem ki, a Zoltek Zrt.-t, valamint a Toray Industries Kft.-t. A kiválasztás kapcsán az üzemekhez való személyes kötődésem is közre játszott. Értekezésem jelenlegi fejezetében, - ahol a tűz-baleset és munkavédelmi előadásokat vizsgálom – is logikus módon ezt a két üzemet szeretném majd felhozni példaként.

A két üzemben évente tartanak különböző robbanásvédelemmel kapcsolatos előadásokat. Az oktatás tekintetében fontos megjegyezni, hogy vannak olyan üzemek, ahol ezek az előadások különböző tematikára épülnek. Ez lehet a létesítést érintő, az új munkavállalók betanítását igénylő, éves ismétlő, illetve új technológiát bemutató előadás is. Amennyiben ez utóbbi esetleg kihat a biztonsági zónákra, abban az esetben összetett oktatás valósul meg.

Az ilyen előadások tematikája általában a következő ismeretekre tér ki:

#### 1. Munkavégzés robbanásveszélyes térben

Ennek keretében ismertetésre kerül a robbanásvédelmi dokumentáció oktatási témajegyzékében meghatározott ismeretek (pl. betonozás). Ennek formáját egyébként a munkáltató határozza meg a munkavállalók tekintetében. Az oktatás jogszabályi háttere a 3/2003. (III.11.) FMM-ESzCsm együttes rendelet.

#### 2. Robbanásbiztos berendezések szerelése, kezelése, részletes felülvizsgálat és felülvizsgálati dokumentáció készítése.

Ennek elvégzéséhez szükség van egy államilag elismert szakképesítéssel rendelkező robbanásbiztos berendezést is végző szerelőre, aki a munkavállalókat felkészíti a 2. pontban meghatározott feladatok elvégzésére.

#### 3. Robbanásbiztos berendezések karbantartóinak és javítóinak műszaki vezetői képzése

Ez a „Robbanásbiztos műszaki vezető” képzés azoknak a munkavállalóknak szükséges, akik a fent megnevezett munkafolyamatok irányításában vesznek részt. A képzés jogszabályi háttere az MSZ EN 60079-14, -17 és – 19. Ezek a robbanás veszélyes terekre vonatkozó különféle szabványok.

#### 4. Ismeretfelújítás

Az ide tartozó szabványok (MSZ EN 60079-14, -17 és – 19) előírásai alapján nem szabad elfelejteni azt, hogy a fent megnevezett egyes ismeretek 5, illetve javítóműhelyek esetén 3 évente ismeretfelújításon esnek keresztül. Ezt az ún. robbanásbiztonság technika ismeretfelújító képzés keretében lehet megszerezni.

Ezen kívül a robbanásvédelmet érintő előadások kapcsán a következő lehetőségeket látom, mint fejlesztési lehetőség, amely hozzájárul az előadások színvonalának növeléséhez.

- A veszélyes üzemekben tartott előadások megítélésem szerint tartalmazznak még fejlesztési lehetőségeket, különösen a robbanásvédelem témakörében, akár extrém körülmények között. Ennek kapcsán javaslom több, a robbanás és a robbanásvédelem témakörét érintő előadás népszerűsítését a veszélyes ipari üzemekben.
- Az előadások megtartásával kapcsolatban javaslom, hogy a különböző modulokat olyan szakemberek tartsák, akik lehetőség szerint az üzemhez köthető szakemberek (belső szakember). Ezt arra alapozom, hogy egy ilyen szakember belülről jobban rálát az egyes munkafolyamatokra, ezáltal jobban ismeri a témakörhöz tartozó egyes sajátosságokat.
- Az oktatott tananyagunk véleményem szerint mindenképpen ki kell térnie az alkalmazott veszélyes technológia részletes ismertetésére, az alkalmazott szabályozókra, a védőeszközökre és a higiénés követelményekre is (műszálas ruházat mellőzése).
- Javaslom az éves ismétlő oktatások gyakoriságát félévre sűríteni, ezáltal a megszerzett tudás hatékonyabban fenntartható.
- A belső szakember oktatásán felül javaslom még a különböző munkavédelmi oktatással foglalkozó cégek bevonását is az oktatási tevékenységbe. Ezt elsősorban olyan témakörök kapcsán tartom hatékony megoldásnak, mint pl. az alkalmazott védőeszközök bemutatása (különböző gyártók vagy forgalmazók előadása). Megítélésem szerint az oktatásba bevonhatók még a nagy szakértelemmel rendelkező egyetemi oktató és tűzvédelmi laborvezetők is.

### 3.6 Kockázati mátrix elemzése

A fejezetben a biztonságosabb munkakörnyezet kialakítása érdekében felmérést végeztem a hazai veszélyes üzemek munkavállalói körében, ehhez olyan módszertant választottam, melynek segítségével kisebb válaszadói létszám esetén is reprezentatív értékeket kapok.

Az elvégzett kérdőíves kutatást a potenciálisan robbanásveszélyes munkakörnyezetben munkát végzők esetében végeztem el, amelynek eredményeit statisztikai módszerekkel a társadalom egészére vetítettem ki. A kérdőíves kutatásom célja az volt, hogy megbizonyosodjak, arról, hogy a különböző veszélyes ipari üzemek munkavállalói, megfelelő munka- és balesetvédelmi ismeretekkel rendelkeznek-e, illetve, hogy az eddigi alkalmazott munkavédelmi szabályozások tartalmazznak-e még további fejlesztési lehetőségeket. A kérdőívemben több kérdéskörben végeztem mintavételt.

Nullhipotézis eredménye: A dolgozói önértékelés alapján jelenleg nem elegendő a munkavédelmi és robbanásvédelmi oktatások gyakorisága.

Szórás számítása képlettel

$$D(x) = \sqrt{E((X - E(x))^2)}$$

ahol „X” a valószínűségi változó és az E a várható értéket jelöli.

M8 és R4 között erős korreláció áll fenn, így feltehető, hogy a nullhipotézis egyszerre fog megdőlni.

- M8-ra adott válaszok átlaga: 2,425
- R4-re adott válaszok átlaga: 3,175
- M8-ra adott válaszok szórása ( $\sigma$ ): 0,747217059
- R4-re adott válaszok szórása ( $\sigma$ ): 0,873762862

A sztenderd hiba (SE) képlete:

$SE = \frac{s}{\sqrt{n}}$ , ahol „s” a minta szórása „n” pedig a minta elemszáma.

M8 sztenderd hiba 0,118145391 mely közelítve: 0,12  $\rightarrow$  A válaszok szórása viszonylag nagy, ugyanakkor a mintavétel mérete már kellően széleskörű ahhoz, hogy a hiba elfogadhatóan kicsi.



R4 sztenderd hiba: 0,138154039 közelítve: 0,14 → A válaszok szórása viszonylag nagy, ugyanakkor a mintavétel mérete már kellően széleskörű ahhoz, hogy a hiba elfogadhatóan kicsi.

Számokban tehát a nullhipotézis a következőképpen fejezhető ki:

**Nullhipotézisem az, hogy a Magyarországon belüli teljes érintett dolgozói körre vonatkozóan várhatóan a hibahatáron belül nem megfelelő az oktatások gyakorisága.** Ez tehát számokkal kifejezve akkor teljesül, ha a teljes érintett dolgozói kör esetén (legalább százezres létszám) a két kérdésre adott válasz várható eredménye:

$$R4 < 4 - 0,14 = 3,86$$

$$M8 < 3 - 0,12 = 2,88$$

Feltételezem, hogy az M8 és R4 kérdésekre adott összes válasz a teljes magyarországi dolgozói körre nézve normál elosztást mutat, ami nyilván csak egy közelítés. Normál eloszlás esetén a minta 95% valószínűséggel szór a várható érték (átlag) körül 2\*szigma tartományban.

Hipotézis vizsgálat során a döntésem arra szolgál, hogy meghatározzam a sokaságból (azaz több százezres szakmai társaságból) kivett (jelen esetben 40 fős) minta válaszainak átlagértéke benne van-e a mintául választott 40 fős válaszainak (jelen esetben 95%-os szinthez tartozó) megbízhatósági intervallumában. Ez alapján a variancia számítása:

$$\begin{aligned} \mathbf{Var}(X) &= \mathbf{Cov}(X, X) \\ &= \mathbf{E}[XX] - \mathbf{E}[X]\mathbf{E}[X] \\ &= \mathbf{E}[X^2] - (\mathbf{E}[X])^2, \end{aligned}$$

ahol a variancia a szórás négyzete

A matematikai értékeléshez a Z-tesztet használjuk, ahol

	M8 esetén	R4 esetén	
átlag	2,425	3,175	
nullhipotézis külbséérték	2,88	3,86	
szórás	0,747217059	0,873762862	
sztenderd hiba	0,118145391	0,138154039	
Z-érték	0,608926141	0,78396557	
p-érték (Gauss eloszlásból)	0,73	0,78	
1-p	0,27	0,22	mindkét esetben jelentősen nagyobb, mint 5%

46. ábra: A matematikai értékeléshez használt Z-tesztet. Készítette a szerző.

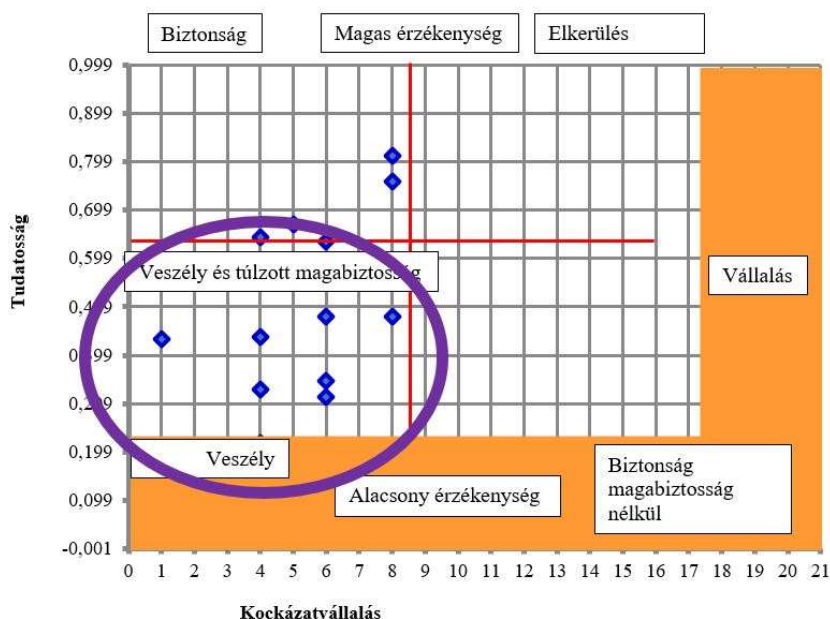
Ez azt jelenti, hogy a nullhipotézist nem tudjuk elvetni a minta alapján, azaz ezt statisztikailag továbbra is igaznak tekintjük.

