

Doktori (PhD) értekezés

Horváth Hermina tú. őrnagy

2026

**NEMZETI KÖZSZOLGÁLATI EGYETEM
HADTUDOMÁNYI ÉS HONVÉDTISZTKÉPZŐ KAR
KATONAI MŰSZAKI DOKTORI ISKOLA**

Horváth Hermina tű. őrnagy

**Veszélyes áru szállítás üzemi létesítményeinek
biztonságos üzemeltetésére szolgáló megelőzési-,
felkészülési és baleset-elhárítási eljárás, eszközszerkezete
és módszertan kutatása és fejlesztése**

Doktori (PhD) értekezés

Tudományos témavezetők:



.....
Dr. Kátai-Urbán Lajos
tű. ezredes PhD



.....
Dr. Varga Ferenc
tű. dandártábornok PhD

BUDAPEST, 2026.

TARTALOMJEGYZÉK

BEVEZETÉS	5
A KUTATÁSI TÉMA AKTUALITÁSA	7
A TUDOMÁNYOS PROBLÉMA MEGFOGALMAZÁSA.....	9
KUTATÁSI HIPOTÉZISEK	12
KUTATÁSI CÉLKITŰZÉSEK	13
KUTATÁSI MÓDSZEREK	14
A RELEVÁNS SZAKIRODALOM ÁTTEKINTÉSE	15
AZ ÉRTEKEZÉS FELÉPÍTÉSE, ELHATÁROLÁSOK.....	33
1. A VESZÉLYES ÁRU SZÁLLÍTÁS NEMZETKÖZI ÉS HAZAI SZABÁLYOZÁSÁNAK ÁTTEKINTŐ ÉRTÉKELÉSE ÉS INFRASTRUKTURÁLIS KERETEI	36
1.1. Jelentősebb nemzetközi és hazai veszélyes anyag jelenlétében bekövetkezett balesetek elemzése és értékelése	36
1.2. Súlyos vasúti veszélyes áruszállítási balesetek környezeti hatásainak elemzése	36
1.2.1. A balesetek környezeti hatásainak meghatározása.....	37
1.2.2. A szennyezőanyag jellege és környezetbejutásának módja	38
1.2.3. A környezet megtisztításának és helyreállításának lehetőségei	40
1.3. A veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek elleni védekezés nemzetközi katasztrófavédelmi jogi szabályozása	42
1.3.1. A SEVESO Irányelvek történeti áttekintő értékelése	43
1.3.2. A SEVESO III Irányelv szabályozásának elemzése	43
1.4. A veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek elleni védekezés egységes hazai szabályozásának vizsgálata	44
1.5. A vasúti áruszállítás infrastrukturális elemzése, értékelése és fejlesztési lehetőségei ..	45
1.5.1. Nemzetközi (TEN-T) vasúti hálózat elérhetőségének javítása	46
1.5.2. A transzeurópai közlekedési hálózat (TEN-T) magyarországi szakaszai	47
1.6. A vasúti infrastruktúra elemei, az országos vasúti árutovábbítási engedéllyel rendelkező társaságok működése	49
1.7. A vasúti veszélyes áru szállítás üzemi létesítményeinek csoportosítási lehetőségei és tevékenységeik vizsgálata	51
1.7.1. Vasúti rendezőpályaudvarok	51

1.7.2. A veszélyes anyagot gyártó, feldolgozó és tároló üzemek vasúti rendező pályaudvarai, iparvágányai.....	52
1.7.3. Vasúti átrakó terminálok	52
1.8. A MÁV Zrt. Műszaki Mentési és Segélynyújtási Utasításának elemzése, a műszaki mentéseknél használt eszközök, szakfelszerelések bemutatása	53
1.8.1. A MÁV Zrt. Műszaki Mentési és Segélynyújtási Utasításának tartalmi elemei .	54
1.8.2. A MÁV Zrt. vasúti-közúti műszaki mentési és segélynyújtási egységei és telepítési helyei	56
1.9. A vasúti veszélyes áruszállítási balesetek felszámolásának tapasztalatai, különös tekintettel a Vasúti Vegyi Elhárító Szolgálat működésére	59
1.10. Részkövetkeztetések az első fejezethez	63
2. A VASÚTI RENDEZŐPÁLYAUDVAROK VESZÉLY-ELHÁRÍTÁSI TERVEZÉSÉNEK FEJLESZTÉSI LEHETŐSÉGEI.....	65
2.1. A hazai veszélyelhárítási tervezés rendszere, valamint a súlyos ipari balesetek bekövetkezéseinek csökkentését szolgáló üzemeltetői intézkedések vizsgálata.....	65
2.2. Veszélyazonosítás és kockázatértékelés a vasúti rendező-pályaudvarokon.....	66
2.2.1. A veszélyazonosítás szerepe	66
2.2.2. A kockázatértékelés rendszere	76
2.2.3. A vasúti tartálykocsik kockázatelemzése a Lila Könyv (CPR 18E) alapján – nemzetközi és hazai összefüggések.....	77
2.3. A vasúti rendezőpályaudvarok veszélyes áru szállítási balesetinek megelőzési és biztonság irányítási rendszerének vizsgálata.....	84
2.4. A belső veszély-elhárítási tervek áttekintő értékelése.....	86
2.4.1. Belső veszélyelhárítási tervezés vizsgálata a magyar vasúti rendezőpályaudvarokon	86
2.4.2. Módszertani útmutató a vasúti belső veszélyelhárítási tervek egységes tartalmi és szerkezeti követelményeire	94
2.5. Részkövetkeztetések a második fejezethez	115
3. Digitális gyakoroltatási innováció a vasútbiztonságban	117
3.1. A digitális gyakoroltató platform létjogosultságának és szükségességének további tudományos megalapozása	120
3.2. Nemzetközi kitekintés a digitális veszélyhelyzeti gyakoroltatás modelljeire	122
3.3. A digitális platform alapelveinek és célrendszerének elemzése	123

3.4. A felhasználói szerepkörök és kompetenciaszintek modelljeinek vizsgálata	127
3.4.1. A szerepkörök modelljének tudományos alapjai	128
3.4.2. A vasúti dolgozók kompetenciamodelljének részletes ismertetése.....	130
3.4.3. A beavatkozó szervek szereprendszere és kompetenciái a digitális gyakorlatoztató platformban	132
3.4.4. A szerepkör- és a kompetenciamodell műszaki felépítésének elvei	133
3.5. A digitális gyakorlatoztató rendszer funkcionális felépítése és alkalmazásának lehetőségei	136
3.5.1. A rendszer funkcionális célrendszere a vasúti belső veszélyelhárítási tervek alapján	136
3.5.2. A digitális gyakorlatoztató felület szerkezeti elemeinek bemutatása.....	139
3.5.3. Gyakorlati tartalomelemek és forgatókönyv-típusok rendszerezése.....	141
3.5.4. Felhasználói interakciók típusai a gyakorlatok során	142
3.5.5. A gyakorlatok lefolyásának digitális támogatása	144
3.5.6. A gyakorlatok eredményeinek strukturált rögzítése.....	146
3.5.7. A digitális gyakorlatoztató rendszer illeszkedése a belső veszélyelhárítási terv dokumentumrendszeréhez	147
3.6. Részkövetkeztetések a harmadik fejezethez.....	150
ÖSSZEGZETT KÖVETKEZTETÉSEK	151
ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK	153
AZ ÉRTEKEZÉS AJÁNLÁSAI	154
A KUTATÁSI EREDMÉNYEK GYAKORLATI HASZNOSÍTHATÓSÁGA	155
HIVATKOZOTT IRODALOM	156
A TÉMAKÖRBEN KÉSZÜLT PUBLIKÁCIÓIM	171
MELLÉKLETEK	174
1. Jogszabályok jegyzéke	175
2. Rövidítések jegyzéke.....	178
3. Fogalomjegyzék	180
4. Ábrák és táblázatok jegyzéke	184
5. Sablon a rendezőpályaudvarok belső veszély-elhárítási tervek egységes mellékletek részéhez	185
6. Kohéziós táblázat	188

BEVEZETÉS

A veszélyes áruk szállítása a modern ipari és gazdasági rendszerek működésének elengedhetetlen eleme, ugyanakkor a közlekedési alrendszerek egyik legjelentősebb potenciális kockázati forrása. A nagy mennyiségű veszélyes anyag egyidejű jelenléte, mozgatása és ideiglenes magas koncentrációja a szállítási lánc meghatározott pontjain olyan összetett veszélyhelyzeti környezetet hoz létre, amelynek kezelése túlmutat az egyes műszaki vagy jogi megoldásokon és integrált, rendszerszintű megközelítést igényel, különös tekintettel a vasúti veszélyes áru szállítási üzemi létesítményei vonatkozásában. A nemzetközi tapasztalatok egyértelműen rámutatnak arra, hogy a veszélyes áru szállításhoz kapcsolódó súlyos balesetek következményei nem minden esetben korlátozódnak csak az adott létesítmény vagy infrastruktúra közvetlen környezetére, hanem jelentős társadalmi, környezeti és gazdasági hatásokat idézhetnek elő.

A veszélyes áru szállítás üzemi létesítményeiben előforduló kockázatokat kiterjedt nemzetközi és hazai jogi szabályozási környezet hivatott kezelni, amely különböző normarendszerek mentén határozza meg a megelőzés, a felkészülés és a beavatkozás követelményeit. E szabályozások eltérő szemléleti alapokra épülnek, hiszen míg egyes normák a veszélyes anyagok fizikai-kémiai tulajdonságaira és mennyiségi küszöbértékeire fókuszálnak, addig mások a létesítmények jellegét, működését és környezeti hatásait helyezik előtérbe. A vasúti veszélyes áru fuvarozás sajátos helyzetét az adja, hogy a veszélyes anyagok nem statikus módon, hanem folyamatos mozgásban, változó térbeli és időbeli koncentrációban jelennek meg, különösen a rendezőpályaudvarok és kapcsolódó üzemi létesítmények területén.

A hazai és a nemzetközi jogi szabályozás összevetése rámutat arra, hogy a vasúti veszélyes áru fuvarozás üzemi létesítményeinek jogi megítélése nem minden esetben egységes. A nemzetközi szabályozási környezet a súlyos baleseti kockázatok megelőzését rendszerszinten, a veszélyes tevékenységek és létesítmények összefüggésében értelmezi, míg a magyar jogi szabályozás egyes elemei eltérő hatálybeli és szemléleti megközelítést alkalmaznak. Ennek következtében a vasúti rendezőpályaudvarok jogi besorolása, valamint az azokhoz rendelt szervezeti és eszközrendszeri követelmények nem minden esetben illeszkednek következetesen a nemzetközi súlyos baleset megelőzési szemlélethez. Ez a nem egységes szabályozás közvetlen hatással van a kockázatok jogi értelmezésére és a veszélyhelyzeti működés feltételeire.

A jogi keretek mellett a tényleges veszélyhelyzeti működés hatékonyságát alapvetően meghatározzák a műszaki és infrastrukturális adottságok, az üzemi létesítmények kialakítása, valamint a súlyos balesetek kezelésében érintett szervezetek feladat- és eszközrendszere. A vasúti veszélyes áru szállítás többszereplős jellege – amely magában foglalja az infrastruktúra üzemeltetőket, a vasúti társaságokat, a katasztrófavédelmet és egyéb beavatkozó egységeket – különösen nagy jelentőséget ad a szervezeti együttműködés és a döntési láncok összehangoltságának. A formálisan kialakított szervezeti struktúrák és eszközrendszerek azonban nem minden esetben tükrözik a valós veszélyhelyzeti működés időkritikus és dinamikus jellegét.

A veszélyazonosítás és kockázatértékelés területén alkalmazott klasszikus mérnöki módszerek – így különösen a HAZOP, FMEA, What-If elemzések és kvantitatív kockázatelemzési eljárások – meghatározó szerepet játszanak a veszélyes áru szállításához kapcsolódó kockázatok feltárásában. E módszerek azonban jellemzően statikus szemléletre épülnek és elsősorban a műszaki meghibásodásokra és azok következményeire koncentrálnak. Ennek következtében korlátozott mértékben alkalmasak a valós veszélyhelyzeti működés időbeli lefutásának, a döntési pontok egymásra hatásának, valamint a humán és szervezeti tényezők integrált értelmezésére. A súlyos baleseti forgatókönyvek – különösen a BLEVE típusú események – elemzése világosan rámutat arra, hogy a fizikai és technológiai meghibásodások mellett a döntéshozatal és a beavatkozás időzítése alapvetően befolyásolja a következmények alakulását.

Az értekezés-tervezet harmadik pillérét a veszélyhelyzeti felkészítés és gyakoroltatás kérdésköre képezi. A jelenleg alkalmazott gyakoroltatási formák döntően dokumentumalapúak, eseti jellegűek és nem minden esetben képesek a veszélyhelyzeti működés komplex, döntésvezérelt és időben lefolyó folyamatainak egységes megjelenítésére. E hiányosság különösen hangsúlyosan jelentkezik a vasúti veszélyes áru szállítás környezetében, ahol a szereplők közötti információáramlás, a párhuzamos döntések és az egymásra épülő beavatkozások kritikus szerepet töltenek be. A hiányosság kezelése céljából az értekezés-tervezet harmadik fejezete egy digitális személtű gyakorlatoztató szoftver elméleti megalapozásával foglalkozik, amely nem konkrét informatikai megvalósulásként, hanem tudományos modellként értelmezi a veszélyhelyzeti döntést. A megközelítés lényeg, hogy a vasúti veszélyes áru szállításához kapcsolódó súlyos balesetek nem izolált eseményként, hanem időben lefolyó, döntések sorozataként jelennek meg, ahol a műszaki folyamatok, a szervezeti szerepkörök és az emberi tényezők kölcsönhatása határozza meg az események alakulását.

A digitális gyakoroltatási modell célja nem a technológiai megoldás bemutatása, hanem annak elméleti igazolása, hogy egy ilyen személetes rendszer alkalmas a veszélyhelyzeti felkészültség és a döntéshozatali folyamatok rendszerezett és összehasonlító értékelésére. Ez a megközelítés új értelmezési keretet kínál a hagyományos, statikus gyakorlatokhoz képest és tudományos alapot teremt a jövőbeni digitális alkalmazások fejlesztéséhez a vasúti veszélyes áru fuvarozás területén.

Jelen kutatás célja a vasúti veszélyes áru szállítás kockázatkezelési és felkészültségi rendszerének jogi, mérnöki és szervezeti dimenzióit egységes keretben értelmezni és feltárni azokat a rendszerszintű hiányosságokat, amelyek a súlyos baleseti események megelőzését és kezelését befolyásolják. Az értekezés-tervezet első fejezete a nemzetközi és hazai jogi szabályozás, valamint a vasúti infrastruktúra, az üzemi létesítmények és a hozzájuk rendelt szervezeti és eszközrendszer elemzésére épül. A második fejezet a klasszikus veszélyazonosítási és kockázatértékelési módszerek alkalmazhatóságát és módszertani korlátait vizsgálja a vasúti veszélyes áru szállítás üzemi létesítményeinek környezetében. A harmadik fejezet egy elméleti szinten megalapozott, digitális szemléletű gyakoroltatási modell tudományos alapjainak kidolgozásával járul hozzá a veszélyhelyzeti működés dinamikus értelmezéséhez.

Az értekezés-tervezet alapvető tézise, hogy a vasúti veszélyes áru szállítás biztonsága nem értelmezhető kizárólag jogszabályi megfelelésként vagy műszaki kockázatsökkentésként, hanem olyan komplex rendszerként kezelendő, amelyben a jogi szabályozás, a műszaki infrastruktúra, a szervezeti működés és az emberi tényezők egymásra hatása határozza meg a veszélyhelyzetek kimenetelét. A kutatás eredményei hozzájárulnak a vasúti veszélyes áru szállítás kockázatkezelési szemléletének tudományos megalapozásához és alapot teremtenek a jövőbeni módszertani és felkészültségi fejlesztésekhez.

A KUTATÁSI TÉMA AKTUALITÁSA

A veszélyes áruk szállításának biztonsága napjainkban olyan komplex társadalmi, gazdasági és műszaki kihívássá vált, amely túlmutat az egyes szakterületek hagyományos határain. A globális ipari termelés és elosztás szerkezeti átalakulása, a vegyipari és energetikai alapanyagok iránti folyamatos kereslet, valamint az ellátási láncok földrajzi kiterjedése együttesen eredményezik a veszélyes anyagok szállításának növekvő volumenét.

E folyamatok következtében a közlekedési rendszerek – különösen a vasúti hálózatok – infrastrukturális adottságaikból adódóan a veszélyes anyagokkal kapcsolatos kockázatok nem csak lokális, hanem regionális és akár nemzetközi hatásokat is kiválthatnak.

A vasúti veszélyes áru fuvarozás aktualitását tovább erősíti az a tény, hogy a vasút egyszerre jelenik meg biztonságos, környezetkímélő szállítási módként és összetett kockázati rendszerként. A nagy tömegű, koncentrált szállítás, az összetett infrastruktúra, valamint a rendezőpályaudvarok és üzemi létesítmények működése olyan sajátos kockázati helyzeteket teremt, amelyek nem kezelhetők pusztán a klasszikus közlekedésbiztonsági vagy iparbiztonsági szemlélet keretein belül. A veszélyes anyagok ideiglenes tárolása, mozgatása és a különböző technológiai műveletek együttes jelenléte olyan potenciális súlyos baleseti forgatókönyveket eredményezhet, amelyek következményei jelentős mértékben meghaladják a vasúti üzem közvetlen hatásterületét.

A kutatási téma aktualitását meghatározó egyik kulcstényező a jogszabályi környezet folyamatos fejlődése és összetettsége. A veszélyes áruk szállítását és a súlyos balesetek megelőzését célzó nemzetközi és európai uniós szabályozás egyre nagyobb hangsúlyt fektet a megelőzésre, a felkészítésre és az együttműködésre. Ugyanakkor a nemzeti jogszerrendszere – így a magyar szabályozás is – eltérő módon és mélységében integrálja ezeket az elveket a saját jogi és intézményi kereteikbe. A vasúti veszélyes áru szállítás üzemi létesítményeinek jogi megítélése ebből a szempontból különösen érzékeny terület, mivel ezek a létesítmények egyszerre hordozzák a közlekedési infrastruktúra és a veszélyes tevékenységeket folytató üzemek jellemzőit. A szabályozási eltérések következtében olyan értelmezési és alkalmazási bizonytalanságok alakulhatnak ki, amelyek közvetlen hatással vannak a kockázatok jogi megítélésére és a veszélyhelyzeti felkészültség szintjére. A mérnöki kockázatelemzés területén szintén olyan paradigmaváltás figyelhető meg, amely a kutatási téma aktualitását alátámasztja. A hagyományos veszélyazonosítási és kockázatértékelési módszerek hosszú ideje képezik a súlyos balesetekkel összefüggő biztonsági tervezés alapjait, azonban egyre világosabbá válik, hogy a módszerek elsősorban statikus rendszerekre és jól körülhatárolható technológiai folyamatokra optimalizáltak. A vasúti veszélyes áru fuvarozás dinamikus, időben lefolyó és többszereplős működése ezzel szemben olyan kockázati környezetet jelent, ahol a döntési folyamatok, az információáramlás és az emberi tényezők szerepe meghatározó. A súlyos baleseti események – különösen a BLEVE típusú forgatókönyvek – elemzése egyértelműen rámutat arra, hogy a következmények alakulását nem kizárólag a fizikai meghibásodások, hanem a döntések időzítése és a beavatkozások koordinációja is meghatározza.

A kutatási téma aktualitása szorosan kapcsolódik a veszélyhelyzeti felkészítés és gyakoroltatás megváltozott szerepéhez is. A jogi és szakmai követelmények egyre inkább elvárják a felkészültség igazolhatóságát, az együttműködés ellenőrizhetőségét és a beavatkozási képességek rendszeres értékelését. A hagyományos gyakoroltatási módszerek azonban jellemzően leíró jellegűek, eseti tapasztalatokra épülnek és korlátozott mértékben alkalmasak a döntési folyamatok és a szervezeti interakciók objektív értékelésére. A digitális szemléletű megközelítések elméleti megalapozása ezért a felkészültség értelmezésének és mérhetőségének új tudományos dimenziójaként jelenik meg.

Különösen aktuálissá teszi a téma kutatását az a tény, hogy a veszélyes áru szállításhoz kapcsolódó kockázatok kezelése egyre inkább több szakterület együttműködését igényli. A jogi megfelelés, a mérnöki kockázatelemzés, a szervezeti működés és az emberi tényezők integrált vizsgálata nélkül a biztonság nem értelmezhető teljeskörűen. A vasúti veszélyes áru szállítás környezetében ez az integráció különösen indokolt, mivel a kockázatok jellege, a résztvevő szervezetek száma és a döntések időkritikussága egyaránt magas.

Összességében a kutatási téma aktualitása abból fakad, hogy a vasúti veszélyes áru szállítás biztonsága napjainkban nem kezelhető elszigetelt jogi, műszaki vagy szervezeti kérdésként. A szabályozási környezet összetettsége, a klasszikus kockázatelemzési módszerek korlátai és a felkészültséggel szemben támasztott növekvő elvárások együttesen indokolják egy olyan tudományos igényű megközelítés kidolgozását, amely képes a veszélyhelyzeti működés komplex, dinamikus és döntéorientált értelmezésére. Az értekezés-tervezet e kihívásokra reagálva járul hozzá a vasúti veszélyes áru szállítás biztonságának korszerű, rendszerszintű értelmezéséhez.

A TUDOMÁNYOS PROBLÉMA MEGFOGALMAZÁSA

A vasúti veszélyes áru szállítás biztonságának vizsgálata olyan komplex tudományos kérdésként ölel fel, amelynek értelmezése nem szűkíthető le kizárólag egyetlen szakterület – így például a jogtudomány, a mérnöki kockázatelemzés vagy a szervezéstudomány – módszertani és szemléleti kereteire. A veszélyes anyagok szállításához kapcsolódó kockázati jogi, műszaki és szervezeti dimenziók egymással szoros kölcsönhatásban állnak és együttesen határozzák meg a súlyos balesetek megelőzésének és kezelésének lehetőségeit.

A vasúti rendszer sajátos működési jellemzői – különösen a rendezőpályaudvarok és a kapcsolódó üzemi létesítmények – olyan dinamikus, többszereplős és súlyos baleset bekövetkezése esetén a beavatkozás időkritikussága miatt olyan környezetet hoznak létre, amelyben a kockázatok nem értelmezhetőek pusztán statikus technológiai folyamatokként vagy formális jogi kategóriák mentén.

A nemzetközi és a hazai tapasztalatok egyaránt azt mutatják, hogy a veszélyes áru szállításhoz kapcsolódó súlyos balesetek következményei nem kizárólag az alkalmazott technológiai megoldásoktól függenek, hanem jelentős mértékben befolyásolják őket a szabályozási környezet összefüggései, a kockázatok értelmezésére alkalmazott módszerek alkalmassága, valamint a veszélyhelyzeti felkészültség és a gyakoroltatás minősége. E három terület a gyakorlatban gyakran elkülönülten jelenik meg: a jogi szabályozás, a mérnöki kockázatelemzés és a felkészítés eltérő logikák mentén fejlődik, miközben a valós veszélyhelyzeti működés során e dimenziók elválaszthatatlanul összekapcsolódnak. A vasúti veszélyes áru szállítás üzemi létesítményeinek jogi megítélése, a kockázatok mérnöki értékelésére alkalmazott módszerek megfelelősége, valamint a veszélyhelyzeti működésre való felkészítés módja együttesen határozza meg a rendszer tényleges biztonsági szintjét. Amennyiben e területek között szemléleti, módszertani vagy működési ellentmondások állnak fenn, akkor azok nem csupán elméleti hiányosságokat jelentenek, hanem közvetlen hatással lehetnek a súlyos baleseti események lefolyására és következményeire is. E felismerés indokolja, hogy a kutatás a vasúti veszélyes áru szállítás biztonságát integrált, rendszerszintű megközelítésben vizsgálja.

Az értekezés-tervezet ennek megfelelően három, egymással szoros logikai kapcsolatban álló tudományos problémát azonosít, amelyek együtt alkotják a kutatás elméleti és módszertani gerincét:

1. A jogszabályi környezet koherenciájának hiánya a vasúti veszélyes áru szállítás üzemi létesítményeiben.

A vasúti veszélyes áru szállítás üzemi létesítményeire vonatkozó jogszabályi környezet nem egységes, mivel a nemzetközi és a hazai szabályozás eltérő szemléleti, hatálybeli és fogalmi megközelítéseket alkalmaz a súlyos baleseti kockázatok megelőzésére és kezelésére. A nemzetközi szabályozás jellemzően a veszélyes tevékenységek és létesítmények rendszerszintű értelmezésére épít, míg a hazai jogi szabályozási környezet egyes elemei a vasúti veszélyes áru szállítás üzemi létesítményeit nem minden esetben illesztik következetesen ebbe a keretbe.

Ennek következtében a vasúti rendezőpályaudvarok és a kapcsolódó üzemi létesítmények jogi megítélése nem alkot egységes rendszer a súlyos baleseti kockázatok szempontjából. A szervezeti feladatmeghatározások, az eszközrendszerre vonatkozó követelmények és a felkészültségi elvárások jogi megalapozása eltérő módon jelenik meg a különböző normarendszerekben, amely értelmezési és alkalmazási bizonytalanságokat eredményez. Ez a jogszabályi eltérőség korlátozza a kockázatok egységes jogi értelmezését és közvetlen hatással van a veszélyhelyzeti működés szabályozottságára a vasúti veszélyes áru fuvarozás környezetében.

2. A klasszikus veszélyazonosítási és kockázatértékelési módszerek rendszerszintű korlátai

A vasúti veszélyes áru szállítás kockázatainak értékelésére alkalmazott klasszikus veszélyazonosítási és kockázatértékelési módszerek – mint a HAZOP, FMEA, What-If elemzések és kvantitatív kockázatelemzési eljárások – alapvetően statikus és részfolyamatokra bontott szemléletre épülnek. E módszerek elsősorban a műszaki meghibásodásokra és azok közvetlen következményeire fókuszálnak, miközben a vasúti veszélyes áru szállítás valós működési környezete dinamikus, időben lefolyó és többszereplős folyamatként értelmezhető. A módszertani korlátok különösen a súlyos baleseti forgatókönyvek – így például a BLEVE típusú események – elemzése során válnak nyilvánvalóvá. A döntési folyamatok időbelisége, a beavatkozások egymásra hatása, valamint az emberi és szervezeti tényezők szerepe nem jelenik meg integrált módon a klasszikus módszerekben. Ennek következtében a kockázati képben torzulás figyelhető meg és nem tükrözi megfelelően a veszélyhelyzeti működés komplexitását, amely korlátozza a módszerek alkalmazhatóságát a vasúti veszélyes áru szállítás kockázatelemzéseiben.

3. A veszélyhelyzeti felkészítés és gyakoroltatás módszertani hiányosságai

A vasúti veszélyes áru szállításához kapcsolódó veszélyhelyzeti felkészítés és gyakoroltatás jelenlegi gyakorlata döntően statikus, dokumentumalapú és eseti jellegű módszerekre épül. Ezek a megközelítések elsősorban az előírások teljesítésére és az eljárások ismertetésére koncentrálnak, miközben korlátozott mértékben képesek a veszélyhelyzeti működés dinamikus, döntésen alapuló jellegének leképezésére. A veszélyhelyzeti működés során azonban a döntések időzítése, az információáramlás minősége, valamint a különböző szervezetek és szereplők közötti együttműködés meghatározó jellegű. A jelenleg alkalmazott gyakoroltatási formák nem biztosítanak olyan elméleti és módszertani keretet, amely lehetővé tenné e tényezők strukturált, objektív és összehasonlítható értékelését.

Ennek következtében a felkészültség szintje és minősége nem értelmezhető egységes módon, amely indokoltá teszi új, a veszélyhelyzeti működés dinamikáját központba helyező megközelítések tudományos megalapozását.

KUTATÁSI HIPOTÉZISEK

A korábban bemutatott tudományos problémák alapján a kutatás olyan feltételezésekből indul ki, amelyek a vasúti veszélyes áru szállítás biztonságát jogi, mérnöki és szervezeti dimenziók együttes vizsgálatával értelmezik. A hipotézisek célja nem egyes részjelenségek igazolása, hanem annak vizsgálata, hogy a jelenleg alkalmazott szabályozási, módszertani és felkészültségi megközelítések mennyiben alkalmasak a vasúti veszélyes áru szállítás komplex, dinamikus és többszereplős kockázati környezetének kezelésére.

A hipotézisek egymással összefüggő rendszert alkotnak és közvetlenül levezethetők a feltárt tudományos problémákból.

1. Feltételezem, hogy a vasúti veszélyes áru szállítás üzemi létesítményeire vonatkozó hazai jogszabályi környezet nem alkot teljes mértékben koherens rendszert a nemzetközi szabályozási keretekhez képest. A hipotézis szerint a nemzetközi és a magyar jogi normarendszer eltérő szemléleti és hatálybeli megközelítései következtében a vasúti rendezőpályaudvarok és kapcsolódó üzemi létesítmények jogi megítélése, valamint az azokhoz rendelt szervezeti és eszközrendszer követelmények nem illeszkednek következetesen a súlyos baleseti kockázatok megelőzésére irányuló nemzetközi szemlélethez. Ennek következtében a kockázatok jogi értelmezése és a veszélyhelyzeti működés szabályozottsága nem egységes a vasúti veszélyes áru szállítás teljes rendszerében.
2. Feltételezem, hogy a vasúti veszélyes áru szállítás kockázatainak értékelésére alkalmazott klasszikus veszélyazonosítási és kockázatértékelési módszerek alapvetően statikus és elkülönített szemléletükből fakadóan nem alkalmasak a súlyos baleseti forgatókönyvek – különösen a BLEVE típusú események – dinamikus, döntésen alapuló és többszereplős jellegének rendszerszintű értelmezésére. A hipotézis alapján e módszerek nem integrálják megfelelően a műszaki, humán és szervezeti tényezők időbeli összefüggéseit, amely torzított kockázati képhez vezet és korlátozza alkalmazhatóságukat a vasúti veszélyes áru fuvarozás komplex működési környezetében.

3. Feltételezem, hogy a vasúti veszélyes áru szállításhoz kapcsolódó veszélyhelyzeti felkészítés és gyakoroltatás jelenlegi, döntően statikus és dokumentumalapú módszerei nem biztosítanak megfelelő elméleti és módszertani keretet a veszélyhelyzeti működés dinamikus, egyéni döntéseken alapuló folyamatainak értékelésére. A hipotézis szerint ezek a megközelítések nem teszik lehetővé a döntési folyamatok, az információáramlás és a szervezetek közötti együttműködés objektív, strukturált és összehasonlítható vizsgálatát, amely korlátozza a felkészültség tényleges szintjének tudományos igényű értelmezését a vasúti veszélyes áru szállítás környezetében.

KUTATÁSI CÉLKITŰZÉSEK

Az értekezés-tervezet célkitűzései a korábban megfogalmazott tudományos problémák és hipotézisek logikai továbbvezetésén alapulnak. A kutatás nem egyes részjelenségek elszigetelt vizsgálatára törekszik, hanem a vasúti veszélyes áru szállítás biztonságát meghatározó jogi, módszertani és felkészültségi tényezők rendszerszintű értelmezésére alapoz. A célkitűzések ennek megfelelően arra irányulnak, hogy feltárják a jelenlegi megközelítések korlátait és tudományos alapot teremtsenek a veszélyhelyzeti működés komplex, dinamikus értelmezéséhez.

1. A kutatás célja a vasúti veszélyes áru szállítás üzemi létesítményeire vonatkozó nemzetközi és hazai jogszabályi környezet összehasonlító, rendszerszintű elemzése, különös tekintettel a súlyos baleseti kockázatok megelőzésére és kezelésére vonatkozó előírásokra. A célkitűzések keretében vizsgálatra kerül, hogy a jogi normarendszerek milyen módon határozzák meg a létesítmények jogi megítélését, valamint az azokhoz rendelt szervezeti és eszközrendszeri követelményeket és ezen megközelítések mennyiben alkotnak koherens szabályozási keretet a vasúti veszélyes áru szállítás területén.
2. Kutatási célkitűzéseim között szerepelt annak értékelése, hogy a vasúti veszélyes áru fuvarozás kockázatainak értékelésére alkalmazott klasszikus veszélyazonosítási és kockázatértékelési módszerek milyen mértékben alkalmasak a súlyos baleseti forgatókönyvek – különösen a BLEVE típusú események – komplex és döntésen alapuló értelmezésére. A célkitűzés magában foglalja annak vizsgálatát, hogy e módszerek miként kezelik a műszaki, az emberi és a szervezeti tényezők időbeli összefüggéseit, valamint milyen módszertani korlátokkal rendelkeznek a vasúti veszélyes áru szállítás többszereplős működési környezetében.

3. Kutatásom céljai között szerepelt továbbá olyan elméleti és módszertani keret megfogalmazása, amely alkalmas a vasúti veszélyes áru szállításhoz kapcsolódó veszélyhelyzeti működés dinamikus, döntésvezérelt folyamatainak értelmezésére és értékelésére. A célkitűzés arra irányul, hogy tudományos alapot teremtsen a felkészültség objektív és összehasonlítható vizsgálatához és ezzel megalapozza a jövőbeni – különösen digitális szemléletű – gyakoroltatási megközelítések fejlesztésének lehetőségét.

KUTATÁSI MÓDSZEREK

A disszertáció módszertani megközelítése a vasúti veszélyes áru szállítási biztonságának komplex jellegéből indul ki, ezért nem egyetlen elemzési technikára épül, hanem többszintű, egymást kiegészítő módszerek alkalmazására. A kutatás módszerei igazodnak a vizsgált problémák jellegéhez, tehát a jogi szabályozás elemzése normatív-logikai megközelítést igényel, a kockázatok értékelése mérnöki-módszertani vizsgálatot, míg a felkészültség és gyakoroltatás értelmezése elméleti modellalkotást és rendszerszemléletű elemzést tesz szükségessé. A módszerek együttes alkalmazása biztosítja, hogy a kutatás eredményei tudományosan megalapozottak, következetesek és egymással összevethetők legyenek. A kutatás általános módszerei a jogi szabályozásra, a szervezeti fejlődéstörténetre, a jogalkalmazási tevékenységre és műszaki feladat-végrehajtásra kiterjedő vizsgálatok végrehajtása, amelybe beletartozik az analízis, a szintézis, a dedukció, a rendszerszemléletű tudományos igényű megközelítés, az összehasonlítás és általánosítás tudományos módszere is.

1. A kutatás első módszere a vasúti veszélyes áru szállítás üzemi létesítményeire vonatkozó nemzetközi és hazai jogszabályi környezeti jogi-normatív és összehasonlító elemzése. A módszer keretében vizsgálatra kerülnek a súlyos balesetek megelőzésére és kezelésére vonatkozó jogi előírások, azok hatálya, fogalmi rendszere és szabályozási logikája. Az elemzés célja annak feltárása, hogy a különböző normarendszerek miként határozzák meg a vasúti veszélyes áru szállítás üzemi létesítményeinek jogi megítélését, valamint az azokhoz rendelt szervezeti és eszközrendszerhez kapcsolódó követelményeket. A módszer lehetővé teszi a jogszabályi koherencia és az eltérő szabályozási megközelítések tudományos igényű értékelését.
2. Második kutatási módszerként a vasúti veszélyes áru szállításban alkalmazott klasszikus veszélyazonosítási és kockázatértékelési módszerek elméleti és módszertani összehasonlító elemzését választottam. A kutatás kiterjed a HAZOP, FMEA, What-If elemzések és kvantitatív kockázatelemzési eljárások szemléleti alapjaira, felépítésére és alkalmazási logikájára.

A módszer célja annak feltárása, hogy ezek a kockázatelemzési módszerek milyen mértékben képesek kezelni a súlyos baleseti forgatókönyvek dinamikus, többszereplős jellegét, valamint hogyan jelennek meg bennük – vagy éppen maradnak háttérben – a humán és szervezeti tényezők időbeli összefüggései.

3. A kutatás harmadik módszere elméleti modellalkotásra és rendszerszintű elemzésre épül, amely a vasúti veszélyes áru szállításhoz kapcsolódó veszélyhelyzeti működést dinamikus, döntésközpontú folyamatként értelmezi. A módszer során a veszélyhelyzeti működés folyamatai, döntésben érintett tényezői, szereplői és információáramlási mechanizmusai kerülnek feltérképezésre. Az elemzés célja egy olyan elméleti keret kialakítása, amely alkalmas a felkészültség és gyakoroltatás módszertani értelemezésére és tudományos alapot teremt a későbbi digitális szemléletű megközelítések vizsgálatához.

A RELEVÁNS SZAKIRODALOM ÁTTEKINTÉSE

Az Európai Unió területén 2015 és 2024 között összesen 382 olyan veszélyes anyag jelenlétében bekövetkezett vasúti baleseti esemény történt, amely kihatással volt mind az emberi életre, mind pedig a környezetre. [1] Magyarországon, az Európai Unió hivatalos statisztikai adatait elemezve az előzőekben említett időszakban összesen négy baleset történt a veszélyes anyagok vasúti fuvarozása során. A valóság azonban az, hogy Magyarország területén – a hivatalos és nyílt adatokat elemezve – csak 2017 és 2024 között időszakban - nyolc olyan baleset történt. [2] A balesetek bekövetkezésének helyszíne sem másodlagos tényező, hiszen ezek a balesetek bekövetkezhetnek a nyílt vasúti síneken, de az elemzések során sokkal nagyobb valószínűséggel fognak bekövetkezni olyan vasúti tevékenységek során, amelyeket a vasúti rendező-pályaudvarokon végeznek. Gondoljunk csak bele, hogy a vasúti rendező-pályaudvarokon általánosságban nem csak egy vasúti szerelvény található meg, illetve ezeken a rendező-pályaudvarokon történik a vasúti szerelvények összerakása, a kocsik mozgatása, gurítása, amely tevékenységek egy lehetséges veszélyt hordoznak magukban.

A szigorú nemzetközi és hazai szabályozási rendszer ellenére a közelmúltban számos hazai és nemzetközi baleset történt, amelyek rávilágítanak arra, hogy a megelőzés mellett minden esetben fel kell készülni az esetlegesen bekövetkező esemény szakszerű felszámolására, elhárítására valamint törekednünk kell arra, hogy a lehetséges következményeket és azok hatásait a minimumra csökkentsük. Ennek kivitelezéséhez és gyakorlati megvalósításához szükségünk van egy átfogó veszélyelhárítási tervezési rendszer alkalmazásához.

Figyelemmel hazánk Európai Unió tagállamként történő működésére folyamatosan korszerűsíteniünk kell a veszélyhelyzetek, ezen belül is a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek megelőzését biztosító uniós elvárásoknak megfelelő hazai normákat, műszaki és módszertani követelményeket. A konténment sérüléssel járó balesetek bekövetkezése nem csak a vasúti rendező-pályaudvar területére lehet hatással, hanem a környezetében található lakóházak, emberi életek, vagy éppen veszélyes ipari létesítmények működésében is zavart okozhat és esetleges dominóhatást indukálhat. Gondoljunk csak a 2009-ben Viareggio városában bekövetkezett, vasúti szerencsétlenségre [3] ahol két cseppfolyós földgázzal feltöltött tartálykocsi kigyulladt és felrobbant. A balesetben 32-en meghaltak és több mint 50-en súlyos égési sérüléseket szenvedtek. [3] A balesetet a sínek megrongálódása, vagy a vonat fékrendszerének a meghibásodása okozta. A balesetben érintettek voltak a környező lakóházak és az ott tartózkodó személyek is, így elmondható, hogy egy adott veszélyes áru szállítási baleset nem feltétlenül csak a vasúti sínekre koncentrálódik, hanem egy veszélyes áru jelenlétében bekövetkező baleset hatásai a vasúti rendező-pályaudvar közelében található épületekre és személyekre is veszélyesek lehetnek. A veszélyes áru vasúti szállítás eseményeinek bemutatására számos külföldi és hazai példát lehet felsorolni. Az 1. táblázatban néhány a közelmúltban bekövetkezett jelentős média érdeklődésre számot tartó hazai vasúti veszélyes áru szállítási baleset adatait láthatjuk.

1. táblázat: A közelmúltban bekövetkezett vasúti balesetek adatai [2]

Készítette: a szerző

Év	Helyszín	Esemény leírása
2018	Hatvan, Hatvani vasútállomás	2018. október 25-én sósav szivárgott egy tehervonat egyik tartálykocsijából a hatvani vasútállomáson. Műszaki mentés céljából a hatvani, az aszódi és a gyöngyösi hivatásos tűzoltók érkeztek a helyszínre. A KML-t, valamint a KMSZ-t is riasztották az esethez. A hatvani pályaudvaron lezárták a peronokat és leállították a vasúti forgalmat. [2]
2020	Boba, Vasút utca	2020. június 21-én cseppfolyós szén-dioxid szivárgott egy tehervonat egyik tartálykocsijából a bobai vasútállomáson. Műszaki mentés céljából a sárvári hivatásos, a celldömölki önkormányzati, valamint az egyházashetyei és a kamondi önkéntes tűzoltók érkeztek a helyszínre.

Év	Helyszín	Esemény leírása
		A KML-t, valamint a KMSZ-t is riasztották az esethez. A munkálatok idejére száz méteres sugarú körzetben biztonsági zónát jelöltek ki. Az egységek a rendőrséggel közösen kimenekítik a közeli ingatlanok lakóit. [2]
2020	Budapest, XXIII. kerület, Európa utca	2020. október 18-án a kora reggeli órákban egy sósavtartály gőzölgött. A fővárosi hivatásos tűzoltókat, a katasztrófavédelmi mobil labort, valamint a katasztrófavédelmi műveleti szolgálatot is riasztották. Biztonsági okokból leállították a közeli vasúti vágányon a forgalmat, az átfejtés idejére. Az egységek százötven méteres körzetben zárták le a területet. A katasztrófavédelmi mobil labor mérései nem mutatták ki káros anyag jelenlétét a levegőben. [2]

Jelen szakirodalmi összefoglalóban célom elemezni és értékelni a kutatási témához kapcsolódó nemzetközi és hazai jogi szabályozás előírásait, a jogi- és műszaki jogalkalmazási útmutatók tartalmát, a legjobb ipari gyakorlatot tükröző nemzetközi és hazai mértékadó műszaki szakirodalomban foglaltakat.

Nemzetközi- és hazai jogi szabályozás és szervezetrendszer bemutatása

A Viareggóban bekövetkezett baleset példáján keresztül érzékelhető, hogy a vasúti veszélyes áru szállításban bekövetkező balesetnek lehetnek akár igen súlyos következményei is, ezért a hasonló balesetek elkerülése céljából a nemzetközi szervezetek a veszélyes áruk szállításának biztonságos szállítását tűzték ki célul és az ehhez szükséges nemzetközi jogszabályi alapokat stabil alapokra helyezték. A nemzetközi szinten kiadott szabályzatok átláthatósága érdekében a továbbiakban bemutatom a szabályzat kiadását végző szervezeteket is, hiszen ezen szervezetek ismerete nélkül a jogszabályalkotási folyamat nem járhat sikerrel.

