

**PREVAIL OF SAFETY
REQUIREMENTS FOR EXPLOSIVE
INDUSTRIAL TECHNOLOGIES IN
PRACTICE****ROBBANÁSVESZÉLYES IPARI
TECHNOLÓGIÁK BIZTONSÁGI
KÖVETELMÉNYEINEK ÉRVÉNYESÜLÉSE
A GYAKORLATBAN**ZSARNOVSZKI Attila¹ – ELEK Barbara²**Abstract**

Industrial production processes often result in potentially explosive areas. While the safety requirements for explosion protection are laid down in binding directives for the Member States of the European Union and the means to achieve these objectives are developed by the national authorities of the Member States, the requirements for the safety of explosive technologies are constantly changing. In recent years, this change has brought with it new risks of a new nature, the nature of which is not yet known. The aim of our research are to investigate how explosion protection safety aspects are prevailed in practice and to identify the causes of the non-compliances found. Our qualitative research was carried out as a retrospective case study. Among our results, we managed to identify patterns in the occurrence of non-compliances, revealing that the reasons for the existence of non-compliances are mainly rooted in human and organisational factors.

Keywords

explosion protection, explosive atmospheres, inspection and maintenance, human and organisation factor

Absztrakt

Az ipari termelési folyamatok gyakran potenciálisan robbanásveszélyes térségeket eredményeznek. A robbanásvédelemmel szemben támasztott biztonsági követelményeket az Európai Unió tagállamai számára kötelező érvényű irányelvekben rögzítik, a célok elérését biztosító eszközöket a tagállamok nemzeti hatóságai alakítják ki, azonban a robbanásveszélyes technológiák biztonságát szabályozó követelményrendszer folyamatos változás jellemzi. Az utóbbi években a változás újszerű, eddig nem létező kockázatokat hozott magával, aminek a természetét még nem ismerjük. Kutatásunk célja a robbanás elleni védelem biztonsági szempontok érvényesülésének vizsgálata a gyakorlatban, a talált nem megfelelőségek okainak azonosítása. Kvalitatív kutatásunkat retrospektív esettanulmányként valósítottuk meg. Eredményeink között sikerült mintákat azonosítani a nem megfelelőségek előfordulásában, feltártuk, hogy a nem megfelelőségek létezésének oka elsősorban az emberi- és szervezeti tényezőkben gyökereznek.

Kulcsszavak

robbanásvédelem, robbanóképes közegek, felülvizsgálat és karbantartás, emberi- és szervezeti tényező

¹ zsarnovszki.attila@stud.uni-obuda.hu | ORCID: 0009-0001-5337-4212 | PhD student, Óbuda University, Doctoral School on Safety and Security Sciences | PhD hallgató, Óbudai Egyetem, Biztonságtudományi Doktori Iskola

² elek.barbara@bgk.uni-obuda.hu | ORCID: 0000-0001-7515-6374 | associate professor, Óbuda University, Donát Bánki Faculty of Mechanical and Safety Engineering, Institute of Safety Science and Cybersecurity | egyetemi docens Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Biztonságtudományi és Kibervédelmi Intézet
DOI: <https://doi.org/10.12700/btsz.2024.6.4.127>

BEVEZETÉS

A biztonságstudományoknak számos szakterülete ismert. Az Európai Unió (EU) tagállamok többségében a robbanás elleni védelem, vagy robbanásvédelem szabályozása a biztonságtechnika két ágazata, a Munkavédelem és a Tűzvédelem kereteiben van kialakítva elsősorban. A szabályozások célja, hogy a potenciálisan robbanásveszélyes ipari technológiák vonatkozásában az élettartamuk során ne következzen be robbanás.

Ez a szabályozási kör és a körülötte kialakított harmonizált szabványok, rendeletek, ágazati irányelvek együttes alkalmazásának keretrendszere egy összetett hatásmechanizmust eredményez, amin keresztül kell kialakítani a védelmi megoldásokat és megvalósítani a robbanás elleni védelmet.

A kutatásunkban tárgyalt probléma megértéséhez szükséges körbejárni néhány robbanásvédelem tárgyköréhez tartozó szakmai alapfogalmat. A robbanásvédelem tárgyában írt publikációkban számos szakkifejezést alkalmaznak. Közérthetően, ugyanakkor kellően szabatosan ismertetik a robbanásvédelem alapelveit, legfontosabb fogalmait [1]. A robbanás elleni védelem hatásmechanizmusának egyik alappillére a veszélyes övezet kiterjedésének és milyenségének a kvantitatív meghatározása, amelyet térségek zónabesorolásának hívnak [2]. A robbanásveszélyes térségekben alkalmazható villamos gyártmányokkal szemben gyártmányvédelmi szintek vannak meghatározva [3], amelyek biztosítják, hogy az egyes gyártmányok a védelmi módjuk által milyen zónában alkalmazhatók. A gyártmányok védelmi módjának megfelelő alkalmazhatóságot szabvány rögzíti a tervezés, kiválasztás és szerelési követelmények szempontjából [4].

A potenciálisan robbanásveszélyes térségekben való alkalmazásra szánt berendezések és védelmi rendszerek alapvetően két jól elkülöníthető feladatot teljesítenek. Egyrészt magas (az átlagos ipari berendezésekhez képest magasabb) működési megbízhatóság mellett látják el feladatukat, másrészt különleges előírásoknak is eleget tesznek [4]. Ez utóbbiak betartásával biztosítható az, hogy különböző meghibásodások előfordulása esetén is a berendezések nem válnak gyújtóforrássá, megakadályozva ezzel az esetlegesen egy azon időben jelenlévő robbanásveszélyes atmoszféra gyújtását. Fontos rögzíteni azonban, hogy a berendezés hibátlan működéséből egyértelműen nem következik az, hogy a berendezés továbbra is robbanásbiztos. Mindezek figyelembevételével jogszabályi alapokon [5] [6] kötelező a robbanásbiztos berendezések és védelmi rendszerek felülvizsgálatainak szakképzett személyzet általi elvégzése, hogy a robbanásbiztonság szempontjából alapvető különleges tulajdonságok a teljes élettartam során változatlanul fennálljanak. Az MSZ EN 60079-17:2014 [7] szabványban meg van különböztetve az egyes felülvizsgálatok lehetséges fokozatai, lehetséges típusai, továbbá a követelmények az egyes gyártmányok védelmi módjaival szemben.

A szakirodalomban főleg a robbanásvédelem hatásmechanizmusát keretező szabályozási rendszert, a keretrendszer alkalmasságának megfelelőségét éri kritika, hol szakmai oldalról [8], hol pedig a felhasználói oldalról [9]. A szakirodalom egy másik része a robbanásveszélyes térségekben megtalálható nem megfelelőségek egyedi eseteinek problémakörét vizsgálja [10] [11].