Tézis: A null hipotézissel és variancia-analízissel előállított eredmények alapján megállapítható, hogy jellemzően férfiak dolgoznak és jellemzően az általam meghatározott korcsoportú megosztásban robbanásveszélyes munkahelyeken. A válaszok szórásainak és hibáinak a vizsgálata alapján is megállapítom, hogy a teljes népességre (potenciálisan robbanásveszélyes munkakörnyezetben dolgozó munkavállalók) nézve is elegendő volta a mintavételi szám.

A tudatosság és az eltöltött időre vonatkozó Pearson korreláció viszont (nagyon gyenge) rávilágít arra a tézisére, hogy az oktatásokat és a gyakoriságot tovább kell növelni a teljes populációra vetítve (robbanásveszélyes környezetben munkát végző emberek). Az elemzett mintaszám azért tekinthető reprezentatívnak, mert a standard hiba kicsinek mondható a statisztikai szórás ellenére. Az elemzések rámutattak arra, hogy a vett mintaszám elegendő a keresztreferencia szempontjából az értékek nem torzulnak. Az oktatásokra vonatkozó elemzés viszont rámutatott arra, hogy több oktatás szükséges, mivel a nullhipotézis 5% feletti átlagértéket mutatott (22%), amely alapján ezt el kell vetni.

A kapott korrelációs értékek abszolút értékeket felvevő mátrixon történő ábrázolásával a kapott eredmény egyértelműen az alábbiak szerint szemléltethető, amely kirajzolja az oktatások frekvenciájának nagyobb szükségét és az esetleges szabályozói környezet hozzáigazítását (tematikával és beszámoltatással).

## Kockázati mátrix kivetítése



187. ábra: Kockázati mátrix eredményeinek kivetítése. Készítette: A szerző.

7. táblázat: Kockázat és biztonság összefüggés táblázata. Készítette: A szerző.

	Figyelem felhívás	Oda figyelés szükséges	Határval
<b>Biztonsági felhívás</b>	0,999	$\leq 0,999$	0,65
<b>Kockázattvállalás tendenciája</b>	0,599	$\geq 0,6$	8.5

### 3.7 Részkövetkeztetések

A fejezetben és az egyes részkövetkeztetésekben a **robbanásveszélyes munkakörnyezetben való munkavégzés vizsgálatának eredményeként javaslatokat fogalmaztam meg a jelenleg alkalmazott tűz, baleset és munkavédelmi oktatásokkal kapcsolatban. Megfogalmaztam, hogy az oktatások témakörei közül a robbanásvédelmi ismereteket mélyrehatóbban kell oktatni, ami hozzájárulhat az eddiginél is biztonságosabb munkavégzéshez a hazai veszélyes üzemekben**

Tudományos eredményemmel elértem értekezésem harmadik célkitűzését, amely szerint megbizonyosodtam különböző veszélyes üzemek munkavállalóinak tudásszintjéről, illetve megállapításokat tettem arra vonatkozóan, hogy a munka, tűz - és balesetvédelmi szabályozások milyen további lehetőségeket tartalmaznak. Kutatási eredményeim rámutattak

arra, hogy az oktatások gyakoribbá és tematikusabbá tételével a biztonságos munkavégzés szintje tovább növelhető. A biztonságos munkavégzés veszélyes ipari környezetben tovább növelhető.

**Fentiek alapján igazoltam hipotézisemet, mely szerint a jelenlegi tűz- és munkavédelmi előírások tartalmaznak még további szabályozási lehetőségeket, melyek a munkabiztonsági szabályozási környezet egyértelműsítésével és a határvonalak definiálásával növelhetik a biztonság aktuális szintjét.**

A témakör kutatását 2023. szeptember 30.-án lezártam.

## ÖSSZEGZETT KÖVETKEZTETÉSEK

A „Robbanásvédelmi vizsgálatok kiterjesztése az üzemi-és munkabiztonság növelése érdekében” című PhD értekezésem fejezetiben számos megállapítást és következtetést fogalmaztam meg. Ezeket az egyes fejezetek részkövetkeztetései alapján gyűjtöttem össze, ismertetve a kutatásom főbb szakaszait, érintve az egyes célkitűzéseket illetve, hogy azok megvalósításához milyen kutatási módszereket alkalmaztam és végül milyen eredményeket értem el.

A **robbanásvédelem áttekintő vizsgálata során** hiányosságként tekintetem arra, hogy a biztonsági adatlapok sok esetben nem foglalkoznak az ún. extrém üzemi körülményekkel a veszélyes anyagok kapcsán. Ilyen körülményként tekintetem többek között a nyílt láng használatára, az extrém hőmérsékletre, és a halmazállapotváltozás utáni viselkedésre.

A zónabesorolás ismertetésekor a **szellőztetés** fontossága mellett megállapítottam, hogy a hazai jogszabályok a zónabesoroláskor sok esetben csak a normál üzemi működést veszik figyelembe, az attól eltérő körülményeket vagy pl. a karbantartási munkálatokat nem vizsgálja semmi, amelyet szintén hiányként értékelek. A robbanásvédelmet érintő jogszabályok különböző ellentmondásokkal jelennek meg a magyar jogrendszerben. Ennek következtében javaslatot tettem a témakört érintő jogszabályok harmonizációjára.

A robbanásvédelem további tanulmányozása után megállapítottam, hogy a megelőző tűzvédelem egyik sarkalatos pontja a robbanásbiztonság, ezért szükségesnek tartottam a terület tűzvédelmi hatóság általi ellenőrzését bemutatni. A téma elemzése alapján megállapítottam, hogy a terület még jelentős tartalékokkal rendelkezik a további fejlesztési lehetőségek tekintetében.

Az értekezésben ismertetett jogszabályok, táblázatok és ábrák rövid elemzésének következtében megállapítottam, hogy a robbanásbiztonsággal kapcsolatos jogszabályi rendszer csak rendkívül összetett módon írható le. Emellett a megfelelő hatósági jelenlét és ellenőrzési keretrendszer is hiányzik belőle.

Szintén az értekezés következtetéseként fogalmaztam meg, hogy bár Magyarországon léteznek a robbanásvédelmet érintő jogszabályok, azonban ezek több esetben hiányosak vagy épp

ellentmondásosak. Ennek kiküszöbölése a katasztrófavédelem és a robbanásvédelmi szakemberek feladata. A hiányosság kiküszöbölése ma is folyamatban van, amelynek az egyik eredményterméke a TvMI Robbanás elleni védelem témaköre.

**A robbanásvédelem áttekintő vizsgálatának eredményeként javaslom a robbanás elleni védelemről szóló TvMI kibővítését a létesítési feltételek kapcsán, kiegészítve azokat a HAZOP/SIL alkalmazásának lehetőségével, valamint a katasztrófhelyzetre történő létesítési feltételek meghatározásával.** Ez megítélésem szerint a jelenlegi TvMI 7. fejezetének 7.8-as alfejezetét képezhetné HAZOP/SIL alkalmazási lehetőségek címmel.

Kutatási eredményemmel teljesítettem első célkitűzésemet, miszerint megfogalmaztam egyes hazai jogszabályok, illetve irányelvek további bővítési lehetőségét és szükségességét.

**A Diklórmetán komplex éghetőségeinek vizsgálata** című fejezetben a DCM-et vizsgáltam meg laboratóriumban. Azzal a feltételezéssel éltem, hogy az anyag extrém körülmények között - magasabb hő és láng hatás - képes robbanási, illetve olyan égési jelenségeket mutatni, amely jelenség nem jelenik meg az anyag biztonsági adatlapján. Ezt egy háromlépéses laborkísérlet segítségével vizsgáltam meg, amely kísérletek alatt az alábbi következtetésekre jutottam. *Zárttéri megfigyelésem eredménye*, felfűtéskor 40 °C-ig, ahol 30 °C körül már meglehetősen sűrű kormozó gőzök jelentek meg a zárttér nyílásán, azonban ez egyáltalán nem volt meggyújtható. Ennél a mérésnél a gyújtóforrást egy szikra (szabvány szerint) szolgáltatva. A minta hőmérséklete nem emelkedett 39,5 °C fölé, tehát forrásban volt. *Nyílttéri megfigyelésem eredménye*, hogy 38 °C - on megindult a forrás, további felfűtés esetén sem melegedett a folyadék 39 °C - on túl, miközben folyamatosan forrt a folyadék minta, amíg el nem forrt teljesen. A vizsgált anyag többszöri gyújtási próba után sem volt belobbantható.

Ezt követően a DCM-et extrém körülmények között is megvizsgáltam. Ennek eredményeként megfogalmaztam, hogy hő hatására a cseppek gázhalmazállapotúvá váltak. Az így keletkezett gáz gyújtóforrás hatása nélkül 435 °C -ig nem mutat égési jelenséget, gyújtóforrás jelenlétében viszont, 310 °C felett a gázok már égési jelenséget mutatnak, 370 °C - on határozott lángjelenséggel.

Végül egy harmadik helyszínen egy robbantókamrás vizsgálat következtében megállapítottam, hogy a DCM nem mutatott robbanást, sem az anyag alsó robbanási, sem pedig a felső robbanási határétékén, ezért ez a kísérlet a második mérés eredményét nem befolyásolja.