Egyesült Nemzetek Szervezete Gazdasági és Szociális Tanácsa. A nemzetközi együttműködés legfontosabb területe az Egyesült Nemzetek Szervezete Gazdasági és Szociális Tanácsa (a továbbiakban: ENSZ ECOSOC).

Az ENSZ ECOSOC országaiban szabályozási szükséglet mutatkozott a hasonló akár katasztrofális hatással bíró veszélyes áru jelenlétében bekövetkező súlyos baleseti események megelőzésére és következményeinek csökkentésére. A veszélyes áru-szállítással kapcsolatosan kiadott szabályzatok alapját az ENSZ ECOSOC által megalkotott ajánlások képezik. [4]

A veszélyes vegyi anyagokkal kapcsolatos tevékenységeket azért szabályozzák, hogy fokozzák az emberi egészség és a környezet védelmét, kezelésük, szállításuk és felhasználásuk során. Az Egyesült Nemzetek Szervezete mechanizmusokat dolgozott ki az ilyen vegyi anyagok osztályozási és címkézési kritériumainak harmonizálására, valamint az összes szállítási módra vonatkozó szállítási rendelkezésekre vonatkozóan:

- a vegyi anyagok azonosításának megkönnyítése, valamint biztonságos szállításuk, kezelésük és felhasználásuk biztosítása érdekében, és
- a lehető legnagyobb mértékben megelőzni a személy- és vagyonbaleseteket, illetve a környezet, az alkalmazott szállítóeszköz vagy más áruk károsodását.

Ezek a mechanizmusok a "Vegyi Anyagok Besorolásának és Címkézésének Globálisan Harmonizált Rendszere" (a továbbiakban: GHS) [5] és az ENSZ "A veszélyes áruk szállítására vonatkozó ajánlások, mintaszabályok" vagy a sokak által ismert „Sárga Könyv”. [6]

Ezeket az ECOSOC "A veszélyes áruk szállításával és a vegyi anyagok osztályozásának és címkézésének globálisan harmonizált rendszerével foglalkozó szakértői bizottság" dolgozta ki, amelynek az UNECE titkársági szolgáltatásokat nyújt. A bizottság ajánlásait világszerte alkalmazzák és az „Sárga könyv”ben kerültek kiadásra.

ENSZ Mintaszabályzat 18. – „Sárga Könyv”. Ezeket az ajánlásokat az ENSZ ECOSOC a veszélyes áruk szállításával foglalkozó szakértői bizottsága dolgozta ki a műszaki fejlődés, az új anyagok és áruk megjelenése, a modern szállítási rendszerek követelményei és mindenekelőtt az emberek, az anyagi javak és a környezet biztonságának biztosítása érdekében. A veszélyes áruk szállításának szabályozásában érintett kormányoknak és nemzetközi szervezeteknek szól. Nem vonatkoznak a veszélyes áruk tengeri vagy belvízi ömlesztettáru- vagy tartályhajókon történő ömlesztett szállítására, amelyre külön nemzetközi vagy nemzeti szabályozás vonatkozik. A veszélyes áruk szállítására vonatkozó ajánlások a "Veszélyes áruk szállítására vonatkozó mintaszabályzat" formájában kerülnek bemutatásra, amelyek e dokumentum mellékleteként szerepelnek.

A Mintaszabályzatok célja, hogy olyan alapvető szabályozási és ajánlási rendszert mutassanak be, amely lehetővé teszi a különböző szállítási módokra vonatkozó nemzeti és nemzetközi szabályozások egységes kidolgozását; ugyanakkor elég rugalmasak maradnak ahhoz, hogy az esetlegesen felmerülő különleges követelményekhez is alkalmazkodni tudjanak. Elvárás, hogy a kormányok, kormányközi szervezetek és más nemzetközi szervezetek a hatáskörükbe tartozó szabályozások felülvizsgálata vagy kidolgozása során megfeleljenek az e mintaszabályozásokban lefektetett elveknek, hozzájárulva ezzel a világszintű harmonizációhoz ezen a területen. Továbbá az új szerkezetet, formátumot és tartalmat a lehető legnagyobb mértékben követni kell a felhasználóbarátabb megközelítés kialakítása, a végrehajtó szervek munkájának megkönnyítése és az adminisztratív terhek csökkentése érdekében. Bár csak ajánlásról van szó, a mintaszabályzatot kötelező értelemben fogalmazták meg (azaz a szövegben a "kell" szó helyett a "kell" szót használják), hogy megkönnyítsék a mintaszabályzat közvetlen használatát a nemzeti és nemzetközi közlekedési szabályozások alapjaként. [6]

A Mintaszabályzat alkalmazási körének biztosítani kell, hogy értéket képviseljen mindazok számára, akik közvetlenül vagy közvetve érintettek a veszélyes áruk szállításában. A Mintaszabályzat többek között kiterjed az osztályozás elveire és az osztályok meghatározására, a fő veszélyes áruk felsorolására, az általános csomagolási követelményekre, a vizsgálati eljárásokra, a jelölésre, címkézésre vagy plakátozásra, valamint a fuvarokmányokra. Ezen kívül vannak az egyes áruosztályokra vonatkozó különleges követelmények is. Az osztályozás, felsorolás, csomagolás, jelölés, címkézés, elhelyezés és dokumentáció ezen általánosan használt rendszerével a fuvarozók, a feladók és az ellenőrző hatóságok a szállítás, a kezelés és az ellenőrzés egyszerűsítéséből, valamint az időigényes formalitások csökkentéséből profitálhatnak. Általában véve megkönnyítik a feladatukat, és ennek megfelelően csökkentik az ilyen áruk nemzetközi szállításának akadályait. Ugyanakkor az előnyök egyre nyilvánvalóbbá válnak, mivel a "veszélyesnek" minősített áruk kereskedelme folyamatosan növekszik. [6]

Globális Harmonizációs Rendszer (GHS). A vegyi anyagok a gyártásuktól a kezelésükön, szállításukon és felhasználásukon át a különböző lépéseken keresztül valódi veszélyt jelentenek az emberi egészségre és a környezetre. E veszéllyel szembenézve, és tekintettel a vegyi anyagok kiterjedt globális kereskedelmének valóságára, valamint a biztonságos használatot, szállítását és ártalmatlanítást biztosító nemzeti programok kidolgozásának szükségességére, felismerték, hogy az osztályozás és címkézés nemzetközileg harmonizált megközelítése biztosítaná az ilyen programok alapját.

Amint az országok következetes és megfelelő információkkal rendelkeznek az általuk importált vagy saját országukban előállított vegyi anyagokról, átfogó módon ki lehet alakítani a vegyi anyagoknak való kitettség ellenőrzésére, valamint az emberek és a környezet védelmére szolgáló infrastruktúrát. [5] A rendszer célja annak biztosítása, hogy a vegyi anyagok fizikai veszélyeire és toxicitására vonatkozó információk rendelkezésre álljanak az emberi egészség és a környezet védelmének fokozása érdekében e vegyi anyagok kezelése, szállítása és felhasználása során. A GHS emellett alapot biztosít a vegyi anyagokra vonatkozó szabályok és előírások nemzeti, regionális és világszintű harmonizációjához, így az ENSZ Mintaszabályzat alapját is képezi. [5]

A Nemzetközi Atomenergia Ügynökség. A Nemzetközi Atomenergia Ügynökség (a továbbiakban: NAÜ) célja a nukleáris energia békés célú felhasználása és a radioaktív anyagok katonai felhasználásának meggátlása. A szervezet 1957, július 29-én jött létre. Székhelye Bécsben található. A radioaktív anyagok szállítására vonatkozó ajánlásait – amely a „Sárga könyv” részét képezi, a következő dokumentumban fogalmazza meg. [7]

A radioaktív anyagok biztonságos szállítására vonatkozó szabályokról szóló biztonsági szabvány. A radioaktív anyagok szállítása világszerte alapvető tevékenység. A szállítás során a biztonság és a védelem nemzeti és nemzetközi jelentőségű kérdés. Ez a kiadvány a NAÜ SSR-6. számú, a radioaktív anyagok biztonságos szállítására vonatkozó szabályokról szóló biztonsági szabványsorozatának legújabb kiadása. A kiadványt hat NAÜ biztonsági útmutató támogatja, amelyek az SSR-6 szabványban meghatározott követelményekhez nyújtanak magyarázatot és útmutatást a harmonizált végrehajtás megkönnyítése érdekében. A szabályok a radioaktív anyagok szárazföldi, vízi vagy légi szállítására vonatkoznak, beleértve a radioaktív anyag felhasználásához kapcsolódó szállítást is. A szállítás magában foglalja a radioaktív anyagok mozgatásával kapcsolatos és azzal kapcsolatos valamennyi műveletet és feltételt; ezek közé tartozik a csomagolás tervezése, gyártása, karbantartása és javítása, valamint a radioaktív anyagok és csomagok előkészítése, feladása, berakodása, szállítása, beleértve a szállítás közbeni tárolást, kirakodása és a végső rendeltetési helyen történő átvétele. Ezek a követelmények világszerte a szabályozás szerves részét képezik, ezért az SSR-6 és a hozzá kapcsolódó útmutató dokumentumok a kormányok, a szabályozó hatóságok és a radioaktív anyagok szállításának fent említett tevékenységeiben részt vevő valamennyi személy számára az iránymutató információk elengedhetetlen forrását jelentik. Az SSR 6. ajánlásai az ENSZ Mintaszabályzatok alapját képezi. [8]

Vasúti Árufuvarozási Nemzetközi Egyezmény. A vasúti árufuvarozás kezdetén a fuvarozás egységes szabályozása csak egy-egy országon belül vált szükségessé, azonban a vasúti fuvarozás fejlődése, a nemzetközi vasút- hálózat kiépítése szükségessé tette az egyes országok eltérő fuvarozási szabályai helyett a fuvarozás egységes, nemzetközi szabályozását. Az első Vasúti Árufuvarozási Nemzetközi Egyezmény (a továbbiakban: CIM) 1890-es aláírását követően 1893-ban lépett életbe, amelyet a ma érvényes és használatos egyezmény 1952-ben módosított. Ez a nemzetközi áru- csere-forgalom szempontjából komoly jelentőséggel bír, hiszen a részes államok, illetve a vasutak nemzetközi forgalmában kötelező erővel szabályozza a vasúti áruküldemények közvetlen, egy nemzetközi fuvarlevéllel történő feladását, másrészt egységesíti a fuvarozási szerződés feltételeit, elsősorban a fuvarozásban részes vasutak egyetemleges felelősségét a küldemény késedelmes kiszolgáltatása, teljes, részleges elvesztése vagy megsérülése esetében. Magyarország kezdettől fogva az egyezményt alkalmazó államok közé tartozik, és a CIM kidolgozásában magyar küldöttek is tevékenyen részt vettek. [9]

Nemzetközi Vasúti Fuvarozási Egyezmény. A Nemzetközi Vasúti Fuvarozásügyi Államközi Szervezet (a továbbiakban: OTIF) 1985. május 1-jén jött létre az 1980-ban megkötött nemzetközi vasúti fuvarozási egyezményt követően (COTIF 1980). [9] Az 1980. évi COTIF szövegét az 1999. június 3-i vilniusi jegyzőkönyv módosította (ami most az 1999. évi COTIF). [10] A nemzetközi vasúti fuvarozási egyezmény (COTIF) az OTIF alapszövege. Ez irányítja a szervezet működését, valamint annak célkitűzéseit, tulajdonságait, a tagországaival fennálló kapcsolatait, és általában az összes tevékenységeit.

Az OTIF célja, hogy előmozdítsa, javítsa és megkönnyítse a nemzetközi vasúti forgalmat, különösen azáltal, hogy:

- egységesen szabályozott rendszereket hoz létre és fejleszti azokat a következők tekintetében:
- a nemzetközi vasúti forgalmon belüli nemzetközi személyszállításban és áruszállításban;
- a vasúti kocsik szállítóeszközként történő használatával a nemzetközi vasúti forgalomban;
- az infrastruktúra használatával a nemzetközi vasúti forgalomban;
- a veszélyes áruk szállításával a nemzetközi vasúti forgalomban;
- bizonyos, a határátlépésekkel kapcsolatos akadályok megszüntetéséhez való hozzájárulással a nemzetközi vasúti forgalomban;

- a vasúti ágazat kölcsönös átjárhatóságához és műszaki összehangolásához való hozzájárulással;
- egységes eljárás kialakításával a nemzetközi forgalomban használandó vasúti gördülőanyag műszaki elfogadására;
- az OTIF által megállapított összes szabály és ajánlás alkalmazásának figyelemmel kísérésével. [10]

Az 1893-as hatálybalépést követően az előírások többszöri módosítására került sor az ún. „revíziós konferenciák” keretében, és az egyezmény jelenleg az 1980. május 9-i COTIF függelékeként érvényes. Az egyezmény 2013 óta 46 tagállamot számlál, tagja jóformán minden európai állam, továbbá több afrikai és közel-keleti állam is. A magyarországi csatlakozásra az 1986. évi 2. számú törvényerejű rendelet kihirdetésével került sor. [10] A második világháborút követően a kettéosztott Európának a szovjet érdekszférához tartozó részében, illetve ezek országaiban is a CIM fuvarozási egyezmény szabályozta a nemzetközi vasúti forgalmat. Lengyelország, Csehszlovákia. Magyarország, Románia, Bulgária és a későbbiekben létrehozott NDK európai múltjukból hozták magukkal a CIM- tagságot, és ezt a rendszerváltozás folyamán gazdaságuk tervgazdasággá való átalakítása során is megőrizték. Ez egyébként alapvető gazdasági érdekük volt.

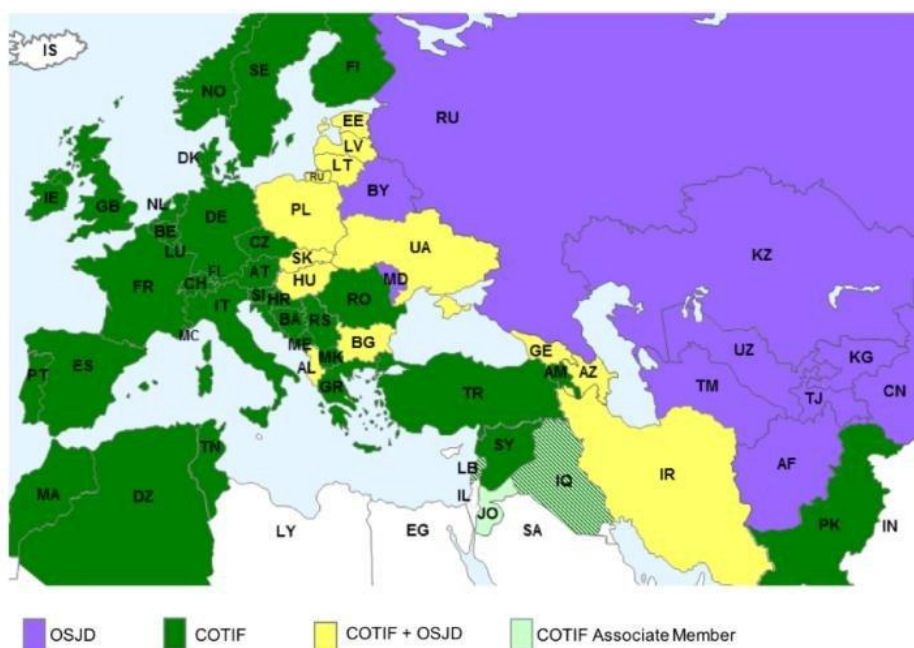
A Veszélyes Áruk Nemzetközi Vasúti Fuvarozásáról Szóló Egyezmény. Minden fuvarozási alágazatnak, így a vasútnak is saját szabályzata van a veszélyes áruk fuvarozásáról, amelyet kétévenként módosítanak. A Veszélyes Áruk Nemzetközi Vasúti Fuvarozásáról Szóló Egyezmény (a továbbiakban: RID) a COTIF „C” Függelékét képezi. [11]

Nemzetközi Vasúti Fuvarozási Bizottság, Bern. A Nemzetközi Vasúti Fuvarozási Bizottság (a továbbiakban: CIT) kiemelt feladata a Nemzetközi Vasúti Fuvarozási Egyezmény (COTIF) gyakorlatba történő átültetése és annak folyamatos felülvizsgálata. Ennek keretében külön hangsúlyt kapott az ügyfelek és a vasútvállalatok, a vasútvállalatok egymás közötti, valamint a vasútvállalatok és az infrastruktúra-kezelő társaságok közötti szerződéses kapcsolatok egységesítése, továbbá a tagok érdekképviselője a jogalkotók és a hatóságok előtt. A CIT-nek jelenleg 135 olyan vasúttársaság a tagja, amely nemzetközi személy- és/vagy áruszállítást végez. [12]

A szervezet által a vasúttársaságok gyakorlati munkájához nyújtott segítség és támogatás nélkülözhetetlen a Magyar Államvasutak Zrt (a továbbiakban: MÁV Zrt.) számára is. A MÁV Csoportot a MÁV-START Zrt. képviseli a CIT-ben.

Vasutak Együttműködési Szervezete, Varsó. A Vasutak Együttműködési Szervezete (a továbbiakban: OSJD) egy 1956-ban alapított kormányközi szervezet, jelenleg 28 teljes jogú tagja van és Magyarország alapító tagként van jelen a szervezetben. Az OSJD legfontosabb feladata az Európa és Ázsia közötti vasúti összeköttetés fejlesztése, különös tekintettel a fuvarjogi kérdésekre. [13] A szervezet új alapidokumentumainak hatálybalépése (1993) óta az OSJD tagjai lehetnek az egyes országok közlekedési minisztériumai mellett a központi állami közlekedési szervek, illetve a vasutak központi szervei is. Az OSJD irányító szerve a miniszteri értekezlet, amely új tagok felvételéről, a szervezet alapszabályának módosításáról és kiegészítéséről, valamint a költségvetésről dönt. A vezérigazgatói konferencia a vasutak szintjén irányítja az együttműködést. Azokban az országokban, ahol több vasúti vezérigazgatóság található, az adott ország OSJD tagja dönti el, ki vegyen részt a munkában. [13] Magyarország közlekedési minisztere 1993-ban meghatalmazással átadta a minisztériumi tagságot, valamint az ezzel járó jogokat és kötelezettségeket a MÁV Zrt.-nek, fenntartva az ideiglenes vagy végleges visszavonás lehetőségét. A közlekedési miniszter szintén 1993-ban a MÁV Zrt. vezérigazgatóját hatalmazta fel arra, hogy gondoskodjék az OSJD alapszabályzatából eredő és a tagsággal kapcsolatos feladatok végrehajtásáról, az ideiglenes vagy végleges visszavonás lehetőségének, valamint a tárcával folytatandó egyeztetés kötelezettségének fenntartásáról a MÁV illetékességét meghaladó kérdésekben. [13]

Nemzetközi Vasúti Árufuvarozási Megállapodás. A Szovjetunió nem volt tagja a CIM-nek és nem is kívánt csatlakozni hozzá. A kialakuló és a vele határos „népi demokratikus” országokkal tehát nem volt hatályos nemzetközi vasúti megállapodása, amely lehetővé tette volna a kétoldalú és a tranzit vasúti forgalom rendezett lebonyolítását. Ezért nemcsak a Szovjetunió, hanem az érintett országoknak is érdekük fűződött a forgalom intézményes szabályozásához. A háborút követő években első lépésként kétoldalú határforgalmi megállapodásokat kötöttek. Szükségessé vált egy általános érvényű, multilaterális, az átmenő forgalomra is kiterjedő szabályozás kidolgozása. Erre 1951-ben került sor, amikor létrehozták a „szocialista” tervgazdálkodás igényeinek megfelelő, Nemzetközi Árufuvarozási Egyezmény (Mezsdunarodnoe Gruzovoe Szooobszenyje (a továbbiakban: MGSZ) nevű vasúti megállapodást. Ezt az európai szocialista országok egymás között és a Szovjetunióval lebonyolított vasúti forgalomban alkalmazták. Az MGSZ-t 1954-ben kiegészítették, módosították, új elnevezése SZMGSZ lett. Ehhez 1954–1956 között csatlakoztak a távol-keleti szocialista országok: Mongólia, Kína, Korea (Észak-Korea) és Vietnam is. [14]



1. ábra: COTIF és OSJD tagállamok [15]

Ennek Magyarország számára is voltak előnyei, nevezetesen az, hogy a megállapodás alapján a távol-keleti országokkal szabályozottá vált a vasúti forgalom, és így SZMSZ-fuvarlevéllel lehetett Magyarország és az említett országok között a vasúti áruküldeményeket továbbítani tranzitban is. A Szovjetunió és a körülötte elhelyezkedő szocialista országok közötti vasúti forgalmat szabályozó új fuvarjogi megállapodás alapja a CIM Egyezmény volt – ennek valamennyi európai ország tagja is maradt –, melytől eltérő szabályozásokra részben a különböző technikai, de főként a gazdasági háttér, a központi tervutasításos rend miatt volt szükség. Az SZMGSZ mint jogforrás jogi természetét tekintve nem minősül jogszabálynak, mivel hazánkban jogszabállyal nem hirdették ki, ennek megfelelően alkalmazására nem jogi normaként, hanem a vasúttársaságok által közösen kialakított általános szerződési feltételként kerül sor. A két fuvarjogi rendszer alkalmazása nem csekély feladat elé állította a vasutakat, de a fuvaroztatókat is. Az adminisztráció ellátása maga is külön felkészülést és apparátust igényelt. Ez volt az oka annak, hogy – amint ezt politikai okok nem gátolták – a Magyar Államvasutak Zrt. (a továbbiakban: MÁV Zrt.) kilépett a Szovjetunió által létrehozott megállapodásból. Erre 1990. január 1-én nyílt lehetőség. [15]

Nemzetközi Vasútegylet, Párizs. A Nemzetközi Vasútegyletet (a továbbiakban: UIC) az európai vasúttársaságok – köztük a MÁV – alapították 1922-ben Párizsban az akadálytalan vasúti közlekedés műszaki-üzemviteli feltételeinek biztosítása céljából. A világszervezet munkájában jelenleg 202 tagszervezet vesz részt.

Az UIC kiemelt feladata a vasúti közlekedés támogatása világszinten, a fenntartható fejlődés kihívásainak való megfelelés érdekében. Az UIC műszaki platformként támogatja más vasúti szervezetek (CER, EIM) munkáját. A MÁV Zrt. tagságát a szervezetben indokolja, hogy a Nemzetközi Vasútegylet fontos szerepet játszik az akadálytalan vasúti közlekedés műszaki-üzemviteli feltételeinek kialakításában. [16]

UIC Nemzetközi Vasútegylet „Útmutató a belső veszély-elhárítási tervek készítésére a rendező-pályaudvarokon”. 2003-ban az Európai Bizottság közreműködésével kiadásra került az UIC Nemzetközi Vasútegylet „Útmutató a belső veszély-elhárítási tervek készítésére a rendező-pályaudvarokon” c. döntvénye. Az útmutató a RID szabályzat alapján a veszély-elhárítási tervezés területén alapokmálynak minősül. Az 201 E döntvénye rendelkezik a Veszélyes áruk szállítása. Útmutató vészhelyzetek esetére rendező pályaudvarokon. [17]

AZ EURÓPAI PARLAMENT ÉS A TANÁCS 2012/18/EU IRÁNYELVE (2012. július 4.) a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek veszélyének kezeléséről, valamint a 96/82/EK tanácsi irányelv módosításáról és későbbi hatályon kívül helyezéséről (a továbbiakban: SEVESO III. Irányelv). A Seveso III. Irányelv 2. cikk c, pontja értelmében hatálya kiterjed a veszélyes anyagoknak az irányelv hatálya alá tartozó üzemeken kívüli közúti, vasúti, belvízi, tengeri vagy légi szállítása és szállítás közbeni, közvetlenül kapcsolódó ideiglenes tárolására, beleértve a berakást és kirakást, valamint az egyik szállítóeszköztől a másikig történő szállítást a dokkokra, mólókra és a vasúti rendező pályaudvarokra. Ennek értelmében a vasúti rendezőpályaudvarokat, átrakó terminálokat és iparvágányokat a súlyos balesetek bekövetkezésének megakadályozása céljából, hasonlóan kellene kezelni, mint az egyes veszélyes anyag feldolgozással, gyártással foglalkozó veszélyes üzemeket, így biztonsági dokumentáció elkészítésére vonatkozó előírások teljesülését is vizsgálni lenne szükséges. [18]

Az Európai Parlament és a Tanács 2008/68/EK irányelve (2008. szeptember 24.) a veszélyes áruk szárazföldi szállításáról. Az irányelv a veszélyes áruk uniós országokon belüli és azok közötti, biztonságos közúti, vasúti vagy belvízi szállítására vonatkozó közös szabályokat állapít meg. Foglalkozik továbbá a következő szempontokkal is: be- és kirakodás, a más szállítóeszköztől és a más szállítóeszközeire való átrakás, a szállítás során szükségessé váló egyhelyben tartózkodás. A nemzetközi szabályok alkalmazását kiterjeszti a veszélyes áruk országhatáron belüli szállítására. [19]

Nemzetközi szakirodalom bemutatása

A biztonsági dokumentáció kidolgozásánál alkalmazható veszélyes üzemi kockázat- és következményelemzési módszertant az úgynevezett holland színes könyvek tartalmazzák. Az alapkönyv az úgynevezett „Lila könyv” [22], amely a kockázati alapú mennyiségi kockázatelemzési eljárást és a kapcsolódó módszertant tartalmazza. Ezen kiadványokban találhatók meg a kutatási témám szempontjából vizsgálendő súlyos vasúti baleseti eseménysorok, a kapcsolódó kockázatelemzési eljárások és módszerek leírása. A kiadványokat a holland Alkalmazott Tudományok Kutatóintézete (Netherlands Organisation for Applied Scientific Research - TNO) adja ki a Katasztrófa-megelőzési Bizottság megbízásából. [20]



2. ábra: A TNO színes könyvei [21]

3.2. Hazai mértékadó szakirodalom bemutatása

A kutatandó téma szempontjából releváns hazai veszélyes áru szállítási és veszélyes üzemekkel foglalkozó kiadványokat a megjelenés sorrendjében kívánom bemutatni. A kiadványok között elsőként a 2003-2004. között a Kjk. Kerszöv kiadó által megjelentetett „**Ipari biztonsági kézikönyv**” jelent meg. [24]



3. ábra: Ipari biztonsági kézikönyv [22]

A kiadvány a gazdaságban jelen lévő veszélyes anyagok tárolásával, feldolgozásával, felhasználásával összefüggő súlyos ipari balesetek kialakulásának lehetséges okait találhatjuk meg. A balesetek akár katasztrofális következményeinek hatásával foglalkozik a kiadvány, amely a súlyos ipari balesetek elleni védekezés összetett tevékenységére hívja fel a figyelmet. A kézikönyv útmutatóul szolgál a baleseti veszélyt jelentő veszélyes tevékenységek meghatározására, a veszélyes létesítmények üzemeltetőinek, a kormányzatnak és az önkormányzatoknak a súlyos ipari balesetek megelőzésével, az azokra való felkészüléssel és azok elhárításával kapcsolatos feladataira, meghatározza a közvélemény tájékoztatásával kapcsolatos kötelezettségeket. A kiadvány részletesen bemutatja a biztonsági jelentés, a belső és külső védelmi tervek készítésének és vizsgálatának szabályait és műszaki tartalmát, foglalkozik a veszélyes üzemek telepítéséhez kapcsolódó településrendezési eljárással. A kézikönyv a 2002. január 01-én hatályba lépett veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos ipari balesetek elleni védekezés szabályozás alkalmazásához készült. [22]

A szintén 2003-2004. közötti időszakban megjelent **„Ipari Biztonsági Kockázatkezelési Kézikönyv”** megjelenésének célja az volt, hogy részletesen bemutassa a súlyos ipari balesetekre vonatkozó kockázatkezelési jogszabályi háttérrel és bemutassa a vegyipar, gáz- és olajipar, gyógyszeripar és a mezőgazdaság területén működő veszélyes anyagot gyártó, feldolgozó és tároló technológiákban rejlő kockázatokat.



4. ábra: Ipari biztonsági kockázatkezelési kézikönyv [23]

A kiadványban megtalálható az intézkedések hatékony alkalmazáshoz szükséges a veszélyes anyag egész életciklusát átfogó kockázatkezelési rendszer működtetésének szabályai is. A kézikönyv bemutatja a súlyos ipari balesetek elleni védekezés jogi szabályozásának végrehajtásához ajánlott és nemzetközileg elfogadott kockázatkezelési módszereket, eljárásokat és a gyakorlatot.

Foglalkozik továbbá a veszélyes üzemek és létesítmények biztonsági vizsgálatánál használatos veszélyazonosítási, kockázat- és következményelemzési tevékenységgel, valamint az eredmények üzemi és hatósági felhasználási lehetőségeivel. [23] Mindkét kiadvány, immár 20 évvel ezelőtt készült el, azonban a mai napig olyan információkat tartalmaznak, amely a doktori értekezés-tervezet kidolgozása során, különös tekintettel a számítógépes tudományos kockázatelemzés elkészítésénél nagy segítséget nyújt majd, nem csak az adatok értelmezésének szempontjából, hanem a kockázat- és következményelemző szoftver elméleti működésével kapcsolatosan is.

További meghatározó jelentőségű módszertani kézikönyv az **„Iparbiztonsági Szakismeretek a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek elleni védekezéssel foglalkozó gyakorló szakemberek részére”** című kiadvány. A szakkönyv megírásának célja az volt, hogy a szerzők segítsék azoknak a szakembereknek a felkészülését, akik a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek elleni védekezés kérdéseivel kívánnak foglalkozni. A módszertani kézikönyv tartalmazza a kémiai biztonság szabályozásával összefüggő legfontosabb ismereteket, a veszélyes áruk osztályozási rendjét, illetve a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek elleni védekezés szabályozásának alapvetéseit, ahol a szerzők jogi és műszaki útmutatót adnak a jogi szabályozás egyes normáinak szakmai tartalmáról. [24]



5. ábra: Módszertani kézikönyv veszélyes ipari védelmi ügyintézők részére [24]

A Nemzeti Közszerológati Egyetem és a Katasztrófavédelmi Intézet 2012-es megalakulását követően a kutatási témához kapcsolódó releváns egyetemi jegyzetek és tankönyvek jelentek meg, amelyek a súlyos balesetek megelőzésével összefüggő jogi-, eljárás- és módszertani útmutatásokat tartalmaznak.

A kiadványok egyrészt segítséget nyújtanak a téma iránt érdeklődő, vagy éppen az azon a területen tudományos kutatást végző személyek felkészítésében, az üzemeltetők számára, másrészt segítséget adnak súlyos balesetek elleni védekezés szabályainak elsajátításában a katasztrófavédelem szakokon tanuló hallgatók részére is.

Az Intézet megalakulását követően, 2013-ban jelent meg az **„Iparbiztonságtan I. Kézikönyv az iparbiztonsági üzemeltetői és hatósági feladatok ellátásához”** című kiadvány. A kézikönyv célja, hogy elősegítse az iparbiztonsági szabályozás üzemeltetői végrehajtását, hogy az egységes jogértelmezésnek alapot adjon, valamint, hogy elősegítse a hatósági jogosítványok hatékony alkalmazását. [25]

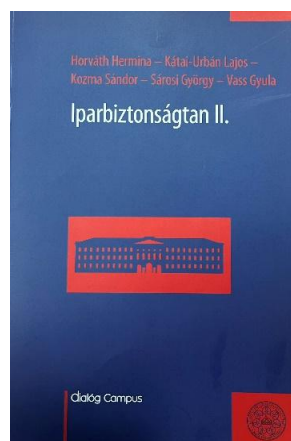


6. ábra: Iparbiztonságtan I. kézikönyv [25]

A következő, a kutatási témához kapcsolódó kiadványok 2014 – 2015. között jelentek meg. A **„Kézikönyv a veszélyes üzemek biztonságszervezésével kapcsolatos alapfeladatok teljesítéséhez”** kiadvány a veszélyes anyagokkal kapcsolatos általános ismerteket tartalmazza, valamint az ipari balesetek környezeti hatásainak leírását és a veszélyes áru szállítási normarendszer értékelését. A **„Kézikönyv Veszélyes üzemek, tevékenységek és technológia az iparban”** tansegédlet célja az volt, hogy azonosítsa, tipizálja a Magyarországot veszélyeztető veszélyforrásokat és elvégezze a veszélyeztetés iparbiztonsági szempontú értékelését. [26] [27]

A következő, tudományos kutatásom szempontjából mértékadó magyar kézikönyv az **„Iparbiztonságtan II. Kézikönyv a veszélyesáru-szállítmányokkal kapcsolatos feladatok ellátáshoz”** című Dialóg Campus Kiadónál megjelent kiadvány. A kézikönyv a veszélyes anyagok szállításának és tárolásának biztonsági kérdésköreivel foglalkozik.

A szerzők között szerepelek jómagam is, így a kézikönyvben ismertetjük a különböző szállítási módokat, alágaztokat és azok nemzetközi, uniós és hazai jogi szabályozásának kereteit. Kitérünk a magyarországi veszélyesáru-szállítás kockázati és forgalmi helyzetének értékelésére, hazánk veszélyesáru-szállítványok általi veszélyeztetettségének elemzésére. A kézikönyvben megtalálható továbbá a veszélyes áruk szállításával összefüggő általános előírások, a veszélyes áruk osztályozási rendszere, a szállítási csomagolások, jelölések, valamint a járművek helyes megjelölésével kapcsolatos ismeretek is. A kézikönyv nagy segítséget nyújthat az oktatási, üzemeltetői és hatósági szervezetek tagjai számára. [28]

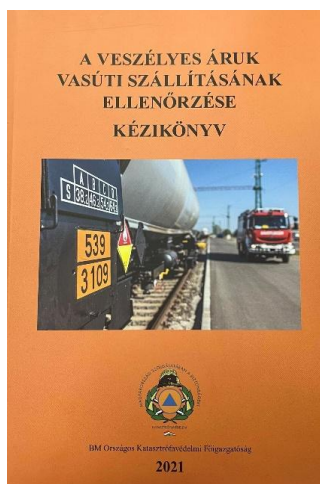


7. ábra: Iparbiztonságtan II. Kézikönyv [28]

Az iparbiztonság, mint a hivatásos katasztrófavédelmi szervezet rendszer egyik fő pillérét képező, a súlyos balesetek elleni védekezés elhárításával foglalkozó szakterületen dolgozó hivatásos állomány képzésére, valamint az államigazgatási szervek hatásköreinek tisztázása érdekében további kiadványok is születtek, amelyeket a BM Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság (a továbbiakban: BM OKF) adott ki 2005-ben. Az egyik ilyen kiadvány a **„Módszertani segédlet a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos ipari balesetek elleni védekezés területi és helyi feladatainak ellátáshoz”** című kiadvány volt. A módszertani segédlet a szabályozás végrehajtásával kapcsolatosan megfogalmazott módszertani magyarázatokat és mintaokmányokat tartalmazta. A kiadvány angol nyelven is megjelent. [29]

Szintén a BM OKF által készített, azonban **a veszélyes áru szállítás ellenőrzésével összefüggő ellenőrzési kézikönyvek** kerülnek kiadásra minden második évben. A veszélyes áru szállítás ellenőrzésével összefüggő, minden alágazatot érintő kézikönyvek közül, én most csak a veszélyes áruk vasúti szállításának ellenőrzésére vonatkozó kézikönyvet mutatom be.

A katasztrófavédelmi szervek 2012 óta vesznek részt a veszélyes áruk vasúton történő szállításának hatósági ellenőrzésében. A feladat és a szervezet a vasúti közlekedésről szóló törvényben, valamint a veszélyes áruk vasúti és belvízi szállításának ellenőrzésére és a bírság kivetésére vonatkozó egységes eljárás szabályairól, továbbá az egyes szabálytalanságokért kiszabható bírságok összegéről, valamint a bírságolással összefüggő hatósági feladatokat általános szabályairól szóló kormány rendeletben, mint önálló ellenőrzési és szankcionálási tevékenységet ellátó katasztrófavédelmi hatóság jelenik meg. [30] [31] [32]



8. ábra: A veszélyes áruk vasúti szállításának ellenőrzése kézikönyv [33]

A kézikönyv kitér arra, hogy Magyarország területén a vasúti veszélyes áruk fuvarozásának ellenőrzését a katasztrófavédelem önállóan az üzemváltó állomásokon, a határállomásokon, a vasúti üzemi létesítményekben, a telephelyen, valamint a vasúti pályán közösen, a vasúti közlekedési hatósággal hajtja végre. A vasúti telephelyeken, iparvágányokon végrehajtandó ellenőrzés rendeltetése, hogy a veszélyes áruk vasúti fuvarozásának előkészítése megfelel-e a hatályos jogszabályi előírásoknak, valamint a fuvarozásban résztvevők felelősségteljesen és jogkövetően végzik a fuvarozás során az előírások szerinti tevékenységüket.

Kutatásaimat a katonai műszaki tudományágban kívánom folytatni, ahol kutatás-módszertani szempontból alapvető műnek számít Bleszity János és szerzőtársai munkája a „**Műszaki kutatások és hatékony kormányzás**”. A szerzők megfogalmazásában „*a katasztrófavédelmi műszaki kutatásoknak a társadalom katasztrófákkal szembeni ellenálló képességének növelését, a sérülékenységeinek csökkentését, valamint a normális működési rendjéhez való mielőbbi visszatérés elősegítését, a rugalmasság növelését kell szolgálnia.*” [34]

A veszélyes üzemek, így a vasúti veszélyes áru fuvarozás üzemi létesítményeinek biztonsága szempontjából, a Katonai Műszaki Doktori Iskola 2002-es megalapítása óta több olyan PhD értekezés vagy habilitációs előadás benyújtásra került, amely a kutatási témámhoz szorosan kapcsolódik. Ezek sorra a következők:

1. Szakál Béla: A súlyos ipari balesetek elleni védekezésben használatos veszélyeztetettség-értékelési eljárások elemzése és összehasonlító vizsgálata, PhD értekezés, 2001. [35]
2. Cimer Zsolt: Veszélyes anyagokat gyártó, felhasználó, tároló küszöbérték alatti üzemek tevékenységéből származó veszélyeztetettség meghatározásának metodikája, a kockázatsökkentő intézkedések számszerűsítése, 2014. [36]
3. Kátai-Urbán Lajos: Iparbiztonsági jog-, intézmény és eszközrendszer fejlesztése Magyarországon, habilitációs előadása, 2015. [37]
4. Vass Gyula: Veszélyes üzemekkel kapcsolatos veszélyeztetettség elemzési eljárás- és eszközrendszer fejlesztése” című habilitációs téziszfüzete a súlyos balesetek elleni védekezés műszaki eszközrendszerének fejlesztése területen fejtettek ki tudományos tevékenységet. 2016. [38]
5. Hoffmann Imre: A védelmi tervezés és a kockázatsökkentés jelentőségének kutatása a súlyos ipari balesetek elleni védekezésben” megnevezésű értekezésében [50] a belső védelmi tervezés műszaki alapjait rakta le. [39]
6. Mesics Zoltán: A biztonsági irányítási rendszerrel szemben támasztott követelményrendszer továbbfejlesztése a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek megelőzésének és kezelésének hatékonyabbá tétele érdekében, 2018. [40]
7. Lévai Zsolt: A vasúti infrastruktúra komplex védelmi célú felkészítésének innovatív módszerei, 2023. [41]

A folyóiratcikkeket figyelembe véve számos a kutatási témához kapcsolódó információt találhatunk elsősorban az NKE tudományos periodikáiban, mint például a Hadmérnök, a Műszaki Katonai Közlöny, a Katonai Logisztika, a Bolyai Szemle Archív, vagy az AARMS egyes számaiban. 2016. évtől működik a „*Védelem Tudomány*” folyóirat, amelynek kimondott célja a katasztrófavédelmi tudományos eredmények megjelentetése. Ugyancsak fontos szakirodalmi hivatkozások találhatók a Hadtudomány nyomtatott és elektronikus számaiban. A szakirodalom igen terjedelmes és széleskörű palettát fednek le. PhD doktori értekezésemben hivatkozásként fogom használni az előbb említett folyóiratokban megjelent, a témához kapcsolódó releváns szakmai publikációkat.

Jelen szakirodalmi összefoglalóban bemutattam a kutatási témám szempontjából releváns súlyos balesetek elleni védekezéssel és vasúti veszélyes áru szállítással összefüggő nemzetközi és hazai jogi szabályozást. Ezt követően a kutatási problémához kapcsolódó jogi- és műszaki jogalkalmazási útmutatók tartalmát, a legjobb ipari gyakorlatot tükröző nemzetközi és hazai mértékadó műszaki szakirodalomban foglaltakat vizsgáltam meg.

Megállapítható, hogy a kutatási témámhoz kapcsolódó iparbiztonsági és veszélyes áru szállítási szabályozás összetett rendszerében a vasúti veszélyes áru szállítás üzemi létesítményeinek biztonsági szempontú elemzése és az ott esetlegesen bekövetkező baleset megelőzése, vagy rossz esetben hatásainak értékelése fontos témakörnek számít. A nemzetközi szabályzatokban már alkalmazott, vasúti üzemi létesítményekben vizsgálati eljárások hazai alkalmazása kihívás elé állíthatja mind a jogalkotókat, mind pedig a katasztrófavédelmi szakembereket. A nemzetközi szinten már jól kidolgozott és alkalmazott eljárások véleményem szerint sikerrel átültethetők lennének a hazai jogi szabályozási környezetbe. Nem elhanyagolható tényező azonban, hogy korábbi kutatásaim során azt a megállapítást tettem, hogy a MÁV Zrt. szervezetei felkészültek egy balesetei esemény kezelésére. A helyes ipari gyakorlat és az egységes hatósági jogalkalmazás kialakításához szükséges szakmai és tudományos alapokat megtalálhatjuk a fentebb bemutatott mértékadó nemzetközi és hazai szakirodalomban, illetve a jogi szabályozás területén is.

AZ ÉRTEKEZÉS FELÉPÍTÉSE, ELHATÁROLÁSOK

Az értekezésemet három egymásra épülő tartalmi fejezetre bontva dolgozom ki, amelynek a tartalma az alábbiakban foglalható össze:

Az értekezés célja a vasúti veszélyes áru szállításhoz kapcsolódó kockázatok, veszélyhelyzeti felkészültségi hiányosságok és fejlesztési lehetőségek komplex, rendszerszintű vizsgálata, különös tekintettel a vasúti rendezőpályaudvarokra és a veszélyes áru kezelésben érintett üzemi létesítményekre. A dolgozat szerkezete tudatosan egymásra épülő logikai egységekből áll, amelyek a jogi- szabályozási alapoktól indulva, a műszaki és szervezeti kockázatelemzésen keresztül jutnak el egy innovatív, digitális megoldási javaslat tudományos megalapozásáig. Az értekezés-tervezet három fő fejezete nem önállóan értelmezhető, elszigetelt tematikus egység, hanem egy olyan vertikálisan felépített gondolati lánc része, amelynek egyes elemei egymást kiegészítve és megalapozva vezetik el az olvasót a kutatási probléma felismerésétől az új tudományos eredmények megfogalmazásáig.