Kutatásunk célja annak vizsgálata, hogy szélesebb összefüggéseiben, tehát nem csupán egy-egy esetet elemezve, hanem üzemeken és iparágakon is átívelő szélességben, mintázatok kutatásával és elemzésével kapjunk képet a megvalósított biztonság szintjével

kapcsolatban, továbbá kapjunk választ azokra a kérdéseinkre, hogy milyen nem megfelelő-ségek és miért léteznek a potenciálisan robbanásveszélyes ipari technológiák tekintetében.

SZAKIRODALMI ELEMZÉS

A szakirodalmi elemzés keretében azt vizsgáljuk, hogy melyek az EU tagállamai számára kötelezően alkalmazandó, a témakörben releváns direktívák; ezt követően vizsgáljuk mely nemzeti törvények és/vagy rendeletek emelik e követelményt a hazai jogrendbe. A potenciálisan robbanásveszélyes technológiák műszaki biztonságának teljesülésével kapcsolatban elemezzük, hogy milyen módon van kialakítva a lehetséges megoldások alkalmazásának kötelme az elvárt biztonsági szint teljesülése érdekében. A publikációkban kutatjuk, hogy más kutatók milyen a témakört alátámasztó eredményekre jutottak a robbanásvédelem kialakított hazai és nemzetközi gyakorlati megfelelésével kapcsolatban.

Az Európai Unió robbanásvédelmi irányelvei

A potenciálisan robbanásveszélyes térségekkel kapcsolatos védelmi intézkedések egységesítésének történelmi gyökerei vannak Európában. Már 1975-ben kialakultak az EU szellemiségében értelmezhető törekvések az egységes műszaki követelmények iránt, ennek eredménye a 76/117/EEC irányelv, a potenciálisan robbanásveszélyes környezetben használt elektromos berendezésekre vonatkozó tagállami jogszabályok közelítéséről [12].

Napjainkban nem számít újnak, a francia „ATmosphère EXplosible” kifejezésből alkotott ATEX mozaikszo, amely az Európai Unió (EU) robbanásvédelmet szabályozó irányelveire utal. Két ATEX-irányelv létezik: az ATEX 114 azaz a 2014/34/EU berendezés irányelv [13] (korábbi nevén ATEX 95, 94/9/EC) a gyártók számára, és az ATEX 153 (99/92/EC) munkahelyi irányelv [14] a potenciálisan robbanásveszélyes munkaterületekkel rendelkező munkáltatókra vonatkozóan.

Az ATEX 114 berendezés irányelv [13] támogatása céljából az Európai Bizottság kidolgozott egy határozatot [15] a robbanásveszélyes légkörben való használatra szánt berendezésekre és védelmi rendszerekre vonatkozóan harmonizált szabványokról, amely 91 szabvány alkalmazását teszi kötelezővé a tagállamok számára.

A magyar robbanásvédelmi alapkövetelmények

Az ATEX 153 munkahelyi irányelvet [14] a Munkavédelmi Törvény 23. §-ának (3) bekezdésében adott felhatalmazás alapján [16] a 3/2003. (III. 11.) FMM–ESZCSM együttes rendelet a potenciálisan robbanásveszélyes környezetben levő munkahelyek minimális munkavédelmi követelményeiről [17] emeli a magyar nemzeti jogrendbe.

Az ATEX 114 berendezés irányelvet a 35/2016. (IX. 27.) NGM rendelet a potenciálisan robbanásveszélyes környezetben történő alkalmazásra szánt berendezések és védelmi rendszerek vizsgálatáról és tanúsításáról [18] vezeti be a nemzeti szabályozásokba.

A potenciálisan robbanásveszélyes környezetben való alkalmazásra szánt gyártmányok, berendezések és védelmi rendszerek teljes élettartama során a robbanás elleni védelem műszaki követelményeknek való megfelelést az Országos Tűzvédelmi Szabályzatról (OTSZ) szóló 54/2014. (XII. 5.) BM rendelet alapján [19] biztosítani kell. Relevanciák (99.§, 276-281.§)

Az egyes veszélyes üzemekre vonatkoznak más szempontú követelmények teljesítési kötelmei is pl. egészségvédelmi, környezetvédelmi stb., de vannak specifikusabb, a biztonsági felülvizsgálatok kötelező elvégzésére vonatkozó előírások is. A kutatásunk szempontjából releváns, és nagy jelentőséggel bír a 40/2017. (XII. 4.) NGM rendelet az összekötő és felhasználói berendezésekről, valamint a potenciálisan robbanásveszélyes közegben működő villamos berendezésekről és védelmi rendszerekről [5]. A rendelet kötelezően előírja a robbanásveszélyes technológiák vonatkozásában új létesítést követően – még az üzembe helyezés előtt –, majd az élettartamuk során időszakosan az ún. villamos biztonsági felülvizsgálatok elvégzését az ipari létesítményekben.

A robbanásvédelem vonatkozásában kutatásunk szempontjából fontos irányelv a TvMI 13.4:2024.02.01. Tűzvédelmi Műszaki Irányelv, Robbanás elleni védelem [20], amely a Tűzvédelmi Törvény [21] 3/A. § (2) bekezdése alapján jött létre. Az irányelv alkalmazása önkéntes, azonban annak alkalmazásával az OTSZ [19] robbanás elleni védelemre vonatkozó követelményei teljesülnek.

A potenciálisan robbanásveszélyes térségek műszaki biztonsága szempontjából releváns előírásokat tartalmaz továbbá az OTSZ [19] mellé kiadott műszaki irányelvek sorozatából a TvMI 7.6.:2024.02.01. Tűzvédelmi Műszaki Irányelv, Villamos berendezések, villámvédelem és elektrosztatikus feltöltődés elleni védelem [22], valamint a TvMI 12.5.:2022.06.13. Tűzvédelmi Műszaki Irányelv, Ellenőrzés, felülvizsgálat és karbantartás [6] ebből a sorozatból.

Kutatásunk szempontjából legfontosabb műszaki szabvány az MSZ EN 60079-17 Robbanóképes közegek 17. rész: Villamos berendezések felülvizsgálata és karbantartása (IEC 60079-17:2013) [7], mert ez a szabvány rögzíti a potenciálisan robbanásveszélyes térségekben való alkalmazásra szánt villamos berendezések biztonságtechnikai felülvizsgálatának követelményeit, protokollját a különböző védelmi módú berendezésekre.