**A laborkísérletek, illetve a veszélyes anyagok viselkedése láng és hőterhelés hatására végzett kutatásom eredményeként megállapítom, hogy vannak olyan veszélyes anyagok, amelyek a biztonsági adatlapjukon feltüntetett veszélyeken felül, extrém körülmények között további egészségügyi kockázatokat is rejtenek magukban.** A laboratóriumi mérésem megerősíti azt a hipotézisemet, hogy lehetséges olyan feltételeket teremteni, amelyek lehetővé teszik a DCM égésének kimutatását. A robbanás és gyulladás már sokkal hamarabb bekövetkezik a szakirodalomban olvasható értékeknél.

Ezzel igazoltam második célkitűzésemet, miszerint egyes anyagok extrém körülmények hatására további kémiai jelenségeket mutatnak a szakirodalomban olvasható értékekhez képest.

**A robbanásveszélyes munkakörnyezetben való munkavégzés vizsgálata** című fejezetben egy kérdőíves adatgyűjtést végeztem, amelynek célja az volt, hogy megbizonyosodjak, arról, hogy a különböző veszélyes ipari üzemek munkavállalói, megfelelő munka- és balesetvédelmi ismeretekkel rendelkeznek-e, illetve, hogy az eddigi alkalmazott munkavédelmi szabályozások tartalmazznak-e még további fejlesztési lehetőségeket. A kitűzött cél elérése érdekében egy olyan kérdőívet hoztam létre, amely bárki számára könnyen kitölthető. Az adatgyűjtést követően a következő megállapítások és következtetéseket fogalmaztam meg.

A *demográfiai vizsgálatok* során megállapítottam, hogy kérdőívem a demográfiai szempontok alapján alkalmas arra, hogy a robbanásveszélyes munkakörnyezetet, illetve az ott dolgozó emberek attitűdjét feltárjam.

A kérdőíves kutatás *önértékelési, illetve önellenőrzési* válaszainak kiértékelése után megállapítottam, hogy a munkavállalókra ható különböző veszélyforrások ismerete megnyugtató, hiszen a munkavállalók mindegyike ismeri a rá ható veszélyforrásokat. A válaszokból azt a következtetést is levontam, hogy a veszélyes munkakörnyezetben tárolt vagy felhasznált veszélyes anyag egészségkárosító hatásainak ismerete alapján az üzemek munkavállalói alapvetően ismerik a veszélyforrásokon túl, az egészségkárosító hatásokat is. Az üzemet érintő biztonsági előírások betartásának vizsgálatából pedig arra a következtetésre

jutottam, hogy a munkabiztonság mellőzése inkább gondatlanságból, mint szándékosság miatt keletkezik. A veszélyes üzemek dolgozói, alapvetően igyekeznek a tőlük elvárható módon a meghatározott biztonsági előírásokat maradéktalan betartására.

A kérdőíves kutatás munkahelyi *tűz-és balesetvédelmi attitűd vizsgálatának* kiértékelése után megállapítottam, hogy egy veszélyes üzem munkavállalói megkapják a szükséges tűzvédelmi oktatást, az ott szerzett tudást pedig hasznosítani is tudják. Szükségesnek tartom viszont azt, hogy ezek a munka- tűz és balesetvédelmi oktatások a szokottnál sűrűbben, akár ismétlődő jelleggel újra megtartásra kerüljenek, annak érdekében, hogy a megszerzett tudás ne „kopjon ki”. Szintén megállapítottam, hogy egy valós üzemi baleset esetén, meglehetősen kevés alkalmazott az, aki magától, stresszhelyzetben is tudná a legfontosabb teendőket. A többieknek már mások támogatására és segítségre is szüksége lenne. Ebből azt a következtetést vontam le, hogy a munkavédelmet és tűzvédelmet érintő előadásokat célszerű lenne gyakrabban feleleveníteni, akár online módon is végrehajtható ismétlődő előadások formájában.

Üzemzavar esetén pánik is eluralkodhat, ezen, megítélésem szerint könnyen lehet javítani abban az esetben, ha a biztos tudás a rendelkezésünkre áll. Ezt az eddigénél gyakrabban tartott munka-és balesetvédelmi előadások is biztosíthatják.

*A kérdőíves kutatás robbanásvédelmet érintő attitűd vizsgálatának kiértékelése után* a válaszok szórásainak és hibáinak a vizsgálata alapján is megállapítom, hogy a teljes népességre (potenciálisan robbanásveszélyes munkakörnyezetben dolgozó munkavállalók) nézve is elegendő volta a mintavételi szám. A tudatosság és az eltöltött időre vonatkozó Pearson korreláció viszont (nagyon gyenge) rávilágít arra a tézisre, hogy az oktatásokat és a gyakoriságot tovább kell növelni a teljes populációra vetítve (robbanásveszélyes környezetben munkát végző emberek). Az elemzett mintaszám azért tekinthető reprezentatívnak, mert a standard hiba kicsinek mondható a statisztikai szórás ellenére. Az elemzések rámutattak arra, hogy a vett mintaszám elegendő a keresztreferencia szempontjából az értékek nem torzulnak. Az oktatásokra vonatkozó elemzés viszont rámutatott arra, hogy több oktatás szükséges, mivel a nullhipotézis 5% feletti átlagértéket mutatott (22%), amely alapján ezt el kell vetni. A kapott korrelációs értékek abszolút értékeket felvevő mátrixon történő ábrázolásával a kapott eredmény egyértelműen kirajzolja az oktatások frekvenciájának nagyobb szükségét és az esetleges szabályozói környezet hozzáigazítását (tematikával és beszámoltatással).



**A robbanásveszélyes munkakörnyezetben való munkavégzés vizsgálatának eredményeként javaslatokat fogalmaztam meg a jelenleg alkalmazott tűz, baleset és munkavédelmi oktatásokkal kapcsolatban. Megfogalmaztam, hogy amennyiben ezek témaköre mélyrehatóbban érinti, egyes robbanásvédelmi ismereteket az hozzájárulhat az eddiginél is biztonságosabb munkavégzéshez a hazai veszélyes üzemeiben.**

## ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. A robbanásvédelem áttekintő vizsgálatának eredményeként megállapítottam, hogy a létesítési feltételek esetében a robbanás elleni védelemről szóló Tűzvédelmi Műszaki Irányelv kibővítése szükséges a HAZOP/SIL eljárások alkalmazásának lehetőségével, hiszen ennek segítségével a kockázatok mérési pontossága javítható és ezzel együtt a vállalt kockázat csökkenthető.
2. Laborkísérletek, illetve a diklórmetán éghetőségének komplex vizsgálata során megállapítottam, hogy vannak olyan veszélyes anyagok, amelyek a biztonsági adatlapjukon feltüntetett veszélyeken felül, extrém körülmények között robbanásra képesek. Kísérlet sorozatokkal kimutattam, hogy a diklórmetán esetében a biztonságtechnikai adatlapjain feltüntetett 605°C öngyulladás hőmérséklet alatt, forró felület és gyújtó forrás jelenlétében már 310°C-on robbanás következik be. Erre tekintettel, a biztonsági adatlap adatainak 310°C-ra vonatkozó kiterjesztése szükséges.
3. A robbanásveszélyes munkakörnyezetben való munkavégzés vizsgálatának eredményeként reprezentatív módon megállapítottam a veszélyes üzemek munkavállalóinak tudásszintjét, melyek alapján javaslatokat fogalmaztam meg a jelenleg alkalmazott tűz-, baleset- és munkavédelmi oktatások fejlesztésével kapcsolatban. Bizonyítottam, hogy a tananyag témakörét a robbanásvédelem tekintetében részletesebben, mélyrehatóbban szükséges oktatni, mely hozzájárul az eddiginél is biztonságosabb munkavégzéshez a hazai veszélyes üzemekben.

## AJÁNLÁSOK

A három éves doktori tanulmányaim, illetve a munkám részeként részleteibe menően megvizsgáltam és elemeztem robbanásvédelem szerepét a tűzmelegedésben, tekintettel az aktív tűzbiztonsági intézkedésekre és az üzembiztonság megteremtésére, a robbanásvédelemben alkalmazott eszközök kutatására és fejlesztésére. Kutatómunkám érinti a témakörhöz tartozó nemzetközi és hazai jogszabályok elemzését, a laboratóriumi mérések következtetéseit, illetve a veszélyes üzemek munkavállalóinak attitűd-vizsgálatát.

Ennek megfelelően ajánlom az értekezést:

- olyan szervezeteknek és szakembereknek, akiknek napi szinten robbanásveszélyes területen, vagy a robbanásvédelemben alkalmazott technikai eszközökkel dolgoznak.
- azoknak a jogalkotóknak, akik a robbanásvédelemmel kapcsolatos jogszabályok létrehozásáért és módosításáért felelősek
- a katasztrófavédelem azon szakembereinek, akik a megelőző tűzvédelem területén a robbanásveszélyes tevékenységekért felelnek
- minden civil és hivatásos hallgatónak, akik szakdolgozatukat, diplomamunkájukat a robbanásvédelem témakörében tervezik megírni. PhD értekezésem segítheti az ő tanulmányaikat.
- minden hazai és nemzetközi oktatónak, kutatónak és doktorandusznak, akik tudományos célú írásművek megalkotását tervezik a témakörön belül.
- a BM OKF szervezetén belül az Országos Tűzoltósági Főfelügyelőség, valamint a Tűzvédelmi Főosztály szakembereinek.
- minden felsőfokú oktatási intézménynek, amelyek mérnöki képzések oktatásával foglalkoznak.
- azoknak a szakembereknek, akik napi vagy akár heti szinten különböző, elsősorban tűzvédelmi laboratóriumban végzik munkájukat.