Az értekezés *első fejezete* a vasúti veszélyes áru szállítás nemzetközi és hazai szabályozási környezetének áttekintő értékelésére, valamint az ehhez kapcsolódó infrastrukturális és szervezeti keretek bemutatására koncentrál. A fejezet célja nem csupán a jogszabályok felsorolása, hanem azok funkcionális értelmezése abból a szempontból, hogy miként járulnak hozzá – vagy miként korlátozzák – a vasúti veszélyhelyzeti felkészültség tényleges szintjét. A fejezet részletesen foglalkozik a súlyos ipari és vasúti veszélyes áru szállítási balesetek nemzetközi és hazai tapasztalataival, különös hangsúlyt fektet azok környezeti, társadalmi és biztonságpolitikai következményeire. Ezen események elemzése nem öncélú, hanem annak bemutatását szolgálják, hogy a vasúti infrastruktúra – különösen a rendező pályaudvarok – a veszélyes anyagok jelenléte miatt sajátos kockázati térként értelmezhető. A fejezet egyik kulcskérdése a szabályozási koherencia hiánya. Rámutat arra, hogy míg a Seveso III. irányelv és az ahhoz kapcsolódó nemzetközi normák egyértelműen rendszerszinten kezelik a veszélyes anyagokkal foglalkozó létesítményeket, addig a hazai jogi környezetben a vasúti veszélyes áru szállítás üzemi létesítményei nem minden esetben jelennek meg egységes veszélyes üzemként. Ez a szabályozási eltérés nemcsak jogi kérdés, hanem közvetlen hatással van a veszélyelhárítási tervezés mélységére, a hatósági ellenőrzésekre és a felkészülés objektív mérhetőségére. A leírtak alapján, tehát az első fejezet megalkozza azt a problématerképet, amelyre az értekezés- tervezet további részei épülnek, ugyanakkor tudatos elhatárolást is alkalmaz: nem célja a teljes vasúti joganyag dogmatikai elemzése, hanem kizárólag azoknak az elemeknek a vizsgálata, amelyek közvetlenül kapcsolódnak a veszélyes áruk kezeléséhez és a veszélyhelyzeti felkészültséghez.

A *második fejezet* a jogi- szabályozási keretek után a gyakorlati működés szintjére helyezi a hangsúlyt és a vasúti rendezőpályaudvarok veszélyazonosítás és kockázatértékelés módszertani kérdéseinek elemzésére koncentrál. Ebben a fejezetben a kutatás fókuszja már egyértelműen műszaki- szervezeti jellegű. Bemutatásra kerül a hazai veszélyelhárítási tervezési rendszer felépítése, annak hierarchikusstruktúrája, valamint az, hogy a vasúti üzemi létesítmények miként illeszkednek ebbe a rendszerbe. Kiemelt figyelmet kap az a kérdés, hogy a formálisan meglévő tervek mennyiben képesek kezelni a rendezőpályaudvarok működéséből fakadó összetett kockázatokat. A fejezet részletesen tárgyalja a veszélyazonosítás és kockázatelemzés módszereit – többek között a HAZOP, FMEA és What-If elemzéseket -, és ezek vasúti alkalmazhatóságát. A bemutatott módszerek nem elméleti szinten jelennek meg, hanem konkrét vasúti folyamatokra, műveletekre és infrastruktúra-elemekre vetítve kerülnek értelmezésre.

A második fejezet egyik lényeges megállapítása, hogy a jelenlegi veszélyelhárítási gyakorlat alapvetően statikus, dokumentumcentrikus megközelítésre épül, amely csak korlátozottan alkalmas a dinamikus, több szereplőt érintő veszélyhelyzetek modellezésére és visszacsatolására. Ez a felismerés közvetlen átmenetet képez a harmadik fejezet tartalmához.

Az értekezés-tervezet *harmadik fejezete* a korábban feltárt jogi, szervezeti és módszertani hiányosságokra reagálva egy digitális gyakorlatoztató rendszer koncepcióját dolgozza ki, amely a vasúti belső veszélyelhárítási tervek gyakorlati alkalmazását és validálását támogatja. A fejezet nem egy konkrét, már kész szoftver bemutatását célozza meg, hanem egy olyan elméleti és funkcionális keretrendszer kidolgozását, amely alkalmas lehet a jövőbeni gyakorlati implementáció megalapozására. A hangsúly a rendszer logikáján, fázisain, adatkezelési és szimulációs elvein van, nem pedig egy adott technológiai platformon. A digitális gyakorlatoztató rendszer, mint kutatási eredmény szorosan kapcsolódik a korábbi fejezetekhez, hiszen a jogi szabályozási hiányosságok, a kockázatelemzési módszerek korlátai és a szervezeti együttműködés nehézségei egyaránt indokolják egy olyan digitális környezet létrehozását, amely képes a veszélyhelyzeti felkészültséget objektíven mérhetővé, rendszeresen tesztelhetővé és visszacsatolhatóvá tenni.

Az értekezés tudatosan nem vállalkozik a vasúti közlekedésbiztonság teljes spektrumának feldolgozására, nem tárgyalja részletesen a személyszállítási vagy általános forgalombiztonsági kérdéseket és nem célja egy konkrét informatikai rendszer műszaki specifikációjának kidolgozása sem. A kutatás fókusza végig a veszélyes árukhoz kapcsolódó kockázatokra, a veszélyelhárítási tervezésre és gyakorlati felkészültség fejlesztésére irányul.

A három fejezet egymásra épülése biztosítja, hogy az értekezés nem elszigetelt részvizsgálatokra, hanem egy koherens, logikailag zárt kutatási ívet valósítson meg, amely végül az új tudományos eredmények megfogalmazásához vezet.

A kutatásaimat 2026. január 31-én zártam le.

1. A VESZÉLYES ÁRU SZÁLLÍTÁS NEMZETKÖZI ÉS HAZAI SZABÁLYOZÁSÁNAK ÁTTEKINTŐ ÉRTÉKELÉSE ÉS INFRASTRUKTURÁLIS KERETEI

1.1. Jelentősebb nemzetközi és hazai veszélyes anyag jelenlétében bekövetkezett balesetek elemzése és értékelése

A világban számos olyan súlyos következménnyel járó ipari baleset történt, amely a telephely területén túl terjedve a környező településekre is veszélyt jelentett. Ilyen volt az 1976-os olaszországi Sevesoban bekövetkezett dioxinnal történt környezeti szennyezés, vagy az 1984-ben az indiai Bhopalban az Union Carbide telephelyén szabadba kikerülő metilizocianát által okozott tömeges mérgezés. [42]

A súlyos balesetek egy része már nemcsak a helyi közösséget, de az országhatáron áterjedve a környező országokat, esetlegesen az alvízi vízgyűjtő területen elhelyezkedő államokat is érinthet. Elegendő az 1986-ban a svájci baseli Sandoz gyárban történt eseményre, vagy a 2000 februárjában a romániai Nagybányán bekövetkezett cianid és nehézfém-szennyezésre gondolni, amelyek több országon áthúzódó környezeti kárt okoztak a Rajna, illetve a Tisza és a Duna folyamokban.

A veszélyes áru vasúti szállítási események súlyos emberi egészséget és életet közvetlenül veszélyeztető következményei miatt vonták magukra a szakemberek és a közvélemény figyelmét. Több szerencsés kimenetelű majdnem baleset (üzemzavar) tapasztalataiból azonban arra is következtethetünk, hogy minden műszaki-, emberi hiba vagy külső behatás által okozott üzemzavar magában hordozza a súlyos és esetenként katasztrofális esemény bekövetkezésének a lehetőségét. Véleményünk szerint ezen események megelőzésére egyik oldalról magas szintű hatósági engedélyezési, felügyeleti és ellenőrzési, másik oldalról viszont a már bekövetkezett üzemzavarok szakszerű kezelését biztosító veszély-elhárítási tervezési rendszerek működtetését igényli. [42]

1.2. Súlyos vasúti veszélyes áruszállítási balesetek környezeti hatásainak elemzése

A veszélyes áruk vasúti fuvarozása napjaink globális gazdaságában elengedhetetlen logisztikai feladat, hiszen e szállítási tevékenység az ipari, mezőgazdasági és energetikai szektorok alapanyag- és termékellátását biztosítja. A vasúti szállítási alágazatban végzett fuvarozási tevékenység azonban katasztrófavédelmi, biztonságtechnikai és környezetvédelmi kockázatok magas szintjét is magában hordozhatja.

Egy-egy súlyos baleset bekövetkezése esetén akár több tízezer liter veszélyes áru is a környezetbe kerülhet, emberi életet, az élővilágot veszélyeztetve, vagy éppen szennyezve a talajt, a vizeket, a levegőt is. A vasúti veszélyes áru szállítási balesetek környezeti hatásainak tudományos igényességű elemzése ezen szempontok figyelembevételével nélkülözhetetlen a kockázatok megértéséhez, a hatékony megelőzési tevékenységek koordinálásához és az esetlegesen bekövetkező baleset kárelhárítási eljárásainak fejlesztéséhez.

1.2.1. A balesetek környezeti hatásainak meghatározása

A vasúti balesetek környezeti hatása mindig a baleset jellegétől, a szállított veszélyes anyagok tulajdonságaitól, a környezeti viszonyoktól és az érintett terület használati módjától függenek. A közvetlen hatások közé tartozik a szennyezőanyag kibocsátás, amely elsőként a baleset helyszínén jelentkezik, majd különböző fizikai, kémiai és biológiai folyamatok révén tovább terjedhet. A vasúti balesetek következtében bekövetkező szennyezés jellemzően három fázisban fejti ki hatását. Az első fázis az akut szennyezés, amely közvetlenül a baleset után jelentkezik, amikor a veszélyes anyag hirtelen, nagy mennyiségben kerül a környezetbe. Ekkor a szennyezés koncentrációja rendkívül magas lehet és az élő szervezetekre akut toxikus hatást gyakorolhat. A második fázis a krónikus terhelés, amikor a szennyezőanyag lassan terjed tovább a környezetben – például a talajrétegeken keresztül beszivárog a felszín alatti vizekbe-, és hosszú távon fejti ki káros hatását. A harmadik fázis a másodlagos hatások időszaka, amikor a szennyezőanyag bomlástermékei vagy átalakult formái is környezetkárosítóvá válhatnak. [43]

A környezeti hatások meghatározása érdekében kulcsfontosságú a különböző környezeti elemekre (talaj, víz, levegő) gyakorolt hatások elemzése. A talaj a leggyakrabban érintett közeg, különösen akkor, ha a baleset nyílt terepen, burkolatlan területen történik. A szénhidrogén-alapú veszélyes anyagok – mint például a gázolaj, benzin vagy a nyersolaj – jelentős mértékben abszorbeálódnak a talajban, csökkentve annak a vízmegtartó és levegőztető képességét, továbbá gátolják a mikrobiális aktivitást, ezzel akadályozva a tápanyagok körforgását. [44]

A felszíni vizek szennyeződése leggyakrabban lefolyás útján történik, különösen csapadékos időszakban, amikor a szennyezett talajfelszínről az anyagok a közeli vízfolyásokba kerülnek. Ez eutrofizációhoz, oxigénhiányos állapot kialakulásához, valamint az élővilág pusztulásához vezethet, emellett a kiömlött anyagok egy része a felszín alatti vízbázisokat is veszélyeztetheti. A nehezen bontható, perzisztens szerves szennyezők, mint például a poliaromás szénhidrogének (a továbbiakban: PAH-ok) vagy a klórozott oldószerek hosszú ideig jelen maradhatnak a talajvízben, így veszélyeztetve az ivóvízellátást is. [45]

A légszennyezés főként akkor válik meghatározóvá, ha a kiszabaduló anyag illékony vagy éghető. Robbanás vagy tűz esetén nagymértékű füstképződés és toxikus gázok (például szén-monoxid, kén-dioxid, klórozott szénhidrogének) kerülhetnek a levegőbe. Ezek nemcsak lokálisan, hanem regionálisan is jelentős környezet-egészségügyi problémát okozhatnak. Az emberi egészséget érintő kockázatok között szerepel az akut légzőszervi irritáció, neurotoxicitás, valamint hosszabb távon akár karcinogén hatás is. [46]

A hatások nem korlátozódnak csupán a fizikai környezeti elemekre. A szennyezések ökoszisztéma-szintű következményekkel is járnak, beleértve a fajok elvándorlását, populációk pusztulását, a táplálékláncok megszakadását, valamint a biodiverzitás csökkenését. Az élőlényekre gyakorolt hatások, különösen kritikusak érzékeny élőhelyeken- például természetvédelmi területeken vagy vizes élőhelyeken -, ahol akár kisebb mennyiségű szennyezés is ökológiai katasztrófát idézhet elő. [47]

A környezeti hatások pontos és szisztematikus meghatározása különféle módszerekkel történik. A helyszíni mintavételezés, laboratóriumi analízisek, in situ érzékelők és modellezési technikák (transzportmodellek, kockázatbecslő szoftverek) lehetővé teszik a szennyezés térbeli és időbeli kiterjedésének nyomon követhetőségét. Ezen adatok nélkülözhetetlenek a kárelhárítási tevékenységet végző szervezetek döntéseinek megalapozásához, illetve a hosszú távú monitoring tervezéséhez. A fentiek figyelembevételével megállapítható, hogy a vasúti veszélyes áru fuvarozási balesetek környezeti hatásainak meghatározása interdiszciplináris megközelítést igényel, amely ötvözi a környezettudomány, a toxikológia, a kockázatelemzés és az ökológia módszereit. A megfelelő megelőző intézkedések mellett elengedhetetlen a gyors helyszíni reagálás és az utófigyelés ahhoz, hogy a környezetre és az emberi egészségre gyakorolt hatások minimalizálhatóak legyenek.

1.2.2. A szennyezőanyag jellege és környezetbejutásának módja

A vasúti veszélyes áru szállítási balesetek során kiszabaduló szennyezőanyagok típusa, fizikai-kémiai tulajdonságai, valamint a környezeti közegbe jutás módja döntően meghatározza a környezeti kockázat mértékét és jellegét. A szennyezőanyag viselkedését, terjedését és ökotoxikológiai hatását számos tényező befolyásolja, többek között annak halmazállapota, vízzoldhatósága, illékonyasága, adszorpciós képessége, perzisztenciája, illetve biológiai lebonthatósága. [48] A szennyezőanyagok környezetbe jutása az előbbi alfejezetben is említett módokon többféle útvonalon történhet, úgy, mint a levegőbe párolgás, a talajon keresztüli beszivárgás, a felszíni lefolyás, valamint a felszín alatti vízbe történő migráció.

A vasúti balesetekben leggyakrabban érintett veszélyes anyag csoportok közé tartoznak a szénhidrogének (benzin, gázolaj, dízel), az illékony szerves vegyületek (toluol, benzol, xilol), a klórozott oldószerek (triklór-etilén, tetraklór-metán) és a különböző savak, valamint lúgok, mint a sósav, kénsav, nátrium-hidroxid. Ezek közül sok anyag az emberre is mérgező, mutagén vagy karcinogén hatású, és akár kis mennyiségben is súlyos környezeti kockázatot jelent. [49]

A kiömlött anyag halmazállapota jelentős mértékben meghatározza, hogy milyen környezeti elemet szennyez elsődlegesen. A gázhalmazállapotú vagy illékony folyadékok, mint a klórgáz vagy az ammónia és a benzol, gyorsan a levegőbe kerülnek, és diffúzió, illetve szél hatására nagy távolságra is eljuthatnak. A levegőbe jutott szennyezőanyagok közvetlen belégzési expozícióval járnak és komoly légzőszervi, illetve neurológiai tüneteket válthatnak ki az embernél. Ugyanakkor ezek másodlagosan csapadékkal a talajra és a vizekbe is visszajuthatnak, úgynevezett „wet deposition” formájában. [50]

A folyékony szennyezőanyagok – különösen az olajszármazékok és szerves oldószerek – viselkedése nagymértékben függ viszkozitásuktól, sűrűségüktől és vízzoldhatóságuktól. A víznél kisebb sűrűségű anyagok a felszíni vizek tetején úsznak, mag a nagyobb sűrűségűek lesüllyedhetnek a mederfenékre, úgynevezett „DNAPL” (dense non-aqueous phase liquid) anyagként. Az utóbbi kategória különösen veszélyes, mivel a talajvízréteg alatt elhelyezkedve hosszútávú és nehezen eltávolítható szennyeződést okozhat. [51]

A szennyezőanyag talajba történő beszivárgása többnyire gravitációs szivárgással történik. A beszivárgás sebességét és mélységét a talajszerkezet, a szemcseméret, a pórusvíz telítettsége, valamint a talaj szervesanyag-tartalma befolyásolja. A szerves szennyezőanyagok (pl. toluol, fenol) hajlamosak az adszorpcióra, különösen a humuszos, agyagos talajokban, ami a mozgásukat lelassítja és a remediációt is megnehezíti. [52] A szervetlen anyagok, például nehézfémek (ólom, kadmium, higany) ionos formában diffundálnak a talajvízbe és könnyebben eljutnak az ivóvízbázisokba.

A felszíni vizekbe történő szennyeződés általában a baleseti helyszín közelében kialakuló lefolyás következtében történik. A csapadék vagy a tüzoltóvíz közvetítő közegként működik és az anyagot az árkokba, csatornába vagy természetes vízfolyásokba szállítja. Ez különösen problémás a gyorsan terjedő, vízzoldható vegyületek esetében, amelyek jelentős mértékben veszélyeztetik az élővíz minőségét, a halfaunát, valamint az ökoszisztéma egyensúlyát (Tóth, 2022). A vízi közegben a szennyezőanyag hígul ugyan, de biológiai lebomlása a vízhőmérséklet, a pH, az oldott oxigénszint és a mikroorganizmusok jelenlététől függ.

A szennyezőanyag lebomlási sebessége (biodegradációja) szintén fontos tényező a környezeti kockázat szempontjából. A könnyen lebomló anyagok, mint az etanol vagy az acetát viszonylag gyorsan eltűnnek a környezetből, különösen mikrobiológiai aktivitás esetén. Ezzel szemben a perzisztens szerves szennyezők (PAH-ok, PCB-k) vagy a nehézfémek, évtizedekig is a környezetben maradhatnak, felhalmozódhatnak az élő szervezetekben és a táplálékláncba kerülve hosszútávú egészségügyi és ökológiai kockázatot jelenthetnek. [53]

Egy másik kritikus tényező a szennyezőanyag toxikológiai profilja. A kis mennyiségben is erősen toxikus anyagok (cianidok, dioxinok) azonnali egészségügyi vészhelyzetet idézhetnek elő. A toxikus hatás meghatározásához figyelembe kell venni az anyag akut (LD_{50} , EC_{50}) és krónikus (NOEC, LOEC) hatásait, valamint a bioakkumulációs és biomagnifikációs potenciált is. Ezek az értékek alapjául szolgálnak a környezeti kockázatbecslésnek és a kármentesítési célértékek meghatározásának. [54]

Fontos kiemelni, hogy a szennyezőanyag környezetbe jutásának módja és a hatása gyakran nem önállóan, hanem más tényezőkkel együtt érvényesül. Ilyen lehet egy baleset következtében alkalmazott tűzoltó hab hatása is, amely esetén maguk is szennyezők lehetnek (PFAS vegyületek). A különböző anyagok egymással kölcsönhatásba léphetnek, szinergikus vagy antagonisztikus módon módosítva a toxikológiai hatásokat. Ezen okok miatt a vasúti balesetek utáni környezeti hatásvizsgálat nem redukálható egyszerű analitikai eljárásokra, hanem rendszerszintű, interdiszciplináris megközelítést kíván.

1.2.3. A környezet megtisztításának és helyreállításának lehetőségei

A vasúti veszélyes áru fuvarozási balesetek következtében bekövetkező szennyezések környezetre gyakorolt hatása sok esetben nem korlátozódik az akut esemény utáni közvetlen következményekre, hanem hosszútávon is kihatással van az ökoszisztémák működésére, a talaj- és vízminőségre, valamint az emberi egészségre. A balesetet követő környezetkárosodás mértéke, típusa, térbeli és időbeli lefolyása alapján különböző kármentesítési és helyreállítási módszereket választhatunk. E módszerek célja nem csupán a szennyezés forrásának eltávolítása, hanem a természetes állapothoz való visszatérés elősegítése is. [55] A szennyezett területek remediációja komplex folyamat, amely több lépésből áll. Az első és legfontosabb lépés a gyors kárelhárítás, amely során meg kell akadályozni a szennyezőanyag további terjedését, például mechanikai gátak, védőgödrök, ideiglenes tározók vagy adszorbens anyagok alkalmazásával. Ezzel párhuzamosan szükséges a monitoring és diagnosztikai tevékenységek elindítása: mintavételezés, szennyezőanyag-analízis, talaj- és vízminták toxikológiai vizsgálata, valamint az érintett terület hidrológiai és geológiai jellemzőinek feltérképezése. [56]

A kárelhárítást követően kerülhet sor a tényleges tisztítási és helyreállítási eljárásokra, amelyeket alapvetően három fő kategóriába sorolhatunk: fizikai, kémiai és biológiai módszerek. A módszer kiválasztása során figyelembe kell venni a szennyezőanyag típusát, koncentrációját, elhelyezkedését (felszíni vagy mélységi), valamint a terület ökológiai érzékenységét és társadalmi- gazdasági jelentőségét.

Fizikai eljárások. A fizikai remediáció célja a szennyezőanyag fizikai eltávolítása vagy elszigetelése. Ilyen módszer például a talajkiemelés (excavation), amikor a szennyezett talajréteget kiássák és biztonságos hulladéklerakóba vagy kezelésre alkalmas helyre szállítják. Ez gyors és hatékony eljárás lehet, ugyanakkor költségigényes és a talaj funkcionális szerkezetének elvesztésével járhat. A szivattyúzásos víztisztítás (pump-and-treat) során a szennyezett talajvizet felszivattyúzzák, majd különféle technológiákkal – például aktívszén-szűréssel, oxidációval, ioncserével – megtisztítják és csak ezután engedik vissza a környezetbe. A módszer egyik hátránya, hogy a mélyebb vízáradó rétegek tisztítása évekig is eltarthat, különösen alacsony permeabilitású talajok esetén. [57]

Alternatív lehetőség a hidraulikus vagy fizikai elszigetelés (containment), amikor a szennyezést nem távolítják el, hanem bent tartják egy zárt térben, például reaktív falakkal, betonit szigetelőréteggel vagy geoszintetikus anyagokkal. Ez különösen olyan helyszíneken alkalmazható, ahol a szennyezés eltávolítása technikailag vagy gazdaságilag nem kivitelezhető.

Kémiai módszerek. A kémiai remediáció célja a szennyezőanyag szerkezetének átalakítása nem toxikus vagy kevésbé toxikus formára. A kémiai oxidáció az egyik leggyakrabban alkalmazott eljárás, amely során olyan oxidálószereket juttatnak a szennyezett közegbe, mint a hidrogén-peroxid, az ózon, a permanganát vagy a perszulfát. Ezek az anyagok oxidálják a szennyezőt, ezzel csökkentve annak koncentrációját és toxikusságát. [58]

Egy másik eljárás a kémiai redukció, például a fémtartalmú szennyezések esetén. Itt redukálószer segítségével csökkentik az anyag oldhatóságát, mozgékonyságát esetenként vass(II)-sulfát vagy nátrium-ditionit alkalmazásával. A kémiai immobilizáció során a szennyezőanyagot oldhatatlan vegyületté alakítják, amely már nem képes migrálni a környezetbe. Ilyen a nehézfémek kalcium-foszfáttal vagy betonittal való stabilizálása. Ezek az eljárások viszonylag gyorsan kivitelezhetőek, de hosszútávú hatásuk függ a talaj kémiai dinamikájától és a rendszeres utómonitorozást igényelnek. [59]

Biológiai eljárások. A környezetkímélő és egyre inkább preferált eljárások közé tartoznak a biológiai remediációs módszerek, amelyek a természetes biodegradációs folyamatokat gyorsítják el. Az in situ bioremediáció során a talajban élő vagy mesterségesen bejuttatott mikroorganizmusok bontják le a szerves szennyezőanyagokat. Az eljárás hatékonysága fokozható tápanyagok (nitrogén, foszfor), oxigén vagy szellőztető rendszerek alkalmazásával. A fitoremediáció növények segítségével történő tisztítása, amelynek során egyes növényfajok képesek a szennyezőanyagok felvételére, tárolására vagy lebontására. Ilyen fajok például a Brassica nemzetségbe tartozó keresztesvirágúak, a napraforgó, valamint a vetiverfű. A módszer lassabb, mint más technikák, ugyanakkor olcsóbb és ökológiailag kevésbé invazív. [60]

A mykoremediáció (gombák alkalmazása) és enzimatis leontás újabb kutatási területek, amelyek kifejezetten perzisztens szerves anyagok, mint a poliklórozott bifenilek vagy peszticidek kezelésére ígértesek. A tisztítási technológiák alkalmazását követően a cél nem csupán a szennyezés megszüntetése, hanem a természetes ökoszisztéma-funkciók helyreállítása is. Ez magában foglalja a növényborítás visszaállítását, a talajszerkezet regenerálását, valamint a biodiverzitás növelését.

Kiemelten fontos a helyreállítási terv ökológiai megalapozottsága, különösen természetvédelmi területeken vagy érzékeny vízbázisok környezetében. A rehabilitációs programok gyakran több éves monitoringot és utánkövetést igényelnek, amely során értékelik a talajélet visszatérését, a fajösszetétel változásait, a vízminőségi paramétereket és az esetleges újraszennyeződés jeleit.

1.3. A veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek elleni védekezés nemzetközi katasztrófavédelmi jogi szabályozása

A veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek megelőzése és azok következményeinek kezelése évtizedek óta kiemelt fontosságú kérdés, mind környezetvédelmi mind pedig iparbiztonsági szabályozás szempontjából.

A vegyipari tevékenységek a veszélyes áru szállítás és tárolás komplex rendszere nemcsak helyi, hanem regionális és nemzetközi kockázatokat is hordozhat magában, különösen akkor, ha olyan súlyos balesetek következnek be, amelyek hatása túlmutat az adott település vagy ország határain. ennek megfelelően az elmúlt évtizedekben a nemzetközi közösség, valamint számos nemzeti jogalkotó külön szabályozási rendszereket dolgozott ki az ilyen típusú kockázatok kezelése érdekében.

A nemzetközi jogi környezet szempontjából meghatározó szerepe van az Egyesült Nemzetek Szervezet (a továbbiakban: ENSZ) égisze alatt működő szervezeteknek, különösen az ENSZ Gazdasági Bizottságának Európára (a továbbiakban: UNECE), amelynek keretében jött létre az ipari balesetek határokon áttérjedő hatásainak megelőzéséről szóló egyezmény.

Emellett fontos megemlíteni az OECD iránymutatásait is, amelyek a kockázatkezelés és vészhelyzeti felkészülés összehangolását célozzák meg. [61]

A különböző országok szabályozási gyakorlatainak elemzése rávilágít a harmonizáció és a helyi adaptáció szükségességére. Egy nemzetközi baleset, egy határon átnyúló szennyezés során ugyanis elengedhetetlen, hogy a különböző országok egységes elvek szerint reagáljanak, ugyanakkor biztosítani kell, hogy a helyi sajátosságok – infrastruktúra, földrajzi adottságok, lakosság eloszlása – is megfelelően érvényesüljenek (UNEP, 2019). Különösen igaz ez a vasúti veszélyes áru fuvarozásra, amely természeténél fogva nemzetközi volumenű eseményeket generálhat.

1.3.1. A SEVESO Irányelvek történeti áttekintő értékelése

Az 1976-os Észak- Olaszországban található Seveso városában bekövetkező vegyipari üzemi baleset, amely dioxinszennyezést okozott, alapjaiban változtatta meg az Európai Közösség hozzáállását az ipari veszélyhelyzetek megelőzéséhez. A baleset hatására az Európai Unió kidolgozta az úgynevezett SEVESO I Irányelvet (82/501/EGK), amely elsőként írta elő a veszélyes anyagokkal foglalkozó ipari üzemek bejelentési kötelezettségét és a biztonsági intézkedések végrehajtását. [62]

Ezt követte a SEVESO II Irányelv (96/82/EK), amely már bevezette a kockázatalapú megközelítést, meghatározta a küszöbérték szerinti kategorizálást (alsó és felső küszöbértékű veszélyes anyagokkal foglalkozó üzemek), valamint előírta a biztonsági dokumentációk készítését és a lakosság tájékoztatását is. [63] A SEVESO II Irányelv kiegészült ugyanakkor az úgynevezett „dominó-hatás” vizsgálat figyelembevételével is, vagyis az egymás közelében elhelyezkedő ipari üzemek egymásra gyakorolt veszélyeztető hatásainak értékelésével.

1.3.2. A SEVESO III Irányelv szabályozásának elemzése

A SEVESO III Irányelv (2012/18/EU) 2015. június 1-én lépett hatályba és célja, hogy tovább növelje a veszélyes anyagokkal foglalkozó üzemek és létesítmények biztonságát, a nyilvánosság tájékoztatását, valamint az egységes ellenőrzési rendszerek kialakítását. [64] Az Irányelv továbbra is két fő kategóriát különböztet meg, az alsó és felső küszöbértékű veszélyes anyagokkal foglalkozó üzemeket, melynek besorolása azon múlik, hogy mekkora mennyiségű és milyen típusú veszélyes anyagokat tárolnak vagy használnak fel.

A felső küszöbértékű veszélyes anyagokkal foglalkozó üzemekben biztonsági jelentést kell készíteni, amely tartalmazza a lehetséges baleseti forgatókönyveket, a kockázatok elemzését, a megelőző és elhárító intézkedéseket, valamint a veszélyes anyagok nyilvántartását. Kötelező továbbá a belső védelmi terv és ennek megfelelően a külső védelmi terv elkészítése is, amelyek tartalmát és végrehajtásának pontosságát, ugyanúgy, ahogyan a biztonsági dokumentáció tartalmát, az iparbiztonsági hatóság koordinál.

A SEVESO III Irányelv részleteiben kitér az olyan logisztikai létesítményekre is, mint a vasúti rendezőpályaudvarok és vasúti átrakó terminálok, ha azokban meghatározott mennyiség felett tárolnak vagy kezelnek veszélyes anyagokat. Ezen esetekben a létesítmény teljeskörűen az Irányelv hatálya alá esik, és ugyanolyan követelményeket kell alkalmazni, mint a veszélyes anyagokkal foglalkozó ipari üzemek esetében. [64]

1.4. A veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek elleni védekezés egységes hazai szabályozásának vizsgálata

A veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek megelőzése és következményeik elleni védekezés a modern katasztrófavédelem egyik kiemelt területe, amelynek hatékonyan működését Magyarországon egységes jogi és intézményi keretrendszer hivatott biztosítani. E szabályozási rendszer alapját a katasztrófavédelemről szóló 2011. évi CXXVIII. törvény, valamint a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek elleni védekezésről szóló 2019/2011. (X. 20.) Korm. rendelet képezi.

A Kat. tv. alapelvi szinten rögzíti, hogy a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek elleni védekezés nemzeti ügy, amelynek irányítási állami feladat. A jogszabály egységes fogalomrendszert határoz meg a veszélyes anyagokra, a veszélyes tevékenységekre, valamint a súlyos balesetek és kiterjed káresemények kezelésére vonatkozóan. A törvény célja egy olyan integrált védekezési rendszer kialakítása, amely a megelőzésre, a felkészülésre, a beavatkozásra és a helyreállításra egyaránt kiterjed és biztosítja az érintett szervezetek összehangolt működését.

A 2019/2011. (X. 20.) Korm. rendelet részletezi a veszélyes anyagokkal foglalkozó üzemekre vonatkozó kötelezettségeket, különös tekintettel a veszélyazonosításra, a kockázatelemzésre, valamint a biztonsági dokumentációk és belső védelmi tervek készítésére. A rendelet célja a súlyos balesetek megelőzésének és hatáscsökkentésének egységes, magas szintű biztosítása, továbbá a hatósági engedélyezési és felügyeleti tevékenység jogi megalapozása. A szabályozás hangsúlyosan kezeli a dominóhatások kérdését, a veszélyeztetett területek kijelölését, valamint a lakossági tájékoztatás és a gyakoroltatás kötelezettségét.

A két jogszabály együttesen olyan koherens rendszert alkot, amely a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek elleni védekezést elsősorban létesítményalapú megközelítésben szabályozza. A hangsúly a veszélyes anyagok tartós vagy rendszeres jelenlétéhez kötődő ipari és iparhoz kapcsolódó tevékenységeken van, ahol a veszélyes anyag mennyisége és jellege alapján egyértelműen meghatározható az üzem jogi státusza, valamint az üzemeltetőt terhelő megelőzési és védelmi kötelezettségek köre. Ugyanakkor a szabályozás vizsgálata során megállapítható, hogy ez az egységesnek tekintett hazai jogi keretrendszer nem terjed ki egyértelműen a magyarországi vasúti veszélyes áru fuvarozás üzemi létesítményeire. A vasúti rendezőpályaudvarok és más, veszélyes áruk kezelésében érintett vasúti üzemi területek, létesítmények nem jelennek meg önállóan, nevesítetten a veszélyes anyagokkal foglalkozó üzemek körében, viszont működésük során jelentős mennyiségű veszélyes anyag ideiglenes jelenlétével és összetett kockázati helyzettel kell számolni. Ez a szabályozási hiány értelmezési bizonytalanságot eredményez a veszélyhelyzeti tervezés, a kockázatértékelés és a hatósági felügyelet területén és rámutat arra, hogy a hazai szabályozás ezen a területen eltér a nemzetközi, különösen a súlyos ipari balesetek megelőzésére irányuló uniós szemlélettől.

1.5. A vasúti áruszállítás infrastrukturális elemzése, értékelése és fejlesztési lehetőségei

Magyarország a rendszerváltozást követően az Észak-atlanti Szerződés Szervezetéhez, illetve az Európai Unióhoz (a továbbiakban: EU) való csatlakozásával megteremtette a közlekedés, azon belül is a vasút fejlődésének lehetőségét. A közlekedési infrastruktúra fejlesztése mellett – amely kiemelt fontossággal bíró nemzetgazdasági érdekévé vált – nemzetközi kötelezettségeket is vállaltunk e területen. Az utóbbi huszonöt év tapasztalatai azt mutatják, hogy mind a gyorsforgalmi utak, mind pedig a nagy teljesítményű vasúthálózat az egyik legfontosabb alapfeltétele az ipari, kereskedelmi és logisztikai telephelyek létesítésének. E meghatározó szerep azonban az igényeknek megfelelő kapacitású és minőségű vasúti hálózat kiépítését és fenntartását igényli. A globális felmelegedés, a fenntartható fejlődés és a környezetvédelmi elvárások következtében a vasút fejlesztése újra előtérbe került hazánkban is. Mint tapasztalhatjuk, számos nagyszabású projekt van folyamatban (pályafelújítások, biztosítóberendezések modernizálása, állomásátépítések, géppark megújítása) vagy éppen tervezés alatt. Ezek megvalósítására javarészt EU-s források adnak lehetőséget. A vasút e lehetőségek kihasználása mellett folyamatosan alkalmazza a legújabb, legmodernebb technológiákat is, így joggal feltételezhető, hogy a jövőben a vasúti áruszállítás fellendülése várható.

További előnyként említhető meg, hogy a nemzetközi kereskedelem tárgyát képező áruk elfuvarozásában a vasutaknak kiemelkedő szerepük van, hiszen nagy teljesítőképességüknel fogva nagytömegű áruk aránylag gyors és biztonságos elfuvarozására képesek, viszonylag kedvező fuvardíjak mellett. Mindezek alapján arra következtethetünk, hogy Magyarország gazdasági fejlődésének és versenyképességének egyik kiemelt és fontos kulcsterülete a közlekedés, azon belül is a vasúti áruszállítás. A vasúti áruszállítás, -fuvarozás tevékenységén belül fontos szerepet tölt be a veszélyes áruk szállítása is, amely az előzőekben említett tényezők alapján mennyiségi növekedést mutat. [65]

1.5.1. Nemzetközi (TEN-T) vasúti hálózat elérhetőségének javítása

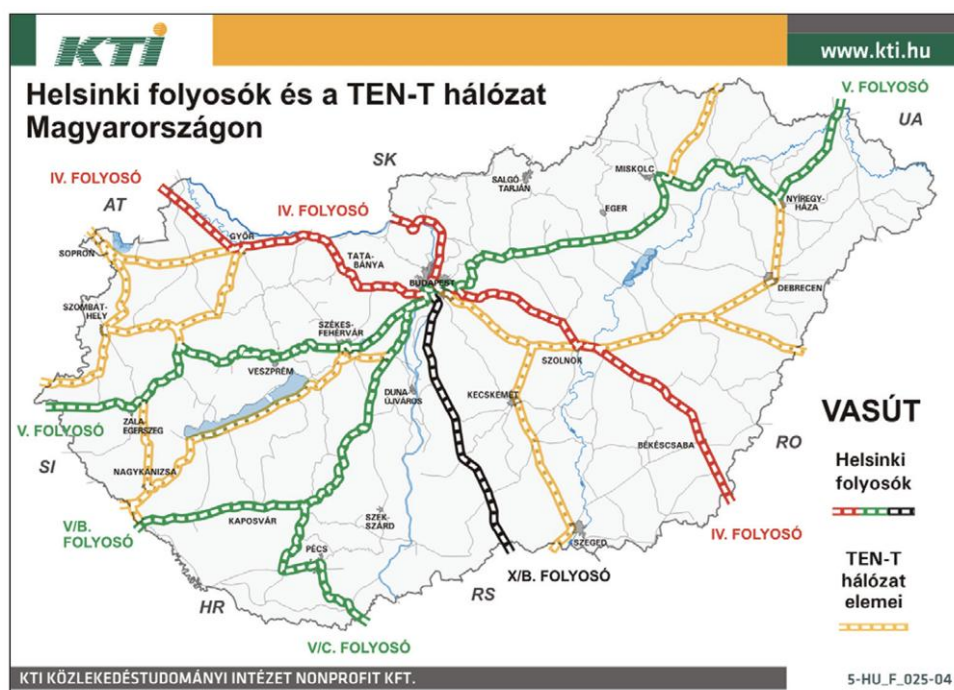
A vasúti veszélyesáru-szállítás szempontjából kiemelkedő jelentőséggel bíró, transzeurópai folyosók fejlesztésénél fontos szempont az átjárhatóság erősítése. A határokon keresztül megállás nélkül, korlátozás nélkül haladó vonatok jelenthetnek versenyképes vasúti közlekedést (a határokon történő mozdonycsere vagy a határvizsgálat lényegesen rontja az eljutási időket és a versenyképességet). Az Európai Unióban a területi kiterjedés miatt rendkívül fontos szerepet kap a szállítmányozás területén a nagytömegű áruk, azon belül is a veszélyes áruk fuvarozása. Emiatt az EU több logisztikai szempontból előnyös szállítmányozási folyosót határozott meg. A nagy távolságra szállított, jelentős tömegű áruk mozgatása vasúton a legelőnyösebb. Ehhez azonban szükséges, hogy a vasútvonallal összekötött országok akár egy szerelvénnel is végigjárhatóak legyenek. Ennek megvalósítása érdekében is alapvető, hogy kölcsönösen átjárhatóak-e alrendszerek, a tagországok szakaszai megfelelnek-e az EU-s kívánalmaknak. A Kohéziós Alap által finanszírozott ún. TEN-T, a vasúti elérhetőség javítására szolgáló prioritástengely kialakítását az EU transzeurópai közlekedési hálózat korszerűsítési kötelezettségei indokolják. A Bizottság hangsúlyozta, hogy Magyarországnak a beruházásokat az országon áthaladó TEN-T törzshálózati szakaszok befejezésére kell fókuszálnia. A Kohéziós Alap által finanszírozott IKOP-2. prioritástengely a fejlett és a kevésbé fejlett magyarországi régiókra is kiterjed, mivel a TEN-T vasúti törzshálózata budapesti és Pest megyei szakaszokat is érint. [66]

Az eddig végrehajtott vasúti fejlesztések teremtették meg a lehetőségét annak, hogy a veszélyes áruk szállítását végző járművek száma az utóbbi időben ilyen mértékben megemelkedhessen. Az áruszállítás gazdasági vonatkozásai ugyanúgy érvényesek és ugyanúgy vonatkoznak a veszélyes árukkal kapcsolatos vasúti szállítási feladatokra is. Ugyanakkor az is megállapítható, hogy a biztonság és a környezetvédelem alapvető követelmény a vasutak irányításában.

A gazdasági előnyt és fejlesztéseket ésszerű keretek között kell végrehajtani, és ez természetesen nem veszélyeztetheti a biztonságot és az esetleges balesetekre való felkészülést. A magyar vasút az ország földrajzi helyzetének köszönhetően fontos szerepet tölt be az európai vasúthálózatban, ezt az adottságunkat minél sikeresebben ki kell használnunk. Ha az európai uniós átlaghoz viszonyítjuk a vasút hazai szerepét, akkor elmondható, hogy hazánk mind a vasúthálózat sűrűsége, mind a személy- és áruforgalom tekintetében az uniós átlag felett jár. A vasúti törzshálózat fejlesztésében jelentős előrehaladás történt az elmúlt évtizedekben. Elmaradt azonban a mellékvonalak korszerűsítése, és a vasúti hidak nagy része is felújításra szorul. [65]

1.5.2. A transzeurópai közlekedési hálózat (TEN-T) magyarországi szakaszai

A Transzeurópai Hálózatok (a továbbiakban: TEN) az Európai Unióban található hálózatok fejlesztési programját foglalja magában, valamint a nemzeti hálózatok egységes, rendszer- és közösségi szemléletű kialakítását jelenti a különböző szállítási módok közötti optimális munkamegosztás és a nemzeti hálózatok közötti átjárhatóságot biztosító műszaki harmonizáció figyelembevételével. Az Európai Tanács és a Parlament 1996-ban fogadta el a közlekedési TEN-terveit, amely célul tűzte ki egy egységes szárazföldi, tengeri és légi közlekedési infrastrukturális hálózat létesítését az EU területén. A következő ábra e hálózat magyarországi vasúti elemeit mutatja be.