A tudományos szakirodalom elemzése

Szakirodalmi elemzésünk keretében ki kell emelnünk, hogy a kutatási témakört érintő hazai és nemzetközi publikációkat induktív gondolkodással elemeztük, mert a témakör más-más kutatók által elért eredményeinek ilyenmódon történő megismerésével, feldolgozásával a megfigyelés tárgyára összpontosíthatunk és ebben kereshetjük a mintákat, így általánosításokat fogalmazhatunk meg.

Kutatási célunk a potenciálisan robbanásveszélyes ipari technológiákkal szemben támasztott biztonságtechnikai követelmények érvényesülésének vizsgálata a gyakorlatban, a nem megfelelések lehetséges okainak kutatása, a nem megfelelések előfordulásának jellegével, gyakoriságával és milyenségével kapcsolatos tendenciák időbeli alakulásának megállapítása.

A publikációk kutatása során számos eredményt találtunk a közelmúltból és korábbi időszakokról egyaránt. Kutatásunk irányát illesztettük a kutatási területhez, ennek megfelelően a robbanásveszélyes ipari technológiák műszaki megközelítésével foglalkozó, a robbanásvédelmet szabályozó rendelkezéseket tanulmányozó, továbbá a bekövetkezett robbanással járó baleseteket feldolgozó publikációkra fókuszáltunk.

A magyarországi szabályozások robbanásvédelemmel kapcsolatos hatásosságát, a keretrendszer alkalmazásának megfeleléségét számos formában éri kritika. Parádi [9] 2022-ben írt a témakörben az „elmúlt 20 éve és a jövő feladatai” alcímmel. A szerző, mint

igazságügyi szakértő cikkében négy robbanással és emberi sérüléssel vagy halálos kimenetellel járó baleset hazai sajtószalagcímet idézi 2 év időszávból. A robbanás elleni védelem hatásmechanizmusának több szintjén tesz elmarasztaló tapasztalati megállapításokat a szerző, így a tervezéssel, a felülvizsgálatokkal kapcsolatban, de a szabályozás hibáit, a hatósági szerepek, az oktatás és üzemeltetés problémái is azonosításra kerülnek. Király et al. [8] Parádihoz hasonlóan, de jobban a szabályozási keretrendszer problémáira fókuszál. A két cikk szerzői hazai, a gyakorlatban található problémákat emelik értekezési, problémafelvetési szintre.

A potenciálisan robbanásveszélyes térségekben való használatra szánt berendezések és védelmi rendszerekkel kapcsolatos szakmai, gyakorlati tapasztalatokra számos nemzetközi publikáció is megtalálható. 2008-ban egy olaj- és vegyipari konferencián Weimarban, Kelava et al. [10], mint robbanásbiztonsági felülvizsgáló számos problémás esetről írt a tervezés, telepítés és karbantartás területeinek vonatkozásában. A szerző által gyakorlatban talált nem megfelelőségi példákon szemlélteti megállapítását, hogy évtizeden át is csak lassan javul a robbanásveszélyes légkörben működő rendszerekkel foglalkozó szakemberek képzettsége, amit fő okaként azonosít a nem megfelelő állapotok létezésére. Ugyanakkor megemlítsre kerülnek szervezetbeli javaslatok is, miszerint a felülvizsgálatot végző személyzetnek kellő mértékben kell függetlennek lennie az üzemeltetésben érintett személyzettől. Egy évtizeddel később, napjainkban egymást érik a hasonló tartalmú, különféle konferenciákon bemutatott tapasztalatok. [11] [23] A jelen bekezdésben vizsgált publikációknak van egy párhuzama, miszerint mindössze egy-egy példák általi gyakorlatban talált nem megfelelőségekről számolnak be. Ezekhez hasonló konferencia előadás és cikk készült általunk is [24], ahol a talált állapotokban mintaszerűséget azonosítottunk, amit összefüggésbe hoztunk személyi is szervezeti tényezőkkel.

A szabályozások problémáját kutató értekezések szintén megtalálhatók a nemzetközi publikációk vonatkozásában is. Andris et al. [25] egy 2023-as Romániában megtartott munkavédelmi és biztonságtechnikai konferencián beszámol kutatásának eredményéről, miszerint a szabványok korszerűsítésével a műszaki megoldások összetettsége is növekszik, aminek alkalmazása a szabályozás részleteinek növelésével jár, és új robbanásvédelmi műszaki megoldásokat vezetnek be. A cikk szerzői a robbanási kockázat elemzésének érvelésében azonosítják, hogy a robbanásveszélyes légkörben való használatra szánt berendezések és védelmi rendszerek robbanásvédelmének megfelelőségét három tényező befolyásolja, nevezetesen:

- tervezési, összeszerelési és üzembe helyezési tevékenységek
- használati/üzemeltetési, ellenőrzési és karbantartási tevékenységek, továbbá
- olyan környezeti tényezők, mint a páratartalom, a hőmérsékleti tartomány, a maró anyagok és a por jelenléte

A cikkben megjelenő gondolattal egyetértünk, amely a személyi tényezők robbanásvédelemre befolyással bíró szerepét jeleníti meg egy grafikus ábrán. Az ábra segítségével válik szemléletessé és azonosíthatóvá, hogy kutatásunk vezérfonalában hangsúlyt kell fektetnünk az emberi tényezőkre, mint a robbanásvédelem megfelelőségére ható befolyásoló tényezőre a pusztán műszaki vagy környezeti tényezők mellett.

A személyi- és szervezeti tényezők azonosítása és figyelembevétele a robbanásvédelem területén újszerűnek számít. 2020-ban Geng et al. [26] egy eljárást dolgoztak ki,

ATEX (robbanásveszélyes légkör) kockázatértékelésre. A szerző véleménye és saját tapasztalatunk szerint is, annak ellenére, hogy a potenciálisan robbanásveszélyes térségekben számos munkavégzés történik, az emberi- és szervezeti tényezők (ESZT) hatásait az ATEX kockázatértékelés során többnyire figyelmen kívül hagyják. A cikkben ismertetett integrált módszertan két probléma megoldására tesz javaslatot: (1) a ESZT-hatás azonosítása az ATEX kockázatértékelésre, és (2) a ESZT-hatás számszerűsítése. A javasolt módszertan gazdagítja a hagyományos ATEX kockázatértékelési eljárást, amely négy lépésből áll: (1) zónabesorolás, (2) gyújtóforrás azonosítás, (3) kárelemzés és (4) ATEX kockázatértékelés. A cikkben rögzített módszertan alkalmazása, és az ESZT figyelembevétel a tervezési folyamatok során bizonyára jelentős előrelépést hozhat a kialakítandó robbanás elleni védelem mibenlétére.