## **KUTATÁSI EREDMÉNYEK GYAKORLATI FELHASZNÁLHATÓSÁGA**

1. A robbanásvédelem szerepe a tüzmegelőzésben, tekintettel az aktív tűzbiztonsági intézkedésekre és az üzembiztonság megteremtésére, a robbanásvédelemben alkalmazott eszközök kutatása és fejlesztése című kutatási témám kutatási eredményei lehetőséget biztosítanak jogszabálmódosításra. A normál körülmények tisztázása és elemzése után a nem normál körülmények a későbbi jogszabálmódosítások részét képezhetik. A kutatásom eredményei bővíthetik a jelenleg aktuális TvMI-et is.
2. A megelőző, a mentő és a tűzvédelmi mérnöki képzések jelenleg nem fedik le kellő mélységben a robbanásvédelem területét. Az általam elvégzett tantárgyi tematikák elemzése lehetőséget nyújt az új tantárgyi tematikák megalkotására, illetve korábbiak frissítésére.
3. A laboratóriumokban végzett mérési eredményeimet felhasználhatják mindazok a természetes vagy jogi személyek, akik munkahelyükön vagy telephelyükön DCM-el vagy ahhoz hasonló tulajdonságú anyaggal dolgoznak.
4. Laborkísérletem eredményei nagymértékben hozzájárulhatnak egy létező polimer és annak mátrix anyagát képező oldószer és a vizsgált technológia esetében a több zónában működő hőérzékelő elemek megkettőzéséhez és külön zónaszekcióban eltérő hőmérséklet trendek esetén történő riasztások kialakításához, a hőelemek pozíciójának elmozdulás mérését, a független rendszer kialakítása mellett.
5. Kutatási eredményeim, hasznosíthatók és felhasználhatók a HAZOP/SIL és LOPA hazai szintű integrációjára, a szabályozási környezet irányelvének további bővítésével.

## HIVATKOZOTT IRODALOM JEGYZÉKE

- [1] 6/2016. (VI.24.) BM OKF utasítás.
- [2] Veszélyes anyagok biztonságos használata:  
<http://gyemantmisi.atw.hu/munkavedelem/7.pdf> Letöltés ideje: 2021.12.08.
- [3] HAZOP és SIL Vizsgálatok és Tanulmányok. <https://exva.hu/mitkinalunk/hazop-es-sil-vizsgalatok-es-tanulmanyok/> Letöltés ideje: 2022.10.04.
- [4] Szakál Béla - Cimer Zsolt - Kátai-Urbán Lajos - Sárosi György - Vass Gyula: Módszertani kézikönyv a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek elleni védekezéssel foglalkozó gyakorló szakemberek részére. Budapest, Magyarország : Hungária Veszélyesáru Mérnöki Iroda (2020).
- [5] Council Directive 76/117/EEC of 18. December 1975 on the approximation of the laws of the Member States concerning electrical equipment for use in potentially explosive atmospheres EU Law and publications.
- [6] Az Európai Parlament és a Tanács 94/9/EK irányelve (1994. március 23.) robbanásveszélyes légkörben való használatra szánt felszerelésekre és védelmi rendszerekre vonatkozó tagállami jogszabályok közelítéséről.
- [7] Király Lajos - Restás Ágoston - Cimer Zsolt: Robbanásveszélyes zóna besorolásának szabályai – esettanulmány. *Védelem Tudomány*, III. 3. (2018), 50-64.o.
- [8] 1993. évi XCIII. törvény a munkavédelemről.  
<https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=99300093.tv> Letöltve: 2020.01.07.
- [9] 1996. évi XXXI. törvény a tűz elleni védekezésről, a műszaki mentésről és a tűzoltóságról.
- [10] 54/2014. (XII. 5.) BM rendelet az Országos Tűzvédelmi Szabályzatról.
- [11] 1999/92/EK irányelv – a robbanásveszélyes légkör kockázatának kitett munkavállalók biztonságának és egészségvédelmének javítására vonatkozó minimumkövetelmények.
- [12] Kuti Rajmund – Zólyomi Géza – Takács Krisztina: Porrobbanások veszélyei az élelmiszeriparban. *Hadmérnök*, XI. 3. (2016), 75-82.o  
[http://hadmernok.hu/163\\_06\\_kuti.pdf](http://hadmernok.hu/163_06_kuti.pdf) Letöltés ideje: 2022.09.05
- [13] MSZ EN 60079-17:2014 Robbanóképes közegek. 17. rész: Villamos berendezések felülvizsgálata és karbantartása (IEC 60079-17:2013).
- [14] MSZ 15633-1:926 Éghető folyadékok és olvadékok tároló- és kiszolgálólétesítményeinek, - berendezéseinek tűzvédelmi előírásai. Általános követelmények.
- [15] MSZ EN 60079-10-1:2009 Robbanóképes közegek. 10-1: rész: Térésbesorolás. Robbanóképes gázközegek (IEC 60079-10 :2008)  
<http://www.mszt.hu/web/guest/webaruhaz;jsessionid=A6779B2DFE4F24ABD580B15C70>
- [16] 35/2016. (IX. 27.) NGM rendelet a potenciálisan robbanásveszélyes környezetben történő alkalmazásra szánt berendezések és védelmi rendszerek vizsgálatáról és tanúsításáról.

- [17] 40/2017. (XII. 4.) NGM rendelet az összekötő és felhasználói berendezésekről, valamint a potenciálisan robbanásveszélyes közegben működő villamos berendezésekről és védelmi rendszerekről.
- [18] Koburger Márk: Robbanásveszélyes terek zónabesorolása (gázok/gőzök/ködök) I., *Katasztrófavédelmi szemle*, XXVII. 1. (2013), 31-33.o.
- [19] Koburger Márk: Robbanásveszélyes terek zónabesorolása (gázok/gőzök/ködök) II., *Katasztrófavédelmi szemle*, XXVII. 2. (2013), 59-63.o.
- [20] Bónusz János: *Robbanásveszélyes térségek zónabesorolásáról, ahol a veszélyt az éghető gőzök, gázok jelenléte okozza. A villamos veszélyesség fokozatainak elemzése a hatályos jogszabályok és szabványok összevetésével.* Budapesti Műszaki Egyetem, Budapest. 2006.
- [21] Cimer Zsolt Dancsecz Baláza: Robbanásveszélyes terekben történő munkavégzés, a robbanásvédelmi dokumentáció készítésének tapasztalatai. *Munkavédelem és Biztonság-technika*, XXII. 1. (2010) 22–26.o.
- [22] Hernád M.: A robbanás fizikai hatásai és az élőerő védelmének lehetőségei. *Hadmérnök*, IV. 3. (2009), 80–94.o. [http://hadmernok.hu/2009\\_3\\_hernad.pdf](http://hadmernok.hu/2009_3_hernad.pdf) (A letöltés ideje: 2015. 11. 29.)
- [23] Vass Gyula: *A településrendezési tervezés helye és szerepe a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos ipari balesetek megelőzésében.* Doktori (PhD) értekezés, ZMNE. Budapest. 2006.
- [24] Szakál Béla: *A súlyos ipari balesetek elleni védekezésben használatos veszélyeztetettség - értékelési eljárások elemzése és összehasonlító vizsgálata.* PhD értekezés, ZMNE. Budapest. 2001.
- [25] Kerekes Zsuzsanna: *Építőanyagok tűzvédelmi vizsgálatai és minősítése az Ybl tűzvédelmi laborjában.* Ybl Építőmérnöki Tudományos Tanácskozás, Szent István Egyetem, Ybl Miklós Főiskolai Kar, Budapest. 2014.11.20.
- [26] Dencz Béla - Fejes János - Melich István - Molnár Edit - Pongrácz Gábor - Tihanyi István: *Ismeret felújító, aktualizáló előadás sorozat a robbanásvédelem területén.* Nemzeti Munkaügyi Hivatal/ExVÁ Kft., 2012.
- [27] Lukács László - Balogh Zsuzsanna: A kritikus infrastruktúra létesítményeinek robbantásos cselekmények elleni védelméről. *Honvédségi Szemle*, 3. (2019), 85-102.o.
- [28] Lukács László: Építmények robbantásos cselekmények elleni védelme. *Műszaki Katonai Közlöny*, 24. 3. (2014), 65-74.o.
- [29] Rolf Eckhoff: *Explosion Hazards in the Process Industries.* Elsevier. Gulf Publishing Company. Houston. 2005. ISBN: 9-780976511342
- [30] Rolf Eckhoff: *Dust Explosions in the Process Industries.* Elsevier. Gulf Publishing Company. Houston. 2003. ISBN: 978-0-7506-7602-1 <https://doi.org/10.1016/B978-0-7506-7602-1.X5000-8>
- [31] Dennis Nolan: *Handbook of Fire and Explosion Protection Engineering Principles.* Elsevier, Gulf Professional Publishing. Oxford. 2014. ISBN: 9-781437778571
- [32] Lee Morgan - Tony Supine: Five ways new explosion venting requirements for dust collectors affect you. [https://kernicsystems.com/wp-content/uploads/2019/08/Explosion-Vent-compliance-with-NFPA-68\\_Article.pdf](https://kernicsystems.com/wp-content/uploads/2019/08/Explosion-Vent-compliance-with-NFPA-68_Article.pdf) Letöltve: 2021.01.06.