9. ábra: Helsinki folyósók és a TEN-T hálózat Magyarországon [65]

Magyarország vasúthálózatának sűrűsége az EU-átlag 169%-a. A közel 8000 km hosszú vasúthálózatunkból 2830 km a TEN-T törzshálózat része. A törzshálózat 71,9%-a nem felel meg a vasúti rendszerek kölcsönös átjárhatóságáról szóló 2008/57/EK irányelv 22,5 tonnás tengelyterhelési előírásának. [66] Ezen vonalak két legfőbb szűk keresztmetszete az, hogy harmaduk nem villamosított, és a határozatban előírt, maximum 100-120 km/h sebességet nem mindenhol képesek biztosítani. A vasút, mint közlekedési forma meghatározásához elengedhetetlen a „kötött pálya” fogalmának ismerete. A közlekedésben akkor beszélhetünk ilyen típusú közlekedési módról, ha a közlekedő jármű előre rögzített útvonalon halad, így a jármű mozgási szabadsága igen szűk, tehát a rögzített útvonalat – normális esetben – nem képes elhagyni. [67]

A vasút fő előnyeként említhető, hogy a közúttal szemben óriási árumennyiséget képes egyszerre, viszonylag gyorsan és környezetbarát módon egyik helyről a másikra juttatni, valamint e közlekedési ágazatban kevésbé játszanak szerepet az időjárási körülmények és a forgalmi kockázatok, mint a közúton. Zárt rendszerben közlekedve előnyt élvez, továbbá a szerelvények típusai és jellegei lehetővé teszik, hogy azok szinte bármilyen áru továbbítására alkalmasak legyenek. Az EU vasútpolitikájának egyik sarkalatos pontjának tekinthető, hogy a következő években a közútról a lehető legtöbb veszélyes áru forgalmát át kell terelni a vasútra. A következő ábra a hazai vasúti veszélyesáru-forgalom áruosztályonkénti forgalmának megoszlását szemlélteti. [42]

A vasúti árufuvarozáson belül mintegy 19-20% a veszélyes áruk szállításának aránya. A bemutatott árumennyiségek értékelése alapján megállapítható, hogy a vasúti szállítás főként a gyúlékony folyékony anyagok, gázok és maró anyagok szállítására összpontosul. a mérgező anyagok és robbanóanyagok szállítása az előzőekhez viszonyítva kisebb volumenben jelenik meg. A vasúti áruszállítás egyik problémás – de megoldódni látszó – területe az, hogy a vasúti pályák nyomtávzélessége nem mindenhol egyforma Európában (Finnország, Portugália, a volt Szovjetunió területe eltérő szabványokkal rendelkezik), ezért az ezen országokból érkező, illetve ide továbbítandó áruknak legalább két átrakodásra van szükségük, ezzel növelve az áru sérülésének és a veszélyes anyagok kiszabadulásának kockázatát. Példaként említhető a magyar–ukrán határon a vasúti nyomtávok különbözősége (Európában 1435 mm, a volt Szovjetunió országaiban 1520 mm). Ennek következtében gyakran több órát kell a szállítmányoknak várakozniuk, növelve ezzel a balesetek bekövetkezésének valószínűségét is.

A határokon is egyre sürgetőbb feladat lenne az akadálytalan átjárhatóság megteremtése a vasúti kapcsolatokban, mind az árutovábbítás, mind pedig a személyszállítás terén. Ezért egy automatikus nyomtávvaltó berendezés alkalmazására került sor, így nem sérül az áru, egyúttal sokkal gyorsabb a be- és kirakodás is. A SUW 2000 nevet viselő automatikus nyomtávvaltó berendezés 30 km/óra sebességgel történő áthaladást tesz lehetővé, így a nyomtávvalos technológia alkalmazásának eredményeképpen a határon tartózkodás ideje több óráról akár tizenöt percre is csökkenhet. Az előnyöket és a hátrányokat is figyelembe véve megállapítható, hogy a vasút hatékonysága belföldi és nemzetközi áru fuvarozás tekintetében igen jónak mondható. [68]

1.6. A vasúti infrastruktúra elemei, az országos vasúti árutovábbítási engedéllyel rendelkező társaságok működése

Magyarországon nyílt hozzáférésű vasútvonalakon árutovábbítási tevékenységet csak a Közlekedési Hatóság által kiadott engedéllyel rendelkező vállalatok folytathatnak. [69] Hazánkban jelenleg száznyolc ilyen bejegyzett társaságot ismerünk, melyek árutovábbítása lehet saját célú (szállítás) vagy mások által megrendelésre történő fuvarozás. [70]

Az engedéllyel rendelkező társaságok nagy része nem folytat valódi fuvarozói tevékenységet, a közlekedési hatóság engedélyét csak a vasúti létesítmények fenntartása, illetve az azok építését szolgáló tevékenységük során az építőanyag munkaterületre szállítása céljából szerezték be. Ezen vállalatok a szó hagyományos értelmében nem számítanak vasúttársaságnak, csupán a vasúthoz kötődő tevékenységük feltételei azonosak a ténylegesen árutovábbítási, fuvarozási tevékenységet végző társaságokkal. A vasúti infrastruktúra egy olyan gyűjtőfogalom, amely magában foglal minden olyan építményt, berendezést, amelyek a vasúti közlekedés lebonyolításához szükségeltetnek. A vasúti infrastruktúrának két fő részét különböztetjük meg: egyrészt magát a pályahálózatot, másrészt pedig a vasútgépészeti berendezéseket. [65]

Magyarország országos vasúti pályahálózata 7869,972 km [70] hosszú, ami az országos közúthálózat egynegyedét teszi ki, és ahhoz hasonlóan a nemzeti vagyon része. Az infrastruktúra részét alkotó pályahálózatokat három további alcsoportra oszthatjuk. Az országos hálózatba tartozik a vasúti közlekedésről szóló törvényben is meghatározott – az előzőekben már említett – transzeurópai vasúti áruszállítási hálózat részeként működő 2830 km vasútvonal, valamint az egyéb országos törzshálózati pályák és normál nyomtávú mellékvonalak. [71]

A magyarországi vasúti árufuvarozási hálózatot a 10. ábra szemlélteti, melynek tanulmányozása során megállapítható, hogy a magyar vasúti pályahálózat centrális, sugaras elrendezésű. A vasúti közlekedésről szóló törvény értelmében a nem országos érdekű, térségi vasutak, más néven regionális vasutak működése is megengedett. Ezek olyan pályahálózatokon működnek, amelyek legalább három megyét érintenek, illetve hosszúságuk nem lépi túl a 400 km-t. A térségi vasúti társaságok, akárcsak az országos vasúti társaságok, árutovábbítási tevékenységet is folytathatnak. A térségi vasutak jellemzője az országos vasúti hálózatokhoz képest egyszerűbb műszaki kivitelhez igazodó egyszerűsített vasúti szolgáltat, illetve a kisebb kapacitású eszközpark.



10. ábra: Magyarország vasúti árufuvarozási térképe [65]

A térségi vasutak olyan gyéren lakott területeken működnek, ahol nem merül fel jelentős szállítási kereslet az ipar részéről. Helyi vasúti pályahálózatnak nevezzük a helyi közforgalmú vasúti szolgáltatás végzéséhez szükséges vasúti pályahálózatot, amelynek konkrét szerepe a vasúti áruszállításban nincs. A vasúti pályákat további vonalosztályokba sorolják, eszerint A, B, C, D kategóriát különböztetünk meg. Az egyes kategóriákon belül meghatározták, hogy mekkora tömeg-, sebesség-, tengelyterhelés-, folyómétersúly-terhelés engedélyezett az adott vonalon. Magyarország vasútvonalai a „C” kategóriába tartoznak, és legfeljebb 80 km/h sebesség engedélyezett rajtuk, szemben az EU-ban használt 120 km/h-val. [65]

1.7. A vasúti veszélyes áru szállítás üzemi létesítményeinek csoportosítási lehetőségei és tevékenységeik vizsgálata

A veszélyes áru szállítás üzemi létesítményeit szállítási láncként csoportosíthatjuk. A következőkben vázolt csoportosítás csak a vasúti szektor üzemi létesítményeit tartalmazza. A Seveso III. Irányelv alapján a szállítás a veszélyes áruk helyváltoztatását jelenti, beleértve a fuvarozás folyamata során szükséges állomásokat és mindazt az időt, amit a veszélyes áruk a vagonokban, tartályokban és konténerekben töltenek, továbbá a szállítási körülmények által kikényszerített időt a helyzetváltoztatás előtt, alatt és után. [65]

1.7.1. Vasúti rendezőpályaudvarok

A BM OKF adatai szerint Magyarország területén a MÁV Zrt. 16 pályaudvart azonosított, amelyek közül a legjelentősebbek a ferencvárosi, a miskolci, a szolnoki és a záhonyi teher-pályaudvarok. A 11. ábrán a ferencvárosi vasúti rendező pályaudvar látható, amely a vasút-forgalom és az elfoglalt területnagyság alapján is Magyarország legnagyobb állomásának tekinthető.



11. ábra: A Ferencvárosi vasúti rendezőpályaudvar [65]

Központi szerepe vitathatatlan, mely az összekötő vasúti híd megépítése során alakult ki, ugyanis ezen a hídon keresztül halad át a Magyarország keleti és nyugati országrésze közötti vasútforgalom mintegy 90%-a.

Rendező pályaudvari szerepe miatt éjjel-nappal, az év minden időszakában jelentős teherforgalmat bonyolít le: naponta átlagosan mintegy 300-400 tehervonat halad át rajta.

E létesítmények a RID-szabályozás 1.11 pontja értelmében belső veszély-elhárítási tervet kötelesek készíteni, ami a Seveso Irányelv megelőzési, illetve következménycsökkentési szabályait alkalmazza. [11]

1.7.2. A veszélyes anyagot gyártó, feldolgozó és tároló üzemek vasúti rendező pályaudvarai, iparvágányai

A vasúti veszélyes áru szállítás üzemi létesítményeinek másik jelentős csoportja a veszélyes anyagot gyártó, feldolgozó és tároló üzemek vasúti rendező pályaudvarai és a telephelyhez szorosan kapcsolódó iparvágányok. A veszélyes anyaggal foglalkozó üzemek vagy egy küszöbérték alatti üzem területén elhelyezkedő üzemi rendező pályaudvar komoly kockázatot jelenthet, mind a környezetre, mind pedig a lakosságra. A telephelyhez kapcsolódó iparvágányok veszélyt okozhatnak, mivel itt jelentős számú, veszélyes áruval megrakott vasúti kocsi tartózkodik, iparbiztonsági üzemeltetői és hatósági felügyelet nélkül. [73]

1.7.3. Vasúti átrakó terminálok

Harmadik csoportként a vasúti átrakó terminálok veszélyes anyaggal foglalkozó üzemeit vagy a nem sorolt üzemeit nevesíthetjük. A Budapesten működő BILK Kombiterminált tekinthetjük az egyik legjelentősebb ilyen létesítménynek. Az üzem területén a konténerek átrakása során gyakori problémát jelent, hogy a terminálba érkező konténerek biztonsága nagymértékben függ a hazai vagy a külföldi feladói tevékenység változó minőségétől, illetve a vasúti kocsik műszaki állapotától egyaránt. [65]

A magyarországi vasúti pályahálózaton évente áthaladó áruk körülbelül húsz százaléka minősül veszélyes rakománynak. A fentieket összegezve megállapítható, hogy a vasút mint a veszélyesáru-szállítás lebonyolításának egyik alágazata rendező pályaudvarait a Seveso III. Irányelv kizárja alkalmazási területéből, viszont az Irányelv a vasúti rendező pályaudvarokon történő közbenső átmeneti tárolást mint a „fuvarozás folyamata során szükséges állomást” nevesíti. A hazai katasztrófavédelmi jogszabályok éppen ezt a tendenciát követik, így a jogalkalmazási gyakorlat a vasúti rendező pályaudvarokat a szállítási tevékenység részeként tartja számon, nem pedig veszélyes anyaggal foglalkozó üzemi létesítményként. Meglátásom szerint célszerű lenne üzemi létesítményként kezelni a vasúti rendező pályaudvarokat, hiszen a

veszélyes áruk tárolása, ki- és berakodása komoly közbiztonsági kockázatokkal járhat, amit szigorúbb szabályozási normáknak kellene alávetni.

Az áruszállítás a gazdasági fejlődés szempontjából elengedhetetlenül fontos. Mivel hazánk tranzitországnak számít, a veszélyes áruk szállításával kapcsolatosan is törekednünk kell arra, hogy a gazdasági szempontok figyelembevételével – az EU-projektek által biztosított források igénybevételével – a biztonsági, műszaki és infrastrukturális fejlesztéseket, korszerűsítéseket elvégezzük. A vasúti veszélyesáru-szállítás infrastrukturális adottságait tekintve aránylag nagy sűrűségű, nemzetközi gerinchálózatba illeszkedő (fő)vonali infrastruktúrával, továbbá a TEN-T hálózathoz való csatlakozás miatt nemzetközileg is jelentős logisztikai csomópontokkal és vasúti összeköttetéssel rendelkezik. A túlcentralizált hálózat (a fővárost elkerülő, a keleti és nyugati országrészeket összekötő vonalak hiánya, a Duna-hidak kapacitáskorlátja), a felújításra szoruló pályainfrastruktúra, illetve az EU-s átlagtól elmaradó minőségi mutatók (villamosítás, kétvágányú szakaszok aránya) még rejtenek magukban további fejlesztési lehetőségeket, melyekre az EU-s források megoldást nyújthatnak. Kevesebb, de a szolgáltatási színvonalat növelő komplex hálózatfejlesztéssel, a fenntarthatósági szempontok előtérbe helyezésével, továbbá akár magántőke bevonásával a vasúti infrastruktúra fejlesztése, korszerűsítése megoldható lenne. [65]

1.8. A MÁV Zrt. Műszaki Mentési és Segélynyújtási Utasításának elemzése, a műszaki mentéseknél használt eszközök, szakfelszerelések bemutatása

A vasúti balesetek felszámolásának elengedhetetlen feltétele a megfelelő jogi szabályozók megléte és a beavatkozásban résztvevő személyek folyamatos képzése. A kárfelszámoláshoz szükséges erők és eszközök a vasúti árutovábbítással foglalkozó vasúti társaságok, valamint katasztrófavédelem beavatkozó állománya részére is rendelkezésre állnak. Fontos feladatként jelentkezik továbbá, hogy ezen speciális eszközök és felszerelések használatát készségszinten elsajátítsa a beavatkozó állomány, melynek érdekében speciális begyakorló gyakorlatokra megtartására van szükség. [74]

A BM OKF Műszaki Mentési Műveleti Szakutasításáról szóló intézkedése szabályozza a kötöttpályás járművek baleseteinél történő tűzoltói beavatkozásokat. A Szakutasítás fejezeteinek előírásait a katasztrófavédelem tűzoltási és műszaki mentési tevékenységének általános szabályairól szóló 39/2011. (XI.15.) BM rendeletben, valamint a BM OKF Tűzoltás-taktikai Szakutasításában meghatározottak figyelembevételével, azok kiegészítéseként, illetve azokkal együtt kell értelmezni. A vonulás megkezdése előtt, vagy közben - amennyiben

vasúton történt a káreset -, illetve, ha a baleset jellege szükségessé teszi, intézkedni kell a vasúti balesetelhárító egységek helyszínre történő riasztásáról is.

A vonulás során a helyszín megközelítésével kapcsolatban további információkat kell kérni (torlódás, útlezárás), szükség szerint a vonuló egységek parancsnoka határozza meg másik vonulási útvonalat. A beavatkozás előkészítése során intézkedni kell a főmenetirányító értesítésére és meg kell határozni számára a kért segítséget (feszültségmentesítés, szakember helyszínre rendelése, baleset-elhárító egység, vegyi beavatkozó egység, vasúti daru, stb.). További intézkedéseket kell tenni a mentési terület biztosítására, illetve szükség esetén a helyszínt zárt területté kell nyilvánítani. A katasztrófavédelem kárelhárítási tevékenységet végezheti önállóan, saját készenléti állományával és technikai eszközeivel, de együttműködve más szervekkel, szervezetekkel is. Jelen cikk a BM OKF és a Magyar Államvasutak Zrt. (a továbbiakban: MÁV Zrt.) között létrejött együttműködési megállapodásának értelmében, a vasúti műszaki mentési és segítségnyújtási egységeinek eszközrendszerét vizsgálja, amely személyek élet- és vagyonbiztonságának - és a környezetet veszélyeztető természeti csapás, baleset, tüzeset, veszélyes anyag ellenőrizetlen szabadba jutásának megelőzésére, illetve a bekövetkezett esemény gyors és hatékony elhárítására jött létre. [74]

1.8.1. A MÁV Zrt. Műszaki Mentési és Segítségnyújtási Utasításának tartalmi elemei

A Magyar Államvasutak Zrt. Műszaki mentési és Segélynyújtási Utasításának célja a segélynyújtást és helyreállítást igénylő rendkívüli események (balesetek, tüzesetek, veszélyes áru ellenőrizetlen szabadba jutása) bekövetkezése esetén a műszaki mentési, segélynyújtási, a következmények felszámolási feladatainak szabályozása, a hatóságokkal, illetve a MÁV Zrt.-n kívüli szervezetekkel kapcsolatos együttműködés biztosítása, és a feladatok koordinált végrehajtásának elősegítése. [75]

A MÁV Zrt. Biztonsági Igazgatóságának 16/2025. számú MÁV csoport Műszaki mentési és Segélynyújtási Utasítása (továbbiakban: utasítás) szerint „a mentés és segélynyújtás: azoknak az elsődleges intézkedéseknek összessége, melyek a megsérült személyek ellátása, a dologi javakban a további kárkövetkezmények megelőzése érdekében szükségesek” Ugyancsak az utasítása alapján „a következmények felszámolása (elhárítása): azoknak a műszaki és forgalmi intézkedéseknek összessége, melyek a mentési és segélynyújtási valamint a további veszély megelőzési feladatok elvégzése után a pálya felszabadításáig, illetve a rendkívüli esemény előtti állapot helyreállításáig szükségesek.” [75]

Az Utasítás területi hatálya a MÁV Zrt. kezelésébe tartozó normál, széles és keskeny nyomtávolságú közforgalmú vasútvonalakon, üzemi vágányokon, valamint az azokhoz csatlakozó MÁV Zrt. kezelésében nem lévő vágányokon, továbbá a BM OKF és a MÁV Zrt. Vezérigazgatósága közötti Együttműködési Megállapodás alapján a MÁV Zrt.-n kívüli területeken bekövetkezett rendkívüli események következményeinek elhárítására terjed ki.

[76], [77] Rendkívüli káresemények bekövetkezésénél, balesetnél az elsődleges és legfontosabb feladat a személyek mentése, majd a további veszélyek és károk megelőzése, elhárítása.

A segélynyújtásnál és helyreállításnál a legfontosabb feladatok:

- személyek mentése;
- a tűz oltása;
- a veszélyes áru szabadba jutásának megszüntetése;
- a vasúti pálya felszabadítása (műszaki mentés, segélynyújtás);
- a pálya és pályavasúti berendezések helyreállítása;
- a vonatforgalom megindítása;
- a környezeti károk felszámolása.

A katasztrófavédelem feladatai:

- a veszélyeztetett személyek mentése;
- tűz terjedésének megakadályozása, tűz eloltása;
- az anyagi javak védelme;
- biztonsági intézkedések megtétele. [74]

A MÁV Zrt. feladata:

- a baleseti helyszín határolása, biztosítása, előkészítése a műszaki mentési és segélynyújtási feladatokhoz;
- a katasztrófavédelem mentési, segélynyújtási feladataiban közreműködés, a vasúti intézkedések megtétele;
- veszélyes áru ellenőrizetlen szabadba jutása esetén a vegyi elhárítás végrehajtása, biztonsági intézkedések megtétele;
- a vasúti forgalom fenntartása;
- a vizsgálatokban a rendőrséggel, illetve más illetékes hatóságokkal, szervezetekkel való együttműködés;

- a kisiklott járművek beemelése, más járműre emelése;
- a rongálódott pályavasúti eszközök (pálya, felsővezeték, biztosítóberendezés) helyreállítása; – a forgalom megindítása;
- a környezeti károk felszámolása. [74]

Rendkívüli esemény bekövetkezésekor az együttműködésben résztvevő szervezetek egységeit saját illetékes vezetőjük irányítja.

A résztvevő szervezetek között a munkák irányítását a helyszíni mentési munkák jellege határozza meg. Az egészségügyi kárhelyparancsnok végzi és irányítja a sérültek ellátásával kapcsolatos feladatokat, utasítást ad a résztvevő más szervezetek parancsnokainak. Az utasítás alapján az „egészségügyi kárhelyparancsnok: a rendkívüli esemény helyszínén általában a mentők vezetője, aki a sérültek ellátását, a roncsok közé szorultak kiszabadítását egészségügyi szempontból irányítja”. [75]

Tűz esetén, illetve műszaki mentést igénylő esetekben (jogszabályokban meghatározottak szerint) a katasztrófavédelmi egység vezetője ad utasítást a többi parancsnoknak. Az utasítás alapján a „katasztrófavédelmi egység vezetője: a rendkívüli esemény helyszínén jogszabályban meghatározott esetekben, illetve az Együttműködési megállapodás alapján a mentési munkák kárhelyparancsnoka.” [75]

Veszélyes áru ellenőrizetlen szabadba jutása esetén (a katasztrófavédelmi egység vezetőjével egyeztetve) a MÁV Vasúti Vegyi Elhárító Szolgálat ügyeletes vezetője irányítja a mentési munkákat, illetve a veszélyek megelőzését.

A rendőri erők vezetője a helyszín biztosítása és a nyomozás lefolytatásában adhat utasítást. A katasztrófavédelmi egység közreműködő, segítséget nyújtó tevékenysége csak addig kötelező, amíg az élet- és vagyonbiztonsági intézkedésekkel a személyi sérülés vagy a kárnövekedés veszélyét el nem hárították. Ezután az irányítási feladatokat a MÁV Zrt. kárhelyparancsnoka veszi át. [75]

1.8.2. A MÁV Zrt. vasúti-közúti műszaki mentési és segélynyújtási egységei és telepítési helyei

A vasút egy speciális, veszélyes üzemnek tekinthető létesítmény. Jellemzően adódóan a MÁV Zrt. saját baleset-elhárító és helyreállító egységekkel rendelkezik, a kárfelszámoláshoz szükséges eszközökkel, szakfelszerelésekkel vannak ellátva, riasztásukat pedig a MÁV Zrt. végzi. Ezek a közúti, illetve vasúti műszaki mentési és segélynyújtási egységek az ország nagy vasúti csomópontjain állomásoznak, melyet az 2. táblázat szemléltet. A vasúti balesetelhárító egységek irányítását a területileg illetékes MÁV igazgatóság vezetője, vagy megbízottja végzi.

2. táblázat: Vasúti műszaki mentési és segélynyújtási egységek [74]

Sorszám	Telepítési hely	Baleseti segélynyújtó egységek felsorolása	Kivonulási létszám meghatározása
1.	Ferencváros	– közúti–vasúti segélynyújtó UNIMOG gépjármű (KVSU–01) – vasúti segélynyújtó szerelvény – MD–603 psz. vasúti segélynyújtó daruszerelvény (nagyjavítás után MD 605 psz.)	6 fő + 1 fő
2.	Székesfehérvár	– RÁBA közúti segélynyújtó gépkocsi – MD1252 psz. vasúti segélynyújtó daruszerelvény (nagyjavítás után MD 1253 psz.)	6 fő + 1 fő
3.	Szolnok	– vasúti segélynyújtó szerelvény – KRC 1220 sor. vasúti segélynyújtó daruszerelvény	6 fő + 2 fő
4.	Miskolc	– vasúti segélynyújtó szerelvény	6 fő
5.	Debrecen	– RÁBA közúti- vasúti segélynyújtó gépjármű	6 fő
6.	Szeged	– TÁTRA közúti segélynyújtó gépjármű – vasúti segélynyújtó szerelvény	6 fő
7.	Dombóvár	– vasúti segélynyújtó szerelvény	6 fő
8.	Szombathely	– TÁTRA közúti segélynyújtó gépjármű – vasúti segélynyújtó szerelvény	6 fő
9.	Záhony	– vasúti segélynyújtó szerelvény (normál nyomtávú) – vasúti segélynyújtó szerelvény (széles nyomtávú)	6 fő

Viharok is veszélyessé tehetik a pályaszakaszt (kövek, fadarabok kerülhetnek a sínekre), a teher- és tartálykocsik kiborult, kifolyt rakománya pedig további akadályt képezhet a vasúti közlekedésben. A balesetelhárító szerek felszerelése leginkább az ilyen jellegű műszaki mentésre alkalmas: – sínre dőlt fák eltávolítása, – leszakadt felsővezetékek kijavítása, – kidőlt táblák, oszlopok helyreállítása, – sérült sínek, talpfák gyors javítása vagy cseréje, – vegyi anyagok azonosítása és felitítása, – üzemképtelenné vált mozdonyok javítása, – kisiklott, felborult könnyű vasúti kocsik visszaemelése. [75]

A Ferencvárosi telephelyen állomásozik az a balesetelhárító jármű, amely közúton és vasúton egyaránt tud közlekedni. Ez a KVSU-01 jelű Mercedes Unimog típusú balesetelhárító járműve, amelyet az 12. ábra szemléltet. [74]



12. ábra: MÁV KVSU-01 jelű Mercedes Unimog típusú közúti-vasúti balesetelhárító jármű
[74]

A vasúti baleseteknél zajló műszaki mentések eltérnek a közúti műszaki mentésektől. Ha egy vasúti szerelvény elhagyja a sínpályát, azt a nagy tömeg vagy helyszín megközelíthetősége miatt, speciális vasúti daruval lehet csak vágányra állítani. A balesetet szenvedett vasúti kocsit, a mozdony súlya vagy állapota teszi szükségessé ezeknek a nagy teherbírású vasúti daruknak a kárhelyszínre történő riasztását. Az országban jelenleg 3 ilyen nagy teherbírású daru áll szolgálatban. Ferencvárosban állomásozik egy MD 605-ös pályaszámú daru, ami 60 tonna teherbírású, Székesfehérváron egy MD 1253 psz. daru, ami 120 tonna teherbírású, Szolnokon pedig egy KRC 1220 típusú Kirov daru, ami 150 tonna teherbírású. A 13. ábrán műszaki mentés közben láthatjuk a szolnoki KRC 1220 típusú monstrumot, ahol egy mozdony emelésén fáradoznak a MÁV Zrt. szakemberei. [74]



13. ábra: Műszaki mentés, KRC 1220 típusú Kirov daru [74]

Disszertáció-tervezetem ezen részében a teljesség igényére törekedve igyekeztem bemutatni a műszaki mentéseknél használt szakfelszereléseket a MÁV Zrt. baleset-elhárítás szemszögéből. Célom volt egy átfogó képet adni a mentéseknél, baleseteknél alkalmazható felszerelésekről, eszközökről, valamint lényeges és legfontosabb szabályairól. Kutatásaim azt igazolják, hogy ahhoz, hogy a katasztrófavédelem egy rendkívüli vasúti eseménynél, balesetnél történő beavatkozása minél hatékonyabb és szakszerűbb legyen, szükség van a különleges vasúti ismereteket elsajátítására, az elméleti és gyakorlat képzésekre is. Szükségesnek tartanám továbbá, hogy a katasztrófavédelem beavatkozó állománya minél több közös mentési, elhárítási szituációs gyakorlatok szervezésében vegyen részt a MÁV Zrt. munkatársaival, hiszen élesben egy komplex mentés végrehajtásához összehangoltan, együttműködve kell dolgozni. Nagy hangsúlyt kell fektetni az oktatásokra, képzésekre, hiszen ezek adják meg a beavatkozó állomány tudásának és gyakorlatának alapjait, amely a jövőben akár újabb kutatási témaként is megjelenhet. [74]

1.9. A vasúti veszélyes áruszállítási balesetek felszámolásának tapasztalatai, különös tekintettel a Vasúti Vegyi Elhárító Szolgálat működésére

Súlyos vasúti baleseteknél több beavatkozó egységnek, akár több kárhelyszínen kell összehangoltan és együttműködésben dolgozni. Ehhez elengedhetetlen, hogy a kárelhárításban résztvevő egységek ismerjék egymás szakfelszereléseit és mentésnél használt eszközeit. Értekezés-tervezetem megírása során a vasúti veszélyesáru szállítással kapcsolatos balesetek felszámolásában résztvevő erők, kimondottan a vasúti baleset és segítségnyújtó egységek feladatait, valamint a Vasúti Vegyi Elhárító Szolgálat rendeltetését vizsgáltam. Egy hazánkban bekövetkező vasúti veszélyesáru szállítási baleset kapcsán több szervezet is érintett a felszámolásban és a kárelhárításban.

A közlekedési baleset típusától függően a következő szervezetek végeznek feladatokat a káreset helyszínén: – tűzoltást és műszaki mentést végző szervezet; – lakosságvédelmi tevékenységet ellátó szervezet; – vegyi felderítés és mentesítést végzők, – vasúti balesetelhárító szervezet; – egészségügyi szolgáltatást ellátó szervezet; – környezetvédelmi feladatokat ellátó szervezet; – helyreállítást végző szervezet. [78]

Az előbbieken felsorolt feladatok között átfedések tapasztalhatók, viszont az egyértelműen megállapítható, hogy e szervek közös célja az életmentés, illetve a baleset által bekövetkezett károk enyhítése és felszámolása.

A feladatok ellátásához azonban nélkülözhetetlen a beavatkozó erők közötti, az egymás akadályozása nélküli összhang kialakítása, mely közös szimulációs gyakorlatokkal még hatékonyabbá tehető. Ilyen közös, országos katasztrófafelszámolási és együttműködési gyakorlatra került sor 2014 októberében, melyet a BM OKF, a Nógrád Vármegyei Katasztrófavédelmi Igazgatóság és a Magyar Államvasutak Zrt. (továbbiakban: MÁV Zrt.) állományának kijelölt tagjai hajtottak végre. [78] Az eddigi tapasztalatok alapján megállapítható, hogy a katasztrófavédelem együttműködő társszervekkel kialakított kapcsolata jónak mondható, valamint, hogy a beavatkozó erők összhangban tudják ellátni feladataikat és segíteni egymás munkáját. Egy vasúti baleset felszámolásánál viszont az előbb felsorolt szerveken kívül egyéb beavatkozó erők is megjelennek a helyszínen, akik olyan speciális eszközökkel rendelkeznek, amelyekkel a beavatkozó állomány nem gyakran találkozhat. Értekezésem további részében e speciális egységek feladatainak és fontosabb eszközeinek bemutatása a cél.

Nagy mennyiségű áru szállítása vasúton költséghatékonyabban valósulhat meg, mint közúton, éppen ezért sokféle anyag, különböző eszközök és veszélyes áruk is áthaladnak a vasúti pályán, amelyek veszélyt jelenthetnek a lakosság és a környezeti javak vonatkozásában. Éppen ezért a MÁV Zrt. saját vonalain, veszélyesnek tekinthető anyagok szállítása közben, valamint meghibásodás következményeként bekövetkezett balesetek elhárítására Vasúti Vegyi Elhárító Szolgálatot működtet. Feladatuk a vasúton haladó és vasúti üzemi létesítmények területén tárolt Veszélyes Áruk Vasúti Fuvarozására Vonatkozó Nemzetközi Szabályzat (továbbiakban: RID) hatálya alá tartozó veszélyesnek minősülő anyagokkal kapcsolatos károk és események elhárítása. Tevékenységük köre kiterjed a pályán, tárolás közben bármilyen szivárgás, folyás megakadályozására, továbbá rakott vasúti kocsi karbantartására, emelés során jelentkező szakmai tevékenységek ellátására. A szolgálat Budapest-Ferencváros vasúti pályaudvaron lát el folyamatos 24 órás szolgálatot négy fővel, innen történik a kivonulás a rendkívüli vegyi esemény helyszínére, az ország egész területét lefedve. Az egység tagjai között egy fő ügyeletet vezető, egy fő gépkocsivezető, és két fő vegyvédelmi lakatos található. A jelzés beérkezését követően az egységnek 20 perc áll rendelkezésére a kárhelyszínen található körülményekre történő felkészülésre, valamint a vonulás megkezdésére. A jelzést a területi fő menetirányítótól kapják, mely tartalmazza az érintett veszélyes anyag típusát, a káreset pontos helyszínét, illetve annak körülményeit. [81]

Az ügyeletes vezetőnek ezután lehetősége van felmérni a kapott információk alapján a helyzet súlyosságát és a VVESz használatában lévő gépjármű felszereltségének alkalmasságát a káreset elhárítására. Az egység vezetője természetesen nem rendelkezhet az egész ország teljes pályájának ismeretével, ezért további információkat kérhet a területileg illetékes munkatársaktól. [75]

A készenlétben lévő jármű nem csupán vasúti, de közúti közlekedésre is alkalmas, így a beérkező információk alapján az egység vezetője dönt a kárhelyszín megközelítésének módjáról. Amennyiben a kárhelyszín nem közelíthető meg közúton, úgy a szolgáltatnak lehetősége van vasúti kocsira helyezni a gépjárművet, és így eljutni a káreset helyszínére. A vonulás közben a káreset helyszínén tartózkodó személyeknek célszerű felkészülni az egység helyszínre érkezésre és a beavatkozásuk közbeni teljes vasúti forgalom korlátozására, teljes lezárására is. Mivel kötött pályás közlekedésről beszélünk, így mindenképpen segítséget jelenthet a beavatkozó egységeknek, hogy a nagy sebességgel elhaladó szerelvények nem veszélyeztetik és nem zavarják őket a beavatkozás közben. Hasonlóan a tűzoltó egységekhez, a kiérkezést követően a szolgálat felderítést végez, ahol felméri a baleset elhárításának lehetőségeit, majd megkezdí a káreset felszámolását.

A szolgálat vezetője elrendeli az egység részére a szükséges védőeszközök használatát, majd a kárelhárítás ideje alatt ellenőrzi azok folyamatos használatát. [75]



14. ábra: A Vasúti Vegyi Elhárító Szolgálat STEYR 13S23/P46 típusú vegyi elhárító gépjármű [78]

Gyakorlati tapasztalat, hogy nagyobb prioritású esemény bekövetkezése esetén a VVESz helyszínre érkezésekor a helyszínen tartózkodik már a területileg illetékes hivatásos katasztrófavédelmi szerv beavatkozó állománya, a lehetőségekhez mérten vegyi- és műszakimentő konténer is, amely alkalmas a vegyi balesetek biztosítására. [82]

A katasztrófavédelmi beavatkozó állomány a rendelkezésükre bocsátott eszközök tekintetében a vegyi káreset elhárítását megkezdheti - a veszélyes anyag felfogását, ártalmatlanítását, környezetbe jutásának megakadályozását - amíg ki nem ér a vasúti egység. Az eddigi bekövetkezett események arra engednek következtetni, hogy balesetek nem ütközés következtében, hanem a tároló tartály meghibásodása miatt jöttek létre. Ütközés során a sérült tartály tartalma hamar elfolyik, szilárd anyag esetén az ütközéskor szétszóródik, ezért ekkor a veszélyeztetett terület kiürítése az elsődleges szempont, majd a környezetbe került anyag ártalmatlanítása a cél. [75]

A Szolgálat több mint két évtizedes elhárítási, szakmai tapasztalatai alapján készen áll a közlekedési ágazatokban bekövetkezendő vegyi áruszállítási balesetek elhárítására, a környezeti károk csökkentésére, valamint a szükséges helyreállítási munkálatok meghatározására, kivitelezésére, illetve műszaki felügyeletére, mint például:

- – a sérült csomagolóeszközök provizórikus tömítése, ragasztása, mentesítése, szükség esetén átfertés hordós, valamint tartálykocsiban szállított áruk esetén,
- – a veszélyes anyag szóródása, ömlése esetén kármentőbe, onnan biztonságos edénybe történő átfertése,
- – a szennyezett közlekedési eszköz mentesítése,
- – a szaktanácsadás a helyszínen vagy telefonon, veszélyes anyagokkal kapcsolatos szakértés, a helyszíni műszaki és/vagy műszeres felügyelet ellátása,
- – a kereskedelmi (nem baleseti) jellegű átfertések,
- – a védőruhák vegyi mentesítése, tömörségvizsgálat, környezetvédelmi szaktanácsadás,
- – a 7 (radioaktív) osztály anyagainak esetében a szolgálat csak ellenőrző méréseket tud végezni.

Valamennyi felsorolt tevékenységet az aktuális helyzetnek megfelelő védőfelszerelésben, a megfelelő személy- és vagyonbiztonság, illetve a környezetvédelmi szempontok figyelembevételével végzik. [75]

A vasúton történő szállítás mértékének növekedésével és fejlődésével a mentő technika nem volt képes lépést tartani. Az utaslétszám és a tárgyak szállításának igénye folyamatosan növekszik, ezért az ország területén a pályával ellátott területeken bárhol és bármikor számolni kell ilyen balesetek bekövetkezésével. A mentést végző egységek nem engedhetik meg maguknak, hogy egy ilyen esetről tétlenül álljanak, miközben emberéletek forognak kockán. A bevetendő eszközöket figyelembe véve, hogy a katasztrófavédelem által használt, tűzoltó gépjárművekkel kijutott eszközök korlátoltan képesek vasúti baleseteknél helyt állni, hiszen ezek az eszközök elsősorban közúti járművek műszaki mentésére lettek kialakítva. Éppen ezért a VVESz által biztosított eszközök és járművek meglete elengedhetetlen a vasúton bekövetkezett balesetek felszámolásában, valamint véleményem szerint hasonló paraméterekkel rendelkező, új eszközök beszerzése is indokolt lehet a közeljövőben. Kutatásaim azt igazolják, hogy a BM OKF és MÁV Zrt. között létrejött együttműködési megállapodás megfelelő keretet biztosít a lehetséges kockázatok elfogadható minimumra csökkentse érdekében, illetve, a már bekövetkezett balesetek, gyors és eredményes felszámolásának végrehajtására, a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek megelőzésére, a környezetre, illetve az egészségre ártalmas következmények csökkentésére, valamint az ember és a környezet magas fokú védelemének biztosítása érdekében. [78]

1.10. Részkövetkeztetések az első fejezethez

A vasúti veszélyes áru szállítás biztonsági feltételrendszerének vizsgálata rávilágít arra, hogy a jogi szabályozás, a infrastrukturális adottságok és a szervezeti működés egymással szoros kölcsönhatásban határozzák meg a súlyos balesetek elleni védekezés értelmezését és kezelésének lehetőségeit. E tényezők együttesen alkotják azt a működési környezetet, amelyben a veszélyhelyzeti felkészültség és a beavatkozási képességek kialakulnak, ugyanakkor nem minden esetben jelennek meg egységes koherens rendszerként a vasúti veszélyes áru fuvarozás gyakorlatában.

A kutatás alapján megállapítható, hogy a vasúti veszélyes áru szállítás üzemi létesítményeinek jogi besorolása és szabályozási megközelítése nem minden esetben illeszkedik következetesen a súlyos balesetek megelőzésére irányuló nemzetközi szemlélethez. A hazai és nemzetközi normák eltérő értelmezési kereteket alkalmaznak, amelyek a kockázatok jogi megítélésében és a veszélyhelyzeti felkészültséggel szemben támasztott elvárások meghatározásában eltéréseket eredményez. E különbségek nem csupán elméleti jellegűek, hanem közvetetten befolyásolják a vasúti rendezőpályaudvarok működéséhez kapcsolódó biztonsági feltételeket is.

Meglátásom szerint a jogi szabályozás eltérő logikái kihatnak a veszélyhelyzeti működésben érintett szervezetek feladatmeghatározására és együttműködési kereteire is. A formálisan kialakított szervezeti struktúrák és az azokhoz rendelt eszközrendszerek meglét önmagában nem garantálja a veszélyhelyzeti működés hatékonyságát, amennyiben azok nem illeszkednek a vasúti veszélyes áru fuvarozás valós, időkritikus és többszereplős működési folyamataihoz. A fejezet rámutat arra, hogy a szervezeti és eszközrendszeri megfelelés értékelése nem választható el a tényleges működési környezettől.

A vizsgált infrastrukturális és üzemi sajátosságok – különösen a veszélyes anyagok átmeneti jelenléte és mozgatása a rendező pályaudvarokon – olyan kockázati helyzeteket eredményeznek, amelyek kezelése túlmutat a hagyományos létesítményközpontú megközelítéseken. A kockázatok időbeli változása és térbeli átrendeződés olyan tényezők, amelyek a jog és szervezeti keretek kialakítása során fokozott figyelmet igényelnek, ugyanakkor ezek a szempontok nem minden esetben jelennek meg kellő hangsúllyal a hazai szabályozási és intézményi struktúrákban.

Összességében elmondható, hogy a fejezet részkövetkeztetései azt támasztják alá, hogy a vasúti veszélyes áru szállítás biztonsága nem kezelhető kizárólag normatív megfelelésként vagy infrastrukturális kérdésként. A jogi szabályozás, a szervezeti működés és az eszközrendszer együttesen határozza meg a veszélyhelyzeti működés feltételeit és ezen tényezők közötti koherencia hiánya a kockázatkezelés hatékonyságát is befolyásolja. A fejezet megalapozza annak szükségességét, hogy a vasúti veszélyes áru szállítás kockázatait a továbbiakban ne kizárólag statikus jogi vagy műszaki keretek között, hanem rendszerszintű megközelítésben értelmezzük.

A fejezetben feltárt összefüggések tudományos alapot teremtenek az értekezés-tervezet következő részei számára. Egyrészt rávilágítanak arra, hogy a kockázatok értelmezése szorosan összefügg a szabályozási és szervezeti környezettel, másrészt előkészítik annak vizsgálatát, hogy a klasszikus kockázatelemzési módszerek és a jelenlegi felkészítési gyakorlatok milyen mértékben képesek kezelni a vasúti veszélyes áru szállítás dinamikus működéséből fakadó kihívásokat.

2. A VASÚTI RENDEZŐPÁLYAUDVAROK VESZÉLY-ELHÁRÍTÁSI TERVEZÉSÉNEK FEJLESZTÉSI LEHETŐSÉGEI

2.1. A hazai veszélyelhárítási tervezés rendszere, valamint a súlyos ipari balesetek bekövetkezéseinek csökkentését szolgáló üzemeltetői intézkedések vizsgálata

A veszélyelhárítási tervezés a katasztrófavédelem, az iparbiztonság, és a lakosság szemszögéből nézve is egy kulcsfontosságú területnek minősül. Célja a veszélyeztető hatások felismerése, a következmények csökkentése, valamint a megfelelő megelőzési és beavatkozási intézkedések meghatározása.

Magyarországon a veszélyelhárítási tervezés rendszere egységes és szigorúan szabályozott rendben működik, amely a nemzetközi elvárásokhoz igazodva fejlődött az elmúlt évtizedekben. Jelen fejezet megírása során célkitűzéseim között szerepelt a hazai rendszer veszélyelhárítási tervezési rendszer bemutatása és összevetése a nemzetközi jó gyakorlatokkal.