KUTATÁSI CÉLOK MEGHATÁROZÁSA

A szakirodalmi elemzés alapján arra a következtetésre jutottunk, hogy a robbanás elleni védelem tárgyköre interdiszciplináris tudományterületet jelent. Megállapítottuk, hogy egy lehetséges robbanás elkerülésére tett törekvéseink párhuzamosan irányulnak az egyes diszciplínákra, ugyanakkor a védekezés hatásmechanizmusában kizárólag együttesen alkalmazva tudják kifejteni hatásukat. Az egyes tudományágak egymásba kapcsolódásával alakítható ki és így is van kialakítva a műszaki biztonság elvárt szintje a potenciálisan robbanásveszélyes térségek vonatkozásában.

Annak ellenére, hogy a robbanásvédelemmel kapcsolatos szakirodalmak bővelkednek a biztonság nem megfelelő szintjének különféle jelenlétével az ipari robbanásveszélyes technológiák gyakorlati alkalmazásában, még hiányoznak azok a kutatások, amelyek az egyes üzemekben a gyakorlatban létező robbanásbiztonsági állapotképet teljeskörűen volna képes meghatározni. A tanulmányok többségében beazonosításra kerül a robbanásbiztos berendezés vagy védelmi rendszer állapotának nem megfelelőisége, részleteiben elemzik az adott egy-egy probléma mibenlétét. Azonban a teljes terjedelemben történő vizsgálati módszerek kidolgozása, adatok vizsgálata elmarad, amelyek segítségével a nem megfelelő biztonsági állapotok kialakulásának mibenlétét, okait, összefüggéseit volna lehetőség tovább vizsgálni.

KUTATÁSI KÉRDÉSEK

A potenciálisan robbanásveszélyes ipari technológiák biztonságtechnikai szempontjainak érvényesülésével kapcsolatban kutatási rést azonosítunk, aminek vizsgálatára az alábbi kutatási kérdéseket (KK) állítjuk fel.

- **KK1:** Miféle a robbanásvédelmet befolyásoló nem megfelelőségek vannak a különböző ipari létesítményekben?
- **KK2:** Miért alakulnak ki az egyes nem megfelelőségek a potenciálisan robbanásveszélyes térségekben való alkalmazásra szánt berendezések és védelmi rendszerek gyakorlati alkalmazásának vonatkozásában?
- **KK3:** Milyen arányban fordulnak elő az emberi- és szervezeti tényezők, valamint az ezektől független tényezők egymáshoz képest a nem megfelelőségek okaiban?

Kutatásunk fontos célja, hogy más okból gyűjtött nagymennyiségű tényadatok utólagos szempontok szerinti (szekunder) elemzésével legyünk képesek megállapítani az egyes üzemek nem megfelelőségei mögött meghúzódó okok közül melyek és milyen arányban függenek az emberi- és szervezeti tényezőktől, és mennyi előfordulással és milyen arányban találunk az ezektől független okra visszavezethető nem megfelelőségeket.

A KUTATÁSI MÓDSZERTAN

A kutatási módszertan kiválasztása során alapirányt adnak a szakirodalmi elemzés publikációinak módszertanai, amelyek jórészt esettanulmány formájában, időben visszatekintő, elemző módszerként valósultak meg. Egyet kell értenünk Incze [27] doktori értekezésének módszertani megközelítésével, miszerint a természet jelenségeit meg lehet magyarázni, ugyanakkor a viselkedés jelenségei csak megérthetők. Kutatásunkhoz olyan módszertant kellett választanunk, amely lehetővé teszi a nagyobb (több ezer) és kisebb (néhány száz) mennyiségű adatok feldolgozását is, ugyanakkor biztosítja a szabadabb megközelítést. Az esettanulmány módszere Incze [27] értekezése szerint főként a való életből vett gyakorlati jelenségek vizsgálatára alkalmas, ahol az eseményeket a kutató nem tudja befolyásolni (külső megfigyelői szerepben van), és alkalmas a hogyan? vagy a miért? jellegű kérdések megválaszolására. Kutatásunk megértésorientált, így a retrospektív jelleg hozzájárul a rendelkezésünkre álló nagy mennyiségű adat feldolgozásához. A kutatás alapvetően kvalitatív és kvantitatív megközelítést egyaránt alkalmaz. Ez a módszertan előnyös lehet, mert egyfelől lehetővé teszi a számszerű adatok elemzését, másrészt az adatok mögötti tényezők megismerését [28] [29]

A retrospektív esettanulmány módszertan kedvez a mélyebb megértésnek, és az okozati összefüggések megállapítását is támogatja. A robbanás elleni védelem vonatkozásában kutatandó robbanásbiztonság-technikai nem megfelelőség esetei összetett jelenségek, emiatt részletekbe menő minőségi adatok összegyűjtésére és kvalitatív elemzésére törekszünk.

A potenciálisan robbanásveszélyes térségekben való alkalmazásra szánt villamos berendezések gyártóira, tervezőire, de az üzemeltetőkre is számos kötelező előírás, rendelet és szabvány alkalmazása vonatkozik. A kutatási kérdéseink megválaszolására az alapadatok halmazát az MSZ EN 60079-17:2014 Robbanóképes közegek: 17. rész: Villamos berendezések felülvizsgálata és karbantartása [7] c. szabvány által keretezett, felülvizsgálati és javító tevékenységek eredményeként korábban létrejött adatbázisok (vizsgálati eredmények, fényképek, feljegyzések) szolgáltatják. A szabványban rögzített felülvizsgálati protokoll részletes iránymutatást ad az egyes védelmi módok vizsgálati szempontjaira, és a felülvizsgálat fokozatának megfelelő részletességű ellenőrzési- és vizsgálati feladatokra. Ezeknek az adatoknak az elemzésével kutatjuk, hogy miféle nem megfelelőségek létezhetnek egyáltalán. A minták mindegyikének szabvány szerint típusa időszakos, amelyek 3 év elteltével ciklikusan ismétlődnek, fokozata jellemzően szemrevételezéses, ritkán közeli vagy részletes.

A szabvány a különféle védelmi módokhoz és a felülvizsgálat fokozatához illesztett felülvizsgálati programot rögzít. A felülvizsgálatok gyakorlati alkalmazásakor az ezekben a programokban írt feladatokat kell elvégeznie a képzett felülvizsgálónak az egyes helyszínen minden egyes gyártmány vonatkozásában, az adatokat fel kell jegyezni és vizsgálati

jelentésben kell dokumentálni. A nem megfelelőségek dokumentálása a vizsgálataink esetén a felülvizsgálati program táblázatának minden sorához rendel egy rövid kódot, amely kóddal vannak az adott gyártmány hibái azonosítva, és a nem megfelelőséget későbbi javító tevékenységet segítő fényképpel, és feljegyzésekkel kerül további felvételre.