- [33] Katherine Barton: *Dust Explosion Prevention and Protection - A Practical Guide*. Elsevier, Gulf Professional Publishing. Oxford. 2005. ISBN: 9-780750675192
- [34] Weissman, M.; Benson, S. W: Pyrolysis of methyl chloride, a pathway in the chlorine-catalyzed polymerization of methane. *International Journal of Chemical Kinetics*, (1984), pp. 307 – 333.
- [35] Ho, W. P. – Barat R. – Bozelli J.: Thermal Reactions of CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> in H<sub>2</sub> / O<sub>2</sub> Mixtures: Implications for Chlorine Inhibition of CO Conversion to CO<sub>2</sub>. *Combustion and Flame*, 88. (1992), pp. 265-295
- [36] Debreceni Péter – Bodnár László – Pellérdi Rezső: Az erdőtűz kockázatának csökkentési lehetőségei Magyarországon. *Védelem Tudomány*, II. 2. (2017), 1-11.o.
- [37] Bartec Hungary Kft.: A robbanásbiztonság alapelvei. Bartec Hungary Kft. Budapest. 2008.
- [38] Engel Rachel: What is a fire triangle? <https://www.firerescue1.com/fire-products/apparatus-accessories/articles/what-is-a-fire-triangle-4HSY7X5xagWZR5KQ/> Letöltés ideje: 2023.07.20.
- [39] MSZ EN 1127-1:2019 Robbanóképes közegek. Robbanásmegelőzés és robbanásvédelem.
- [40] Restás Ágoston: *Égés- és tűzoltáselmélet*. Egyetemi jegyzet. Nemzeti Közszolgálati Egyetem. Budapest. 2014. ISBN: 978-615-5305-82-5
- [41] Bokros István - Mannheim Viktória - Siménfalvi Zoltán - Szepesi L. Gábor: Por- és gázrobbanás elleni védelem. Nemzeti Tankönyvkiadó. Miskolc. [https://dtk.tankonyvtar.hu/xmlui/bitstream/handle/123456789/7511/G4\\_03\\_por\\_es\\_gazrobbanas\\_elleni\\_vedelem.pdf?sequence=1](https://dtk.tankonyvtar.hu/xmlui/bitstream/handle/123456789/7511/G4_03_por_es_gazrobbanas_elleni_vedelem.pdf?sequence=1) Letöltés ideje: 2022.10.10.
- [42] 39/2011. (XI. 15.) BM rendelet a tűzoltóság tűzoltási és műszaki mentési tevékenységének általános szabályairól.
- [43] Spisák Mária: Porrobbanás elleni védelem tervezési előírásainak összehasonlítása, síklapú készülékek teherviselő képességének vizsgálata. TDK dolgozat, Miskolci Egyetem, Miskolc. 2011. [http://www.tdk.uni-miskolc.hu/files/20111103\\_221137906.pdf](http://www.tdk.uni-miskolc.hu/files/20111103_221137906.pdf) Letöltés ideje: 2023.07.10.
- [44] A legrejtélyesebb hazai ipari baleset: 13 éve robbant fel a törökbálinti petárdaraktár: <https://hirado.hu/2017/08/05/a-legrejtelyesebb-hazai-ipari-baleset-13-eve-robbant-fel-a-torokbalinti-petardaraktar/> Letöltés ideje: 2022. 01.27.
- [45] A törökbálinti petárdaraktár robbanás: <https://m.facebook.com/pluszharminc6/photos/a.132147448223030/302475661190207/?type=3> Letöltés ideje: 2022. 01.27.
- [46] Robbanás Nyírbátorban, három munkás meghalt: <https://www.origo.hu/itthon/20211013-robbanas-nyirbator-munkasok-harom-halott.html> és Halifax robbanás: [Halifax Explosion - Wikipedia](https://en.wikipedia.org/wiki/Halifax_explosion) Letöltés ideje: 2022. 01.27.
- [47] Egy egész városrészt döntött romba a hadihajó-robbanás. <https://infostart.hu/kulfold/2017/12/06/egy-hadihaj-robbanas-amiben-megsemmisult-egy-egesz-varosresz> Letöltés ideje: 2022. 01.27.

- [48] Hatalmas robbanás Bejrútban: legalább 50-en meghaltak, több ezren sérültek. [https://nepszava.hu/3087219\\_hatalmas-robbanas-bejrutban-legalabb-50-en-meghaltak-tobb-ezren-serultek-video](https://nepszava.hu/3087219_hatalmas-robbanas-bejrutban-legalabb-50-en-meghaltak-tobb-ezren-serultek-video) Letöltés ideje: 2022. 01.27.
- [49] Király Lajos: A robbanásveszélyes terekben történő munkavégzés feltételrendszere. *Védelem Tudomány*, I. 1 (2016), 82-96.o. [http://vedelemtudomany.hu/articles/06\\_Kiraly.pdf](http://vedelemtudomany.hu/articles/06_Kiraly.pdf) Letöltve: 2021.01.26
- [50] 3/2003. (III. 11.) FMM-ESzCsM együttes rendelet a potenciálisan robbanásveszélyes környezetben levő munkahelyek minimális munkavédelmi követelményeiről.
- [51] MSZ EN IEC 60079-10-1:2021 szabvány Robbanóképes közegek.10-1. rész: Térésbesorolás. Robbanóképes gázközegek (IEC 60079-10-1:2020), A melléklet
- [52] MSZ EN 60079-10-2 Robbanóképes közegek 10-2: rész: Térsegek osztályozása. Robbanóképes poros közegek (IEC 60079-10-2:2015) 8 .2.2 pont
- [53] MSZ EN 60079-101:2021 standard POWER QUALITY Mérnökiroda Kft: Robbanásvédelmi dokumentáció. Zoltek Zrt. Nyergesújfalu. 2017. 74 o.
- [54] Fekete Alexander - Pántya Péter: Fire, multi-risk and technical rescue needs in Germany and Hungary. Organizational differences and similarities. Proceedings of the Fire Engineering & Disaster Management Pre-recorded.
- [55] Udvardi Endre: Kockázatbecslés, kockázat értékelés. *Hadmérnök*, IV. 3 (2009), 21–30. o.
- [56] Gávay György – Kende György: A hadfelszerelések életciklusával kapcsolatos fogalmak elemzése a fontosabb magyar és angol nyelvű kifejezések megfeleltetése. *Hadmérnök*, IX. 3. (2014), 267-273.o. [http://hadmernok.hu/143\\_21\\_gavaygy.pdf](http://hadmernok.hu/143_21_gavaygy.pdf) Letöltve: 2021.01.26.
- [57] 2011. évi CXXVIII. törvény a katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról.
- [58] 234/2011. (XI. 10.) Korm. rendelet a katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról szóló 2011. évi CXXVIII. törvény végrehajtásáról.
- [59] Vass Gyula: *A településrendezési tervezés helye és szerepe a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos ipari balesetek megelőzésében*. Doktori (PhD) értekezés. ZMNE. Budapest. 2006.
- [60] Nune Ravi Sankar - Bantwal Prabhu: Modified approach for prioritization of failures in a system failure mode and effects analysis. *International Journal of Quality & Reliability Management*, XVIII. 3. (2001), pp. 324-336.
- [61] Belügyminisztérium Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság: Tűzvédelmi Műszaki Irányelv (robbanás elleni védelem témakör). Azonosító: TvMI: 13.2:2021.01.15 <https://www.katasztrofavedelem.hu/34077/robbanas-elleni-vedelem> Letöltés ideje: 2020.03.20.
- [62] Jo Fearnley: Assessing risk on an experimental design – How to use HAZOP and SIL studies effectively. *Hazards*, XXII. 2011. p. 62-64.
- [63] Veszély és hibaelemzések. <https://cktrikolor.hu/veszely-es-hibaelemzesek> Letöltés ideje: 2022.11.06.



- [64] Biztonsági adatlap: <https://www.biztonsagiadatlap.hu/biztonsagi-adatlap-fogalma/>  
Letöltés ideje: 2021.11.06.
- [65] ICSC: 0058 (2017 április) Dikórmétán biztonsági adalapja.  
[https://www.ilo.org/dyn/icsc/showcard.display?p\\_lang=hu&p\\_card\\_id=0058&p\\_version=2](https://www.ilo.org/dyn/icsc/showcard.display?p_lang=hu&p_card_id=0058&p_version=2)  
Letöltés ideje: 2021.11.06.
- [66] Methylene Chloride:  
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Dichlormethane> Letöltés ideje:  
2023.06.16.
- [67] Pen-Chi Chiang, Xiang Gao, Advanced Combustion, In book: Air Pollution Control and Design (pp.283-337) October 2022. DOI:10.1007/978-981-13-7488-3\_9
- [68] Ambrusz József - Muhoray Árpád: A vörösiszap-katasztrófa következményeinek felszámolása, a keletkezett károk helyreállítása. Bolyai Szemle, 24. 4. (2015), 67-85.o
- [69] Muhoray Árpád: Az Újjáépítési Kormányzati Koordinációs Központ tevékenysége a vörösiszap-tragédia után. *Építésügyi Szemle*, 53 : Különszám, (2011), 8-10.o.
- [70] Encyclopedia of Toxicology, (Third Edition), Editor-in-Chief Philip Wexler US National Library of Medicine, Bethesda, MD, USA Published 2014, ISBN 978-0-12-386455-0
- [71] National Fire Protection Association; Fire Protection Guide to Hazardous Materials. 14TH Edition, Quincy, MA 2010, p. 325-84.
- [72] Real time measurement of dichloromethane containing mixtures, Prepared by the Health and Safety Laboratory for the Health and Safety Executive 2013.
- [73] USEPA; Health Assessment Document: Dichloromethane (Methylene Dichloride) p.3-1 (1982) EPA-600/8-82-004 Source: Hazardous Substances Data Bank (HSDB), Record Name: Dichloromethane URL: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/source/hsdb/66>  
Letöltés ideje: 2023.06.16.
- [74] Lewis, R.J. Sr. (ed) Sax's Dangerous Properties of Industrial Materials. 11th Edition. Wiley-Interscience, Wiley & Sons, Inc. Hoboken, NJ. 2004., p. 2436
- [75] *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. Online ISBN: 9783527306732.
- [76] Shuang Xu - Ke-Feng Zhang - Yu-Kun Ma: Catalytic oxidation of dichloromethane over CrFeO mixed oxides: Improved activity and stability by sulfuric acid treatment. March 2022 Applied Catalysis A: General 636:118573, DOI:10.1016/j.apcata.2022.118573.
- [77] Senger, D. W. - Cundy, V. A. - Morse, J. S.: Chemical Species and Temperature Profiles of Laminar Dichloromethane-Methane-Air Flames.I. Variation of Chlorine/ Hydrogen Loading. *Combustion Science and Technology*, 51. (1987), 4-6  
<https://doi.org/10.1080/00102208708960322>
- [78] Cotton, F. A.; Wilkerson, G.: *Advanced Inorganic Chemistry*, 5th ed. Wiley Interscience, 1988.
- [79] Xinhua Zhang, Zhiying Pei, Xingjie Ning, Han-Feng Lu: Catalytic Low-Temperature Combustion of Dichloromethane over V-Ni/TiO<sub>2</sub> Catalyst, September 2015, RSC Advances 5(96), DOI:10.1039/C5RA13174J
- [80] Yulin Gu, Yuxia Yang, Yanming Qiu, Kunpeng Sun: Combustion of dichloromethane using copper–manganese oxides supported on zirconium modified titanium-aluminum