A veszélyelhárítási tervek olyan dokumentumok, amelyek meghatározzák az adott területen esetlegesen bekövetkező veszélyhelyzetek kezelésének módját, a bevonható felelős szervezeteket, valamint a védelmi és beavatkozási intézkedéseket. [83] A tervek megalapozottságát veszélyazonosítási, kockázatelemzési, lakosságvédelmi, logisztikai és operatív komponensek képezik.

A nemzetközi gyakorlatban a veszélyelhárítási tervezés alapját képező modell a „hazards and vulnerability analysis” (HVA), amely figyelembe veszi a veszélyforrásokat, a társadalmi és fizikai sebezhetőséget, valamint a védekezéshez szükséges erőforrásokat. [84]

A magyar veszélyelhárítási tervezési rendszer jogi alapjait elsősorban a 2011. évi CXXVIII. törvény fekteti le, amely részletesen meghatározza a veszélyelhárítási tervek típusait, az illetékes hatóságokat és az érintett szereplők felelősségi köreit.

A veszélyelhárítási tervek hierarchikus rendszerben épülnek fel, az alábbi szinteken:

- Központi veszélyelhárítási terv
- Területi (fővárosi) veszélyelhárítási terv
- Járási veszélyelhárítási tervkivonat
- A hivatásos katasztrófavédelmi szerv helyi szervének összesített terve
- Települési (a fővárosban kerületi) veszélyelhárítási terv

- Munkahelyi veszélyelhárítási terv

2.2. Veszélyazonosítás és kockázatértékelés a vasúti rendező-pályaudvarokon

Az utóbbi években gyakran fordultak elő olyan veszélyes anyagok szállításával összefüggő balesetek, amelyek komoly gazdasági veszteségeket, valamint halálos áldozatokat követeltek. A veszélyes áruk szállításának kockázatértékelésével kapcsolatos fejlesztési lehetőségeinek vizsgálata, mind a tudományos világ szereplői körében, mind pedig a jogalkotók körében aktuális kérdésként jelentkezik napjainkban. Ez a fejezet szisztematikusan áttekinti és értékeli a veszélyes áruk szállításának kockázatértékelési modelljeit, külön tekintettel a vasúti veszélyes áru fuvarozás során érintett üzemi létesítményekre, hiszem a vasúti rendezőpályaudvarok a vasúti hálózat logisztikai és technikai csomópontjai, ahol a vasúti kocsik szétválogatása, összeállítása és az irányvonatok képzése történik. E komplex tevékenységek során számos biztonsági kihívással kell szembenézni, különösen a veszélyes áruk mozgatása során. A rendezőpályaudvarokhoz kapcsolódó műveletek során fennáll a veszélyes anyagok kiszabadulásának, ütközéseknek, tüzeseteknek vagy robbanásoknak a kockázata. A kockázatok megfelelő kezelése és megelőzése a veszélyazonosítás és kockázatértékelés rendszerszintű alkalmazásán alapul.

2.2.1. A veszélyazonosítás szerepe

A veszélyazonosítás célja, hogy feltérképezze azokat a tényezőket, amelyek káros eseményeket idézhetnek elő. A vasúti rendezőpályaudvarokon ezek a következő tényezők lehetnek.

- veszélyes árut szállító vasúti kocsik jelenléte;
- elöregedett vagy nem megfelelően karbantartott vágányhálózat;
- emberi hibák (pl. váltóállítási tévedések, fékproblémák);
- technológiai hibák;
- külső behatások (szélsőséges időjárási anomáliák, szándékos rongálás).

A veszélyek azonosításához a nemzetközi gyakorlatban több módszert is alkalmaznak, melyek közül néhányat, a teljesség igénye nélkül felsorolásra kerülnek:

Hazard and Operability Study (HAZOP): részletesen elemzi a működési eltéréseket

A veszélyes technológiai rendszerek biztonságának megteremtése és fenntartása világszerte kiemelt feladat a katasztrófavédelem, az iparbiztonság és a környezetvédelem szempontjából. A HAZOP elemzés módszertan az egyik legelterjedtebb és legmegbízhatóbb eszköz a potenciális veszélyek és működési hibák feltárására. Ezt a kvalitatív elemzési módszert eredetileg a vegyipar számára dolgozták ki, de mára széles alkalmazzák a vasúti közlekedéstől az energetikai szektoron át a gyógyszeriparig. A HAZOP célja nem csupán a baleseti források azonosítása, hanem azok megelőzése érdekében olyan rendszerszintű beavatkozások javaslata is, amelyek révén csökkenthető a bekövetkezés valószínűsége vagy a következmények súlyossága. [85]

A HAZOP egy strukturált, csapatmunkán alapuló kvalitatív módszer, amely a technológiai rendszerek működésének és biztonságának szisztematikus vizsgálatát végzi. A módszert az 1960-as években fejlesztette ki az Imperial Chemical Industries (ICI), azóta pedig több nemzetközi szabvány is beemelte, például az IEC 618882, 2016. [86]

A módszer lényege, hogy egy adott folyamatot vagy rendszert rendszerelemekre bontanak, majd minden elemre különféle irányított kérdések, úgynevezett „guide words” – vezérszavak segítségével keresnek lehetséges eltéréseket, ezek okait, következményeit, valamint a meglévő vagy szükséges intézkedéseket.

Az elemzés elvégzése több lépésből áll, ezek szinte teljes mértékben megegyeznek a nemzetközi ipari gyakorlatban használt HAZOP folyamatával. [86]

1. Elemzési cél és hatókör kijelölése, például kizárólag a veszélyes áruk kezelésére koncentrálni.
2. Elemzési csoport összeállítása – HAZOP vezető, technológiai szakember, karbantartó, biztonságtechnikus, operátor.
3. Tolerációs, gurítási műveletek szekciókra osztása: Vágánycsoportonként, műszakonként, vasúti kocsitípusa szerint.
4. Guide word technika alkalmazása minden szakaszra.
5. Kockázati következmények azonosítása és prioritizálása.
6. Meglévő védelmi intézkedések rögzítése: pl. sebességkorlátozás, emberi ellenőrzés, automatikus váltózárs.
7. Kiegészítő intézkedések javaslata: kamerás felügyelet, hangriasztás, új munkautasítás.

A Guide word-alapú elemzés vasúti példákkal

A HAZOP módszer kulcselemei a vezérszavak („guide words”), amelyek segítenek hipotetikus veszélyhelyzeteket modellezni. Vasúti alkalmazás esetén néhány jellemző példát szemléltetnek a 3. számú táblázatban.

3. táblázat: HAZOP vezérszavak [88]

Készítette: a szerző

Guide word	Folyamatparaméter	Lehetséges eltérés	Példa rendezőpályaudvaron
No	Jelzésváltás	Nem történik meg	A váltó nem áll át a kívánt irányba
More	Mozgási sebesség	Túl gyors haladás	A kocsik nem lassul időben, ütközik
Less	Fékezési hatás	Nem elégséges fékhatás	A tolatás során túlfutás történik
Reverse	Áramlási irány	Fordított irány	A vasúti kocsi nem a kijelölt vágányra érkezik
Other than	Rakomány típus	Nem az előírt áru	A veszélyes áru nem a megfelelő vágányra kerül

Gyakorlati tapasztalatok és nemzetközi példák

Németország – Maschen rendezőpályaudvar. Németországi nagy kapacitású rendezőpályaudvarokon HAZOP-jellegű módszerekkel vizsgálták a fékrendszerek meghibásodásait és a váltók torlódási zónáit. Az elemzések eredményei alapján automatizált ütközésmegelőző megoldásokat és redundáns kommunikációs struktúrát vezettek be. [87]

Olaszország – Gioia Tauro intermodális terminál. Az intermodális vasúti terminálok kockázatelemzésében több kutatás alkalmazta a HAZOP módszert GIS-alapú térbeli modellezéssel kombinálva, kiegészítve eseményalapú logikai predikciós technikákkal a veszélyes árut szállító egységek mozgásának és kockázati pályáinak előrejelzésére. [85]

Magyarországon, bár a HAZOP elemzés elvégzése nem kötelező a vasúti rendezőpályaudvarok vonatkozásában, mégis a BM OKF iparbiztonsági ajánlásai már javasolják a kvalitatív és kvantitatív módszerek – köztük a HAZOP – alkalmazását komplex létesítmények vonatkozásában.

A HAZOP-elemzés a vasúti rendezőpályaudvarok esetében is hatékonyan alkalmazható, különösen a veszélyes áruk fuvarozásával kapcsolatosan. A módszer lehetővé teszi a szisztematikus veszélyfeltárást, az emberi és technikai hibák feltérképezését, valamint a preventív intézkedések kidolgozását. A nemzetközi példák és a magyar jogi háttér is támogatja a HAZOP alkalmazását, amely hozzájárulhat a rendezőpályaudvarok biztonsági kultúrájának megerősítéséhez. [88]

What-If elemzés: hipotetikus kérdések segítségével tárja fel a potenciális veszélyeket

A What-IF elemzés (más néven „Mi lenne, ha?” módszer) az egyik legszélesebb körben használt kvalitatív módszer, amely már az 1970-es évektől kezdve jelen van a kockázatkezelési gyakorlatban. Előnye a gyorsaság, az alacsony erőforrásigény és az adaptálhatóság – épp ezért különösen alkalmas olyan rendszerek biztonsági átvilágítására, mint a vasúti rendezőpályaudvarok. A What-If módszer rugalmas megközelítést kínál a potenciális hibák feltárására, hiszen a módszer lényege egy strukturált, de rugalmas kérdésalapú megközelítés, amelyben egy több szakterületet képviselő csoport hipotetikus „Mi lenne, ha?” kérdéseket fogalmaz meg a vizsgálati rendszerrel kapcsolatban. A cél a veszélyek azonosítása, azok bekövetkezési körülményeinek és lehetséges következményeinek vizsgálata, valamint a megelőző intézkedések meghatározása. [89]

A módszer előnyei:

- egyszerű, jól kommunikálható
- nem igényel részletes technológiai modelleket
- gyorsan végrehajtható
- alkalmazható új rendszerek tervezésénél vagy meglévő rendszerek felülvizsgálatánál is
- különösen hatékony az emberi tényező vizsgálatára.

A módszer hátránya lehet, hogy szakértői intuícióna támaszkodik és kevésbé rendszerszintű, mint például a HAZOP elemzés, de éppen ezért jól alkalmazható elsődleges átvilágításként.

4. táblázat: What-If módszer [89]

Készítette: a szerző

What-If kérdés	Lehetséges ok	Következmény	Meglévő védelem	Javasolt intézkedés
Mi történik, ha a tolatásvezető téves vágányra küldi a szerelvényt?	Téves rádioutasítás	Összeütközés	Emberi felügyelet	Digitális útvonal engedélyező rendszer
Mi van, ha a fékpróba elmarad?	Időnyomás, figyelmetlenség	Féktávolság hiánya, baleset	Checklista	Automatizált fékellenőrző rendszer
Mi történik, ha veszélyes árut szállító vasúti kocsi hibás vágányra került?	Adatbeviteli hiba	Veszélyes anyag kiszabadulása esetén nincs védelem	Zónák kijelölése	RFID-alapú követés, színkódolás

A módszer általános lépései a nemzetközi gyakorlatok szerint a következők:

1. Rendszerhatárok meghatározása
2. Elemzőcsoport összeállítása
3. Kritikus rendszerelemek és műveletek azonosítása
4. What-IF kérdések kidolgozása minden területre
5. Ok-következmény-védelem-javaslat elemzés
6. Kockázatok dokumentálása és rangsorolása
7. Intézkedések kidolgozása és nyomon követése. [90]

A rendezőpályaudvarok üzemeltetése során számos kockázatforrás merülhet fel:

- emberi mulasztás vagy hibás döntés
- kommunikációs zavar tolatási tevékenység közben
- váltóhibák
- kocsik elszabadulása
- veszélyes áru helytelen elhelyezése, szivárgása.

A What-If módszer lehetővé teszi, hogy egy elemzőcsoport a napi működés során előforduló tipikus helyzetekre koncentrálna az alábbihoz hasonló kérdéseket tegye fel:

Az amerikai vasúttársaságok vonatkozásában a kockázatértékelés gyakran több módszer kombinációján alapul. [91] A szövetségi szabályozás és iparági ajánlások alapján a vasúti üzemeltetők strukturált, kérdésalapú („What-If”) megközelítéseket alkalmaznak, amelyeket más kvalitatív módszerekkel – például HAZOP- jellegű elemzésekkel és stratégiai értékelési eszközökkel – egészítenek ki új biztonságtechnikai rendszerek bevezetése előtt. [92]

Németországban a nagy átmenő forgalmat lebonyolító vasúti rendezőpályaudvarok esetében a What-If jellegű szcenárióelemzésekkel vizsgálható a váltórendszerek meghibásodásának lehetséges következménye. Az ilyen elemzések rámutatnak a gépidiagnosztikai rendszerek és a redundáns biztosító- és jelzőberendezések alkalmazásának jelentőségére, különösen a forgalombiztonság növelése érdekében.[85]

A What-If elemzés egyszerűsége és rugalmassága miatt jól alkalmazható vasúti rendezőpályaudvarokon, különösen ott, ahol többféle emberi, technológiai és logisztikai folyamat kapcsolódik össze. A nemzetközi tapasztalatok alapján a módszer alkalmas arra, hogy segítse a megelőzést, a döntéstámogatást és a veszélyes szituációk elkerülését. A magyar gyakorlatba történő integrálása különösen a veszélyes árukkal foglalkozó rendezőpályaudvarokon, iparvágányokon indokolt és időszerű lenne.

Failure Mode and Effects Analysis (FMEA): meghibásodási módok és azok hatásainak rendszerezett vizsgálata [93]

Az FMEA az egyik legelterjedtebb és legsokrétűbben alkalmazható kockázatelemző és hibamegelőző módszer, amely képes előre azonosítani a potenciális meghibásodásokat, azok hatásait és kritikus pontjait. A módszert számos iparágban alkalmazzák, beleértve a vasúti rendszereket is, különösen olyan komplex létesítményekben, mint a vasúti rendezőpályaudvarok. [93]

Az FMEA egy strukturált és rendszerszintű módszer, amely során a rendszer komponenseit, alrendszereit vagy folyamatlépéseit vizsgálják meg abból a szempontból, hogy hogyan hibásodhatnak meg (Failure Modes), milyen hatásokat (Effects) válthatnak ki és mennyire súlyos következményekkel járhatnak. A cél a megelőzés és a hibák hatásának minimalizálása.

A klasszikus FMEA elemzés három fő tényező köré szerveződik:

1. Hibamód (Failure Mode): hogyan mehet tönkre egy adott komponens vagy folyamat?
2. Hatás (Effect): milyen következményekkel jár a hibamód a rendszer egészére nézve?
3. Ok (Cause): mi okozhatja a hibamódot?

Ezek alapján három kvantitatív mutatót rendelnek minden hibához:

1. Súlyosság (S) – milyen súlyos a hiba következménye? (1-10)
2. Előfordulás (O) – milyen gyakran fordul elő a hiba? (1-10)
3. Észlelhetőség (D) – mennyire valószínű, hogy időben észlelik? (1-10)

A három tényező szorzataként számított érték a Risk Priority Number (RPN):

$$RPN = S \times O \times D$$

Ez alapján rangsorolható, hogy mely hibamódok kezelése sürgetőbb.

Az alábbi lépések mentén végezhető el egy FMEA-elemzés egy vasúti rendezőpályaudvar kulcselemeire:

1. Elemzési cél és hatókör meghatározása
2. A rendszer vagy folyamat bontása logikai egységekre
3. Lehetséges hibamódok meghatározása minden elemre
4. A hibamódok hatásainak azonosítása
5. Okok észlelése, védelmi mechanizmusok feltárása
6. Súlyosság, előfordulás, észlelhetőség értékelése
7. RPN kiszámítása és a kockázatok rangsorolása
8. Javasolt intézkedések kidolgozása
9. Új RPN értékek számítása az intézkedések után

5. táblázat: Példa- váltórendszer elemzése [93]

Készítette: a szerző

Elem	Hibamód	Hatás	Ok	S (Súlyosság)	O (Előfordulás)	D (Észlelhetőség)
Váltóvezérlő	Nem kapcsol át	Kocsi rossz vágányra fut	Elektromos hiba	9	4	3
Kézi váltó	Rossz irányba állítva	Ütközés veszélye	Emberi hiba	10	5	5
Fékrendszer	Nem old fel	Mozdony nem tud elindulni	Pneumatikus hiba	6	3	4

Nemzetközi gyakorlatok

A vasúti infrastruktúra üzemeltetése során az FMEA módszert széles körben alkalmazzák a kritikus alrendszerek – például váltómechanizmusok, sínfoglaltság-érzékelők és biztosítóberendezések – lehetséges meghibásodásainak feltárására. Nagy kiterjedésű és komplex rendszerek esetében a gyakorlatban gyakran több kockázatelemzési módszer kombinált alkalmazása indokolt, így az FMEA kiegészíthető Fault Tree Analysis (FTA) és HAZOP elemzésekkel a rendszerszintű biztonsági kockázatok átfogó modellezése érdekében.[94]

Az Egyesült Királyság vasúti infrastruktúrájának üzemeltetése során a strukturált kockázatelemzési módszerek alkalmazása kiemelt szerepet kap az infrastruktúra meghibásodásaiból eredő kockázatok bekövetkezésének megelőzésében, különösen a váltók és elektronikus biztosítóberendezések esetében. A kockázatalapú megközelítés célja az üzemidő optimalizálása, valamint a karbantartási tevékenységek előrejelzése és priorizálása, amelyet az Egyesült Királyság vasúti biztonsági szervezetei módszertani útmutatókkal támogatnak. [95]

Magyarországon a strukturált hibamegelőző és kockázatelemzési módszerek alkalmazása elsősorban műszaki biztonsági rendszerek – például járművek fékrendszerei, váltómechanizmusok és elektromos berendezések – vizsgálatában terjedt el. A módszertani megközelítések alkalmazását a nemzetközi szabványok, valamint a hazai iparbiztonsági és katasztrófavédelmi szabályozás által előírt kockázatértékelési követelmények támogatják. ennek megfelelően az FMEA jellegű elemzések alkalmazhatók komplex létesítmények, így például a veszélyes anyagokkal foglalkozó ipari üzemek, így a vasúti rendezőpályaudvarok esetében is. [96]

6. táblázat: Az FMEA – HAZOP -What-If módszer összehasonlítása a veszélyes áruk szállításában érintett vasúti rendezőpályaudvarok vonatkozásában [94]

Készítette: a szerző

Jellemző	FMEA	HAZOP	What-If
Fókusz	Komponensek, alrendszerek meghibásodása	Működési eltérések, veszélyforrások rendszerszintű elemzése	Hipotetikus „Mi lenne, ha...” forgatókönyv
Szemlélet	Hibamegelőző, kvantitatív (RPN)	Veszély- és működésbiztonsági, kvalitatív	Gyors, kvalitatív, tapasztalat-alapú
Alkalmazhatósága veszélyes áru fuvarozására	Jó a technikai alrendszerek megbízhatóságának értékelésére (váltók, fékek)	Kiemelkedően alkalmas a veszélyes anyag kezelési folyamatainak, eltéréseinek, emberi hibák következményeinek vizsgálatára	Átfogó elsődleges szűrésre, egyszerűsített forgatókönyvek vizsgálatára használható
Emberi tényezők elemzése	Részben modellezhető	Részletesen tárgyalható (pl. téves utasítás, hibás kapcsolás)	Igen, főként forgatókönyvként

Jellemző	FMEA	HAZOP	What-If
Kockázatok súlyosságának számszerűsítése	Igen ($S \times O \times D = RPN$)	Általában nem számszerű	Nem
Képzett személyzetigény	Közepes	Magas (moderátor, szakterületi képviselők)	Alacsony-közepes
Erőforrásigény	Mérsékelt	Magas	Alacsony
Jellemző alkalmazási terület a rendezőpályaudvaron	Fékrendszerek, váltóvezérlés, tartálykocsi, csatlakozók, biztosítóberendezések	Tolatás, veszélyes áru szétválogatása, tárolási és rögzítési protokollok	Vészhelyzeti szituációk, kezelői hibák „mi lenne, ha...” elemzése
Előnye	Pontos prioritásállítás, karbantartási tervek készítése	Részletes, strukturált elemzés az üzemeltetési eltérésekről	Gyors, könnyen bevezethető, brainstorming alapú
Hátránya	Az emberi hibák kevésbé jól modellezhetők	Idő- és erőforrás igényes	Szubjektív, kevésbé rendszerszintű
Alkalmazás eredményessége veszélyes áru fuvarozás vonatkozásában	Kiegészítő elemzésként hatékony	Legalkalmasabb komplex kockázatokhoz	Gyors szűrésre és kiegészítésként

A fenti táblázat eredményeit figyelembe véve az összehasonlítás egyértelműen megmutatja, hogy a HAZOP elemzési módszer különösen alkalmas komplex, folyamatjellegű rendszerek vizsgálatára, mivel strukturált módon elemzi a rendszer folyamatainak minden lépést és képes feltárni a működési eltérések mögötti technikai és emberi okokat.

Ez a megközelítés kiemelten fontos a veszélyes áruk kezelésével összefüggő műveletek – például a szétválogatás, a speciális kezelési szabályok betartása és a sérülékeny szállítóegységek kezelése – esetében. A HAZOP módszer alkalmazása emellett támogatja a megelőző és védelmi intézkedések szisztematikus azonosítását és optimalizálását.[97]

Az FMEA hatékonyan alkalmazható technikai rendszerek komponensszintű meghibásodásainak vizsgálatára, például elektromos vezérlések vagy mechanikai csatlakozások hibáinak azonosítására. Ugyanakkor a módszer korlátozottan képes kezelni a komplex folyamatbiztonsági és üzemeltetési eltéréseket, különösen akkor, ha azok emberi tényezőkhez vagy többtényezős, egymással kölcsönhatásban álló működési eltérésekhez kapcsolódnak. [93]

A What-If módszer kiegészítőként hasznos, például akkor, amikor egy új eljárás bevezetésének lehetséges problémáit szeretnénk gyorsan azonosítani, vagy amikor gyors brainstormingra van szükség. Önmagában viszont nem biztosít elégséges mélységű és strukturált elemzést a veszélyes áruk kezeléséhez.

2.2.2. A kockázatértékelés rendszere

A kockázatértékelés során a veszélyekhez kapcsolódó események bekövetkezési valószínűségét és lehetséges következményeit vizsgáljuk. Az eredmény alapján osztályozzuk a kockázatot és döntünk a szükséges megelőző vagy csökkentő intézkedésekről. A nemzetközi irányelvek alapján (pl. UIC Leaflet 573, ERA 2019) a vasúti rendezőpályaudvarok esetében alkalmazott értékelési lépések a következők:

1. Veszélyek azonosítása a HAZOP, FMEA, „What-If” vagy kombinált módszerek segítségével;
2. Kockázati mátrix alkalmazása (pl. 5x5-ös rendszer) a valószínűség és a következmény súlyossága szerint;
3. Érzékenységvizsgálat és forgatókönyv-elemzés, különös tekintettel a veszélyes árut fuvarozó kocsik mozgására;
4. Prioritási sorrend felállítása a beavatkozásra szoruló kockázatokhoz;
5. Intézkedések tervezése: technikai (pl. ütközésgátló rendszerek), szervezeti (pl. képzési protokollok), adminisztratív (pl. zónák kijelölése, karbantartási ütemterv).

Nemzetközi szabályozási környezet és útmutatók

A nemzetközi vasúti biztonságot és kockázatkezelést számos szervezet és irányelv szabályozza:

- UN Recommendations on the Transport of Dangerous Goods – Model Regulation (UN, 2025);
- RID – Regulations concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Rail (OTIF, 2025);
- ERA Guide for Risk Assessment and Safety Measures in Railways (EU Agency for Railways, 2019);
- UIC Code of Practice 573: Risk Assessment for Marshalling Yards (UIC, 2008).

Ezek az útmutatók külön hangsúlyt fektetnek a veszélyes anyagokkal kapcsolatos tevékenységek szabályozására, valamint a rendezőpályaudvarok sajátos kockázati profiljának kezelésére. A vasúti rendezőpályaudvarok biztonságának növelése érdekében elengedhetetlen a rendszeres és strukturált veszélyazonosítás, valamint a nemzetközi gyakorlatokon alapuló kockázatértékelés. A szabványosított módszerek alkalmazása – különösen a HAZOP, FMEA és kockázati mátrix – lehetővé teszi a potenciálisan súlyos események megelőzését és az intézkedések hatékonyságának nyomon követését. A nemzetközi szabályozások követése és az adaptív technológiai megoldások bevezetése tovább fokozhatja a rendezőpályaudvarok biztonsági szintjét.

2.2.3. A vasúti tartálykocsik kockázatelemzése a Lila Könyv (CPR 18E) alapján – nemzetközi és hazai összefüggések

A vasúti veszélyes áru szállítás során a szállított anyagok fizikai, kémiai tulajdonságai, a nagy mennyiségek, valamint az üzemi és környezeti körülmények egyaránt meghatározzák a kockázatokat. A „Lila Könyv” (CPR 18E, 1999) a mennyiségi kockázatelemzés (Quantitative Risk Assessment, QRA) egységes módszertanát rögzíti és az Európai Unióban, különösen Hollandiában, alapidokumentumként szolgál a veszélyes anyagokkal kapcsolatos kockázatértékelésekhez. [99] A dokumentum egyik kulcsfejezete, a 3.2.9.1. - Üzemen belül található közúti és vasúti tartálykocsik, a vasúti és közúti szállítóegységek kockázatainak kvantitatív értékelését tárgyalja. Bár a tartálykocsik mozgó berendezések, a Lila Könyv a helyhez kötött létesítményekkel azonos részletességgel kezeli őket, mivel a töltési, lefejtési és tárolási folyamatok során gyakran hosszabb ideig tartózkodnak az üzem területén, ez pedig a helyhez kötött berendezésekhez hasonló kockázati kitettséget eredményez. [99]

A holland QRA-modell célja, hogy a kockázatot számszerűen, összehasonlítható és reprodukálható módon határozza meg. Ez különösen fontos a Seveso III. Irányelv szerinti belső veszélyelhárítási tervek megalapozásához, valamint a veszélyes áru szállításra vonatkozó döntéshozatalban, legyen szó engedélyezésről, településrendezésről vagy védőtávolság meghatározásról. [99]

A konténment sérülés és kockázati eseménytípusok

A Lila Könyv szerint a vasúti tartálykocsik legfőbb kockázati eseményei a konténment sérülések, azaz azok az események, amikor a tartály zártsága megszűnik és a veszélyes anyag a környezetbe jut. A fejezet nyolc fő eseménytípust különböztet meg, amely a sérülés súlyossága és a kibocsátás módja szerint rendszerezhetőek.

7. táblázat: A konténment sérülések típusai (Lila könyv szerinti osztályozás) [99]

Készítette: a szerző

Kód	Eseménytípus	Leírás	Meghibásodás jellege
G.1	Katasztrofális tartályrepedés	A teljes tartálytér hirtelen felszabadulása (pl. robbanás, BLEVE)	Pillanatszerű
G.2	Nagy csővezeték-hibából eredő folyás	Az anyag folyamatos kiáramlása nagy átmérőjű csövön keresztül	Folyamatos
L.1a	Tömlőtörés	A töltési vagy lefejtési tömlő eltörése, kétirányú áramlás	Folyamatos
L.2a	Tömlőlyukadás	Kis átmérőjű nyíláson történő szivárgás	Folyamatos
L.1b	Tömlőkar-törés	Mechanikai sérülés a töltőkarban	Folyamatos
L.2b	Tömlőkar-lyukadás	Kis repedés vagy korrozív lyukadás	Folyamatos
E.1	Külső hatás	A tartály külső erőhatásra sérül	Pillanatszerű
S.1	Tartály alatti tűz	A hőhatás következtében BLEVE-t okozó robbanás	Pillanatszerű

A felsorolásból kiolvasható, hogy a legvalószínűbb események a tömlő- és töltőkar sérülések, ugyanakkor a legsúlyosabb következményekkel a BLEVE-típusú robbanások járhatnak.

Meghibásodási gyakoriságok és valószínűségi modellek

A mennyiségi kockázatelemzés alapja a meghibásodási gyakoriság (failure frequency), amely azt fejezi ki, hogy adott típusú esemény milyen gyakran fordul elő statisztikailag egy év során. A holland COVO-vizsgálatok (1981,1992) a veszélyes áruk szállításával kapcsolatos társadalmi kockázatértékelés alapjait fektették le. Az ezekre épülő módszertani fejlesztéseket a holland RIVM dolgozta tovább, többek között a CPR 18E („Purple Book”) útmutatóban, amely a veszélyes anyagok szállításának kvantitatív kockázatelemzéséhez szolgál referenciaalapként. [98][99]

8. táblázat: Meghibásodási gyakoriságok vasúti tartálykocsikra [98]

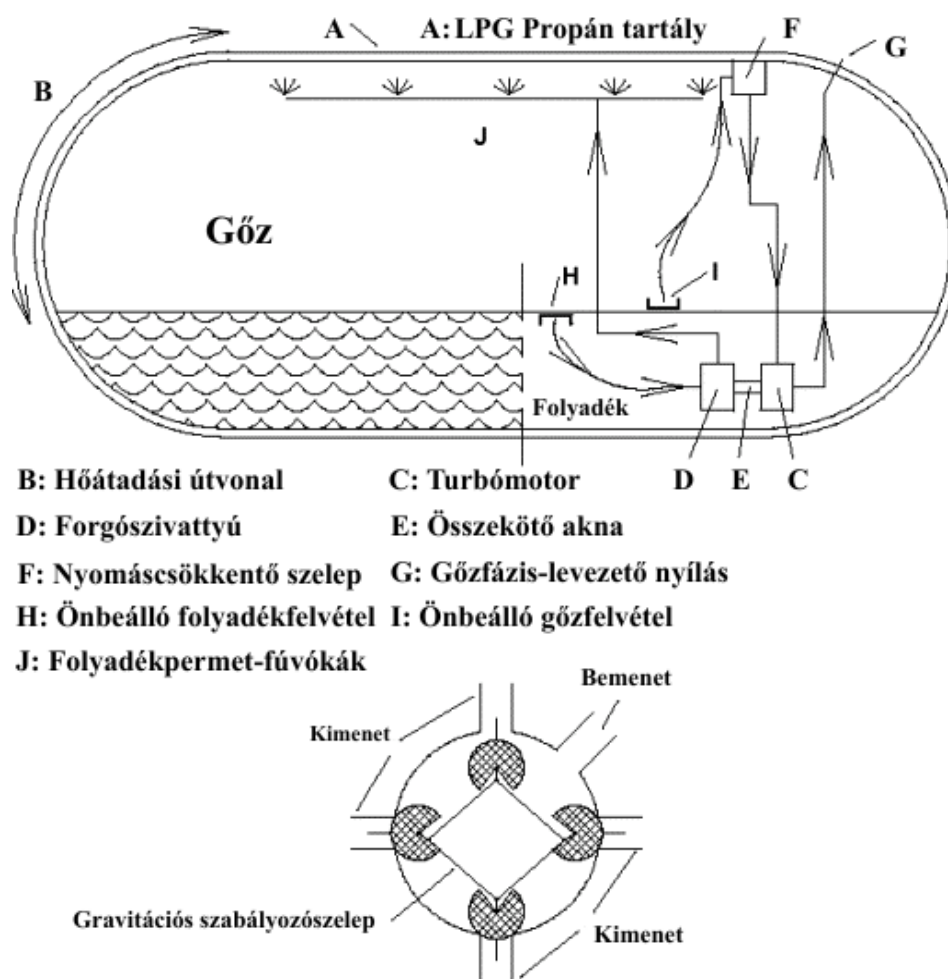
Készítette: a szerző

Eseménytípus	Meghibásodási gyakoriság (1/év)	Megjegyzés
Katasztrofális repedés (G.1)	5×10^{-7}	Nagyon ritka, de súlyos következmény
Nagy csővezeték-hiba (G.2)	5×10^{-7}	Folyamatos kibocsátás
Tömlőtörés (L.1a)	4×10^{-6} / óra	Gyakori üzemzavar töltéskor
Tömlőlyukadás (L.2a)	4×10^{-5} / óra	Leggyakoribb, kis mennyiségű szivárgás
Külső hatás (E.1)	3×10^{-7} / óra	Ütközés, leesés, robbanás a közelben
Tartály alatti tűz (S.1)	3×10^{-7} / óra	BLEVE-veszély

Ezeket az értékeket a QRA modellekben frekvenciafüggvényként alkalmazzák, ahol az egyes eseménytípusokhoz konzekvenciák (hatások) kapcsolódnak: például gázfelhő robbanás, mérgező felhő, hősugárzás vagy túlnyomás.

A BLEVE-jelenség és következményei

A Lila Könyv kiemelten kezeli a BLEVE-t, amely a nyomás alatt tárolt cseppfolyósított gázok egyik legveszélyesebb eseménye. A jelenség során a tartály külső hőhatásra (pl. tűz) felmelegszik, a belső nyomás növekszik, a fémfal szilárdsága csökken, majd a tartály szétrobban. A felszabaduló anyag pillanatszerűen elpárolog és tűzgömböt képez.



15. ábra: A BLEVE kialakulásának sematikus folyamata

Szerkesztette: a szerző

1. Külső hatás (tűz, sugárzás)
2. A folyadékszint feletti falrészek meggyengülése
3. Tartályrepedés, nyomáskiegyenlítődés
4. Robbanás, tűzgömb, hősugárzás, repeszhatás

A BLEVE hatásterülete akár 300-500 méter is lehet, a hősugárzás pedig $40-51 \text{ kW/m}^2$ értéket is elérheti. Éppen emiatt a Lila Könyv a BLEVE-t dominóhatásként kezeli, azaz az egyik tartály felrobbanása további konténment-sérüléseket válthat ki a szomszédos vasúti kocsiknál.[98]

A gyújtási valószínűség és a következmények

A kockázatelemzés egyik kritikus paramétere a gyújtási valószínűség (ignition probability), amely meghatározza, hogy a kiáramló gáz vagy gőz begyullad-e. A vasúti tartálykocsik esetében ez a következőképpen néz ki:

9. táblázat: Gyújtási valószínűség vasúti tartálykocsik esetében [98]

Készítette: a szerző

Kibocsátás típusa	Gyújtási valószínűség	Megjegyzés
Folyamatos (pl. tömlőhiba)	0,1	Mérsékelt kockázat
Pillanatszerű (pl. BLEVE)	0,8	Nagyon magas kockázat

A Lila Könyv hangsúlyozza, hogy a gyújtási valószínűség nem lineárisan nő a kibocsátás mértékével, hanem az energiefelszabadulás és a gyújtóforrások jelenléte határozza meg. A vasúti rendezőpályaudvarokon ez különösen fontos, mivel a fékpróbák, villamos berendezések és járműmozgások potenciális gyújtóforrásként működhetnek.

Kockázatsökkentő intézkedések

A Lila Könyv szerinti hierarchia három szintet különböztet meg.

10. táblázat: A kockázatsökkentési hierarchia a Lila Könyv alapján [98]

Készítette: a szerző

Szint	Cél	Eszköz
Elsődleges védelem	A kibocsátás megelőzése	Tartályok integritásának fenntartása, karbantartások, ütközésgátlók
Másodlagos védelem	A kibocsátás korlátozása	Szelepzárás, automatikus lekapcsolás, gátak, felfogó medencék
Harmadlagos védelem	A következmények csökkentése	Tűzoltórendszerek, evakuálási tervek, dominóhatás-gátlás

Ez a megközelítés összhangban áll a Seveso III Irányelv elvárásaival, miszerint a biztonsági intézkedéseket „a forrástól a hatásig” kell rétegesen kialakítani. [64] A magyar vasúti gyakorlatban ez például a lefejtő-állomások automatikus elzáró szelepeiben, a rakodóvágányok elkülönítésében és a vágánytűzoltó rendszerek telepítésében valósul meg. [98]

A QRA modellezés gyakorlata vasúti tartálykocsikra

A vasúti tartálykocsikra vonatkozó mennyiségi kockázatelemzés módszertana több, egymásra épülő modellalkotási és elemzési lépésből áll, amelyek célja a baleseti scénáriók következményeinek objektív, számszerű értékelése.

A módszer alapját a forráselemzés (source term analysis) képezi, amelynek során meghatározzák a potenciális kibocsátási események kiindulási feltételeit. Ebbe beletartozik a tartálykocsi által tartalmazott anyag teljes mennyiségének, fizikai halmazállapotának, nyomásának és hőmérsékletének pontos leírása. A forrásdefiníció kulcsfontosságú, mivel ezek az adatok határozzák meg a későbbi modellezés minden egyes lépését, beleértve a kiáramlási és terjedési folyamatokat is. [98]

A második szakasz a kiáramlási modell (release model) felállítása, amely a veszélyes anyag szabadba jutásának sebességét, irányát és módját számszerűsíti. Ilyenkor olyan paramétereket vesznek figyelembe, mint a nyílás vagy repedés átmérője, a folyadékszint a tartályban, valamint a tartály geometriája. A kiáramlási modell célja annak meghatározása, hogy mekkora anyagmennyiség, milyen időtartam alatt és milyen környezeti feltételek mellett kerülhet a légterbe vagy a talajra.

A következő lépés a terjedési modellezés (dispersion modelling), amely a kibocsátott anyag térbeli és időbeli eloszlását vizsgálja. A modell figyelembe veszi a meteorológiai viszonyokat – így a szélesebbeséget, irány, turbulenciát, illetve a légköri stabilitási osztályokat (Pasquill-Gifford kategóriák) -, valamint az adott anyag sűrűségét és reakciókészségét. E folyamat eredményeként meghatározható a mérgező vagy gyúlékony gázfelhő terjedési útvonala és koncentrációja a környezetben. Ez különösen jelentős a vasúti környezetben, ahol a nyílt vágányok, a városi beépítettség és a topográfiai viszonyok egyaránt befolyásolják a terjedést. [100]

A gyújtásmodellezés (ignition analysis) a következő kritikus lépés, amely a kibocsátott anyag meggyulladásának valószínűségét becsüli meg. A modell különbséget tesz a közvetlen (azonnali) és a késleltetett gyújtás között, hiszen e két eset egészen eltérő következményekkel járhat. Az előbbi jellemzően lokalizált tűz kialakulását okozza, míg az utóbbi – a gázfelhő terjedése után – robbanás formájában jelentkezhet. Vasúti tartálykocsik esetében az utóbbi kiemelten kockázatos, mivel a kocsik sűrű elhelyezése dominóhatásokat válthat ki, ami a teljes vágánysor kiterjedt károsodásához vezethet.

Ezt követi a károsodási modellek (damage models) alkalmazása, amelyek a különféle hatások – például hősugárzás, túlnyomás vagy mérgező gázkoncentráció – emberi szervezetre és infrastrukturális elemekre gyakorolt hatását írják le.

Az ilyen modellek általában probit-függvényeken alapulnak, amelyek statisztikai úton kötik össze a hatás intenzitását és időtartamát a várható halálozási aránnyal. Ezzel a módszerrel lehetséges meghatározni, hogy adott távolságban milyen valószínűséggel következik be halálos vagy súlyos egészségkárosodás a vasúti baleset során. [101]

A végső lépés a kockázati görbék (risk curves), azon belül is az egyéni és a társadalmi kockázatok meghatározása. Az egyéni kockázat egy adott pontban tartózkodó személy éves halálozási valószínűségét fejezi ki, míg a társadalmi kockázat – az úgynevezett F-N görbe segítségével – azt mutatja meg, hogy egy esemény során mekkora valószínűséggel következik be meghatározott számú haláleset. Az FN-görbék segítségével lehet összevetni a különböző scenáriók, például a vasúti tartálykocsik, a technológiai csővezetékek vagy a tárolótartályok által jelentett veszélyeket. [102]

A vasúti tartálykocsikra jellemző kockázatmodellezés tehát nem izolált folyamat, hanem a teljes ipari kockázatelemzési rendszer integrált része. A Lila könyv e megközelítése lehetővé teszi, hogy a vasúti szállítás biztonsági szintje számszerűen összehasonlítható legyen más üzemrészekével. Ennek révén a döntéshozók megalapozottan határozhatják meg az elfogadható kockázati szinteket, a szükséges védelmi intézkedéseket, valamint a lakosság és a környezet védelmét szolgáló biztonsági zónákat.

A QRA módszer tehát nem csupán műszaki számítási eszközt, hanem a vasúti veszélyes áru fuvarozás kockázatmenedzsmentjének kulcsfontosságú tudományos és stratégiai pillére. [98]

Összegzésként elmondható, hogy a Lila könyv vasúti tartálykocsikra vonatkozó fejezete a mennyiségi kockázatelemzés alappreferenciája Európában. A dokumentum részletessége – a meghibásodási arányok, a gyújtási valószínűségek és a dominóhatások értékelése – lehetővé teszi, hogy a vasúti veszélyes áru fuvarozás biztonságát objektív, számszerűen értékelhető módon vizsgáljuk. A magyar szakmai közösség számára a Lila könyv értéke abban rejlik, hogy a nemzetközi szinten elfogadott QRA módszert a hazai infrastruktúrára, jogszabályi környezetre és intézményi struktúrára adaptálva tudományosan megalapozott veszélyelhárítási rendszert hoz létre. [98]

A vasúti tartálykocsik biztonságának fokozása így nemcsak műszaki, hanem társadalmi és környezetvédelmi érdek is, amelyhez a Lila könyv továbbra is megbízható, nemzetközileg validált módszertani alapot biztosít. [102]

2.3. A vasúti rendezőpályaudvarok veszélyes áru szállítási balesetinek megelőzési és biztonság irányítási rendszerének vizsgálata

A globális gazdasági és logisztikai rendszerek növekvő összetettsége, valamint a veszélyes anyagok szállításának növekvő volumene fokozott figyelmet igényel a vasúti infrastruktúrák biztonságirányítása terén. Kiemelt jelentősége van a vasúti rendezőpályaudvaroknak, ahol a veszélyes árut fuvarozó kocsik összeállítása, továbbítása és ideiglenes tárolása történik. Ezek a komplex logisztikai csomópontok a szállítási lánc kritikus elemeit képezhetik és potenciálisan súlyos balesetek színterei lehetnek.[103]

A vasúti rendezőpályaudvarokon tapasztalható baleseti események elemzése rávilágít arra, hogy a veszélyes áruk kezelése során számos tényező – például emberi hiba, műszaki meghibásodás, nem megfelelő információáramlás – járulhat hozzá a rendkívüli események bekövetkezéséhez. [104] A jelenlegi megelőzési és biztonságirányítási rendszerek gyakran fragmentáltak, nem egységesek és nem illeszkednek kellően a kockázatalapú megközelítéshez. [105] A probléma tehát az, hogy vajon létezik-e olyan integrált biztonságirányítási modell, amely a vasúti rendezőpályaudvarok veszélyes áru kezelésének komplexitását képes hatékonyan kezelni.