A jelentéseknek a minősítő részében a gyakorlati szempontok alapján a nem megfelelt állapotokat két fokozatban állapítja meg felülvizsgáló:

- **Súlyos:** a robbanás elleni védelem állapota súlyosan sérült, közvetlen gyújtásveszély van, a berendezést potenciális gyújtóforrás helyett hatásos gyújtóforrásként kell tekinteni, azonnali intézkedés szükséges,
- **Karbantartás:** a robbanás elleni védelem állapota biztonság szempontjából nem jelent közvetlen gyújtásveszélyt, de a támasztott követelményeknek nem tesz eleget maradéktalanul, így karbantartási feladat keretében a problémát adott időn belül el kell hárítani.

A felülvizsgálati adatok elemzésekor elvégeztünk egy kategorizálást, amely logikus következtetéssel meghatározta, hogy az adott hibakódnak megfelelő hiba származása milyen okra vezethető vissza:

- **Környezeti:** amely magában foglalja a berendezések természetes elhasználódásból történő avulást, állapotromlást, a környezeti tényezők hatásait
- **Emberi- és szervezeti:** amely magában foglalja az egyes emberek által végzett feladatkörökben való mulasztások, tévedések, szervezés béli anomáliák, hiányosságok bármely előfordulását
- **Bármely:** amely esetekben a nem megfelelőség előfordulhat egyik vagy másik okból egyaránt

A KUTATÁSI MINTA BEMUTATÁSA

A kutatás jelen keretében 10 minta kiválasztásáról döntöttünk. A minták származását tekintve saját munkánk eredményeiből az elmúlt 7 évből választottunk ki 10 komplett üzem robbanásbiztosági felülvizsgálati eredményét. Az üzemek mindegyike Magyarországon üzemelő potenciálisan robbanásveszélyes ipari technológia, amelyek széles spektrumát érintik a különböző iparágaknak. A kiválasztható eseteink közül elérhető esetszámok tekintetében akár a néhány száz darabszámú kis rendszerek, de a többezettől a húszezer eszközt tartalmazó nagyüzemig terjed a paletta. Törekvésünk szerint a tíz minta legyen különböző a felülvizsgálat alá vont gyártmányok darabszáma és az iparág szempontjából, továbbá az időbelisége is legyen eltérő. A kutatási minta főbb adatainak részleteit és összesítését az 1. táblázatban ismertetjük.

Srsz.	Iparág megnevezése	Vizsgálat ideje [év]	Robbanásbiztos kivitelű eszközök száma [db]
1	Vegyipari üzem	2021	5 366
2	Élelmiszeripari feldolgozó	2021	853

Srsz.	Iparág megnevezése	Vizsgálat ideje [év]	Robbanásbiztos kivitelű eszközök száma [db]
3	Gabonafeldolgozó üzem	2024	685
4	Erőmű	2022	160
5	Petrolkémiai üzem	2022	21 172
6	Kőolaj- és földgázbányászat	2017	1 744
7	Hűtőgépgyár	2022	886
8	Gázüzem	2019	9 159
9	Olajtechnológia	2018	237
10	Kokszoló	2018	2 362
11	Robbanásbiztos berendezések összesen		42 624

1. Táblázat: Kutatási minta ismertetése, saját szerkesztés.

KUTATÁSI EREDMÉNYEK

A kutatási eredményeket a kutatási kérdések mentén mutatjuk be. Az elsődleges mennyiségi adatok feldolgozását követően két eredményt vizsgálunk kvalitatív:

- A teljes robbanásbiztos berendezések vizsgálati mintákból mennyi a nem megfelelőek aránya, továbbá mi a súlyos és karbantartásos hibák egymáshoz és a teljes egészhez való viszonya?
- Milyen hibákat rögzítettek egyáltalán a felülvizsgálatok alkalmával, és az egyes hibákból vannak-e mintaszerűen előforduló hibák?

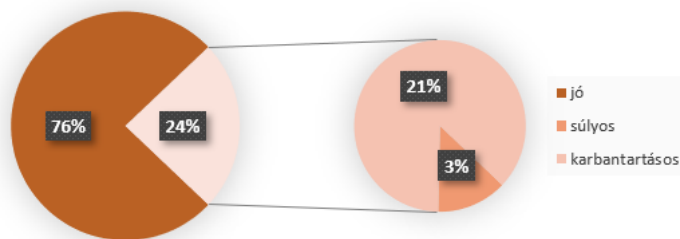
Az alábbi 2. táblázatban rögzítettük a talált hibák mennyiségi kimutatását, továbbá annak megoszlását a súlyos és karbantartásos hibák között.

Srsz.	Iparág	Robbanásbiztos kivitelű eszközök száma [db]	Hibák összesen [db]	Súlyos [db]	Karbantartásos [db]
1	Vegyipari üzem	5366	317	42	275
2	Élelmiszeripari feldolgozó	853	413	101	312
3	Gabonafeldolgozó üzem	685	171	5	166
4	Erőmű	160	56	5	51
5	Petrolkémiai üzem	21172	4674	265	4409
6	Kőolaj- és földgázbányászat	1744	255	126	129

Srsz.	Iparág	Robbanás- biztos kivitelű eszközök száma [db]	Hibák összesen [db]	Súlyos [db]	Karban- tartásos [db]
7	Hűtőgépgyár	886	489	162	327
8	Gázüzem	9159	1514	198	1316
9	Olajtechnológia	237	23	6	17
10	Kokszoló	2362	1632	488	1144
11	Robbanásbiztos berendezések összesen	42624	9544	1398	8146

2. Táblázat: Kutatási eredmények, saját szerkesztés.

Az 1. ábra megmutatja, hogy a potenciálisan robbanásveszélyes üzemek 10 kiválasztott mintájának elemzését követően a 42 624 db üzemelő berendezéséből robbanásbiztonsági szempontból minden negyedik érintett, ebből a közvetlen hatásos gyújtóforrásként azonosított nem megfelelőségek mennyisége 3%.