- catalysts, December 2010 *Catalysis Communications* 12(4):277-281, DOI:10.1016/j.catcom.2010.10.006, ISBN: 1566-7367.
- [81] Bónusz János: Az éghető gőzökről, gázokról és az éghetőségről II. *Katasztrófavédelmi Szemle*, XXVIII. 5. (2021), 29-32.o
- [82] Szalai Mónika: *Porrobbanás veszélye és a robbanásveszélyes porok vizsgálatainak jelentősége*. Előadás. Magyar Tűzvédelmi Szövetség. 2019.12.05.
- [83] Kontra József: A pedagógiai kutatások módszertana. [http://janus.ttk.pte.hu/tamop/kaposvari\\_anyag/kontra\\_jozsef/ch03s05.html](http://janus.ttk.pte.hu/tamop/kaposvari_anyag/kontra_jozsef/ch03s05.html) Letöltés ideje: 2014.02.19.
- [84] Hornyacsek Júlia: A tudományos kutatás elmélete és módszertana. Nemzeti Közszolgálati Egyetem. Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar. Budapest, 2014. ISBN 978-615-5491-36-8.
- [85] Rácz Sándor: A beavatkozási hatékonyság növelése a tűzoltások és műszaki mentések során. PhD értekezés. Nemzeti Közszolgálati Egyetem. Budapest. 2019.
- [86] Bodnár László: Az erdőtűzek oltásának hatékonyságát növelő módszerek kutatása és fejlesztése. PhD értekezés. Nemzeti Közszolgálati Egyetem. Budapest. 2021.
- [87] Restás Ágoston: *A tűzoltásvezetők kényszerhelyzeti döntéshozatala*. PhD értekezés. Budapesti Corvinus Egyetem. Budapest. 2012. 154 o.
- [88] Horváth Galina - Restás Ágoston - Bodnár László: A tűzoltó újonc képzést befejezők körében végzett elégedettségi felmérés értékelése. In: Restás, Ágoston; Urbán, Anett; Bodnár, László (szerk.) *Tűzoltó Szakmai Nap 2017*. Budapest, Magyarország: BM Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság (2017) 216 p. pp. 157-160.
- [89] Horváth Galina - Restás Ágoston - Bodnár László: A tűzoltó II. képzést befejezők körében végzett elégedettségi felmérés értékelése. In: Restás, Ágoston; Urbán, Anett; Bodnár, László (szerk.) *Tűzoltó Szakmai Nap 2017*. Budapest, Magyarország: BM Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság (2017) 216 p. pp. 161-164.
- [90] Horváth Galina - Restás Ágoston - Bodnár László: A tűzoltó I. képzést befejezők körében végzett elégedettségi felmérés értékelése. In: Restás, Ágoston; Urbán, Anett; Bodnár, László (szerk.) *Tűzoltó Szakmai Nap 2017*. Budapest, Magyarország: BM Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság (2017) 216 p. pp. 165-168.
- [91] Horváth Galina - Restás Ágoston - Bodnár László: A műveletirányító képzést befejezők körében végzett elégedettségi felmérés értékelése. In: Restás, Ágoston; Urbán, Anett; Bodnár, László (szerk.) *Tűzoltó Szakmai Nap 2017*. Budapest, Magyarország: BM Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság (2017) 216 p. pp. 169-172.
- [92] Horváth Galina - Restás Ágoston - Bodnár László: A szerparancsnoki képzést befejezők körében végzett elégedettségi felmérés értékelése. In: Restás, Ágoston; Urbán, Anett; Bodnár, László (szerk.) *Tűzoltó Szakmai Nap 2017*. Budapest, Magyarország: BM Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság (2017) 216 p. pp. 173-176.
- [93] Vargha Attila: *Matematikai statisztika pszichológiai, nyelvészeti és biológiai alkalmazásokkal*. Pólya Kiadó, Budapest. 2000.
- [94] Falus István – Ollé János: *Statisztikai módszerek pedagógusok számára*. Okker Kiadó. Budapest. 2000.

- [95] Antal Zoltán – Révai Róbert – Bérczi László: Nukleárisbaleset-elhárítás Magyarországon, különös tekintettel az egészségügyi hatásokra – II. rész. *Műszaki Katonai Közöny*, XXIX. 4. (2019), 133-155.o  
[http://real.mtak.hu/107450/1/MKK\\_2019\\_4\\_Antal\\_Zoltan\\_Revai\\_Robert\\_Berczi\\_Laszlo.pdf](http://real.mtak.hu/107450/1/MKK_2019_4_Antal_Zoltan_Revai_Robert_Berczi_Laszlo.pdf) Letöltés ideje: 2022.09.05.
- [96] Restás Ágoston: Pszichológia a tűz frontvonalában. *Védelem Tudomány*, I. 3. (2016), 46-56.o. <http://www.vedelemtudomany.hu/articles/04-restas.pdf> Letöltés ideje: 2022.09.01.
- [97] Rossberg, M. et al. (2006) "Chlorinated Hydrocarbons" in Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Chapter 1.2, Wiley-VCH, Weinheim. doi:10.1002/14356007.a06\_233.pub2.
- [98] ISO/IEC 80079-20-1:2017 [ISO/IEC 80079-20-1:2017 - Explosive atmospheres — Part 20-1: Material characteristics for gas and vapour classification — Test methods and data](#) Letöltés ideje: 2022.09.01.
- [99] Horváth Galina Vlagyimirova tű. százados: A tűzoltóság tűzoltási, műszaki-mentési tevékenységére való felkészülés képzési, oktatási feladatai a katasztrófák elleni védekezés újjáalakult rendszerében- PhD értekezés, 2017.08.25. Letöltés ideje: 2022.09.01.
- [100] ChemSafe Kft. által készített nyilvános biztonsági jelentés (Eurofoam Hungary Kft.)- HAZOP módszertan részlet 4. oldal: <https://baz.katasztrofavedelem.hu/application/uploads/documents/2016-10/46198.pdf> Letöltés ideje: 2022.09.01.
- [101] [www.ymmf.hu/informaciok](http://www.ymmf.hu/informaciok) (webarchív) YMÉK Labor működése, 2017.  
 Letöltés ideje:2019.01.04.
- [102] Dr. Németh Anikó: Adatelemzés statisztikai módszerekkel, (2016.), 44.o [EFOP343\\_AP2ETSZK\\_jegyzet\\_Nemeth\\_Aniko\\_Adatelemzes\\_statisztikai\\_modszerkekel\\_20180620.pdf \(u-szeged.hu\)](#)  
 Letöltés ideje: 2022.09.01.
- Elekes Attila: Kutatásmódszertan, Semmelweis Egyetem Egészségügyi Főiskolai Kar, 2007., Budapest

## A DOKTORI ÉRTEKEZÉS BENYÚJTÓJÁNAK A TÉMAKÖRBŐL KÉSZÜLT PUBLIKÁCIÓS JEGYZÉKE

### Lektorált folyóiratban megjelent cikkek

1. Király Lajos - Restás Ágoston - Cimer Zsolt: Robbanásvédelem szabályozási javaslata Magyarországon. *Védelem Tudomány*, III. 3. (2018), 50-64.o.
2. Király Lajos - Restás Ágoston: Industrial safety in explosive work environment view for Hungary. *Ecoterra: Journal of Environmental Research and Protection*, XIV. 4. (2017), 15-22.o.
3. Király Lajos: Robbanásveszélyes zóna besorolásának szabályai – esettanulmány. *Védelem Tudomány*, II. 1. (2017), 102-116.o.
4. Király Lajos: Robbanásveszélyes terekben történő munkavégzés feltételrendszere. *Védelem Tudomány*, I. 1. (2016), 82-96.o.
5. Király Lajos - Vájó Norbert: Rendezvények biztonsági kérdései. *Hadmérnök*, X. 1. (2015), 11-23.o.

### Konferencia kiadványban megjelent előadás

6. Hoffmann Imre - Cimer Zsolt - Király Lajos: A csapadék vízgazdálkodás iparbiztonsági aspektusai. In: Bíró, Tibor (szerk.): Országos Települési Csapadékvíz-gazdálkodási Konferencia tanulmányai. Dialóg Campus Kiadó. Budapest, Magyarország: 2019. 15 p. 311-325.o.
7. Király Lajos: Robbanásvédelmi rendszerbiztonság. In: Vass Gyula - Mógor Judit; Kovács Gábor - Dobor József - Horváth, Hermina (szerk.): Katasztrófavédelem Tudományos Konferencia 2018. Veszélyes tevékenységek biztonsága. BM OKF. Budapest, Magyarország: 2018. 347 p. p. 329.
8. Király Lajos - Restás, Ágoston: Some Issue Relating to the Industrial Safety Focusing on Explosive Work Environment. In: Konferencia, Szervezőbizottsága (szerk.) 11th International Conference on "Environmental Legislation, Safety Engineering and Disaster Management" Elsedima: Building Disaster Resilience in a Changing World (Book of abstracts). Kolozsvár, Románia: Babes-Bolyai University, Faculty of Environmental Science and Engineering 2016. 199 p. pp. 104-104.

9. Király Lajos - Restás, Ágoston: Robbanásbiztonság – tűzbiztonság. In: Restás Ágoston - Urbán Anett (szerk.): Tűzoltó Szakmai Nap 2016. Budapest, Magyarország: BM OKF (2016) 186 p. pp. 144-146.
10. Király Lajos - Restás Ágoston: Robbanásvédelem a tűz megelőzésben. In: Restás Ágoston - Urbán Anett (szerk.): Katasztrófavédelem 2015. Budapest, Magyarország: BM Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság. 2015. 192 p. 174-177.o.