A vasúti rendezőpályaudvarok logisztikai csomópontként kulcsszerepet töltenek be az áru fuvarozásban. A veszélyes áruk kezelése különösen érzékeny szakasza a szállítási folyamatoknak, mivel ezen anyagok helytelen kezelése súlyos következményekkel járhat és súlyos baleseteket okozhat. A veszélyes árukat az ENSZ tizenhárom fő osztályba sorolja be (UN, 2025), amelyek közül különös figyelmet igényelnek a gyúlékony folyadékok (3. osztály), a mérgező anyagok (6.1 osztály) és a radioaktív anyagok (7 osztály). A pályaudvarokon a kocsik tolatása, a vonatok összeállítása, a várakoztatás és karbantartás során számos potenciális veszélyforrás jelenhet meg. A balesetek megelőzéséhez szigorú szabályozásra és jól működő biztonsági irányítási rendszerre van szükség. [106]

A biztonságirányítási rendszer (SMS – Safety Management System) célja a kockázatok azonosítása, értékelése és kezelése. A Nemzetközi Vasútegylet (UIC) és az Európai Vasúti Ügynökség (ERA) irányelvei alapján a vasúttársaságoknak olyan SMS rendszert kell kialakítaniuk, amely az emberi, technikai és szervezeti tényezőket egyaránt figyelembe veszi. [107] A német DB Netz AG a rendezőpályaudvarok üzemeltetése során digitális kockázatelemzési és döntéstámogató eszközöket alkalmaz, amelyek a klasszikus HAZOP és FMEA módszertan elemeit integrálják, valamint egyre nagyobb mértékben támaszkodnak valós idejű szenzoradatokra és állapotfelügyeleti rendszerekre.

Az ilyen adatvezérelt megközelítések illeszkednek az európai vasúti biztonságirányítási keretrendszerekhez, amelyek a prediktív kockázatkezelést ösztönzik. [107] Az Egyesült Államokban a Federal Railroad Administration (FRA) által előírt Safety Management System (SMS) követelmények szintén hangsúlyozzák az adatvezérelt döntéshozatalt, valamint a vészhelyzeti válaszrendszerek tesztelését. [108]

Magyarországon a vasúti veszélyes áru fuvarozásra vonatkozó szabályokat a Veszélyes Áruk Nemzetközi Vasúti Fuvarozásáról szóló Szabályzat (RID) tartalmazza, amely a 166/2025. (VI. 24.) Korm. rendelettel került adaptálásra a hazai jogrendbe. A rendezőpályaudvarok szintjén azonban gyakran hiányzik az integrált kockázatértékelés és megelőzési stratégia. A MÁV Csoport biztonságirányítási rendszere tartalmazza az alapvető kockázatkezelési elemeket, de ezek alkalmazása nem egységes és főként adminisztratív jellegű. [11] Kutatásom során több hazai és nemzetközi vasúti rendezőpályaudvar elemzését végeztem el (Ferencvárosi rendezőpályaudvar, Hegyeshalom rendezőpályaudvar, Köln-Gremberg, Maschen). A főbb megállapításaim a következők voltak:

1. A vizsgált rendezőpályaudvarokon bekövetkezett baleseti események elemzése alapján megállapítható, hogy az esetek több, mint 60%-ában az elsődleges kiváltó okok között emberi hiba, kommunikációs hiányosság vagy műszaki elégtelenség azonosítható. Ez az eredmény összhangban áll a vasúti közlekedésbiztonság nemzetközi szakirodalmában leírt tendenciákkal, amelyek az emberi és szervezeti tényezők meghatározó szerepét hangsúlyozzák. [106] A szakirodalom elemzése során a balesetek kiváltó okait egységes szempontrendszer alapján, az események elsődleges és járulékos okainak elkülönítésével értékeltem. [109]
2. Azoknál az üzemeknél és komplex létesítményeknél, ahol az FMEA és HAZOP alapú kockázatelemzést valós idejű monitoring- és állapotfelügyeleti rendszerekkel egészítették ki, a szakirodalom következetesen kedvezőbb biztonsági teljesítményt és alacsonyabb baleseti kockázatot mutat. Az integrált megközelítés lehetővé teszi a potenciális meghibásodások előrejelzését, valamint az eltérések korai felismerését és kezelését. [86]
3. A hazai vasúti biztonságirányítási és kockázatkezelési rendszerek jellemzően megfelelőség alapú, szabályozás-vezérelt megközelítést alkalmaznak. Bár ez biztosítja a jogszabályi megfelelést, az adaptív, kockázatalapú és adatvezérelt elemek integrációja jelenleg korlátozott mértékben érvényesül, különösen a komplex üzemeltetési környezetek – például rendezőpályaudvarok – esetében. [105]

A fenti megállapítások alapján, egy háromszintű integrált biztonságirányítási modell bevezetése javasolható a hazai vasúti veszélyes áru fuvarozás üzemi létesítményeiben. [86] A modell taktikai szinten az FMEA és HAZOP módszertan kombinált alkalmazásával támogatja a rutinfolyamatok veszélyelemzését. [106] Operatív szinten a valós idejű szenzoros adatgyűjtés és állapotfelügyelet révén segíti a döntéshozatalt, míg stratégiai szinten a tanuló szervezet elveire épülő, visszacsatoláson alapuló adaptív irányítást integrálja a biztonságirányítási rendszerbe. [107]

A vasúti rendezőpályaudvarok biztonsági kockázatai összetettek és multidiszciplináris megközelítést igényelnek. A kutatás igazolta, hogy a jelenlegi hazai biztonságirányítási rendszerek képesek teljes mértékben lefedni a veszélyes áru kezelés sajátosságait. A nemzetközi jó gyakorlat adaptálása és egy integrált, kockázatalapú modell bevezetés jelentős előrelépést jelenthet a balesetek megelőzésében.

2.4. A belső veszély-elhárítási tervek áttekintő értékelése

2.4.1. Belső veszélyelhárítási tervezés vizsgálata a magyar vasúti rendezőpályaudvarokon

Jelen alfejezetben a MÁV Zrt. által készített magyarországi vasúti rendezőpályaudvarok belső veszélyelhárítási tervei kerülnek elemzésre. A veszélyes anyagokkal folytatott tevékenységek és azok szállítása és tárolása napjainkban elengedhetetlen részét képezik a gazdasági fejlődésnek és az ipari termelésnek, ugyanakkor – mint ahogy az már korábban kifejtésre került -, jelentős kockázati tényezőt is hordozhatnak magukban.

A nemzetközi előírásoknak megfelelően a MÁV Zrt., mint a hazai vasúti infrastruktúra elsődleges üzemeltetője köteles megfelelni mind az európai, mind a nemzeti iparbiztonsági és katasztrófavédelmi előírásoknak. A belső veszélyelhárítási tervek e megfelelési kötelezettség kulcsdokumentumai, olyan komplex biztonságirányítási tervdokumentációk, amelyek egy adott állomás, rendezőpályaudvar vagy technológiai egység rendkívüli eseményekre való reagálását, a védekezés és a helyreállítás rendjét, valamint a felelősségi és kommunikációs struktúrákat írja le. A SEVESO III. irányelv (2012/18/EU) és a magyar jogrendbe átültetett végrehajtó rendeletek, így különösen a 219/2011. (X. 20.) Korm. rendelet meghatározzák a veszélyes anyagokkal foglalkozó üzemek és létesítmények veszélyelhárítási kötelezettségeit. Ezek alapján minden olyan vasúti állomás, ahol veszélyes áruk ideiglenes tárolása, átrakása vagy elegyrendezése zajlik, köteles belső veszélyelhárítási tervet készíteni és azt rendszeresen felülvizsgálni. [64]

A MÁV Zrt. különböző pályaudvaraihoz készült dokumentumok nem csupán formális megfelelési eszközök, hanem tükrözik az adott térség kockázati adottságait, a vasúti üzemvitel jellegét, a veszélyes áru forgalmát és a biztonsági kultúra fejlettségi szintjét is. [96]

Jelen elemzés a rendelkezésemre álló, különböző időpontban és eltérő módszertani háttérrel készült belső veszélyelhárítási terveket vizsgálja. Az elemzés célja annak feltárása, hogy a dokumentumok milyen szerkezeti és tartalmi jellemzőkkel rendelkeznek, miként jelenik meg bennük a SEVESO III. irányelv szelleme és az UIC 201 számú mellékletben rögzített kockázatelemzési metodika, továbbá, hogy milyen fejlődési ív rajzolódik ki a 2011-2012 közötti dokumentumok és a 2021-2022 évi modernizált, digitális adatbázisokra épülő tervek között. [64]A kutatás mögöttes célja e folyamat tudomány értékelése, annak megértése, hogy a vasúti iparbiztonsági dokumentumok miként járulnak hozzá a szervezeti reziliencia, a kockázatkommunikáció és a megelőzés-felkészülés-elhárítás-helyreállítás ciklus integrált fejlesztéséhez. [110]

A vizsgálat elméleti alapját a vasúti biztonság és katasztrófavédelem integrált szemlélete adja, amely a folyamatbiztonság és a kockázatmenedzsment rendszerszintű megközelítést ötvözi. A vonatkozó szakirodalom szerint a belső veszélyelhárítási tervek nem kizárólag operatív forgatókönyvek, hanem a szervezeti tanulás és a biztonsági kultúra és a kockázatkommunikáció indikátorai is. [106] A tervekben megjelenő kockázatelemzési módszerek, döntési algoritmusok, felelősségi struktúrák és kommunikációs láncok együttesen alkotják azt a tudásrendszert, amely a vasúti szervezetek – így a MÁV Zrt. - vasúti biztonsági stratégiája és kockázatalapú működése épül. [105]

A kutatás módszertana kvalitatív jellegű, mivel a vizsgált források elsősorban szöveges normatív és szervezeti jellegű adatokat tartalmaznak. [111] A terveket tartalom-elemzéses megközelítéssel dolgoztam fel, a társadalomtudományi kvalitatív kutatásban alkalmazott kódolási technikát adaptálva. Az elemzés során az egyes fejezeteket, alfejezeteket és tematikus egységeket azonosítottam, majd ezek jelentését, funkcióját és hierarchikus kapcsolódását vizsgálatam. [112] A cél nem csupán a hasonlóságok és eltérések feltárása volt, hanem annak megértése is, hogy miként változott az iparbiztonsági szemlélet és kockázatértékelési módszertan a MÁV Zrt. szervezetén belül. [113]

Az elemzés során az első generációt azok a tervek tették ki, amelyek 2011-2012 között készültek. Ezek egy egységes sablonra épülő, pilot jellegű belső védelmi tervek voltak, amelyek célja a MÁV hálózatán egységes kockázatkezelési gyakorlat kialakítása volt.

A második generációt azok a tervek alkotják, amelyeket 2021-2022 között mélységeiben aktualizáltak, még jobban SEVESO III kompatibilissé téve. E modern anyagok – mint például a Ferencvárosi rendezőpályaudvarhoz készült terv -, már integrálják az UIC 201, melléklet szerinti kockázatelemzést, a forgalmi statisztikákat és a digitális infrastruktúra adatait, valamint a külső kommunikáció és sajtókapcsolatok kezelésének protokollját is.

A módszertani keret négy fő vizsgálati dimenziót foglal magában: a dokumentumok szerkezeti felépítését, tartalmi egységeit, módszertani fejlettségét és integrációs szintjét. E dimenziók összessége teszi lehetővé a kvalitatív összehasonlítást, amely feltárja, hogyan tükröződik a vasúti veszélyelhárítás fejlődése a dokumentumok nyelvében, logikájában és rendszerelméleti felépítésében.

A kutatás során különös figyelmet kaptak a veszélyforrás-azonosításra, a riasztási és értesítési láncra, az intézkedési és felelősségi rendekre, valamint a környezetvédelmi és kommunikációs fejezetekre vonatkozó szövegrészek. A vizsgálat célja nem az egyes tervek jogi megfelelésségének ellenőrzése volt, hanem a strukturális és tudományos fejlődési irányok azonosítása volt. A vizsgálati eredményeket egy kvalitatív szintézis-táblázat és értékelő diagram is összegezni fogja a későbbiekben, amelyek bemutatja az egyes pályaudvarokdokumentumainak fejlettségi szintjét.

A vizsgált tervek szerkezeti és tartalmi jellemzői jól mutatják a vasúti veszélyelhárítási tervezés fejlődését az elmúlt másfél évtizedben. A korábbi, 2011-2012 között készült anyagok egy egységes, központilag meghatározott struktúra alapján készültek, amely célja a MÁV Zrt. hálózatának szabványosítása volt a veszélyhelyzeti reagálás területén. Ezzel szemben a későbbi, 2021-2022-ben megfelelően frissített tervek már egy sokkal komplexebb, helyspecifikus, adatvezérelt és jogszabályi integrációra épülő szerkezeti logikát tükröznek. A két korszak közötti különbség nem pusztán szerkesztéstechnikai, hanem szemléleti is. Míg az első generációs tervek a veszélyhelyzetek kezelésére koncentráltak, addig az újabb dokumentumok a megelőzési és kockázatelemzési szakaszt is a terv szerves részévé tették, ezzel a SEVESO III. irányelv által megfogalmazott proaktív biztonságirányítási elvet érvényesítve.

Az első generációs tervek szerkezete rendkívül egységes. A bevezető fejezetet követően – amely rögzíti a terv célját, hatályát és érvényességi körét – minden dokumentum tartalmaz egy veszélyforrás-elemzést, egy részletes fejezetet a veszélyhelyzeti irányításról, majd a hatások elleni védekezéssel kapcsolatos feladatokat.

Ezt követi a védekezésbe bevonható erők és eszközök leírása, a felkészítés és a gyakoroltatás rendje, valamint a terv karbantartására és felülvizsgálatára vonatkozó előírások. A mellékeltek között minden esetben megtalálhatók a fogalomjegyzékek, a bárcák és jelölések ismertetése, a hatósági és belső értesítési jegyzékek, valamint a konkrét cselekvési sorok, amelyek tüzeset, robbanás, mérgezés vagy környezetszennyezés esetén alkalmazandó intézkedéseket tartalmaznak. E struktúra az iparbiztonsági szabványosítás kezdeti kísérletének tekinthető, a dokumentumok célja az volt, hogy minden vasúti szolgálati helyen egységes szemlélettel és eljárásrenddel történjen a veszélyhelyzeti reagálás. Ezen dokumentumok szerkezete a lineáris logikát követi, tehát a veszélyhelyzet felismerésétől a riasztáson és a beavatkozáson át a helyreállításig. Az egyes fejezetek közötti kapcsolat elsősorban operatív jellegű. Azonosítható egy világosan kijelölt parancsnoki lánc, a kárhelyparancsnok, az operatív mentésirányító, a szolgálati hely vezetője és a főüzemirányítók szerepei és feladatai. Az irányítás hierarchiája az iparbiztonsági elvek szerint épül fel és a tervek pontosan rögzítik, hogy egy-egy fokozatú esemény esetén mely szervezet lép életbe. Az I., II. és III. fokozatba sorolt események növekvő súlyosságot és reagálási szintet jelölnek: az első szinten a helyi beavatkozás történik, a másodiknál a regionális, a harmadiknál pedig már országos szintű koordinációra van szükség. Ez a háromfokozatú modell a katonai eredetű riasztási struktúrák logikáját követi, ugyanakkor jól illeszkedett a katasztrófavédelmi szervezet korabeli felépítéséhez.

A tervek belső koherenciája elsősorban a részletes cselekvési sorokon alapum. Ezek a mellékletek konkrét utasításokat tartalmaznak a veszélyes anyag típusától függően. Az egyes tervek (pl. Kiskunhalas, Békéscsaba) például elkülönítik a mérgező, a tűz- és a robbanásveszélyes, valamint a környezetre veszélyes anyagok kezelésére vonatkozó eljárásokat. A cselekvési sorok nem csupán a beavatkozás lépéseit rögzítik, hanem a beavatkozók védelmi eszközeit, a helyszíni biztonsági zónák kialakítását és a mentési prioritásokat is. Néhány pályaudvar (pl. Záhony, Fényeslitke) terve rendkívül részletes az átfektetési és tárolási technológiákból adódó kockázatok elemzésében, ami indokolt, hiszen ezek a határmenti létesítmények a legnagyobb vasúti veszélyes áru forgalmat bonyolítják le Magyarországon. Eperjeske esetében a terv szinte teljes egészében megegyezik a Fényeslitkei sablonnal, ami alátámasztja, hogy ezek a tervek egy központilag kidolgozott, standardizált rendszer elemei voltak.

A Komárom és Ferencváros állomásokhoz készült tervek ezzel szemben már egy más típusú szemléletet tükröznek. Ezek a tervek nem lineáris szerkezetűek, hanem moduláris felépítésűek, ahol az egyes fejezetek önállóan is értelmezhetők és digitális hivatkozási rendszerrel kapcsolódnak a MÁV Zrt. belső adatbázisaihoz. A Komáromi terv például külön fejezetet szentel az állomás forgalmi statisztikáinak, a rendkívüli események számának és az UIC 201 melléklet szerinti kockázati értékeléseknek, amely 2025-re vonatkozóan is tartalmaz adatokat. A dokumentum kifejezetten helyspecifikus, egyrészt bemutatja a pályaudvar térbeli elrendezését, a személy- és rendezőpályaudvar szegmenseit, a hozzájuk kapcsolódó ipari üzemeket és a közeli veszélyes objektumokat. Ez a részletesség jól mutatja a biztonsági tervezés fejlődését a leíró jellegű dokumentumoktól a mérhető, adatvezérelt biztonságirányítás felé.

A Ferencvárosi vasúti rendezőpályaudvar belső veszélyelhárítási terv hasonlóképpen a korszerű irányt képviseli. Az anyag különlegessége, hogy már tartalmaz kommunikációs és sajtókapcsolati fejezetet is, amely a veszélyhelyzetek idején a nyilvánosság kezelését, a médiával való kapcsolattartást és a lakossági tájékoztatás rendjét szabályozza. Ez a SEVESO III. irányelv 14. cikkében megfogalmazott követelmény – a lakosság informálásának kötelezettsége – vasúti környezetben itt jelenik meg először a MÁV Zrt. dokumentumaiban. A Ferencvárosi terv emellett kiemeleten foglalkozik a környezetvédelmi aspektusokkal, részletesen tárgyalja a víz- és a talajszennyezési scénáriókat, a csapadékvíz-elvezető rendszer biztonsági szerepét, valamint a helyreállítás környezetvédelmi szempontjait.

A szerkezeti különbségek mögött mélyebb tartalmi változások húzódnak. A régebbi típusú tervek alapvetően kvalitatív kockázatelemzésre épülnek, a veszélyforrásokat tipológiai módon, általános kategóriákban határozzák meg (például: „tűz- és robbanásveszélyes anyag szabadba kerülése”, „mérgező anyag szabadba jutása”), míg az újabb típusú tervek már kvantitatív kockázatelemzési elemeket is tartalmaznak. A Komáromi terv például az UIC 201. mellékletben leírt metodikát alkalmazza, amely az esemény valószínűségét, a következmények súlyosságát és a kitettséget súlyozott mátrixban értékeli. Ezzel a dokumentumok a nemzetközi vasútbiztonsági szabványokhoz és a kockázati döntéshozatal tudományos alapokra helyezését szolgálják.

Egy másik lényeges különbség a felelősségi rendszer és a szervezeti hierarchia megjelenítésében tapasztalható. A régebbi típusú tervek a MÁV akkori szervezeti struktúrájához igazodva központi szerepet adnak a Vasúti Vegyi Elhárító _szolgálatnak (VVESZ), amely a központi beavatkozásért felelős egység.

Az újabb tervek azonban már decentralizált szemléletet alkalmaznak, a Pályavasúti Területi Igazgatóságok, az Üzemeltetési Főigazgatóság és az adott szolgálati hely közötti felelősségmegosztás jól definiált. Ez a változás a szervezeti reziliencia növelését szolgálja, mivel az irányítási felelősség közelebb kerül a kockázati forráshoz, ami gyorsabb reagálást és hatékonyabb helyi döntéshozatalt tesz lehetővé. [106]

Tartalmi szempontból figyelemre méltó a külső szervezetekkel való együttműködés fejlődése is. Míg a korábbi típusú tervek a külső kapcsolatokat elsősorban az értesítési jegyzékek szintjén kezelik, addig a Komáromi és a Ferencvárosi tervek már funkcionális együttműködési protokollokat tartalmaznak, meghatározva a katasztrófavédelem, az önkormányzat, a rendőrség és az egészségügyi szolgálatok szerepét és kommunikációs kapcsolatait. [114]A modern dokumentumokban megjelenő vezetési pontok, mentesítő helyszínek és evakuálási útvonalak részletes térkép ábrázolása már a digitális veszélyelhárítási modellezés irányába mutat, összhangban a nemzetközi gyakorlatokkal. [110]

11. táblázat: A szerkezeti és tartalmi fejlődés összevetése [106]

Készítette: a szerző

Időszak	Fő szerkezeti jellemző	Módszertan	Felelősségi rendszer	Kiemelt újítás
Régebbi típusú tervek	Egységes sablon 8 fejezet + mellékletek	Kvalitatív kockázatelemzés	Központosított (VVESZ)	Háromfokozatú eseménykezelés
Újabb típusú tervek (2021-)	Moduláris, adatvezérelt, térkép és kommunikációs fejezetekkel	Kvantitatív kockázatelemzés az UIC 201. melléklete alapján	Decentralizált, területi felelősség	Lakossági tájékoztatás, Környezetvédelmi integráció

A táblázat alapján világosan látható, hogy a szerkezeti változások nem öncélúak: mögöttük a biztonságirányítás evolúciója, a digitalizáció és a nemzetközi normákhoz való alkalmazkodás áll. Az újabb típusú tervek a vasúti veszélyelhárítás tudományos megalapozottságát, a szervezeti tanulás képességét és a reziliens működést egyaránt szolgálják.

A vizsgált belső veszélyelhárítási tervek kvalitatív összevetése egyértelműen kirajzolja a magyar vasúti iparbiztonsági gondolkodás fejlődését.

Az elemzés alapján három fő fejlődési dimenzió különíthető el: a dokumentumok funkcionális mélysége, a módszertani fejlettség és a szervezeti integráció szintjei. Ezek együttesen határozzák meg, hogy az adott pályaudvar veszélyelhárítási rendszere mennyire képes megfelelni a SEVESO III. irányelv és az UIC 201, melléklet követelményeinek.

Az első dimenzió, a funkcionális mélység azt mutatja, hogy a terv mennyire képes lefedni a veszélyelhárítás teljes ciklusát a megelőzéstől a helyreállításig. A korábbi típusú tervek a reagálásra koncentráltak, a beavatkozás és az irányítás lépéseit részletezik, de a megelőzési és a visszacsatolási fázisokat még nem integrálják. [114] A modernebb tervek ezzel szemben már teljes ciklusú megközelítést alkalmaznak. A tervek tartalmazzák a kockázati tényezők megelőzésére irányuló intézkedéseket, az oktatás és gyakorlatok rendszerét, valamint a tapasztalatok feldolgozásának mechanizmusait. [106] Ez a szemlélet a nemzetközi iparbiztonsági elméletekben „learning safety system”-ként ismert: olyan rendszert jelent amely a visszacsatolásokból tanulva folyamatosan képes javítani saját működésén. [110]

A módszertani fejlettség dimenziója különösen élesen mutatja a tudományos megközelítés térnyerését a MÁV Zrt. tervdokumentumaiban. A korábbi típusú tervek a veszélyforrásokat statikus kategóriákban sorolták fel és kvalitatív értékelést adtak az események súlyosságáról. A komáromi tervben ezzel szemben már megjelenik a kvantitatív kockázatelemzés, amely az UIC 201, melléklet szerinti valószínűség-következmény mátrixot használja. [105] A kockázati szintek számszerűsítése és vizuális megjelenítése (például kockázati térképek formájában) lehetővé teszi a döntéshozók számára, hogy az erőforrásokat célzottan allokálják. [115] Ez a tudományos megközelítés összhangban áll a nemzetközi kockázatmenedzsment trendekkel, amelyek a döntéstámogató rendszerek és a prediktív modellezés irányába mozdultak el. [90]

A harmadik dimenzió a szervezeti integráció. A korábbi típusú dokumentumok még a központosított, vertikális döntéshozatali logikát tükrözik, ahol a helyi pályaudvar feladata elsősorban a riasztás és a jelzés, mag a tényleges beavatkozás a VVESZ kompetenciája. A frissebb tervek ezzel szemben már a decentralizált, területi irányítás elvét követik. A felelősségi rendszer világosan kijelöli a helyi döntéshozókat és nagyobb autonómiát biztosít a pályaudvarok számára. A Komáromi terv például a területi főüzemirányító és a pályavasúti igazgatóság együttműködését írja le részletesen, míg a Ferencvárosi tervben már külön fejezetben foglalkoznak a lakossági kommunikációval és a sajtó kapcsolattartásával.

Ez a nyitott, többirányú kommunikációs struktúra összhangban áll a SEVESO III. irányelv azon alapelveivel, miszerint a veszélyelhárítás nem kizárólag szakmai, hanem társadalmi felelősség is.

A kvalitatív elemzés alapján megállapítható, hogy a magyarországi vasúti belső veszélyelhárítási terveket három csoportba lehet sorolni. Az első csoportba tartoznak azok a tervek, amelyeknél cél a szabályozottság és az egységes módszertan megteremtése. A második csoportba olyan tervek tartoznak, amelyeknél már a hangsúly a megfelelésről fokozatosan áttevődött a fejlesztésre, a biztonsági kultúra erősítésére és a kockázatelemzési módszertan korszerűsítésére. Végül pedig a harmadik csoportba már az adatvezérelt, integrált és környezetérzékeny megközelítés dominál.

A tervek összevetése tudományos szempontból azt is bizonyítja, hogy a vasúti iparbiztonság rendszere képes alkalmazni a folyamatbiztonsági tudományokban kialakult elméleti modelleket. [64] A SEVESO III. irányelv alapelve – a súlyos balesetek megelőzését célzó irányítási rendszer – a Komáromi és Ferencvárosi tervekben már nem csupán formális fejezetként, hanem valós működési elvként jelenik meg. [116] E tervekben a kockázati szintekhez hozzárendelt operatív döntési szabályok és kommunikációs eljárások már az ISO 45001 és az ISO 31000 szabványok biztonságirányítási struktúrájával is kompatibilisek. [117]

A vizsgálat eredményei a következő tudományos következtetésre adnak alapot. Először is a belső veszélyelhárítási tervek nem statikus dokumentumok, hanem a biztonsági kultúra élő elemei. A MÁV Zrt. esetében a dokumentumok jól tükrözik a szervezet tanulási képességét és adaptivitását. Másodsorban a kvantitatív és kvalitatív elemek integrációja lehetővé teszi, hogy a vasúti veszélyelhárítás tudományosan megalapozott döntéstámogató rendszerként működjön. Harmadszor, a kommunikációs és társadalmi dimenzió bevonása új szintre emeli a biztonsági kultúrát, a lakosság, a média és az önkormányzatok bevonása a veszélyhelyzeti tervezésbe nemcsak jogi követelmény, hanem a társadalmi reziliencia alapfeltétele.

A kutatás egyúttal rávilágít arra is, hogy a jövőbeni fejlesztések fő kihívása a digitalizáció és az adatintegráció lesz. A tervekben megjelenő térképi és kommunikációs modulok, az adatbázis-kapcsolatok és a valós idejű riasztási rendszerek integrálása olyan lehetőséget teremt, amely a katasztrófavédelmi reagálás sebességét és hatékonyságát jelentősen növelheti. [118] A mesterséges intelligencia és a big data elemzések alkalmazása a vasúti biztonságirányításban már nem jövőkép, hanem rövid távon megvalósítható stratégiai irány. [119]

Összességében megállapítható, hogy a vizsgált belső veszélyelhárítási tervek szerkezeti és tartalmi felépítése nem mutat egységes képet, ami arra utal, hogy a MÁV Zrt. különböző pályaudvarain eltérő metodikai megközelítések érvényesülnek a veszélyelhárítási tervezés során. A tervek közötti különbségek csökkentése és az egységes minőségi követelmények biztosítása érdekében indokolt lenne egy központi, hazai módszertani útmutató kidolgozása, illetve a jogszabályi környezet olyan irányú módosítása, amely pontosan meghatározza a belső veszélyelhárítási tervek kötelező tartalmi és szerkezeti elemeit.

2.4.2. Módszertani útmutató a vasúti belső veszélyelhárítási tervek egységes tartalmi és szerkezeti követelményeire

A veszélyes áruk vasúti fuvarozásában részt vevő létesítmények – így a rendezőpályaudvarok, tartálykocsi-fogadó pontok és intermodális átrakó terminálok – működése a magas anyagkockázat miatt jelentős veszélypotenciált hordoznak. E létesítmények belső veszélyelhárítási terve kulcsszerepet tölt be a súlyos balesetek megelőzésében, a veszélyhelyzeti reagálás szervezetszervezettségében és a következmények minimalizálásában. A belső veszélyelhárítási terv egy olyan integrált irányítási dokumentum, amely a kockázatok azonosításától a szervezeti felelősségi láncig, a konkrét beavatkozási protokolloktól az utóhelyreállításig vezérfonalként szolgál minden, a vasútüzemben érintett szereplő számára.[64]

A magyarországi gyakorlatban végzett vizsgálatok azt mutatják, hogy a jelenleg alkalmazott belső veszélyelhárítási tervek szerkezete jelentős eltéréseket mutatnak tartalmi mélységben, rendszerlogikában és a módszertani alapelvek vonatkozásában. Ez akadályozhatja a hatósági értékelést, a létesítmények közötti összehasonlítást és gátolhatja a szervezetek közötti együttműködés hatékonyságát. A SEVESO III. Irányelv, a 2019/2011. Korm rendelet, valamint a nemzetközi referenciaanyagok – különösen az UIC 201E döntvény és annak metodikai keretrendszere – együttesen olyan követelményrendszert alkotnak, amely lehetővé teszi a belső veszélyelhárítási tervek tudományosan megalapozott, egységesített struktúrájának kialakítását. 96]

A következőkben egy olyan módszertani útmutató kerül bemutatásra, amely a vasúti veszélyelhárítás rendszerszemléletű megközelítésére, a kockázatelemzés tudományos megalapozottságára, valamint a szervezeti reziliencia és biztonsági kultúra korszerű elméleteire épül. 115] A cél, hogy a MÁV Zrt. és más hazai vasúti üzemeltetők egységes fogalomrendszer alapján, átlátható szerkezetben készíthessék el belső veszélyelhárítási terveiket, támogatva a hatósági ellenőrizhetőséget és a beavatkozási folyamatok interoperabilitását. 106]

A továbbiakban egy egységes szerkezetű, minden magyarországi vasúti rendezőpályaudvarnál alkalmazott belső veszélyelhárítási tervre vonatkozó javastatot fogalmaztam meg.

Bevezetés, alapadatok, jogi-intézményi háttér

A belső veszélyelhárítási terv bevezető része olyan alapvető jelentőségű fejezet, amely kijelöli a dokumentum jogi, intézményi és szervezeti kereteit és meghatározza azt a működési környezetet, amelyben a vasúti létesítmény a veszélyes árukkal kapcsolatos tevékenységeit végzi. Funkciója túlmutat a formai követelményeken, hiszen ez a rész teremti meg a terv legitimizációját, meghatározza az üzemeltető felelősségi körét és rögzíti az együttműködési elveket a hatóságokkal és a külső szervezetekkel. A vasúti veszélyes áru fuvarozás sajátosságai – a logisztikai folyamatok dinamikája, a nagy mennyiségű kocsiforgalom, a rendezőpályaudvarok területi kiterjedtsége és a technológiai folyamatok komplexitása – különösen indokoltá teszi, hogy ez a fejezet részletesen, világos szerkezettel határozza meg a biztonságirányítási rendszer alapjait.

A bevezető fejezet elsőként a jogszabályi környezetet rögzíti, amely biztosítja a terv kötelező jellegét és iránymutató funkcióját. A szabályozási háttér Európai Unió-szinten a SEVESO III. irányelvben található, amely egységes elveket ír elő a súlyos balesetek megelőzésére, kezelésére és következményeik csökkentésére. Bár a vasúti létesítmények többsége formálisan nem minősül Seveso-üzemnek, az irányelv módszertani elemei – különösen a veszélyazonosítás, a kockázatelemzés, a dominóhatások vizsgálata és a lakossági tájékoztatás követelménye – ma már széles körben alkalmazottak a vasúti veszélyes ár logisztika tervezésében. [64]

A hazai jogszabályi környezetet – megfelelő átdolgozást követően – a 219/2011. (X. 20.) Korm. rendelet biztosíthatja, amely a jelenlegi formájában már most is meghatározza a veszélyes tevékenységet végző üzemek kötelezettségeit, a biztonsági dokumentumok tartalmi követelményeit, valamint a belső és külső védelmi tervek készítésének módját. [96] A vasúti veszélyes áru fuvarozás, különös tekintettel a RID előírásaira – e szabályozási háttérrel összhangban működhet.

A nemzetközi szakmai iránymutatását az UIC 201E dokumentuma biztosíthatja, amely a rendezőpályaudvarok kockázatelemzésére, veszélyhelyzeti felkészülésére és beavatkozási folyamataira vonatkozó ajánlásokat rögzít és, amely a vasúti veszélyelhárítás egyik legfontosabb strukturális referenciája.[115]

A bevezető rész második kiemelt eleme a terv rendeltetésének meghatározása. A belső veszélyelhárítási terv olyan integrált dokumentum, amely a vasúti létesítmény biztonságirányítási rendszerének részeként működik, és amelynek kettős funkciója van. Egyrészt a megelőzés eszköze, azaz a veszélyek és kockázatok feltárásával a biztonsági intézkedések meghatározásával és a szervezeti felelősségi lánc kijelölésével hozzájárul a balesetek bekövetkezésének csökkentéséhez. [64] Másrészt a reagálás dokumentuma, miszerint meghatározza az események kezelésének rendjét, a riasztási folyamatokat, az információáramlást, az operatív döntéshozatalt és az együttműködő szervezetek szerepét. A vasúti létesítményekben ez a kettősség különösen hangsúlyos, mivel a rendezőpályaudvarok üzemeltetése során a veszélyhelyzetek gyorsan kialakulhatnak és több szereplő összehangolt beavatkozását igénylik. [115]

A bevezető fejezet kiemelt feladata továbbá az üzemeltető szervezet irányítási struktúrájának ismertetése. A biztonságirányítás egyik lényegi eleme, hogy a felelősségi lánc minden pontja egyértelműen meghatározott legyen, tehát ismertetni kell a létesítmény vezetőjének szerepét, a biztonsági vezető feladatait, a forgalmi szolgálat, a műszaki szervezetek, a diszpécserközpont és a helyi operatív irányítás kapcsolatrendszerét. Fontos annak rögzítése is, hogy vészhelyzet esetén mely pozíció rendelkezik döntési jogkörrel, hogyan működik a helyettesítési rend és milyen módon biztosítható a kommunikációs folyamatok torzításmentes működése. [106] A modern biztonságelméletek – különösen Reason (1997) munkája - hangsúlyozzák, hogy a szervezet rezilienciája nagymértékben függ attól, hogy mennyire átlátható és letisztult a felelősségi rendszer és mennyire képes a szervezet gyorsan reagálni a váratlan helyzetekre. [120]

A bevezető résznek tartalmaznia kell továbbá a terv hatályának meghatározását, tehát, hogy milyen tevékenységekre, létesítményrészekre és technológiai folyamatokra terjed ki, kikre vonatkozik és mely területek tartoznak a veszélyelhárítási zónába. Ezzel összefüggésben rögzíteni kell a dokumentum érvényességi idejét és felülvizsgálati ciklusát is. A belső veszélyelhárítási tervet rendszerint évente, vagy minden jelentős jogszabályváltozás esetén felül kell vizsgálni. Ez azért jelentős, hiszen a vasúti üzem folyamatosan változó környezet, azaz a járműpark korszerűsítése, a technológiai innovációk, a forgalmi struktúra változásai vagy a személyi állomány módosulásai mind új veszélyeket vagy módosult kockázati viszonyokat eredményezhetnek. Rasmussen (1997) klasszikus modellje szerint a komplex rendszerekben a biztonsági szint folyamatosan változik, ezért a tervezési dokumentumoknak „élő rendszerként” kell működniük, amely folyamatos visszacsatolás alapján fejlődik. [121]

A bevezető fejezet egyik legfontosabb eleme a külső szervezetekkel való kapcsolat és a katasztrófavédelmi struktúrába való integráció bemutatása lenne. A vasúti veszélyes áru kezelés csak akkor lehet hatékony, ha az adott létesítmény együttműködik a BM OKF helyi és területi szerveivel, az önkormányzatokkal, a rendőrséggel, az egészségügyi ellátórendszerrel, valamint az olyan külső szakmai szervezetekkel, amelyek veszélyes anyag mentési vagy környezetvédelmi feladatokat látnak el. A Seveso III. irányelv 13-14. cikke egyértelműen előírja a belső és külső védelmi tervek összehangolását és ezt a követelményt a vasúti környezetben is alkalmazni kell, akkor is, ha a létesítmény nem minősül „Seveso üzemnek”. Ennek oka, hogy a vasúti balesetek térbeli hatása sok esetben a települési környezetre vagy a kritikus infrastruktúrákra is kiterjedhet.

Végül a bevezető résznek célszerű deklarálnia az üzemeltető biztonsági kultúrára vonatkozó alapelveit is. A magas szintű biztonsági kultúra olyan szervezeti környezetet jelent, ahol a megelőzés elsődleges, ahol a veszélyek és a hibák jelentése támogatott, ahol a képzés és a kompetenciafejlesztés folyamatos és ahol a vezetés elkötelezett a transzparens és felelősségteljes irányítás mellett. [106] Nemzetközi kutatások (Reason, 1997; Adjekum et al., 2020) bizonyítják, hogy a szervezeti reziliencia és a hatékony veszélyelhárítás alapja az a kultúra, amelyben a rendszer tagjai képesek tanulni a hibákból, megosztani az információkat és proaktív módon kezelni a kockázatokat. [122]

Összességében a belső veszélyelhárítási terv bevezető része nem csupán formai elem, hanem a teljes dokumentum koncepcionális alapja. Egy olyan átfogó keretrendszert ad, amely összekapcsolja a jogi előírásokat, a szervezeti működést, a felelősségi rendszert, a kockázati folyamatokat és a külső szervezetekkel való együttműködést. Mindezek által biztosítja, hogy a további fejezetek – a veszélyazonosítás, a kockázatelemzés, a riasztási lánc, a beavatkozási protokollok vagy a képzési rendszer – egységes, tudományosan megalapozott és hatóságilag értékelhető keretben épüljenek fel.

Veszélyazonosítás és kockázatelemzés

A belső veszélyelhárítási terv második fejezete a dokumentum tudományos gerincét képezi, mivel ez a rész dolgozza fel a vasúti veszélyesanyag-kezelésben rejlő potenciális kockázatok teljes spektrumát. A fejezet metodikai alapját a Seveso III. irányelv 10. és 12. cikke adják, amelyek a veszélyek azonosítására, a dominóhatások elemzésére és a súlyos balesetek megelőzésére vonatkozó egységes elveket rögzítik. [64] Ezt egészíti ki az UIC 201E döntvény struktúrája, amely kifejezetten a rendezőpályaudvarokon és vasúti veszélyes áru-kezelő létesítményekben végzendő kockázatelemzéshez nyújt részletes iránymutatást. [96]

A két dokumentum együttes alkalmazása egy olyan átfogó módszertani keretet hoz létre, amely a vasúti üzem sajátosságainak megfelelően képes kezelni a komplex technológiai, humán és környezeti tényezők interakcióját. [115]

A veszélyazonosítás elsődleges célja a vasúti telephelyen jelen lévő veszélyes anyagok, technológiai folyamatok és infrastruktúra elemeinek részletes feltérképezése. A rendezőpályaudvarok működésének dinamikus természete – melyben nagyszámú tartálykocsi mozog egyszerre, gyakoriak a tolatási műveletek és szoros térbeli koncentrációban helyezkednek el a veszélyes árut fuvarozó vasúti kocsik – különösen indokolja a veszélyek integrált vizsgálatát. A veszélyazonosítás során nemcsak a veszélyes anyagok fizikai-kémiai tulajdonságait kell feltárni (például gőznyomás, forráspont, toxicitás, robbanási határértékek), hanem a tárolási és kezelési feltételekhez kapcsolódó kockázati tényezőket is. Ide tartoznak a tartálykocsik szerkezeti sajátosságai, a töltési és ürítési technológiák, a váltók és fékrendszerek hibalehetőségei, valamint a vasúti dolgozók által elkövethető hibák. A modern biztonságelméletek alapján a veszélyek akkor azonosíthatók a leghatékonyabban, ha a technológiai folyamatok mellett a humán és szervezeti tényezők is vizsgálat tárgyát képezik, tekintettel arra, hogy a vasúti balesetek jelentős része közvetetten vagy közvetlenül emberi hibára vezethető vissza. [106]

A kockázatelemzés következő lépése a veszélyhelyzetek lehetséges forgatókönyveinek szisztematikus kidolgozása. A vasúti környezetben különösen hangsúlyosak az olyan módszerek, mint a What-If elemzés, a HAZOP és az FMEA. [123] Ezek a módszerek lehetővé teszik, hogy a potenciális eseményeket nem csupán egyedileg, hanem a működési folyamatok teljes összefüggésében vizsgáljuk. A What-If módszer segít feltárni azokat a rendellenességeket, amelyek például egy hibás tolatási manőver, téves váltóállás vagy elégtelen fékpróba során jelentkezhetnek. [86] A HAZOP elemzés a technológiai eltérésekre – „túl nagy nyomás”, „nincs áramlás”, „hibás csatlakozás” – összpontosít, amelyek gyakran a tartálykocsik töltése vagy ürítése közben következnek be. [97] Az FMEA pedig a szerkezeti meghibásodásokat és azok következményeit vizsgálja komponensszinten: szelepmeghibásodások, repedések, szivárgások, hegesztési hibák mind potenciális veszélyforrásként jelenhetnek meg. E módszerek kombinált alkalmazása biztosítja, hogy a vasúti veszélyhelyzetek teljes kockázati profilja feltárásra kerül, figyelembe véve a technológiai és emberi tényezők kölcsönhatását. [124]

A forgatókönyv-elemzést követően kockázati mátrix alkalmazására van szükség, amely a bekövetkezési valószínűség és a következmények súlyosságának kombinációja alapján rangsorolja a veszélyeket.