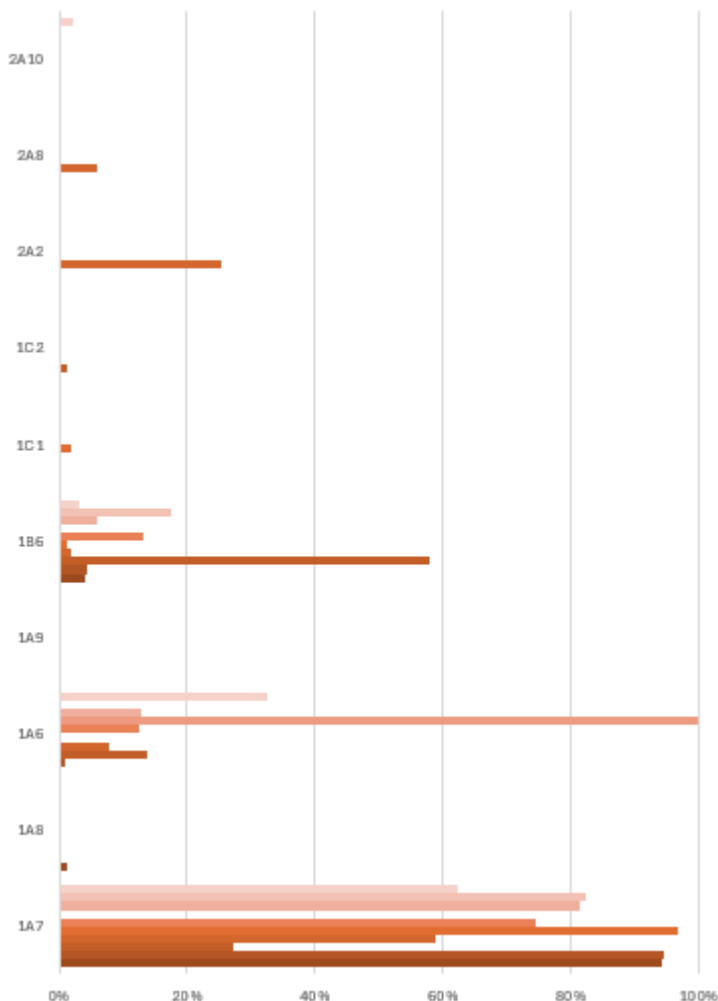


1.Ábra: Kutatási eredmények százalékos áttekintése, saját szerkesztés

Az alábbiakban ismertetjük miféle hibák fordulnak elő konkrétan a mintánkban. A felülvizsgálati szabvány [7] alapján képzett lehetséges hibák száma 116 db. A lehetséges hibákat rövid kódokkal azonosítjuk, az alábbi 2. ábrán az előfordult karbantartásos hibák előfordulását ábrázoljuk sávdigrammon. Az egyes üzemekben az előfordulások egymáshoz képest viszonyított százalékos ábrázolását alkalmazzuk.

Az ábra alapján rögzíthetjük, hogy az előfordulható hibák mindössze 10 tétele jelenik meg, ebből is mindössze 3 mutat mintaszerű ismétlődést, a többi inkább szórványos, eseti jelleggel fordult csak elő. 1A7 hibakódra vonatkozó vizsgálati kérdés: „A gyártmány áramköreinek azonosítói rendelkezésre állnak”, 1A6 hibakód vizsgálati kérdése: „A gyártmány áramköreinek azonosítása megfelelő”. Az 1B6 hibakód vizsgálati kérdése: „A földelés csatlakozásai, beleértve bármilyen kiegészítő földelés csatlakozásait is, kielégítő (pl. a csatlakozások szorosak és a vezetők keresztmetszete megfelelő)”. Kutatásunk további elemzésénél az elszórtan előforduló hibák vonatkozásában megállapítható, hogy az emberi- és

szervezeti tényezőkre visszavezethető okból jöttek létre vagy állnak fenn. Az 1B6 földelőcsatlakozó jóságára vonatkozó elemzésünkben, kiértékeljük a tervezés, létesítés, üzemeltetés és karbantartás kötelmeit, továbbá vizsgáltuk a fényképeket és feljegyzéseket. Arra a következtetésre jutottunk, hogy az 1B6 hibakód által rögzített nem megfeleléség létrejöttének hátterében az emberi tényező áll. Az 1A6 és 1A7 hibakódok esetében olyan gyakorlati előfordulásokat soroltak a felülvizsgálók e kategóriába, mint tervjel vagy adattábla hiányzik, tervjel vagy adattábla nehezen olvasható.

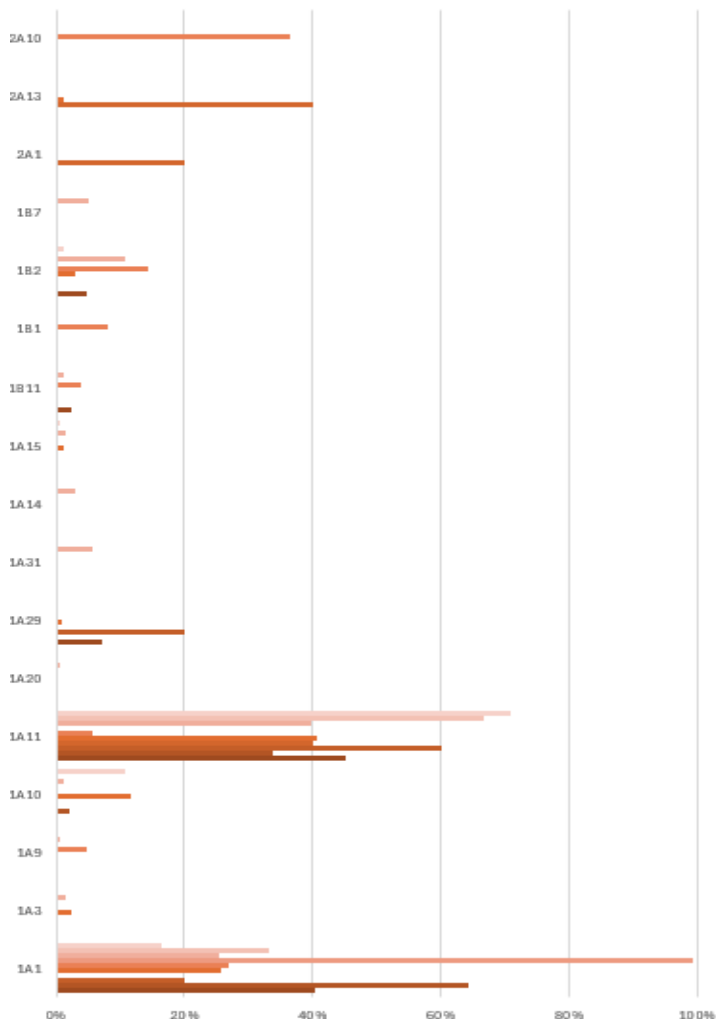


2.Ábra: Karbantartásos hibák előfordulásának százalékos megjelenítése, saját szerkesztés