## Az értekezés kohéziós táblázata

Tudományos probléma	Hipotézis	Kutatási célok	Kutatási módszerek	Eredmények
1. fejezet				
<p>A XIX. században a villamos készülékek bevezetésével jelentős változások történtek mind az iparban, mind pedig a háztartásokban. Az iparban elsősorban a szénpor és a metán jelenléte miatt a szénbányákban fellépett egy fejlesztési igény a robbanásvédelem tekintetében. Mivel a villamosság óriási előnyt és segítséget jelentett, alkalmazása egyre szélesebb körben kezdett elterjedni. Ez azonban olyan veszélyeket is magában rejtett, mint a robbanás, ezért megkezdődött ennek megelőzésére irányuló hatósági tevékenység is, amely folyamatos fejlesztési lehetőségeket rejt magában.</p>	<p>Feltételezésem szerint a robbanásvédelmet érintő egyes hazai szabályozók további fejlesztésével növelhető a magyarországi veszélyes üzemek biztonsága.</p>	<p>Az eddiginél még biztonságosabb munkakörnyezet kialakításáért célul tűzöm ki egyes hazai jogszabályok, illetve irányelvek gyenge pontjainak feltárását a hatékonyabb robbanásvédelmet szolgáló keretrendszer megfogalmazása érdekében.</p>	<p>Megvizsgáltam és részletesen elemeztem a témakört érintő releváns hazai és nemzetközi szakirodalmak tudományos eredményeit</p> <p>A valósághoz közeli feltételekkel forgatókönyvet (scenário) készítettem, amely segítségével elemeztem egy lehetséges baleset következményeit</p> <p>Személyes konzultációt végeztem a témakör elismert hazai és nemzetközi szakembereivel.</p>	<p>A robbanásvédelem áttekintő vizsgálatának eredményeként megállapítottam, hogy a létesítési feltételek esetében a robbanás elleni védelemről szóló Tűzvédelmi Műszaki Irányelv kibővítése szükséges a HAZOP/SIL eljárások alkalmazásának lehetőségével, hiszen ennek segítségével a kockázatok mérési pontossága javítható és ezzel együtt a vállalt kockázat csökkenthető.</p>

Tudományos probléma	Hipotézis	Kutatási célok	Kutatási módszerek	Eredmények
<b>2. fejezet</b>				
Éghető gázok, gőzök és porok esetén robbanóképes légtér alakulhat ki. Gyújtóforrás jelenlétében, a robbanásvédelem alapja, hogy a gyújtóforrás valószínűségét csökkenti, olyan védelmi módot alkalmaz, ami mellett nem alakulhat ki gyújtóforrás. A robbanóképes légtér kialakulása különösen akkor veszélyes ha a veszélyes anyag jelenlétében extrém körülmények vannak.	Vételezem, hogy egyes veszélyes anyagok esetében az extrém körülmények hatása a szakirodalmakban található értékeknél hamarabb vezethet az anyag robbanásához.	Célul tűzöm ki annak feltérképezését, hogy egyes hazai veszélyes üzemekben alkalmazott veszélyes anyagok a normál üzemi állapottól eltérő extrém körülmények hatására mutathatnak-e olyan kémiai jelenséget, amely a biztonságra jelentős hatást gyakorolva, a biztonsági adatlap fizikai/kémiai adattartalmának felülvizsgálatát, bővítésének szükségességét indokolja.	Megvizsgáltam és részletesen elemeztem a témakört érintő releváns hazai és nemzetközi szakirodalmak tudományos eredményeit.  A diklórmétán égési tulajdonságait vizsgálva laboratóriumi vizsgálatokat végeztem az ország három különböző laboratóriumában	Laborkísérletek, illetve a diklórmétán éghetőségének komplex vizsgálata során megállapítottam, hogy vannak olyan veszélyes anyagok, amelyek a biztonsági adatlapjukon feltüntetett veszélyeken felül, extrém körülmények között robbanásra képesek. Kísérlet sorozatokkal kimutattam, hogy a diklórmétán esetében a biztonságtechnikai adatlapjain feltüntetett 605°C öngyulladás hőmérséklet alatt, forró felület és gyújtó forrás jelenlétében már 310°C-on robbanás következik be. Erre tekintettel, a biztonsági adatlap adatainak 310°C-ra vonatkozó kiterjesztése szükséges.

Tudományos probléma	Hipotézis	Kutatási célok	Kutatási módszerek	Eredmények
<b>3. fejezet</b>				
A biztonságos munkavégzés egyik feltétele az, hogy a megfelelő szabályozók mellett olyan munkakörnyezet álljon rendelkezésre, amely biztosítja a megfelelő védelmet az alkalmazott veszélyes anyagok tulajdonságaival szemben, különösen ott, ahol robbanás veszélye is kialakulhat. Ehhez szükség van a veszélyes üzemekben dolgozó munkavállalók attitűd-vizsgálatára is.	Feltételezésem szerint a jelenlegi tűz- és munkavédelmi előírások tartalmazznak még további szabályozási lehetőségeket, melyek a munkabiztonsági szabályozási környezet egyértelműsítésével és a határvonalak definiálásával növelhetik a biztonság aktuális szintjét.	Céлом megbizonyosodni, hogy a különböző veszélyes ipari üzemek munkavállalói, megfelelő munka, tűz - és balesetvédelmi ismeretekkel rendelkeznek-e, illetve megállapítani, hogy az erre irányuló munkavédelmi szabályozások milyen további fejlesztési lehetőségeket tartalmaznak.	Megvizsgáltam és részletesen elemeztem a témakört érintő releváns hazai és nemzetközi szakirodalmak tudományos eredményeit.  Kérdőíves adatgyűjtés formájában attitűd-vizsgálatot végeztem a veszélyes üzemekben dolgozó munkavállalók körében. A kérdőíves adatgyűjtésem eredményeit, null hipotézissel és variancia-analízissel vizsgáltam, ezen kívül a Pearson korrelációt is alkalmaztam	A robbanásveszélyes munkakörnyezetben való munkavégzés vizsgálatának eredményeként reprezentatív módon megállapítottam a veszélyes üzemek munkavállalóinak tudásszintjét, melyek alapján javaslatokat fogalmaztam meg a jelenleg alkalmazott tűz-, baleset- és munkavédelmi oktatások fejlesztésével kapcsolatban. Bizonyítottam, hogy a tananyag témakörét a robbanásvédelem tekintetében részletesebben, mélyrehatóbban szükséges oktatni, mely hozzájárul az eddiginél is biztonságosabb munkavégzéshez a hazai veszélyes üzemekben.



# MELLÉKLETEK

## 1. számú melléklet

CAS #: 75-09-2 ENSZ #: 1593 EINECS #: 200-838-9			
	<b>AZONNALI VESZÉLYEK</b>	<b>MEGELŐZÉS</b>	<b>TŰZOLTÁS</b>
<b>TŰZ és ROBBANÁS</b>	Bizonyos körülmények között gyúlékony. Lásd Megjegyzések. Tűzben irritáló vagy mérgező füstök (vagy gázok) keletkeznek belőle. Bizonyos körülmények között robbanásveszélyes. Lásd Megjegyzések. Hevítés nyomásnövekedést okoz, a szétrobbanás kockázatával. Tűz és robbanás kockázatát okozza.	NEM érintkezhet összeférhetetlen anyagokkal. Lásd Kémiai veszélyek. Lásd Megjegyzések.	A környezetben lévő tűz esetében a megfelelő tűzoltó anyagot kell használni. Tűz esetén: hűtse a hordókat, stb., vízpermettel!
<b>MINDEN ÉRINTKEZÉST EL KELL KERÜLNI! MINDEN ESETBEN ORVOSI TANÁCSOT KELL KÉRNI!</b>			
	<b>TŰNETEK</b>	<b>MEGELŐZÉS</b>	<b>ELSŐSEGÉLY</b>
<b>Belégzés</b>	Szédülés, Álmoság, Fejfájás, Hányinger, Gyengeség, Öntudatlanság.	Használjon szellőztetést, helyi elszívást vagy légzésvédőt.	Fris levegő, pihenés. Szükséges lehet oxigén alkalmazása. Szükséges lehet mesterséges lélegeztetés. Azonnali orvosi ellátás szükséges.
<b>Bőr</b>	FELSZÍVÓDHAT! Száraz bőr. Vörösség, Égő érzés.	Védő kesztyű. Védő ruházat.	Elsősegély nyújtáskor viseljen védő kesztyűt. A szennyezett ruházatot el kell távolítani. Öblítse, majd vízzel, szappannal mossa le a bőrt.
<b>Szem</b>	Fájdalom, Vörösség.	Viseljen védőszemüveget vagy szemvédelmet légzésvédelemmel kombinálva.	Elsősegély nyújtáskor viseljen védő szemüveget. Tisztítsa meg a szemet bő vízzel. Ha a szembe kerül, távolítsa el a kontaktlencsét, ha könnyen lehet, azután orvoshoz vinni.
<b>Lenyelés</b>	Hasi fájdalom. Továbbá lásd Belégzés.	Nem szabad enni, inni, vagy dohányozni munka közben.	A száját ki kell öblíteni. Hánytatni TILOS! Szükséges lehet oxigén belegeztetése. Azonnali orvosi ellátás szükséges.
<b>MENTESÍTÉS KIÖMLÉS ESETÉN</b>		<b>OSZTÁLYOZÁS és CÍMKÉZÉS</b>	
A veszélyeztetett területet ki kell üríteni! Konzultáljon szakértővel! Személyi védelem: környezeti független légzőkészülék. Szellőztetés. A kiömlő folyadékok zárható tartályokba kell gyűjteni. A visszamaradt folyadékok homokkal vagy inert adszorbenssel kell felítani. Majd a helyi szabályozás szerint kell tárolni és elhelyezni.		ENSZ GHS kritériumok szerint  <b>VESZÉLY</b>	
<b>TÁROLÁS</b>		Lenyelve ártalmas Belélegezve halálos Bőr- és szemirritációt okoz Álmoságot vagy szédülést okozhat Károsítja a központi idegrendszert, a vért, a májat, a szívet és a tüdőt Lenyelés közben a légutakba kerülve ártalmas lehet Ismétlődő vagy hosszabb expozíció esetén belélegezve károsítja a központi idegrendszert	
<b>CSOMAGOLÁS</b>		Rákot okozhat <b>Szállítás</b> ENSZ szerinti osztályozás ENSZ Veszély osztály: 6.1; ENSZ Csomagolási csoport: III	
Nem szállítható élelmiszerrel és takarmánnyal együtt. Törhetetlen csomagolás. A törékeny csomagolást zárt, törhetetlen tartályba kell tenni.			
Az eredeti angol nyelvű információt nemzetközi szakértői csoport készítte az ILO és WHO képviseletében, az Európai Unió pénzügyi támogatásával © ILO és WHO 2016		European Commission	

## 2. számú melléklet

### Munkavégzés robbanás veszélyes környezetben

#### D1: Az Ön neme:

- a. férfi
- b. nő

#### D2: Melyik korcsoportba tartozik?

- a. 18-29
- b. 30-39
- c. 40-49
- d. 50-59
- e. 60+

#### D3: Mi az Ön legmagasabb iskolai végzettsége?

- a. általános iskola
- b. szakmunkás
- c. középiskolai érettségi
- d. főiskolai, egyetemi diploma