Az UIC 201E döntvény ajánlása szerint a valószínűség több kategóriába sorolható (gyakori, valószínű, lehetséges, ritka, nagyon ritka), míg a következmények osztályozhatók emberi egészségkárosodás, környezetkárosodás vagy vagyonvesztés alapján. A kockázati mátrix segítségével meghatározható, mely események igényelnek azonnali megelőző intézkedést, melyek szorulnak rendszeres felülvizsgálatra, illetve melyek esnek az elfogadható kockázati kategóriába. [115]

A kockázati mátrix eredményei lapján kerül meghatározására az ALARP-elvek szerinti elfogadhatósági tartomány. [116] Az ALARP – „As Low As Reasonably Practicable” – arra épül, hogy a kockázatot olyan alacsony szintre kell csökkenteni, amennyire az technikailag és gazdaságilag észszerűen megvalósítható. [98] A vasúti üzem különösen alkalmas ennek az elvnek az alkalmazására, mivel a technológiai és szervezeti változások jól mérhető módon képesek befolyásolni a kockázati szintet, például egy korszerűbb tartálykocsi-állomány, fejlettebb fékpróba-rendszer vagy elektronikus kocsi-azonosítás mind jelentős kockázatcsökkentő hatással rendelkezhet. [115]

A kockázatelemzés egyik legösszetettebb eleme a dominóhatások és a térbeli kiterjedés modellezése. A rendezőpályaúdvartok sajátossága, hogy több száz tartálykocsi helyezkedik el egymás közvetlen közelében, így egyetlen sérült kocsi káros hatásai gyorsan átterjedhetnek más kocsikra vagy infrastruktúra-elemekre. A dominóhatás elemzése során vizsgálni kell a hőszugárzási határértékeket, a túlnyomás okozta szerkezeti károsodásokat, a tűzterjedést, valamint a toxikus felhő terjedésének modellezését is. A Seveso III. irányelv előírja a térbeli hatásterületek meghatározását, amely különösen fontos a rendezőpályaúdvartokon, ahol a lakosság vagy más infrastruktúrák közelsége miatt a külső kockázatok is jelentősek lehetnek.

A fejezet végén elengedhetetlen a kockázati rangsor elkészítése, amely a veszélyes prioritását határozza meg, valamint kijelöli a szükséges megelőző vagy korrekciós intézkedések sorrendjét. A rangsor alapján lehet meghatározni azokat a területeket, ahol azonnali fejlesztések vagy szabályozási változtatások szükségesek – legyen szó az infrastruktúra korszerűsítéséről, a képzési rendszer átalakításáról vagy a technológiai folyamatok felülvizsgálatáról.

A kockázati rangsor egyben az operatív beavatkozási fejezetek alapja is, hiszen irányt mutat a beavatkozók számára abban, hogy mely eseményekre kell elsődlegesen koncentrálniuk, illetve milyen erőforrások szükségesek az egyes veszélyhelyzetek kezeléséhez. [64]

Riasztási és kommunikációs lánc

A veszélyhelyzeti reagálás egyik legalapvetőbb pillére a riasztási és kommunikációs lánc kialakítása, amely biztosítja, hogy egy súlyos esemény bekövetkezésekor a megfelelő szervezetekhez, döntéshozókhoz és beavatkozó egységekhez a szükséges információk gyorsan, egyértelműen és torzításmentesen jussanak el. [115] A riasztási folyamat hatékonysága meghatározza a beavatkozás gyorsaságát, a veszélyeztetett személyek védelmét, valamint a környezeti és anyagi károk minimalizálását. [106] A vasúti veszélyes ár- kezelés sajátos működési jellemzői – a nagy kiterjedésű terület, a folyamatos forgalom, a párhuzamosan futó technológiai folyamatok és a több szereplő egyidejű jelenléte – különösen érzékennyé teszik a rendszert a kommunikációs késedelmekre, hibákra vagy félreértésekre. Ezért a riasztási és kommunikációs lánc szabályozása a belső veszélyelhárítási terv egyik kulcsfontosságú része. [125]

A fejezetnek elsődlegesen definiálnia kell a riasztási fokozatokat és azok aktiválási feltételeit. [125] A nemzetközi és hazai gyakorlatban általánosan három szint különíthető el: az I. fokozatú (helyi) események, ahol a beavatkozás elsősorban a vasúti személyzet feladata, a II. fokozatú (koordinált) események, ahol már a külső szervezetek bevonása is szükséges, valamint a III. fokozatú (súlyos baleset) események, amelyek térbeli és időbeli kiterjedésük miatt teljeskörű hatósági irányítást, lakossági tájékoztatást és komplex erőforráskoordinációt igényelnek. [126] A fokozatokhoz pontos aktiválási kritériumokat kell rendelni – például anyagkibocsátás mértéke, tűzterjedés, vasúti kocsik károsodása, kritikus infrastruktúrák veszélyeztetettsége -, amelyek objektív döntéshozatalt tesznek lehetővé. [115]

A riasztási rendszer második pillére a bejelentés és értesítés folyamata. Ennek szabályozása során rögzíteni kell a kommunikációs csatornákat, a bejelentést tevő személyek körét, a jelentési kötelezettséget és a riasztás továbbításának sorrendjét. A vasúti létesítményekben elsődleges szereplő a forgalmi szolgálattevő vagy az üzemirányító diszpécser, aki a vasúti közlekedés biztonságában központi koordinációs szerepet tölt be. [125] A riasztást követően az információk továbbítása ütemezetten történik a MÁV Zrt. belső szervezeti egységei felé – például a területi üzemirányítás, a biztonsági vezető, a veszélyes áru szállítási biztonsági tanácsadó, valamint a helyi műszaki és forgalmi egységek -, majd a külső szervezetekhez, köztük a BM OKF területi vagy helyi szerveihez, a rendőrséghez, az önkormányzatokhoz és szükség esetén a mentőszolgálatokhoz is. A riasztás továbbítása során biztosítani kell a visszaigazolási rendszer működését, amely garantálja, hogy az információ valóban eljutott a kijelölt szervezetekhez. [115]

A kommunikációs lánc harmadik eleme a lakossági tájékoztatás rendszere, amely a Seveso III. irányelv 14. cikke alapján kötelező feladat minden olyan létesítmény számára, amelynek működése súlyos következményekkel járó balesetek kockázatával járhat. [64] A lakossági tájékoztatás eszközei közé tartozhatnak a helyi riasztási rendszerek (szirénák), a tömegtájékoztatási csatornák (rádió, telefon), valamint a digitális értesítési eszközök (SMS rendszerek, közösségi média). [120] A vasúti veszélyes áru balesetek sajátossága, hogy gyorsan változó helyzetet eredményezhetnek – például gyorsan terjedő toxikus gázfelhő vagy robbanás következményei -, ezért a lakossági értesítéseknek valós időben, egyértelműen és következetesen kell rendelkezésre állniuk. [127]

A kommunikációs protokoll kialakításakor alapvető követelmény a többcsatornás redundancia. A szakirodalom alapján a kritikus infrastruktúrák működésében a kommunikációs redundancia jelentősen növeli a rendszerek rezilienciáját, mivel egyetlen csatorna meghibásodása esetén biztosított az alternatív információáramlás. A vasúti környezetben az többek között a rádiós kommunikáció és a digitális hálózatok párhuzamos alkalmazását jelenti. [120] Külön figyelmet kell fordítani a kommunikáció tartalmi elemeire, hiszen egy veszélyhelyzet során az üzenetek pontossága és félreérthetlensége alapvető feltétele a hatékony reagálásnak. A kommunikációnak tartalmaznia kell a baleset típusát, a kibocsátott anyag megnézését (RID szerinti osztályba sorolásával együtt), a veszélyességi jellemzőket, a veszélyeztetett terület nagyságát, az érintett személyek vagy a lakossági csoportok körét, valamint a szükséges védelmi intézkedéseket. [106] A kommunikáció során kerülni kell a bizonytalan vagy feltételezéseken alapuló információkat, mivel ezek félrevezethetik az érintetteket és akadályozhatják a hatóságok munkáját. [115]

A riasztási rendszer működésének egyik kritikus tényezője az időfaktor. Kutatások szerint (Kalantarnia et al., 2009) a veszélyhelyzeti események első percei meghatározzák a beavatkozás sikerességét, ezért a riasztási lánc kialakításakor különös figyelmet kell fordítani arra, hogy a kommunikáció akadálytalanul, késedelem nélkül jusson el minden érintett szervezethez. Ennek támogatására javasolt a riasztási protokollok rendszeres gyakorlása, az érintett személyek oktatása és a kommunikációs eszközök működésének rendszeres tesztelése. [128] A riasztási és kommunikációs lánc tehát nem csupán formális elvárás, hanem a vasúti veszélyhelyzeti reagálás működési alapja, amelynek hatékonysága nagymértékben befolyásolja a balesetek következményeinek súlyosságát. A tervezett információáramlási folyamatoknak egyértelműen meghatározottnak, redundánsnak, hierarchikusan rendezettnak és a szervezet valamennyi szintjén ismertnek kell lenniük annak érdekében, hogy egy súlyos esemény bekövetkezésekor a rendszer képes legyen gyors és összehangolt reagálásra. [129]

Beavatkozási és mentési intézkedések

A belső veszélyelhárítási terv egyik legkritikusabb eleme a beavatkozási és mentési intézkedések rendszere, amelynek kialakítása a műveleti biztonságtudomány alapelveire épül. A beavatkozási protokollok megalkotásában meghatározó szerepet játszik, amely szerint a hatékony vészhelyzeti reagálás olyan strukturált, hierarchikus döntési mechanizmusokon alapul, amely előre rögzített szerepeket, felelősségi pontokat és egymásra épülő taktikai lépéseket határoz meg. [130] A rendezőpályaudvari és vasúti veszélyes áru szállítási és kezelési környezetben ez különösen releváns, mivel egy baleseti esemény során gyorsan változó helyzetek, magas kockázatú környezeti tényezők és több szervezet egyidejű jelenléte jellemző. [131] A fejezet elsődleges célja, hogy olyan beavatkozási keretrendszert hozzon létre, amely egyértelműen meghatározza az események súlyossági kategóriáit, a beavatkozók feladatait, kompetenciáit, a védelmi prioritásokat, valamint a beavatkozás módját befolyásoló döntési pontokat. [125] A vasúti veszélyhelyzetek sajátossága, hogy az események sokszor gyors lefolyásúak – például túlnyomásos gázkibocsátás, gyúlékony gőzfelhő képződés, BLEVE-folyamat veszélyes, medencetűz kialakulása-, ezért a beavatkozók felkészültsége, helyszíni reakcióképessége és a műveletek koordinációs mechanizmusai kulcsfontosságúak. [132]

A beavatkozási protokollnak ki kell térnie az események I-III. súlyossági fokozatba sorolására:

- I. fokozat: kezelhető helyi események, amelyek nem igényelnek külső beavatkozást és elsősorban a vasúti személyzet által elháríthatók (pl. kisebb szivárgás gyanúja, füstképződés, technológiai meghibásodás).
- II. fokozat: olyan események, amelyek már közvetlen veszélyt jelentenek a személyzetre vagy az infrastruktúrára és szükségessé teszik a hivatásos katasztrófavédelem bevonását.
- III. fokozat: súlyos balesetek vagy kiterjedt anyagkibocsátások, amelyek lakosságvédelmi intézkedéseket, területzárást, kiürítést vagy nagy erőforrásigényű összetett beavatkozást igényelnek és ezek az intézkedések teljeskörű hatósági irányítás alá esnek. [125]

A súlyossági fokozatok egyértelmű definiálása nemcsak a beavatkozás gyors elindításához szükséges, hanem a döntési jogkörök tisztázásához is. A vasúti környezetben jellemzően három vezetési szint jelenik meg: a helyszíni beavatkozásvezető (tipikusan a katasztrófavédelem kijelölt parancsnoka), a vasúti üzemeltető operatív felelőse (például forgalmi szolgálatvezető vagy műszaki ügyeletes), valamint a stratégiai irányító szint (területi vagy országos üzemirányítás).

A beavatkozási tervnek tételesen rögzítenie kell e szereplők jogköreit, döntési felelősségét, valamint azt, hogy mikor ki jogosult a beavatkozási módok – például vágányzár elrendelésére, tolatási tilalom, területzárás, lakosságriasztás kezdeményezése – aktiválására. [125]

A helyszíni beavatkozók feladatainak és védőfelszerelésének meghatározása a beavatkozási terv sarkalatos részét kell, hogy képezze. A vasúti veszélyes áru fuvarozási balesetek során a beavatkozó állomány rendszerint magas kockázatú környezetben dolgozik, ahol jelen lehetnek toxikus gázok (például ammónia, klór), gyúlékony gőzök, magas hőmérsékletű felületek vagy akár robbanásveszélyes atmoszféra. Ezért a tervnek részletesen ki kell térnie az alkalmazható egyéni védőeszközökre (PPE): légzésvédők osztályai, hőálló ruházat, vegyi védőruha típusa (1-4-es kategória), gázdetektorok használata, valamint a vasút specifikus eszközeire, mint például a tartálykocsik megközelítését tiltó távolságértékek, vágányzárási szabályok és járműbiztosítási protokollok. [133]

A beavatkozás során követendő prioritás sorrend meghatározása – életmentés, környezetvédelem, vagyonvédelem – az iparbiztonság egyik általános elve, amely a vasúti katasztrófavédelmi protokollokban különösen hangsúlyos. Az életveszély elhárítása minden esetben elsődleges, beleértve a sérültek kimentését, a veszélyzóna kiürítését és az elsődleges egészségügyi ellátást. Ezt követi a környezetvédelem, amely magában foglalja a tovaterjedés megakadályozását, a lefolyási útvonalak elzárását, a talaj vagy vízszennyezés kockázatának csökkentését. Csak ezek után következhetnek a vagyonvédelmi intézkedések, mint például a vasúti infrastruktúra vagy a járművek megóvása. Ez a hierarchia összhangban áll a nemzetközi beavatkozási modellekkel és a Seveso-gyakorlatok tapasztalataival. [134]

A beavatkozási terv egyik legértékesebb része a scenárióalapú leírás, amely biztosítja a valós helyzetekre való adaptálhatóságot. A vasúti környezetben a jellemző kockázati események közé tartoznak a tartálykocsi-sérülések, szelepmeghibásodások, gázkibocsátások, folyadékszivárgások, medencetüzek, jet fire típusú tüzek, BLEVE-folyamatok vagy akár több vágányt érintő dominóhatások. [135] A scenáriók részletes kidolgozása során figyelembe kell venni a helyszíni megközelíthetőséget, a vágányhálózat térbeli elrendezését, az uralkodó szélirányt, az anyag fizikai sajátosságait és az adott eseménytípushoz rendelt beavatkozási protokollokat. A forgatókönyv-alapú beavatkozástervezés hatékonyan növelheti a szervezetek rezilienciáját, mivel lehetővé teszi a döntéshozók számára, hogy a változó helyzethez igazodó, rugalmas, de mégis előre megtervezett reakciót válasszanak. [136]

A beavatkozási tervnek ezen túlmenően tartalmaznia kell a kommunikációs kapcsolatok, visszacsatolási mechanizmusok és nyilvántartási kötelezettségek részletes szabályozását. Minden beavatkozási eseményt dokumentálni kell és a dokumentációt a későbbi értékelésekhez, gyakorlatokhoz és kockázatfrissítésekhez fel kell használni, összhangban a „learning safety system” megközelítéssel (Rasmussen, 1997). A dokumentáció hozzájárul a szervezeti tanuláshoz, az elkövetett hibák kijavításához és a jövőbeni beavatkozások hatékonyságának növeléséhez. [121]

Összefoglalva a beavatkozási és mentési intézkedések fejezete olyan komplex rendszert alkot, amely egyaránt épít a tudományos módszertanra, a gyakorlati tapasztalatokra és a szervezeti reziliencia elméletére. A világosan strukturált protokollok, a feladatok pontos meghatározása, a Szenárióanalízis és a kompetenciaalapú feladatkiosztás együtt biztosítják, hogy a vasúti veszélyhelyzetek kezelése gyors, összehangolt és a kockázatokhoz igazodó módon történjen.

Környezetvédelem és helyreállítás

A súlyos vasúti balesetek következményei a modern iparbiztonsági megközelítések szerint nem korlátozódnak az emberi egészséget érintő azonnali hatásokra, hanem komplex és sokszor hosszú távú környezeti következményekkel járhatnak. A Seveso III. irányelv egyértelműen hangsúlyozza, hogy a súlyos balesetek hatásainak értékelésekor és a megelőző intézkedések meghatározásakor az emberi élet védelme mellett a környezet állapota, a természeti erőforrások megóvása és az ökoszisztémák regenerációs képessége is kiemelt szerepet kap. Ez az elv a vasúti veszélyes áru szállításban és kezelésben különösen fontos, mivel egy anyagkilépés vagy tüzeset következményei gyakran érintik a felszíni vizeket, a talajt, a felszín alatti rétegeket, illetve a légkört, ami hosszú távú ökológiai és egészségügyi kockázatokat hordozhat. [64]

A fejezet kialakításának alapját az ökoszisztéma-alapú kockázatkezelés elve képezi, amelyet a környezetmenedzsment és rezilienciakutatás nemzetközi szakirodalma – többek között Linkov és társai (2018) – dolgozott ki. Ez a megközelítés a környezetvédelmet nem elszigetelt feladatként kezeli, hanem olyan integrált rendszerként, amelyben a megelőzés, a beavatkozás, a mentés és az utómonitorozás egymásra épülő, dinamikusan összekapcsolható elemek. [137] Az ökoszisztéma-alapú megközelítés lényege, hogy a környezeti rendszerek sérülékenysége, regenerációs képessége és a terhelhetősége együtt határozza meg a beavatkozási prioritásokat és a helyreállítás lehetséges irányait. [138]

A fejezet egyik alapvető feladata a környezetszennyezési forgatókönyvek részletes bemutatása. A vasúti veszélyes áru balesetek esetében három fő komponens érintett: a víz, a talaj és a levegő. A vízszennyezési forgatókönyvek elsősorban folyékony veszélyes anyagok kiömlésekor relevánsak, ahol a szennyező anyag a csapadékvíz-elvezető rendszereken keresztül felszíni vizekbe vagy a csatornahálózatba juthat. A tervnek vizsgálnia kell az adott anyag oldhatóságát, sűrűségét, viszkozitását, valamint azt, hogy képez-e filmréteget vagy emulziót a víz felszínén. [139] A talajszennyezési forgatókönyvek tartalmazzák a szivárgó vagy kiömlő veszélyes anyagok talajba jutásának lehetőségeit, a talaj fizikai és kémiai tulajdonságainak szerepét, valamint a szennyező anyag terjedését meghatározó paramétereket (pl.: permeabilitás, talajpórusrésfogat). [140] A levegőszennyezési forgatókönyvek különösen kritikusak gázfázisú vagy könnyen párolgó anyagok esetében, ahol a veszélyes anyag terjedése gyorsan növelheti a lakossági expozíció kockázatát. Ilyenkor a meteorológiai paraméterek – stabilitási osztály, szélsébség, hőmérséklet-inverzió – meghatározó jelentőségűek. [141]

A környezeti forgatókönyvek elemzését követően a fejezetnek részletesen ismertetnie kell a mentesítési és hulladékkezelési eljárásokat. A mentesítés a fizikai eltávolításból (abszorpció, lefedés, izolálás) a kémiai semlegesítésig, illetve a talaj vagy víz biológiai helyreállításáig többféle módszert foglalhat magában. [142] A vasúti környezetben gyakran szükség lehet ideiglenes gátak kiépítésére, szennyezett talaj eltávolítására, mobil szorbensek alkalmazására, valamint speciális veszélyes anyag mentő egységek bevonására. [143]

A hulladékkezelés szabályozása során figyelembe kell venni a veszélyes hulladékokra vonatkozó hazai és uniós előírásokat, valamint meghatározni a gyűjtés, tárolás, szállítás és ártalmatlanítás pontos protokolljait. [144]

A fejezet egyik legfontosabb eleme az utómonitorozás és környezeti helyreállítás folyamatának részletes szabályozása. A vasúti veszélyes áru szállítási balesetek sok esetben maradandó környezeti változásokat idéznek elő, ezért a helyreállítás több fázisból áll:

1. azonnali stabilizáció;
2. közép- és hosszútávú utóellenőrzés;
3. ökoszisztéma-rehabilitáció;
4. engedélyköteles lezáró vizsgálatok.

Az utómonitorozás magában foglalja a talaj-, víz- és levegőmintavételeket, a koncentrációk időbeli változásának nyomon követését, valamint a határértékek teljesülésének vizsgálatát.

A Seveso III irányelv és a hazai szabályozás alapján a helyreállítás csak akkor tekinthető lezártnak, ha a létesítmény igazolja, hogy a környezeti paraméterek visszatértek a határértékek alá és a szennyezett terület nem jelent további kockázatot sem az emberre, sem az ökoszisztémára. [64]

A fejezet része továbbá a hatósági jelentéstétel és engedélyezés folyamata. Súlyos baleset bekövetkezésekor a létesítménynek haladéktalanul értesítenie kell a környezetvédelmi és iparbiztonsági hatóságot és részletes eseményjelentést kell készítenie. A helyreállítási és mentesítési tevékenységek nagy része engedélyköteles, ezért a tervnek tartalmaznia kell az engedélyezési folyamat lépéseit, határidőit és felelős szereplőit. [96]

Összességében a környezetvédelmi és helyreállítási fejezet olyan komplex és integrált rendszert alkot, amely egyszerre szolgálja a megelőzést, a gyors beavatkozást, a hosszú távú ökológiai rehabilitációt és a hatósági megfelelést. A nemzetköz szakirodalom szerint az ökoszisztéma-alapú kockázatkezelés növeli a rendszerek rezilienciáját és fenntarthatóságát, ezért alkalmazása a vasúti veszélyes áru logisztikában nemcsak ajánlott, hanem a jó gyakorlat egyik alapfeltétele. [137]

Szervezeti és irányítási rendszer

A vasúti belső veszélyelhárítási terv szervezeti és irányítási rendszert bemutató fejezete olyan alapvető funkciót tölt be, amely meghatározza, hogy a szervezet miként képes felismerni, kezelni és kontrollálni a súlyos baleseti kockázatokat. Ez a fejezet nem pusztán struktúrát ismertet, hanem a szervezeti működés mélyebb logikáját is feltárja, összhangban a human and organizational factors (HOF) megközelítéssel. A HOF-elmélet szerint a biztonság a technikai elemek mellett döntően az emberi tényezők, a vezetési rendszerek, a kommunikáció, a feladatmegosztás és az információáramlás minőségén múlik. A vasúti üzem sajátosságai – párhuzamos folyamatok, nagy térbeli kiterjedés, időkritikus döntések – tovább erősítik ezt a megállapítást. [145]

A fejezetnek elsőként a vezetési és irányítási hierarchiát kell részletesen bemutatnia. Ez tartalmazza a létesítmény vezetőjének szerepét, a helyi operatív vezetők jogköreit, valamint a stratégiai irányító szint – például a MÁV Zrt. területi és országos üzemirányítása – felelősségi köreit. A veszélyhelyzeti működésben döntő fontosságú a vezetési vonalak egyértelmű megrajzolása, hiszen egy esemény során több szereplő párhuzamosan, különböző szinteken hoz döntést. A hierarchia tisztázása segít megelőzni a döntés során előforduló konfliktusokat, a kommunikációs torzulásokat és a párhuzamos, egymást kioltó intézkedéseket – amelyek súlyos vasúti baleseteknél gyakori kockázati faktorok. [120]

A szervezeti rendszer második pillére a felelősségi mátrix (responsibility matrix), amely egyértelműen hozzárendeli a feladatokat az illetékes személyekhez és szervezeti egységekhez. A mátrixnak tartalmaznia kell a normálüzemi, a rendkívüli és a veszélyhelyzeti működés során ellátandó feladatokat, a döntési kompetenciákat és a felelősségi határokat. A vasúti létesítményekben tipikusan elkülönül a műszaki, forgalmi, biztonsági, környezetvédelmi és üzemirányítási területek felelőssége, de a veszélyhelyzetek során ezek összehangolt működése szükséges. [125] A felelősségi mátrix segít abban, hogy minden szereplő tudja, pontosan mikor, milyen döntést kell meghoznia és kihez kell kapcsolódnia adott eseménynél. [145]

A tervnek ki kell térni a helyettesítési rendre is, amely meghatározza, hogy egy kulcsszerepet betöltő személy távolléte esetén ki jogosult az adott döntések meghozatalára. A vasúti üzem folyamatos működési karaktere – 24/7 jelenlét, többműszakos ügyeleti rendszer – miatt a helyettesítési rendnek kristálytisztán kell működnie. A helyettesítési rendszer a reziliens szervezeti működés egyik alapköve, mivel biztosítja a döntéshozatali képesség folytonosságát még válsághelyzetben, személyi hiány esetén vagy párhuzamos műveleti terhelés esetén is. [127]

A szervezeti fejezet kiemelt eleme a koordinációs mechanizmusok részletes ismertetése. A vasút veszélyhelyzetek során több szervezet vesz részt egyidejűleg: a vasúti üzemeltető, a katasztrófavédelem, a rendőrség, a mentőszolgálat, a környezetvédelmi hatóság, valamint sok esetben külső szakértők vagy veszélyesanyag-mentő egységek. A koordinációs rendszernek tartalmaznia kell a vezetési módot (egyszemélyes irányítás vagy integrált parancsnoki struktúra), a kommunikációs csatornákat, a jelentési protokollt és a döntési pontokat. A veszélyhelyzeti koordináció hatékonyságát erősen befolyásolja a szereplők közötti információáramlás sebessége és pontossága, ezért a rendszernek többszintű, redundáns kommunikációs megoldásokat kell alkalmaznia. [146]

A vasúti belső veszélyelhárítási tervben különösen indokolt a decentralizált irányítási modell bemutatása, amely Magyarország több rendezőpályaudvari tervében (pl. Komárom, Ferencváros) már megjelent. A decentralizált modell lényege, hogy a döntések lehetősége szerint minél közelebb szülessenek a kockázati forráshoz. A nemzetközi rezilienciakutatás eredményei azt mutatják, hogy azok a szervezetek működnek hatékonyan krízishelyzetekben, amelyek képesek helyi szinten, gyors információfeldolgozással, rugalmas döntéseket hozni. A vasúti környezetben ez különösen fontos, mivel a beavatkozási helyszín távol lehet a központi irányítástól és a helyszíni viszonyok gyors változása (szélirány, hősugárzási állapotok, anyagterjedés) azonnali reakciót igényel. [120]

A decentralizált működés azonban csak akkor hatékony, ha világos vertikális és horizontális kapcsolódások biztosítják a döntések összhangját: a helyszíni döntéshozók világos keretek között mozognak, a stratégiai irányítás pedig biztosítja az erőforrásokat, a szakmai háttérrel és hatósági kapcsolattartást. [121] A szervezeti fejezetnek ezért tartalmaznia kell a horizontális együttműködési struktúrákat) műszaki – forgalmi – környezetvédelmi egységek kapcsolata), valamint a vertikális irányítási vonalakat (helyszín – terület – országos irányítás). [146] A fejezet fontos eleme továbbá a kompetencia- és képzési követelmények ismertetése. A súlyos balesetek kezelésénél a beavatkozók magas szintű műszaki, veszélyes anyag ismereti és kommunikációs képességekre támaszkodnak. A belső veszélyelhárítási tervnek ezért tartalmaznia kell, hogy az egyes pozíciókhoz milyen szakképesítés, milyen gyakorlati tapasztalat, milyen képzési struktúra szükséges és milyen időszakos továbbképzések biztosítják a kompetencia fenntartását. A kompetenciaalapú megközelítés a HOF-elmélet egyik alappillére, hiszen a szervezeti hibák jelentős része a nem megfelelő tudásszint vagy felelősségi körhöz nem illeszkedő képességek következménye.[145]

Végül, a szervezeti és irányítási rendszer fejezetének ki kell térnie a szervezeti tanulás és visszacsatolás mechanizmusaira. A vasúti üzem veszélyes áru kezelési folyamatai csak akkor válhatnak hosszú távon biztonságossá, ha a szervezet képes a gyakorlatokból, éles eseményekből és auditokból származó tapasztalatokat rendszerszinten beépíteni a működésébe. A reziliens szervezet egyik alapismérve, hogy nem csupán reagál, hanem folyamatosan tanul és adaptálódik. A fejezetnek ezért tartalmaznia kell a tapasztalatgyűjtési, elemzési és visszacsatolási eljárásokat, valamint azt, hogy a szervezet miként építi be a tanulságokat a következő felülvizsgálati ciklusba.[121]

Összességében a szervezeti és irányítási rendszer fejezete nem csupán egy szervezeti ábra leírása, hanem a vasúti veszélyelhárítás működési filozófiáját, döntési logikáját, felelősségi rendszerét és reziliencia mechanizmusait meghatározó kulcsdokumentum. Egy jól strukturált fejezet biztosítja, hogy a vasúti létesítmény veszélyhelyzetben hatékonyan, gyorsan és összehangoltan tudjon reagálni, miközben megfelel a nemzetközi jó gyakorlatoknak és a magyar jogszabályi előírásoknak.

Képzés, gyakorlatok és értékelés

A vasúti belső veszélyelhárítási terv egyik kulcsfontosságú fejezete a képzés, gyakoroltatás és értékelés rendszere, amely meghatározza miként képes a szervezet felkészülni a súlyos balesetek kezelésére és hogyan biztosítható a reagálási képesség folyamatos fejlesztése.

A korszerű iparbiztonsági megközelítések egyértelműen hangsúlyozzák, hogy a veszélyhelyzeti teljesítmény javítása nem kizárólag technikai vagy infrastrukturális fejlesztés kérdése, hanem legalább ennyire a szervezeti tudás, kompetencia, együttműködési készség és gyakorlottság függvénye. A vasúti rendszerben – ahol a veszélyhelyzetek gyorsan terjedhetnek és nagy területet érinthetnek – különösen indokolt a rendszeres, több szereplőre kiterjedő gyakoroltatás megszervezése. [106]

A képzési rendszer elsődleges eleme a vasúti személyzet elméleti és gyakorlati felkészítése, amely a veszélyes áru ismeret, a technológiai folyamatok, a riasztási és jelentési protokollok, valamint a beavatkozási szabályok részletes elsajátítására irányul. A rendezőpályaudvarokon végrehajtott műveletek bonyolultsága – tolatási folyamatok intenzitása, a kocsik mozgásának nehéz előre jelezhetősége és a veszélyes anyagok sokfélesége – indokoltá teszi, hogy a képzési program differenciált, szerepkör-specifikus és folyamatos legyen. [117] A tervnek tartalmaznia kell a különböző munkakörökhöz tartozó képzési követelményeket, és az előírt kompetenciákat. [147]

A képzés második eleme a kockázatkommunikáció és döntéstámogatás oktatása. A súlyos vasúti balesetek során a döntési folyamatok időkritikusak, a helyzetkép gyorsan változik és több szervezet együttműködésére is szükség lehet. A képzési programnak éppen ezért ki kell terjednie olyan készségekre, mint az eseményazonosítás, helyzetértékelés, cselekvési alternatívák gyors felmérése, valamint az információ torzításmentes továbbítása. [131] A HOF-elmélet szerint a súlyos események bekövetkezését legtöbbször nem technikai hibák, hanem döntési, kommunikációs vagy koordinációs zavarok okozzák, ezért ezek oktatása kiemelten fontos. [148]

A fejezet legfontosabb eleme azonban a komplex, több szereplős gyakoroltatási rendszer kialakítása. A vasúti veszélyhelyzetek kezelésében alapvető szerepet kapnak az együttműködő szervezetek – a katasztrófavédelem, a rendőrség, a mentőszolgálat, az önkormányzati szervek, a környezetvédelmi hatóságok, valamint az adott esetben az üzemeltető iparbiztonsági szakemberei. A gyakoroltatásnak ezért túl kell mutatnia az egyes szervezetek belső képzésein és strukturált, összehangolt, közös gyakorlatokat kell tartalmaznia, amelyek a valós beavatkozási helyzetekre épülnek. A közös gyakorlatok növelik a szervezetek közötti interoperabilitást, csökkentik a kommunikációs bizonytalanságokat és javítják a reagálási időket – ezek mint a súlyos balesetek következményeinek minimalizálását szolgálják. [149]

A vasúti belső veszélyelhárítási tervnek részletesen tartalmaznia kell a gyakorlatok típusait és gyakoriságát. E gyakorlatok három szintje különíthető el:

1. Elméleti gyakorlatok, amelyek az érintett személyek tudását frissítik és biztosítják az eljárások ismeretét.

2. Szimulációs gyakorlatok, például asztali (table-top) gyakorlatok, amelyek során a vezetők és döntéshozók mesterségesen modellezett helyzetekben gyakorolják a döntéshozatali és kommunikációs folyamatokat.

3. Komplex gyakorlatok, amelyek során a vasúti létesítmény teljes személyzete, valamint az együttműködő szervezetek is bevonásra kerülnek. Ezek a gyakorlatok lehetnek valós eszközökkel végrehajtott, úgynevezett „forró gyakorlatok”, ahol például imitált anyagkibocsátás, tüzeset, vágányszintű evakuáció vagy környezetvédelmi beavatkozás történik. [149]

A közös gyakorlatok tervezésekor és végrehajtásakor kiemelt szerepet kap az operatív összehang megteremtése. A különböző szervezetek gyakran eltérő munkakultúrával, döntési protokollal, kommunikációs hierarchiával vagy technikai felszereltséggel rendelkeznek. A gyakorlatok célja az, hogy ezeket az eltéréseket azonosítsák és kiegyenlítsék, létrehozva egy közös működési platformot. Ez összhangban áll a reziliens szervezet elméletével, amely szerint a hatékony együttműködés azon múlik, hogy a szervezetek képesek-e közös helyzetértelmezésre, célrendszerre és cselekvési prioritásokra. [120]

A gyakorlatok során gyűjtött tapasztalatokat rendszeresen és strukturált módon ki kell értékelni. Az értékelési folyamat része a gyakorlat céljainak teljesülése, a kommunikáció hatékonysága, a döntési pontok áttekintése, a beavatkozók taktikai lépéseinek elemzése, valamint a hibák vagy hiányosságok feltárása.

A visszacsatolás alapú értékelés illeszkedik Rasmussen (1997) „tanuló biztonsági rendszer” koncepciójához, amely szerint a szervezetek hosszútávú biztonsági teljesítménye azon múlik, hogy képesek-e a tapasztalatokat a működésükbe integrálni és rendszeresen frissíteni a kockázati, beavatkozási és képzési eljárásokat. [121]

Az értékelés eredményeit a belső veszélyelhárítási terv felülvizsgálati ciklusába is integrálni kell. Az újonnan azonosított hiányosságok alapján módosítani kell a riasztási láncot, a beavatkozási protokollokat, a szervezeti felelősségi mátrixot vagy akár a képzési programot is. Ez biztosítja, hogy a terv valóban élő dokumentumként működjön és folyamatosan illeszkedjen a szervezet valós kockázati profiljához.

Összességében a képzés, gyakoroltatás és értékelés fejezet nem csupán egy képzési ütemterv leírása, hanem a vasúti veszélyelhárítás és az együttműködő szervezetek közötti együttműködés egyik legfontosabb eszköze.

A jól megtervezett és közösen végrehajtott gyakorlatok növelik a szervezetek közötti bizalmat, javítják a műveleti összhangot és bizonyítottan csökkentik a súlyos vasúti balesetek kockázati hatásait.

A terv karbantartása és felülvizsgálata

A belső veszélyelhárítási terv karbantartása és felülvizsgálata a biztonságirányítás egyik legfontosabb funkcionális eleme, amely alapvetően meghatározza, hogy a dokumentum mennyiben képes valóban betölteni rendeltetését a veszélyhelyzetek megelőzésében, kezelésében és a szervezet rezilienciájának fenntartásában.

A modern iparbiztonsági megközelítések- különösen Rasmussen (1997) „dynamic safety model” koncepciója – hangsúlyozzák, hogy a biztonsági dokumentumok csak akkor hatékonyak, ha nem statikus szabálygyűjteményként, hanem folyamatosan frissülő, integrált tudásbázisként működnek. A vasúti rendezőpályaudvarok sajátos működési karaktere – a folyamatosan változó forgalmi terhelés, az időszakosan módosuló technológiai folyamatok, az állomány fluktuációja és a különböző együttműködő szervezetek jelenléte – tovább erősíti azt az igényt, hogy a belső veszélyelhárítási tervet, mint „élő dokumentumot” kell kezelni. [121]

A fejezetnek elsőként a felülvizsgálat gyakoriságát és ciklusait kell rögzítenie. A nemzetközi gyakorlat és a hazai szabályozásnak egyaránt meg kellene követelnie, hogy a tervet legalább évente, valamint minden olyan esetben aktualizálni szükséges, amikor jelentős szervezeti, technológiai vagy jogszabályi változás következik be. Ilyen változás lehet többek között új veszélyes anyag kezelése, új technológiai berendezések üzembe állítása, a pályaudvar infrastruktúrájának módosítása, a külső biztonsági környezet változása (pl.: lakossági területek növekedése a rendezőpályaudvar környezetében), vagy a kockázatelemzés eredményeinek változása. A felülvizsgálati ciklusok formalizált meghatározása biztosítja, hogy a terv összhangban maradjon a szervezet tényleges működési környezetével. [121]

A karbantartási fejezet egyik kulcseleme az aktualizálás folyamata, amely részletesen leírja a módosítandó elemek azonosítását, a változások jóváhagyási rendjét és az engedélyezés mechanizmusát. [117] A folyamatnak egyértelműen ki kell jelölnie a felelős személyeket – például a vasúti létesítmény vezetőjét, a veszélyes áru szállítási biztonsági tanácsadót, az üzemirányítási vezetőt és a kockázatelemzések elkészítéséért felelős szakértőket. [150]

A változtatásoknak hierarchikusan kell beépülniük a dokumentumba, azaz a riasztási lánc, a beavatkozási protokollok és a kommunikációs mechanizmusok módosítás például nagyobb súlyú változtatásnak minősül, mint egy logisztikai adat frissítése vagy a szervezeti ábra kisebb pontosítása. E lépések dokumentálása során szükséges igazolni, hogy a dokumentum minden időpillanatban érvényes adattartalommal rendelkezzet. [151]

A felülvizsgálat egyik legfontosabb alapja a gyakorlatokból és éles eseményekből származó tapasztalatok rendszeres beépítése. A szimulációs és komplex terepgyakorlatok során feltárt hiányosságok – például túl lassú riasztási idők, kommunikációs késedelem, kommunikációs zavar, felszerelés-alkalmazási probléma – közvetlenül jelzik azokat a pontokat, ahol a belső veszélyelhárítási terv finomhangolása szükséges. [152] Az éles események elemzése pedig még erősebb visszacsatolást ad, hiszen ilyenkor az „adott scenárióban” működő döntési mechanizmusok valós teljesítménye vizsgálható. Az ilyen tapasztalatok formalizáltan épülnek be az élves felülvizsgálatba, ami nagymértékben növeli a dokumentum hatékonyságát és relevanciáját. [153]

A terv karbantartásának fontos funkciója a kockázatelemzés frissítése. A rendezőpályaudvarok veszélyességi profilja időről időre változik- változhat a pályaudvaron állomásozó, áthaladó veszélyes anyagok típusa, mennyisége, szezonális eloszlása, a személyi állomány létszáma és összetétele vagy éppen az infrastruktúra egyes elemeinek műszaki állapota. Ezek a tényezők mind jelentős hatást gyakorolnak a kockázati szintekre. A frissített kockázatelemzésnek össze kell vetnie az új kockázati adatokat a korábbi eredményekkel és szükség esetén aktualizálnia kell az ALARP-elvekhez igazodó intézkedéseket, valamint a beavatkozási és riasztási protokollokat. [115] Az UIC 201E döntvény ajánlása is hangsúlyozza, hogy a vasúti kockázatértékelés nem egyszeri feladat, hanem folyamatos folyamat, amelynek célja a működés biztonságának dinamikus nyomon követése. [121]

A felülvizsgálati fejezetnek ki kell térnie továbbá az engedélyezési és jóváhagyási rendszerre, amely biztosítja, hogy a módosítások jogszerűek, szakmailag indokoltak és megfelelően dokumentáltak legyenek, A jóváhagyás több szinten történhet: belső vezetői szinten (pl.: létesítményvezető), vállalati szinten (pl.: MÁV Zrt. vagy szakmai irányító szervezet), valamint hatósági szinten (pl.: BM OKF, környezetvédelmi hatóság). A többszörös engedélyezési folyamat biztosítja az átláthatóságot és megakadályozza, hogy egy-egy nagy volumenű változás informális úton kerüljön be a dokumentumba. [117][64][106]

A terv karbantartása és felülvizsgálata nemcsak adminisztratív kötelezettség, hanem a szervezet rezilienciájának egyik alapvető mechanizmusa.

A reziliens szervezetek képesek előre látni a működési zavarokat, alkalmazkodni a változásokhoz, fenntartani a működés folytonosságát és gyorsan helyreállni egy eseményt követően. A belső veszélyelhárítási terv rendszeres és szakszerű karbantartása lehetővé teszi, hogy a vasúti üzem folyamatosan friss, megbízható és tényleges működést tükröző biztonsági dokumentummal rendelkezzen. ennek hiányában a terv elveszíti gyakorlati értékét és nem képes támogatni sem a beavatkozási döntéseket, sem a kockázati eredmények szakmai értelmezését. [120]

Összességében a belső veszélyelhárítási terv karbantartása és felülvizsgálata olyan összetett, több szintű folyamat, amely egyszerre szolgálja a jogszabályi megfelelést, a szervezeti működés biztonságát, a tapasztalati tanulást és a reziliencia fenntartását. Egy professzionálisan működtetett felülvizsgálati rendszer kulcsfontosságú feltétele annak, hogy a vasúti rendezőpályaudvarok hosszú távon biztonságosan és hatékonyan működjenek.