Könnyen belátható, hogy pusztán az azonosítók hiánya, ha egyébként a felülvizsgáló más eszközeivel minden kétséget kizáróan tudja azonosítani a gyártmányt és ki tudja értékelni a szükséges szempontok alapján, úgy az nem jelent közvetlen gyújtásveszélyt, ugyanakkor feljegyzi karbantartásos hibának, mert a vonatkozó azonosítási követelményeknek a robbanásbiztonsági szempontok alapján nem felel meg. Ha ez a hiba tovább romlik,

úgy azonosíthatatlanná válhat, amely egy következő felülvizsgálat alkalmával már a súlyos hibák közé értékeli ugyanezt a berendezést. Mind a tervjelek, mind az adattáblák fényképeinek a vizsgálatával arra kerestük a választ, hogy annak az előfordulása mely tényezőre vezethető vissza? Néhány eset egyértelmű, pl. nincs adattábla vagy tervjel, vagy le van festve, ezek csak emberi tényezők miatt lehetségesek. A nem olvashatóság már inkább a felhasznált adattábla vagy tervjel azonosító gyártóra vonatkozó minőségére, az agresszív környezetre vezethető vissza, ezeket a helyzeteket pedig a környezeti tényezők okán azonosítjuk.

Vizsgáljuk meg a súlyos hibák mibenlétét, szintén a százalékos eloszlás ábrázolásában. A 3. ábra a súlyos hibák előfordulásának százalékos megjelenítését ábrázolja.



3.Ábra: Súlyos hibák előfordulásának százalékos megjelenítése, saját szerkesztés.

A súlyos hibák vonatkozásában is mintaszerűen megjelenő nem megfelelőségeket találunk. Az 1A1 hiba vizsgálati kérdése: „A gyártmány megfelel a telepítési helyére vonatkozó EPL/zóna követelményeknek”, míg az 1A11 jelentése: „Csavarok, (közvetlen és közvetett) kábelbevezető eszközök és lezáróelemek megfelelő típusúak, sértetlenek és nincsenek kilazulva”. Mindkét hiba előfordulása tömeges, jellemző, ez a két hiba kiteszi az összes előforduló súlyos hiba 77%-át. Az 1A1 hiba elemzésünk során az alábbi lehetőségek során léphet fel:

- A gyártmány egyszerűen nem robbanásbiztos kivitelű (ez akkor fordul elő, ha az üzem területén változás történik, és a korábban normál ipari térségnek tekintett üzembrészt robbanásveszélyes térséggé kell átsorolni, de a korábban ott lévő berendezéseket nem kezelik megfelelően)
- Robbanásbiztos kivitelű, de nem felel meg az adott készülékkategória követelményeinek
- Az adattáblája megsemmisült, így a felülvizsgáló nem tudja beazonosítani és ezt a minősítést kell dokumentálta

Akarmelyik előfordulás történik, ezeket minden esetben emberi- és szervezeti tényezőkre tudtuk visszavezetni.

Az 1A11 hibakód esetének döntő többsége nem az adott védelmi mód működésében szerepet játszó pl. nyomásálló tokozat csavarjának elvesztése adja ki, hanem a kábelbevezető hiánya, sérülése, kábelméretek hibája stb. Ezek a hibák nem fordulnak elő környezeti tényező okán, csak a személyzet által alakítható ki. A 2A10, 2A13 és a 2A1 előfordulások vizsgálatakor arra a következtetésre jutottunk, hogy ugyan az adott üzemben nagy arányú 20-40% előfordulási arányt tesznek ki, de ezek mégis eseti, adott helyen kialakult emberi mulasztásból létrejövő mintázat szerinti okra vezethető vissza.

ÖSSZEGZÉS

Kutatásunkban adatokat elemeztünk a robbanásveszélyes ipari technológiákon előforduló nem megfelelőségekkel kapcsolatban. Elsőként szakirodalmi elemzéssel vizsgáltuk, hogy a jogszabályi keretrendszer hatásmechanizmusa, illetve előforduló nem megfelelőségek között milyen összefüggések ismerhetők meg. Kutatási rést azonosítottunk, ami alapján vizsgáltuk egyáltalán miféle nem megfelelőségek vannak az üzemelő technológiákban aktuálisan, mi okból alakulnak azok ki, és milyen arányban vannak a környezeti vagy emberi- és szervezeti okok.

Kutatásunkban alkalmazott vizsgálat eredménye alapján elmondható, hogy a potenciálisan robbanásveszélyes technológiákon nagy arányban fordulnak elő különféle súlyú nem megfelelőségek. A nem megfelelőségek tömeges előfordulása mintaszerű és kevés változatban azonosíthatók. Ha ezektől eltérő – nem mintaszerű de – nagy esetszámú nem megfelelőségeket találunk egy-egy üzemben, megállapítható, hogy a hibák efféle tömeges és jellemző előfordulások okai elsősorban emberi- és szervezeti tényezőkre vezethetők vissza. A nem megfelelőségek elkerülésére a személyzet, továbbá a teljes robbanásvédelemmel kapcsolatban tevékenységet folytató szakemberek, döntéshozók és döntési mechanizmusok (szervezeti működési folyamatok) fejlesztése a célravezető.

Kutatásunkat a retrospektív esettanulmány módszerével egy-egy üzem adott időben való mintájával folytattuk le. A kutatási munkánkat az adatok elemzésének longitudinális