#### D4: Mi az Ön családi állapota

- a. egyedülálló
- b. párkapcsolatban él, de nem házas
- c. házas
- d. elvált
- e. özvegy

#### D5: Mi az Ön munkaköri beosztása?

- a. alkalmazott
- b. operatív vezető
- c. középvezető
- d. felsővezető

#### P1: Mióta dolgozik veszélyes munkakörnyezetben?

- a. néhány éve
- b. 5-10 éve
- c. 10-20 éve
- d. több mint 20 éve

#### P2: Megítélése szerint megfelelően ismeri az Önt körülvevő veszélyforrást?

- a. nem ismerem
- b. alapvetően ismerem
- c. jól ismerem
- d. nagyon jól ismerem

**P3: Megítélése szerint ismeri -e a munkakörnyezetében tárolt vagy felhasznált veszélyes anyag egészségkárosító hatásait?**

- a. nem ismerem
- b. alapvetően ismerem
- c. jól ismerem
- d. nagyon jól ismerem

**P4: Saját megítélése szerint Ön a biztonsági előírásokat milyen mértékben tartja be?**

- a. sok esetben figyelmen kívül hagyom
- b. ha a munkavégzés úgy kívánja, időnként figyelmen kívül hagyom
- c. igyekszem minden esetben betartani
- d. minden esetben pontosan az előírások szerint betartom

**M1: Munkavégzése során milyen gyakran jut eszébe az, hogy Ön veszélyes munkakörnyezetben dolgozik?**

- a. soha
- b. időnként
- c. gyakran
- d. minden nap

**M2: Volt- e már a munkahelyén olyan üzemzavar vagy baleset, amely ijedségre adott okozott?**

- a. nem
- b. egy alkalommal
- c. több alkalommal
- d. nem tudom

**M3: Volt- e már a munkahelyén olyan üzemzavar vagy baleset, amely végül csak a szerencsének köszönhetően nem következett be?**

- a. nem
- b. egy alkalommal
- c. több alkalommal
- d. nem tudom

**M4: Amennyiben munkahelyén tűz ütne ki, Ön magabiztosan tudná használni a tűzoltó készülékeket?**

- a. nem
- b. talán
- c. igen

**M5: Amennyiben a munkahelyén emberi életet vagy egészséget veszélyeztető körülmény lépne fel, mennyire tudná azt, hogy mi a teendő az ilyen esetekben?**

- a. nem tudnám
- b. részben tudnám, de mások tudására is szükségem lenne

- c. szinte biztosan tudnám, mások tudása nélkül is
- d. biztosan tudnám

**M6: Amennyiben a munkahelyén emberi életet vagy egészséget veszélyeztető körülmény lépne fel, mennyire érzi úgy, hogy Ön esne pánikba?**

- a. a legkevésbé sem
- b. esetleg pánikba esnék
- c. valószínűleg pánikba esnék
- d. biztosan pánikba esnék

**M7: Ön egy 1-től 10-ig terjedő skálán mennyire tartja fontosnak a munka- és balesetvédelmi előadásokat?**

1      2      3      4      5      6      7      8      9      10

**M8: Ön hogyan ítéli meg a munka és balesetvédelmi előadások gyakoriságát?**

- a. ritkán vannak
- b. megfelelő mennyiségben vannak
- c. lehetne belőle több is
- d. eddig nem találkoztam ilyennel

**R1: Ön egy 1-től 10-ig terjedő skálán mennyire tartja robbanásveszélyesnek, az üzemnek azt a területét ahol dolgozik?**

1      2      3      4      5      6      7      8      9      10

**R2: Ön egy 1-től 10-ig terjedő skálán mennyire fél egy esetleges robbanástól?**

1      2      3      4      5      6      7      8      9      10

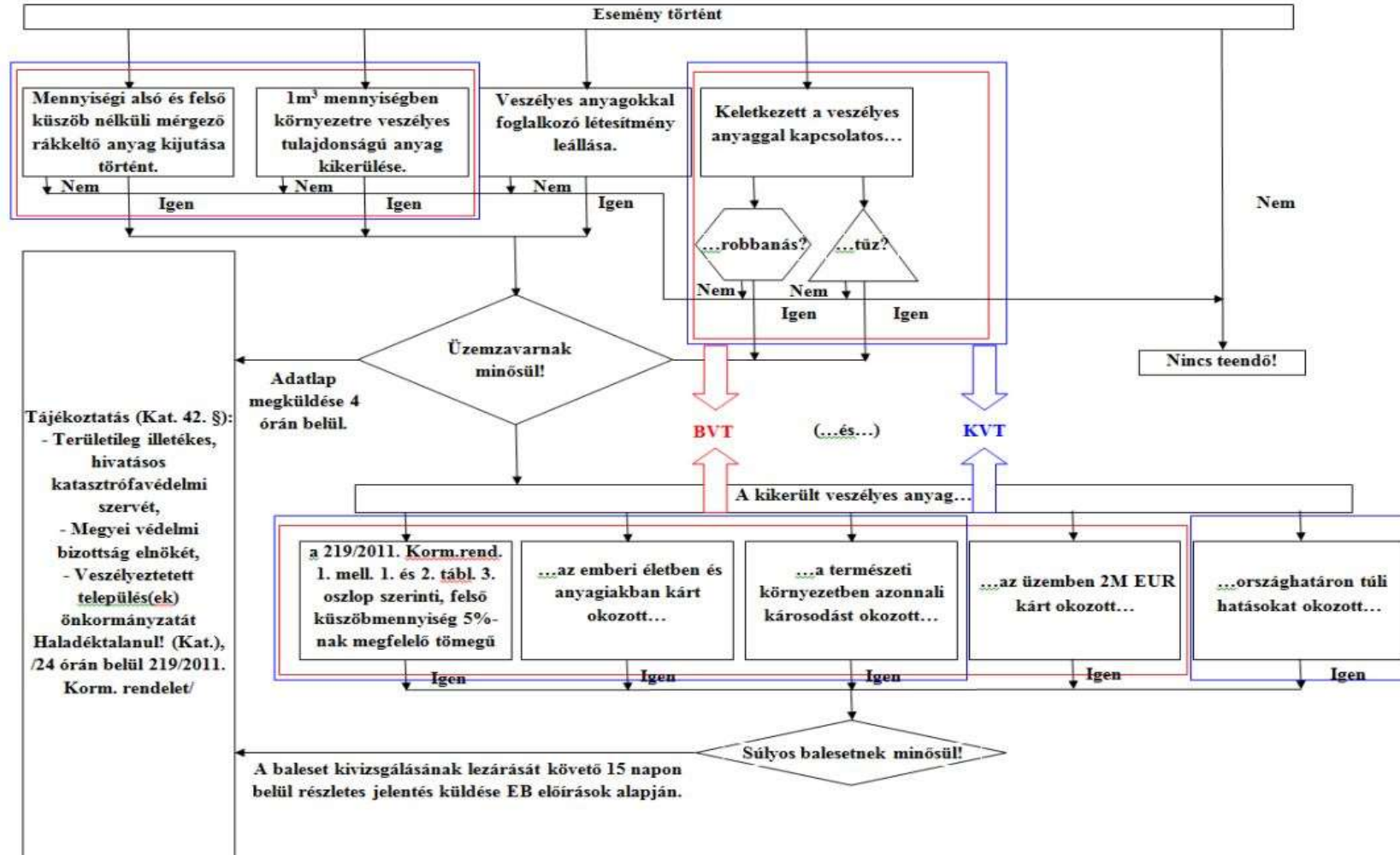
**R3: Volt-e már robbanásveszély az üzemnek azon a területén ahol Ön dolgozik?**

- a. nem
- b. egy alkalommal
- c. több alkalommal
- d. nem tudom

**R4: Ön hogyan ítéli meg a robbanásvédelemről szóló előadások gyakoriságát?**

- a. ritkán vannak
- b. megfelelő mennyiségben vannak
- c. lehetne belőle több is
- d. eddig nem találkoztam ilyennel

### 3. sz melléklet



#### 4. sz. melléklet

CAS- No.	Name formula	Relative density (air = 1)	Melting point [°C]	Boiling point [°C]	Flash point [°C]	Lower flam. limit [Vol. %]	Upper flam. limit [Vol. %]	Lower flam. limit [g/m <sup>3</sup> ]	Upper flam. limit [g/m <sup>3</sup> ]	Auto. ign. temp. [°C]	Most inc. mixture [Vol. %]	MIEG [mm]	$g_{100} - g_0$ [mm]	MIC ratio	Temp. class	Equip. group	Method of class.
75-08-1	Ethanethiol (= Ethyl Mercaptan) (= Ethyl sulfhydryle) (= Mercaptoethane) CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> SH	2,11	-148	35	-48	2,8	18,0	73	468	295		0,90		0,9	T3	IIA	a
75-15-0	Carbon Disulfide CS <sub>2</sub>	2,64	-112	46	-30	0,6	60,0	19	1900	90	8,5	0,34	0,02	0,39	T6	IIC	c
75-19-4	Cyclopropane (= Trimethylene) CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub>	1,45	-128	-33	gas	2,4	10,4	42	183	500		0,91		0,84	T1	IIA	a
75-21-8	Oxirane (= Ethylene oxide) (= Epoxyethan) CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> O	1,52	-123	20	gas	2,6	100	47	1848	429	~8	0,59	0,02	0,47	T2	IIB	a
75-28-5	2-Methylpropane (= iso-Butane) (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CHCH <sub>3</sub>	2,00	-159	-12	gas	1,3	9,8	31	236	460		0,95			T1	IIA	a
75-29-6	2-Chloropropane (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CHCl	2,70	-117	35	<-20	2,8	10,7	92	350	590		1,32			T1	IIA	a
75-31-0	2-Propaneamine (= iso-Propylamine) (= 2-Aminopropane) (= 1-methylethylamine) (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CHNH <sub>2</sub>	2,03	-101	32	<-24	2,3	8,6	55	208	340		1,05			T2	IIA	a