kiterjesztésével, azaz egy azon üzem több, egymást követő hároméves ciklusokból vett adatok ugyanilyen elemzésével célszerű kibővíteni. Ennek várható eredményeként egy adott üzem állapotváltozásáról kaphatnánk részletesebb képet, aminek segítségével lehetőség lenne vizsgálni egy üzem élettartama során lezajló robbanásbiztonsági állapotváltozás összefüggéseit. További kutatási potenciál az egyes emberi- és szervezeti tényezők, pontosabban az egyes munkafolyamatok és munkatársak kapcsolatrendszerének hálózattudományi megközelítésével történő vizsgálata a biztonságtechnikai szempontok érvényesülésének szempontjából.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] O. Teruhito, M. Satoru, és F. Takashi, „Quantitative classification of equipment protection level in concept of zone classification with downtime of protective measures”, *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, köt. 89, 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2024.105322>.
- [2] MAGYAR SZABVÁNYÜGYI TESTÜLET, „MSZ EN IEC 60079-10-1 Robbanóképes közegek 10-1. rész: Térségbesorolás. Robbanóképes gázközegek (IEC 60079-10-1:2020)”. 2021.
- [3] R. Wilson és G. W. Lawrance, „Equipment protection levels (EPLs), equipment categories and area certification markings for zone classified locations”, előadás 2017 Petroleum and Chemical Industry Technical Conference (PCIC), Calgary, AB, Canada, 2017.
- [4] MAGYAR SZABVÁNYÜGYI TESTÜLET, „MSZ EN 60079-14 Robbanóképes közegek. 14. rész: Villamos berendezések tervezése, kiválasztása és szerelése (IEC 60079-14:2013)”. 2014.
- [5] Nemzetgazdasági Miniszter, 40/2017. (XII. 4.) NGM rendelet az összekötő és felhasználói berendezésekről, valamint a potenciálisan robbanásveszélyes közegben működő villamos berendezésekről és védelmi rendszerekről. 2024.
- [6] OTSZ, *TvMI 12.5.:2022.06.13. Tűzvédelmi Műszaki Irányelv, Ellenőrzés, felülvizsgálat és karbantartás*. 2022.
- [7] MAGYAR SZABVÁNYÜGYI TESTÜLET, „MSZ EN 60079-17 Robbanóképes közegek 17. rész: Villamos berendezések felülvizsgálata és karbantartása (IEC 60079-17:2013)”. 2014.
- [8] L. Király, Á. Restás, és Z. Címer, „ROBBANÁSVÉDELEM SZABÁLYOZÁSI JAVASLATA MAGYARORSZÁGON”, *Védelem Tudomány*, sz. III. évfolyam 3. szám, o. 50–64, 2018.
- [9] E. Parádi, „A robbanásbiztonság-technika elmúlt 20 éve és a jövő feladatai”, *Villany-szerelők Lapja*, sz. XXI. évfolyam, 10. szám, o. 28–33, 2022.
- [10] M. Kelava, I. Gavranic, és J. Deskin, „Practical experience with inspection in plants at risk of explosive atmospheres”, előadás 5th Petroleum and Chemical Industry Conference Europe - Electrical and Instrumentation Applications, Weimar, 2008. [Online]. Elérhető: https://www.researchgate.net/publication/4350478_Practical_experience_with_inspection_in_plants_at_risk_of_explosive_atmospheres
- [11] T. Csaszar, S. Burian, C. Colda, és E. Ghicioi, „Practical aspects regarding the evaluation of explosion protected equipment”, előadás MATEC Web of Conferences,

- UNIVERSITARIA SIMPRO 2021, 2021. [Online]. Elérhető: <https://doi.org/10.1051/mateconf/202134201011>
- [12] EURÓPAI KÖZÖSSÉGEK TANÁCSA, 76/117/EEC irányelv, a potenciálisan robbanásveszélyes környezetben használt elektromos berendezésekre vonatkozó tagállami jogszabályok közelítéséről. 1975.
- [13] EURÓPAI PARLAMENT ÉS AZ EURÓPAI UNIÓ TANÁCSA, 2014/34/EU irányelv, a robbanásveszélyes légkörben való használatra szánt felszerelésekre és védelmi rendszerekre vonatkozó tagállami jogszabályok harmonizációjáról (átdolgozás). 2016.
- [14] EURÓPAI PARLAMENT ÉS AZ EURÓPAI UNIÓ TANÁCSA, 1999/92/EK irányelv, a robbanásveszélyes légkör kockázatának kitett munkavállalók biztonságának és egészségvédelmének javítására vonatkozó minimumkövetelményekről. 2000.
- [15] EURÓPAI BIZOTTSÁG, 2022/1668 EU végrehajtási határozat, a robbanásveszélyes légkörben való használatra szánt felszerelésekre és védelmi rendszerekre vonatkozóan a 2014/34/EU európai parlamenti és tanácsi irányelv támogatása céljából kidolgozott harmonizált szabványokról. 2022.
- [16] Országgyűlés, 1993. évi XCIII. törvény a munkavédelemről. 2024.
- [17] FMM–ESZCSM, 3/2003. (III. 11.) FMM–ESZCSM együttes rendelet a potenciálisan robbanásveszélyes környezetben levő munkahelyek minimális munkavédelmi követelményeiről. 2008.
- [18] Nemzetgazdasági Minisztérium, 35/2016. (IX. 27.) NGM rendelet a potenciálisan robbanásveszélyes környezetben történő alkalmazásra szánt berendezések és védelmi rendszerek vizsgálatáról és tanúsításáról. 2021.
- [19] Belügyminisztérium, 54/2014 BM rendelet az Országos Tűzvédelmi Szabályzatról. 2022.
- [20] OTSZ, TvMI 13.4.:2024.02.01. Tűzvédelmi Műszaki Irányelv, Robbanás elleni védelem. 2024.
- [21] Országgyűlés, 1996. évi XXXI. törvény a tűz elleni védekezésről, a műszaki mentésről és a tűzoltóságról. 2024.
- [22] OTSZ, TvMI 7.6.:2024.02.01. Tűzvédelmi Műszaki Irányelv, Villamos berendezések, villámvédelem és elektrosztatikus feltöltődés elleni védelem. 2024.
- [23] S. Burian, „General consideration regarding fault – find, tests and maintenance in the installations in hazardous areas”, előadás MATEC Web of Conferences, UNIVERSITARIA SIMPRO 2021, 2022. [Online]. Elérhető: <https://doi.org/10.1051/mateconf/202237300019>
- [24] A. Zsarnovszki és B. Elek, „Changes in the Safety Level of Potentially Explosive Industrial Technologies in Practice”, *PCS Science 2023*, o. 57–69, 2023.
- [25] A. Adriana és S. Burian, „Dynamics of the standardization process for explosive atmospheres”, előadás MATEC Web of Conferences, 11th International Symposium on Occupational Health and Safety (SESAM 2023, 2024. [Online]. Elérhető: <https://doi.org/10.1051/mateconf/202438900052>
- [26] J. Geng, S. Muré, M. Demichela, és G. Baldissoni, „ATEX-HOF Methodology: Innovation Driven by Human and Organizational Factors (HOF) in Explosive Atmosphere Risk Assessment”, *Safety 2020*, köt. 6, sz. 1, o. 21, 2020, doi: <https://doi.org/10.3390/safety6010005>.

- [27] E. Incze, „A multinacionálissá válás útjai Magyarországon – a vállalatok nemzetköziesedésének időbeni alakulása”, in *PhD Disszertáció*, Budapesti Corvinus Egyetem, 2010, o. 200. [Online]. Elérhető: <https://phd.lib.uni-corvinus.hu/607/>
- [28] A. Kelemen-Erdős, „Measuring Railway Market Attractiveness: Evidence from Visegrád Countries”, *Acta Polytechnica Hungarica*, köt. 8, sz. 5, o. 151–170, 2011.
- [29] A. Kelemen-Erdős, „Sustainable public transport: A Central European Study”, *Periodica Polytechnica Social and Management Sciences*, köt. 20, sz. 2, o. 81–90, 2012, doi: 10.3311/pp.so.2012-2.03.