Mellékletek és digitális kiegészítések

A belső veszélyelhárítási terv mellékletei és digitális kiegészítései olyan kritikus fontosságú struktúrákat alkotnak, amelyek egyrészt biztosítják a dokumentum gyakorlati használhatóságát, másrészt támogatják a hatósági ellenőrzések, a beavatkozási műveletek és a szervezeti tanulás folyamatát. [131] A mellékletek szerepe túlmutat a formális követelmények teljesítésén, mivel ezek jelentik azt az információs háttérrel, amely a közvetlen, operatív döntések, a műveleti koordináció és a kockázati helyzetkép gyors felépítésének alapját képezik. A vasúti rendezőpályaudvarok komplex működése miatt a mellékletek kellő részletezettsége, egységes felépítése és könnyű hozzáférhetősége alapvető feltétele a hatékony veszélyhelyzeti reagálásnak. [106]

A mellékletek elsődleges eleme a veszélyes áruk listája, amelynek tartalmaznia kell a rendezőpályaudvaron rendszeresen vagy eseti jelleggel megjelenő veszélyes anyagokat a RID besorolások, UN számok, osztályozási jellemzők, fizikai-kémiai tulajdonságok és az anyagokhoz kapcsolódó releváns kockázati jellemzők (pl.: LC50/LD50 adatok, hősugárzási viselkedés, vízzel való reakció) feltüntetésével. Az UIC 201E ajánlásai alapján a veszélyes anyagokat nemcsak listázni kell, hanem szükséges megadni azokat a technológiai sajátosságokat is, amelyek a vasúti kezelés szempontjából fontosak (pl.: tartálykocsi típusa, töltési fok, csatlakozó szerelvények). [154] A részletes lista támogatja a helyszíni beavatkozókat, különösen a katasztrófavédelem beavatkozó állományát abban, hogy gyorsan azonosítsák az adott anyag veszélyességi profilját és a szükséges beavatkozási módot. [155]

A mellékletek második kulcseleme az értesítési lánc és a riasztási mátrix, amely a korábban részletezett riasztási és kommunikációs lánc vizuális, lépésről-lépésre strukturált megjelenítését tartalmazza. E dokumentum kifejezetten operatív célokat szolgál, tehát a helyszínre érkező vagy ott tartózkodó személyzet számára gyorsan áttekinthetővé teszi, mely szervezetet milyen sorrendben, milyen csatornán és mely felelős személy bevonásával kell értesíteni. A riasztási mátrixnak színkóddal, időbélyegekkel, alternatív elérhetőségekkel és redundáns kommunikációs csatornákkal is rendelkeznie kell, összhangban a HOF-elmélettel és a reziliencia alapelveivel, amelyek szerint a kommunikációs redundancia növeli a rendszer válságállóságát. [148]

A mellékletek harmadik pillére a térképes mellékletek és a GIS-alapú veszélyzónák bemutatása. Ezek a dokumentumok rendkívül fontosak a vasúti környezetben, ahol a veszélyhelyzet térbeli kiterjedése, a vágányhálózat geometriája, a megközelítési útvonalak, a tűzcsapok, a vízelvezető rendszerek, valamint a veszélyes pontok (pl.: olajteknők, lejtési szakaszok) meghatározó tényezők a beavatkozás sikeressége szempontjából. A GIS-rétegekben megjelenített információk – például dominóhatás zónák, gázterjedési modellek, hősugárzási kontúrok – valós időben segíthetik a döntéshozókat az eseménynagyságának és várható következményeinek becslésében. A modern digitális formátumok – webes térképi felületek, mobilalkalmazásra optimalizált rétegek – lehetővé teszik, hogy a beavatkozók akár a terepen is hozzáférjenek ezekhez az adatokhoz. A mellékletek fontos részét képezik a gyülekezési pontok, evakuációs útvonalak és lezárási területek dokumentumai. [156] Ezeket a dokumentumokat a Seveso III. irányelv 14. cikkének megfelelően úgy kell összeállítani, hogy támogassák a lakossági és dolgozói védekezést, valamint a beavatkozó szervezetek gyors helyszínre jutását. Meg kell határozni a belső gyülekezési pontokat, a veszélyhelyzeti gyülekezési útvonalakat, a külső befogadó pontokat és azokat a területeket, amelyeket egy veszélyes anyag kibocsátás esetén azonnal zárni kell. A dokumentum vizuális, térképes megjelenítése jelentős mértékben növeli annak gyakorlati használhatóságát. [157]

A gyakorlatok dokumentációja – éves oktatási és gyakorlatterv, részvételi jegyzőkönyvek, értékelő jelentések, visszacsatolási elemzések – szintén kötelező mellékletelem. Ezek a dokumentumok kulcsszerepet játszanak a szervezeti tanulásban és a reziliencia fenntartásában. A dokumentáció hozzáférhetővé teszi a gyakorlatok eredményeit a vezetés és a hatóságok számára és biztosítja, hogy a gyakorlatok tapasztalatai formálisan is beépüljenek a belső veszélyelhárítási terv felülvizsgálatába. [158]

A belső veszélyelhárítási tervek jövőbeni egységesítésének egyik legfontosabb iránya a digitális formátumú tervezés és dokumentumkezelés bevezetése. A terv digitális struktúrájának (PDF + GIS + adatlap) kialakítása jelentősen javítja a dokumentum kereshetőségét, frissíthetőségét, verziókövetését és a hatósági feldolgozás hatékonyságát. A digitális formátum egyben lehetőséget teremt arra, hogy a vasúti üzemeltetők és a külső szervezetek egységes platformon érjék el a kritikus információkat – ez alapfeltétele az interoperábilis, több szereplős beavatkozásoknak. [159]

Összegezve a mellékletek és digitális kiegészítések nem csupán a dokumentum formai részét képezik, hanem a rendszerszintű kockázatkezelés fontos eszközei is. A strukturált, egységes és könnyen frissíthető mellékletek hozzájárulnak ahhoz, hogy a belső veszélyelhárítási terv valóban a vasúti biztonságirányítás élő dokumentumaként működjön, amely nemcsak a jogszabályi megfelelést szolgálja, hanem támogatja a szervezet rezilienciáját, döntéshozatali képességét és tudásalapú működését. Az UIC 201E döntvény és a Seveso III. irányelv együttes alkalmazása biztosítja, hogy a mellékletek ne csupán kiegészítő elemek legyenek, hanem a tudományosan megalapozott kockázatkezelési rendszer integráns részévé váljanak. [115]

A vasúti rendezőpályaudvarok belső veszélyelhárítási tervek egységes mellékletek sablonját az értekezés-tervezet 1. számú melléklete tartalmazza.

2.5. Részkövetkeztetések a második fejezethez

A vasúti veszélyes áru szállításhoz kapcsolódó kockázatok értelmezése során világossá válik, hogy a hagyományosan alkalmazott veszélyazonosítási és kockázatértékelési módszerek alapvetően meghatározzák azt a képet, amely a súlyos baleseti események lehetséges lefolyásáról kialakul. A kutatás alapján megállapítható, hogy e módszerek jelentős szerepet töltenek be a műszaki kockázatok feltárásában, ugyanakkor korlátozott mértékben alkalmasak a vasúti veszélyes áru szállítás dinamikus és többszereplős működési környezetének átfogó értelmezésére.

A klasszikus veszélyazonosítási és kockázatértékelési eljárások jellemzően statikus szemléletre épülnek és a kockázatokat elkülönített technológiai események sorozataként kezelik. E megközelítés következtében a döntési folyamatok időbelisége, a párhuzamos beavatkozások hatása, valamint a különböző szervezeti szereplők közötti kölcsönhatások csak korlátozottan jelennek meg a kockázati modellekben. A vasúti veszélyes áru szállítás esetében – különösen a súlyos baleseti forgatókönyvek esetében – ez a módszertani sajátosság a kockázatok leegyszerűsített értelmezéséhez vezethet.

A vizsgált módszerek alkalmazása során egyértelművé válik, hogy az emberi és szervezeti tényezők szerepe jellemzően másodlagos súllyal jelenik meg a műszaki meghibásodásokhoz képest. Ugyanakkor a veszélyhelyzeti események tapasztalatai azt mutatják, hogy a döntéshozatal minősége, az információáramlás gyorsasága és a beavatkozások koordinációja alapvetően befolyásolja a következmények alakulását. A módszertani keretek ezen elemek integrált kezelésére csak korlátozott lehetőséget biztosítanak, amely rávilágít a kockázatelemzési megközelítések továbbfejlesztésének szükségességére.

Külön figyelmet érdemel, hogy a klasszikus kockázatelemzési módszerek elsősorban a veszélyek azonosítására és a következmények becslésére koncentrálnak, miközben a veszélyhelyzeti működés folyamatairól – mint időben lefolyó, egymásra épülő döntési és beavatkozási lépések sorozatát – nem kezelik önálló vizsgálati tárgyként. A vasúti veszélyes áru szállítás komplex működési környezetében ez a hiányosság különösen jelentős, mivel a kockázatok alakulása nagymértékben függ a folyamatok dinamikájától és az érintett szereplők együttműködésétől.

Összegzésként megállapítható, hogy a hagyományosan alkalmazott veszélyazonosítási és kockázatértékelési módszerek önmagukban nem biztosítanak teljeskörű értelmezési keretet a vasúti veszélyes áru szállítás súlyos baleseti kockázatainak vizsgálatához. Bár a műszaki kockázatok feltárásában továbbra is nélkülözhetetlenek, alkalmazásuk rendszerszintű kiegészítést igényel annak érdekében, hogy a döntési, szervezeti és humán tényezők hatása is érdemben megjelenjen a kockázati értékelésben. E megállapítás közvetlenül előkészíti annak indokoltságát, hogy a veszélyhelyzeti működést a továbbiakban ne kizárólagos statikus módszerekkel, hanem dinamikus megközelítésben alkalmazzuk.

3. DIGITÁLIS GYAKOROLTATÁSI INNOVÁCIÓ A VASÚTBIZTONSÁGBAN

A doktori disszertáció írása során világossá vált számomra, hogy a vasúti veszélyhelyzet-kezelés jelenlegi eszközrendszere – dokumentumalapú tervezéssel és szórványos fizikai gyakorlatokkal – nem képes teljeskörűen biztosítani a rendezőpályaudvarok és veszélyes áru kezeléssel foglalkozó vasúti üzemi létesítmények működésének biztonságát. Ennek felismeréséből kiindulva a disszertáció keretein belül egy olyan digitális program koncepcióját dolgoztam ki, amely képes lenne a vasúti szereplők és a hatóságok veszélyhelyzeti felkészültségét egységes módszertanra épülő, szimulációs gyakoroltatással támogatni.

Az általam elképzelt és a disszertáció-tervezet lezárásáig részben megvalósított digitális gyakorlóplatform célja, hogy a belső veszélyelhárítási tervekben rögzített eljárásokat ne csupán formálisan, hanem tényleges működésükben is tesztelhetővé tegye, ezáltal növelve a reagálási hatékonyságot és a valós események eredményes kezelésének esélyét.

A fejezet műszaki tartalma nem egy konkrét szoftvermegvalósítás bemutatására, hanem egy elméletileg megalapozott digitális gyakoroltatási modell kidolgozására irányul. A bemutatásra kerülő felépítés, szerepkör- kompetenciamodell, valamint a döntési és információáramlási folyamatok leírásai implementáció-független módon tükrözik majd a vasúti veszélyhelyzeti működés műszaki-szervezeti logikáját. Ez a megközelítés lehetővé teszi a koncepció későbbi gyakorlati megvalósítását és empirikus vizsgálatát, miközben önálló tudományos eredményként értelmezhető.

A vasúti veszélyhelyzetek kezelésére vonatkozó jogi szabályozási környezet – beleértve a Seveso III. irányelv előírásait, illetve az UIC 201E döntvényben rögzített kötelezettségeket, valamint a vasúti ágazati normákat – elsősorban a veszélyelhárítási dokumentumok elkészítését, rendelkezésre állását és a fizikai gyakorlatok időszakos végrehajtását teszi kötelezővé. Mindezek a követelmények nélkülözhetetlenek a biztonság fenntartásához, ugyanakkor a gyakorlat azt mutatja, hogy a belső veszélyelhárítási tervek valós működőképessége – különösen komplex, több szereplős események esetében – csak korlátozottan ellenőrizhető.

A jelenlegi rendszer nem teszi lehetővé a veszélyhelyzeti tervek valós idejű, rendszeres validálását, a döntéshozatali láncok tesztelését vagy az együttműködő szervezetek interoperabilitásának folyamatos mérését.

Mivel a vasúti infrastruktúrák – különösen a rendezőpályaudvarok – kiemelten veszélyeztetetettnek számítanak, egyértelművé válik, hogy a veszélyelhárítási felkészültség és a szervezeti reziliencia fejlesztése csak akkor tehető egységessé és ellenőrizhetővé, ha azt jogszabályi szinten is támogatja a digitális gyakoroltatás kötelező előírása. [115]

Ebből a felismerésből következik, hogy indokolt lenne a magyar jogrendbe olyan szabályozási elemet beépíteni, amely kötelezővé teszi a vasúti üzemeltetők számára egy egységes digitális veszélyhelyzeti gyakorlatoztató platform használatát. ennek célja nem pusztán a formális megfelelés lenne, hanem egy új, rendszerszintű biztonsági kultúra megteremtése, amely lehetővé teszi, hogy a belső veszélyelhárítási tervek ne csak statikus dokumentumként, hanem folyamatosan tesztelt, szimulált és visszamért elemekként működjenek. Jogszabályi előírás nélkül a digitális gyakoroltatás nem lenne egységes, azaz az egyes szervezetek alkalmaznák, mások nem, az együttműködés pedig ismét heterogénné válna. Ha azonban a digitális platform alkalmazását normatív kötelezettséggé tenné a jogalkotó, akkor minden vasúti létesítmény azonos módszertannal és egységes technikai környezetben végezhetné a felkészülést, ami mérhetően növelné a veszélyhelyzeti reagálás hatékonyságát és csökkentené a valós események kimenetelének bizonytalanságát.

Ebben a kontextusban kerül előtérbe az általam kidolgozott és a disszertáció következő részében bemutatott számítógépes program koncepciója, amely alkalmas lehet a vasúti veszélyhelyzeti felkészítés és gyakorlatok jogszabályban rögzített alapinfrastruktúrájává válni. A program olyan digitális gyakorlatoztató környezetet hoz létre, amely a vasúti belső veszélyelhárítási terv strukturált, digitalizált adatmodelljére építve képes valósághű szimulációk, döntéstámogató folyamatok és többszereplős együttműködési gyakorlatok végrehajtására. A platform nem csupán a papír alapú tervek „digitális másolata”, hanem annak aktív, dinamikus, folyamatosan fejleszthető változata, ahol a veszélyhelyzeti protokollok működése, a riasztási lánc időszerkezete, az információáramlás minősége és a szervezeti reagálóképesség egyaránt tesztelhetővé válik.

A digitális platform jelentősége abban áll, hogy képes egységes gyakoroltatási keretrendszer biztosítani mind a vasúti személyzet, mint a katasztrófavédelem beavatkozó egységei, mind pedig a BM OKF irányító szervei számára. A jelenlegi gyakorlat szerint a vasúti üzemeltetők elsősorban belső gyakorlatokat végeznek, a katasztrófavédelem külön gyakorol, a rendőrség és a mentőszolgálat pedig saját eljárásrendje szerint vesz részt eseti közös gyakorlatokban. Ez azonban nem minden esetben biztosítja a valós veszélyhelyzetekben szükséges információ- és cselekvési összehangoltságot.

A szoftver ezzel szemben olyan integrált környezetet teremt, amelyben minden érintett szereplő a saját kompetenciájának megfelelő felületen gyakorolhat, ugyanakkor a rendszer egy időben képes modellezni az összes szervezet közötti kommunikációs és beavatkozási folyamatot.

A szoftver egyik legfontosabb eleme, hogy lehetőséget biztosít a belső veszélyelhárítási tervek tényleges, rendszeres tesztelésére. Ahelyett, hogy a tervek kizárólag dokumentumellenőrzés és ritka fizikai gyakorlatok során kerülnének felülvizsgálatra, a digitális szimuláció lehetővé tenné, hogy valósághű eseményforgatókönyvek alapján vizsgálják a reakcióidőket, a riasztási lépések időbeli megfelelőségét, a kommunikációs csatornák működőképességét, valamint a beavatkozási protokollok alkalmazhatóságát. Ezáltal a terv nemcsak megfelel a formai követelményeknek, hanem a működés szempontjából is validált dokumentummá válik.

A program további különlegességét erősíti az a funkció is, amely lehetővé teszi, hogy a valós, élő gyakorlatokat digitális eszközökkel támogassa. A vasúti dolgozók számára fejlesztett okosóra és tablet-alapú terepi alkalmazások alkalmasak lennének arra, hogy valós időben rögzítsék az események sorrendjét, időbélyegeit, a döntéshozatal lépéseit és a beavatkozás megkezdésének tényleges időpontjait. Ezáltal a gyakorlat nem pusztán megfigyelésen alapul, hanem részleteiben rekonstruálható, elemezhető, objektíven értékelhető folyamattá válik. A digitalizált értékelés az „After Action Review” módszertanára épül, amely a szervezeti tanulás egyik legfontosabb eszköze és amelynek rendszeres alkalmazása jelentős mértékben növeli a szervezetek rezilienciáját és alkalmazkodóképességét. [160]

A szoftver gyakorlati működése négy fő fázis köré szerveződik. A kezdeti fázis az adatintegráció, amely során a vasúti pályaudvar teljes belső veszélyelhárítási terve digitalizált, strukturált formátumban bekerül a rendszerbe. Ezt követi a forgatókönyv-alapú szimuláció szakasza, ahol a rendszer algoritmusai különböző eseménytípusokat modelleznek, figyelembe véve a veszélyes anyagok tulajdonságait, az infrastruktúra jellemzőit és az aktuális környezeti tényezőket. A harmadik fázis az interaktív reagálás, amelyben a felhasználók – legyenek vasúti dolgozók, katasztrófavédelmi beavatkozók vagy hatósági irányítók – a saját szerepkörük szerint hozhatnak döntéseket és indíthatnak intézkedéseket. A folyamatot a negyedik fázis zárja, mely során a rendszer automatikusan elemzi a teljes eseményláncot és átfogó értékelést készít.

A digitális gyakorlatoztató platform jogszabályi bevezetése olyan rendszerszintű minőségi ugrást eredményezne a vasúti veszélyhelyzet kezelésben, amely egyszerre javítaná a felkészültséget, a szervezeti együttműködést, a belső veszélyelhárítási tervek működőképességét, a hatósági ellenőrzések tárgyilagosságát és a valós események eredményes kezelését. A platform kötelező alkalmazása minden vasúti szereplő számára biztosítaná azt az egységes technológiai és eljárási hátteret, amely nélkül a veszélyhelyzeti reagálás hatékonysága országosan eltérő és kiszámíthatatlan maradna. A jogszabályi beültetés tehát nem pusztán technológiai kérdés, hanem a nemzeti vasútbiztonsági stratégia egyik kulcseleme is lehet.

3.1. A digitális gyakorlatoztató platform létjogosultságának és szükségességének további tudományos megalapozása

A vasúti veszélyhelyzetek kezelésének fejlődéstörténete azt mutatja, hogy a hagyományos, dokumentumalapú veszélyelhárítási rendszerek már nem képesek megfelelő válaszokat adni a modern technológiai és szervezeti kihívásokra.[161] A veszélyes áruk szállítása növekvő tendenciát mutat, miközben a vasúti infrastruktúra – különösen a rendezőpályaudvarok – működése egy inkább decentralizált, nagy kiterjedésű és nagy forgalmú rendszerként írható le. [162]

A veszélyhelyzeti reagálás ebben a környezetben csak akkor lehet eredményes, ha a szervezetek működése képes alkalmazkodni ahhoz a komplexitáshoz, amelyet a társadalmi, technológiai és szervezeti tényezők kölcsönhatása generál. [163]

A digitális gyakorlatoztató platform létjogosultsága ebből a szempontból nem csupán egy technológiai lehetőség, hanem szükségszerű következménye annak a nemzetközi trendnek, amely a kritikus szervezetek védelmében a reaktív szemlélettől az előrejelző és megelőző megközelítés irányába mozdul el.

A modern biztonságtudomány egyik legfontosabb felismerése, hogy a szervezetek teljesítményét nem kizárólag a szabályok ismerete és az erőforrások megléte határozza meg, hanem az, hogy a szereplők mennyire képesek „valóság-hű tapasztalatot szerezni” olyan helyzetekben, amelyek a mindennapi működés során nem, vagy csak nagyon ritkán következnek be. A tapasztalat hiányából eredő késedelem vagy bizonytalanság egy veszélyes áru szállítási vagy kezelési esemény során kritikus percek vesztesét jelentheti- a digitális gyakorlatoztató éppen azt a tapasztalati deficitet hivatott csökkenteni. [163][164]

A platform bevezetése továbbá válasz a vasúti szervezetek egyre bonyolultabb feladatrendszerére.

A pályavasúti, vontatási, rendezői, forgalomirányítási és üzemeltetési területek évtizedek óta párhuzamosan működnek és a veszélyhelyzeti felkészülésben ugyan részt vesznek, de eltérő képzési kultúrával, eltérő prioritásokkal és különböző gyakorlati lehetőségekkel. [165]

A digitális platform lehetővé teszi, hogy ezek a különálló szervezeti részek egy közös térben találkozzanak, ahol a saját szerepükben gyakorolhatnak, miközben megértik más szervezetek működésének logikáját is. Ez a fajta interakció olyan tudásformálódást hoz létre, amely papíralapú vagy alkalmi fizikai gyakorlatok során nem valósulhat meg. [166]

A szükségességet erősíti a hatósági elvárások és a kockázati környezet változása is. [167] A katasztrófavédelem egy nagyobb hangsúlyt helyez a bizonyítható működőképességre, amely a digitális gyakorlattal olyan objektív, rekonstruálható és visszamérhető bizonyítékkal rendelkezhetnek, amely egyértelműen megkönnyítheti a hatósági vizsgálatokat és a megfelelés értékelését. [168] A program létjogosultságát tovább erősítheti a humán tényezők szerepe a biztonságirányításban. A vasúti dolgozók – különösen a forgalmi szolgálattevők, tolatásvezetők, irányítók és beavatkozók – olyan magas szintű kognitív terhelésnek vannak kitéve, amelyben a helyzetfelismerés pontossága és a döntési sebesség meghatározza az esemény alakulását. A digitális gyakorlófelület segít a kognitív minták kialakításában, a döntéshozási rutinok megerősítésében és a stresszhelyzetekhez való alkalmazkodás fejlesztésében – mindezt kockázatmentes környezetben. Ezáltal a platform egyszerre szolgálja a szakmai kompetenciafejlesztést, a pszichológiai felkészültség növelését és a szervezeti tanulás megerősítését. [169]

A platform szükségességét nem utolsósorban az is indokolja, hogy a vasúti infrastruktúrák – különösen a rendezőpályaudvarok – életében a veszélyes áruk mozgatása olyan kockázatot jelent, amelynek következményei a vasúti szervezet határain messze túlnyúlhatnak. Egy modern, strukturált, jól működő gyakorlattal rendszer így nemcsak az üzemeltető saját érdeke, hanem szélesebb társadalmi előnyökkel is jár, hiszen közvetlenül csökkenti a környezetkárosodás, a lakossági érintettség és az infrastrukturális károk mértékét. [170] Megállapítható, hogy a digitális gyakorlattal platform létjogosultsága egy többdimenziós logikán alapul: egyszerre támasztja alá a veszélyhelyzetek ritka, de súlyos jellegével összefüggő felkészülési hiány, a szervezeti együttműködés strukturális nehézsége, a modern biztonság tudomány által hangsúlyozott tapasztalati tanulás szükségessége, a hatósági megfelelés objektív bizonyíthatósága és kritikus szervezetek ellenálló képességének társadalmi jelentősége. Mindezek alapján a program nem pusztán hasznos, hanem rendszerszinten indokolt és korszerű megoldást kínál a vasúti helyzetek reagálásának fejlesztésére.

3.2. Nemzetközi kitekintés a digitális veszélyhelyzeti gyakoroltatás modelljeire

A digitális veszélyhelyzeti felkészítés szükségessége nem csupán a magyar vasúti rendszer sajátosságaiból fakad. A nemzetközi gyakorlat egyértelműen azt mutatja, hogy a kritikus szervezetek üzemeltetői és a katasztrófavédelmi hatóságok már évtizedek óta a szimulációalapú, integrált, több ügynökségre kiterjedő gyakoroltatás irányába mozdultak el. E trendek azt erősítik meg, hogy a digitális eszközök alkalmazása ma már nem innovatív lehetőség, hanem a modern biztonságirányítás elengedhetetlen eleme.

Az Amerikai Egyesült Államokban a FEMA (Federal Emergency Management Agency) és a TEEEX (Texas A&M Engineering Extension Service) régóta működtet olyan képzési és szimulációs központokat, amelyek a rendvédelmi, közlekedési és ipari ágazatoknak biztosítanak valóság-hű, szcenárióalapú gyakorlatokat. Ezek a rendszerek alapvetően azt a felismerést követik, hogy a különböző szervezetek közötti együttműködés – például tűzoltóság, rendőrség, mentőszolgálatok és infrastruktúra-üzemeltetők – csak akkor válik hatékonyabbá, ha a szereplők közösen, előre meghatározott forgatókönyvek mentén gyakorolják az információcserét, a riasztási láncot és a beavatkozási sorrendet. Az amerikai modell kiemeli, hogy a hibák azonosítását és a tanulási folyamatot nagymértékben támogatja a digitálisan rögzített döntési útvonalak elemzése, amely átlátható visszacsatolást nyújt a résztvevők számára. [171]

Európában a brit JESIP-modell (Joint Emergency Services Interoperability Principles) szolgál példaértékű keretként. A rendszer célja az együttműködés egységesítése a különböző mentőszervezetek között, amelyet egy közös, strukturált szimulációs egység ki. . [172] A brit gyakorlat hangsúlyozza, hogy a kritikus szervezeteket érintő események során a „shared situational awareness”- a közös helyzetértékelés – a beavatkozás egyik legfontosabb előfeltétele. Ezt a fajta közös megértést hagyományos papíralapú tervek nem képesek létrehozni, ezért a JESIP szisztematikusan alkalmaz digitális, szimulációalapú gyakorlatokat mind vezetői, mind operatív szinten [173]

A német vasútbiztonsági rendszerben (Deutsche Bahn, DB Netz) a veszélyes áru kezeléshez kapcsolódó szimulációk és e-learning platformok szintén beépültek az oktatási követelményekbe. A német tapasztalatok azt mutatják, hogy a veszélyhelyzeti reagálás hatékonysága jelentősen javul akkor, ha a különböző szereplők – például diszpécserok, kocsivizsgálók és a beavatkozó egységek – egy közös digitális térben gyakorolják a protokollok alkalmazását. [174]

Kiemelt hangsúly kerül a döntéstámogatásra és az események időbeliségének modellezésére, amely a vasúti hálózat komplexitása miatt kritikus tényező. [175]

Franciaországban az SNCF több éve működtet „table-top” típusú szimulációkat, amelyeket a tűzoltóságokkal és a hatóságokkal közösen végeznek. [176] A francia megközelítés egyértelműen demonstrálja, hogy a vasúti és katasztrófavédelmi szervezetek közötti együttműködés minősége akkor erősödik, ha a gyakorlatok képesek egyszerre kezelni a vasúti infrastruktúra sajátosságait, a területi kockázatokat és a hatóságok irányítási mechanizmusait. A francia rendszerben a digitális támogatás legnagyobb előnye, hogy a gyakorlatok eredménye objektíven rögzíthető és összehasonlítható, így a szervezeti tanulás sokkal strukturáltabb formában valósul meg. [177]

A nemzetközi példák alapján egyértelmű, hogy a digitális szimulációk alkalmazása nem csupán eszközbeli, hanem szemléletbeli változást is jelent. A hangsúly már nem kizárólag a protokollok létezésén van, hanem azon, hogy azok milyen módon működnek dinamikus környezetben, több szervezet koordinált részvételével. A magyar vasúti rendszerben – különösen a rendezőpályaudvarok veszélyes áru forgalom tekintetében – ugyanezek az elvárások állnak fent, ezért a digitális gyakoroltatás nemcsak ésszerű, hanem európai trendekkel összhangban elengedhetetlen fejlesztés.

Az elemzett nemzetközi gyakorlatok tehát azt támasztják alá, hogy a digitális platform létrehozása nem öncélú innováció, hanem egy bevált és széles körben alkalmazott módszertan hazai adaptációja. A nemzetközi minták közös eleme, hogy a digitális gyakoroltatás egyszerre növeli a reagálási sebességet, az információáramlás pontosságát, a szereplők közötti bizalmat és csökkenti azokat a szervezeti súrlódásokat, amelyek egy veszélyes áru baleset során súlyos következményekkel járhatnak. A hazai vasúti rendszer számára ezek a tapasztalatok iránymutatást és tudományos megalapozást adnak a digitális platform indokoltságához.

3.3. A digitális platform alapelveinek és célrendszerének elemzése

A vasúti veszélyes áru szállítás olyan működési környezetet teremt, amely sajátos kockázati és szervezeti jellemzőkkel rendelkezik és amely a veszélyhelyzeti felkészítés tekintetében különösen magas szintű összehangoltságot igényel. A rendezőpályaudvarok, átrakóterminálok és tartálykocsi-kezelő létesítmények olyan technológiai terek, ahol rövid idő alatt nagy mennyiségű veszélyes áru fordul meg és ahol a hibák gyors láncreakciót idézhetnek elő. A digitális gyakorlatoztató program alapelveinek kialakítása tehát közvetlenül ebből a sajátos vasúti működési környezetből vezethető le.

A vasúti veszélyes áru fuvarozás egyik meghatározó sajátossága az, hogy az események jelentős része a mindennapi üzemhez hasonló rutinműveletek során következhet be. A tolatási mozgások, a fékpróbák, a csatlakozások, a kocsvizsgálati feladatok és a technológiai szünetek mind olyan műveletek, amelyek látszólag ismétlődő, jól meghatározott folyamatok, mégis számos lehetséges hibaforrást rejthetnek magukban. A digitális gyakoroltatás alapelve e sajátosságból indul ki: A rendszernek olyan döntési helyzeteket kell megjelenítenie, amelyek valós vasúti környezetben alig észrevehető, de jelentős kockázati potenciállal bírnak. Ez nem technikai implementációt jelent, hanem azt az elvet, hogy a gyakorlatok a vasúti üzem rejtett sebezhetőségeire reflektáljanak. [178]

A vasúti veszélyes áru fuvarozás másik alapvető jellemzője, hogy az események lefolyása erősen időkritikus, ugyanakkor töredezett információáramlás mellett zajlik. Egy szivárgás, gőzfejlődés, túlmelegedés vagy ütközés jelzése gyakran több szervezeti egységen keresztül jut el a megfelelő döntéshozóig. A szoftver koncepcionális célrendszerének kulcseleme tehát a reakcióidő-érzékenység, hiszen a gyakorlatok során hangsúlyos szerepet kapnak azok a helyzetek, ahol a döntések nem csupán a tartalmuk, hanem az időzítésük alapján is értelmezendők. A vasúti üzem dinamikája- például a folyamatos vonatmozgás, a tolatási ablakok vagy a menetrendi kötöttségek – meghatározza, hogy a döntések időbeni csúszása milyen következményekkel járhat. A platform célja ezen idődimenzió jelenségeinek megértése és szimulált gyakorlása. [179]

A veszélyes anyagok vasúti mozgatása gyakran több egymástól független szervezeti egység párhuzamos tevékenységét igényli. A technológiában résztvevő személyek – például tolatásvezetők, kocsvizsgálók, diszpécserek – egymástól fizikailag távol, eltérő időpontokban és eltérő feladatrendszerben dolgoznak. Ebből fakadóan a kommunikáció, az információátadás és a felelősségi határok is szétszórt szerkezetűek. A platform alapelve éppen ezért a műveleti szerepek térbeli és időbeli differenciáltságának figyelembevétele. Mivel a résztvevők ritkán látják egyben a teljes folyamatot, a digitális környezet célja éppen ezért az, hogy a helyzetértékelés szélesebb kontextusát tegye érthetővé számukra. [169]

Az ilyen jellegű szállítási/fuvarozási tevékenységek egyik sajátos kihívása a szabályozás nagyfokú részletezettsége, mivel a RID, UIC döntvények és a MÁV Zrt. utasításai, belső szabályozói és technológiai függelékek együttes alkalmazása jelentős kognitív terhet ró az érintettekre. A szoftver célrendszere ezt a jelenséget is figyelembe veszi, tehát nem a szabályok pusztá ismeretét teszteli, hanem azt, hogy a különböző dokumentumokban rögzített előírások miként fordíthatók le operatív cselekvéssé.

Az elv lényege tehát a szabály-alapú és helyzet-alapú működés összehangolása, a vasúti dolgozók valós idejű döntéseinek gyakorlása olyan helyzetekben, ahol több protokoll is alkalmazható lehet. [180]

A vasúti veszélyes áru kezelés továbbá számos olyan helyzetet idézhet elő, ahol az események kimenetele nagymértékben függ a helyi sajátosságoktól, a rendezőpályaudvar topológiájától, az állomás vágányhálózatának szerkezetétől, a lejtésviszonyoktól, a tartálykocsik elhelyezkedésétől vagy éppen a meteorológiai körülményektől. A digitális program célrendszerének része ezért a környezeti és technológiai variabilitás elvi kezelése, így a gyakoroltatás során olyan helyzetek jelennek meg, amelyek a vasúti létesítmények dinamikus változó környezetét modellezik. Ezek nem technikai funkciók, hanem olyan koncepcionális elemek, amelyek rávilágítanak arra, hogy a vasúti üzem nem homogén tér, hanem sok tényező kölcsönhatásától függő rendszer. [181]

A következő táblázatban összehasonlításra kerülnek a hagyományos és a digitális veszélyhelyzeti gyakoroltatás vizsgálati szempontjai.

12. táblázat: A hagyományos és a digitális veszélyhelyzeti gyakoroltatás összehasonlítása

Készítette: a szerző

Vizsgált szempont	Hagyományos veszélyhelyzeti gyakorlat	Digitális gyakoroltatás
Időkezelés	Utólagos, leíró jellegű	Valós idejű vagy szimulált
Döntési helyzetek kezelése	Narratív, nem strukturált	Előre definiált döntési pontok
Szereplők együttműködése	Eseti, nehezen visszakövethető	Modellezett, rögzített
Visszacsatolás	Szubjektív értékelés	Objektív értékelés
Összehasonlíthatóság	Korlátozott	Biztosított

A vasúti veszélyes áru kezelésben a digitális gyakoroltatás létjogosultságát az is alátámasztja, hogy a létesítmények működésében erős szezonális és időjárási kitettség figyelhető meg, amely a döntéshozatalt gyakran kiszámíthatatlan tényezőkkel terheli. A téli fagypont közeli hőmérsékletek, a nyári hőterhelés, valamint a csapadékos időszakok jelentős hatással lehetnek a tartálykocsik tömítettségére, a csatlakozások viselkedésére vagy a szállított veszélyes anyagok fizikai jellemzőire.

A gyakorlatban ezek a környezeti változások döntési bizonytalanságot okozhatnak, amelyet a munkavállalók csak akkor képesek megfelelően kezelni, ha korábban különféle időjárási helyzetekben is szimulálták már a szükséges eljárásokat. A digitális platform egyik alapelve ezért a környezeti változékonysággal való mentális felkészülés, amely a hagyományos oktatásban alig vagy egyáltalán nem jelenik meg. [182]

Fontos hangsúlyt helyezni továbbá a technológiai műveletek ütemezett és egymásra épülő természetére is. A tolatási sorrendek, vágánytávolságok, műszaki ellenőrzések és anyagmozgatási folyamatok szigorúan strukturált logikát követnek. A valóságban azonban ezek a folyamatok kölcsönösen függenek egymástól, így egyetlen apró módosítás – váratlan pékpróba vagy egy későn észlelt tömítetlenség – további technológiai lépések egész sorát írhatja át. A digitális gyakoroltatás koncepcionális célja e tekintetben annak megértése, hogy a vasúti veszélyes áru kezelésben a döntések hálószerűen terjednek tovább és a dolgozóknak nem egyetlen feladat izolált végrehajtását kell gyakorolniuk, hanem azt, hogy egy adott döntés milyen módon hat a teljes műveleti láncra. [183]

További fontos tényező a munkaerő-rotáció és a személyzeti fluktuáció, amely a vasúti üzemeltetésben – különösen nagy forgalmú rendezőpályaudvarokon- egyre gyakoribb jelenség. Az újonnan belépők eltérő előképzettséggel, eltérő helyzetfelismerési tapasztalattal és különböző vasúti háttérrel érkeznek, amely a veszélyhelyzeti reagálásban rendszeresen okoz teljesítménykülönbségeket. A digitális gyakoroltatás egyik alapelve éppen ezért egy olyan egységes gyakorlati minimum kialakítása, amely biztosítja, hogy a személyzet különböző tagjai közel azonos szintű eljárási biztonsággal rendelkezzenek akkor is, ha tényleges veszélyhelyzettel korábban még nem találkoztak. [184]

A vasúti veszélyes áru fuvarozás működésének további sajátos eleme az, hogy a különböző üzemek, pályaudvarok, rendezőpályaudvarok jelentősen eltérő helyi szabályozási gyakorlatokat és munkakultúrát alakítanak ki. Bár a jogszabályi és utasítási környezet részben egységesnek mondható, az eljárások végrehajtása helyi tapasztalatokon és hagyományokon keresztül módosulhat. Ez különösen problémás lehet egy súlyos baleset bekövetkezése során, amikor a különböző állomások dolgozói és a beavatkozó állomány találkoznak, hiszen a cselekvések értelmezése és a sorrendiség eltérhetnek. [185] A szoftver célrendszerében ezért hangsúlyos elem a működési kultúra harmonizációja, amely nem a helyi tudás felszámolását, hanem annak egységes keretbe helyezését jelenti. A gyakorlatok segítségével olyan közös műveleti nyelv alakulhat ki, amely a valós események során gyorsítja a kommunikációt és csökkenti a félreértésekből fakadó késedelmeket. [186]

A vasúti veszélyes áru kezelésben gyakran előfordul, hogy az események hosszabb ideig és több műszakon keresztül húzódnak el, ami a vezetői és operatív döntések átadását nehezíti. Az információk műszakváltás alatti elvesztése vagy félreértelmezése a nemzetközi szakirodalom szerint a balesetek súlyosbodásának egyik gyakori oka. A digitális gyakoroltatás alapelve ezért a műszakok közötti információátadás szimulált gyakorlását is magában foglalja, amely segíti a résztvevőknek megérteni, hogyan lehet ugyanazt a helyzetértékelést konzisztensen továbbadni egy hosszabb eseménysorozat során. [187]

Végül fontos megemlíteni, hogy a vasúti veszélyes áru fuvarozás sajátosságai miatt a program alapelvei között hangsúlyosan jelenik meg a műszaki és humán szereplők kölcsönhatásának megértése. A tartálykocsik felépítése, a szerelvények összetétele, a technológiai lépések sorrendje és a vasúti infrastruktúra műszaki állapota mind olyan tényezők, amelyek meghatározzák a veszélyhelyzetek kialakulását és kezelését. A platform célja ezért az, hogy a résztvevők ne csak a saját feladatukat ismerjék, hanem azt is, hogy az ő tetteik egy baleset bekövetkezése esetén miként kapcsolódik más műszaki folyamatokhoz. Ez a szemlélet fejleszti a helyzetértékelést és csökkenti annak esélyét, hogy a szereplők a folyamatokat elszigetelten értelmezzék. [188]

Elmondható, hogy a digitális gyakorlatoztató program alapelvei és célrendszere közvetlenül a vasúti veszélyes áru fuvarozás sajátos működési mintázataiból származtatható. A rendszer célja, hogy a résztvevők a komplex vasúti technológiai környezet összefüggéseit értelmezni tudják és olyan gyakorlási lehetőséget kapjanak, amely a valós helyzetek ritkaságából fakadó tapasztalathiányt pótolja.

3.4. A felhasználói szerepkörök és kompetenciaszintek modelljeinek vizsgálata

A digitális gyakorlatoztató szoftver hatékonyságának egyik legfontosabb feltétele a felhasználói szerepkörök és kompetenciaszintek világos, strukturált és funkcionális meghatározása. A vasúti veszélyes áru kezelés összetett műveleti rendszere olyan döntési és cselekvési folyamatokat tartalmaz, amelyek egymástól eltérő tudásszintet, felelősséget és kontextusértelmezést igényelnek. [121] Ennek megfelelően a platformban megjelenő szerepkörök kialakítása nem pusztán szervezeti vagy hierarchiai kérdés, hanem a veszélyhelyzeti reakciók valós működésének elvi leképezése.

A fejezet célja annak bemutatása, hogy a program hogyan strukturálja a vasúti és beavatkozási feladatköröket, milyen elvi kompetenciarendszert alkalmaz és miként képes olyan műveleti interakciókat modellezni, amelyek a valós vasúti környezet működését tükrözik.

3.4.1. A szerepkörök modelljének tudományos alapjai

A vasúti veszélyes áru kezelésben a szerepkörök világos elkülönítése a biztonságirányítás egyik alapelve. A nemzetközi szakirodalom szerint a veszélyhelyzetek sikeres kezelését nemcsak a protokollok ismerete, hanem az egyes szereplők közötti információátadás, döntési sorrendiség és felelősségi lánc határozza meg. A digitális felület szerepkörmodellje e logikát követi, tehát nem egyenrangú feladatokat ad minden résztvevőnek, hanem a tényleges vasúti működést tükröző funkcionális szerepeket hoz létre. A modell alapelve, hogy a vasúti környezetben létező munkamegosztást nem egyszerűen reprodukálja, hanem olyan interakciós térbe helyezi, ahol a különböző feladatkörökhöz kapcsolódó felelősségi szintek és döntési helyzetek tisztábban értelmezhetők, mint a valós, gyakran időszorításos és zajos üzemmentében. [151]

A digitális gyakorlatoztató felület felépítése így azt a célt szolgálja, hogy az operatív és irányítási szerepköröket egy egységes döntési struktúrában jelenítse meg. A vasúti dolgozók – például kocsivizsgálók, tolatásvezetők vagy tartálykocsi-kezelők – olyan helyzetekkel találkoznak, ahol az észlelés, a hibák felismerése és az elsődleges reakciók meghozatala kulcsfontosságú. A valós vasúti környezetben ezen szereplők döntései sokszor percek alatt hatnak a forgalmi irányítók, állomásfőnökök vagy akár a vasútvállalat vezetői szintjén meghozott intézkedésekre. A digitális környezet ezt a kölcsönös függőségi rendszert úgy jeleníti meg, hogy a működés elvi kereteiből adódóan minden felhasználói szerep a saját kompetenciaszintjének megfelelő információkészlettel és döntési felelőséggel rendelkezik, anélkül, hogy a platform konkrét, szabadalmi oltalom alá eső technikai megoldásait feltárná.

Ebből a logikából kiindulva a kompetenciaszintek olyan hierarchiát alkotnak, amely a veszélyhelyzet kezelésének folyamatát a kezdeti észleléstől a stratégiai koordinációig ívelő döntési láncként értelmezi. A vasúti dolgozók első szintű szerepköre a helyzetészleléshez és a közvetlen operatív reakcióhoz kapcsolódik, amely a szakirodalomban a „skill-based behavior” kategóriába sorolható. Ezen a szinten a platform elvi szinten olyan környezeti tényezők megjelenítésére törekszik, amelyek a valóságban is befolyásolják az észlelést, például kisebb hőmérsékleti változások, zajszintek vagy látótávolságot érintő körülmények. Fontos hangsúlyozni, hogy a disszertációban leírt paraméterek kizárólag működésbiztonsági jellegűek és nem utalnak a szoftver implementációjára vagy adatstruktúráira. [121]

A második kompetenciaszint az operatív döntéshozatal világa, ahol a vasúti személyzet már nem csupán észlelési feladatokat végez, hanem aktívan beavatkozik bizonyos folyamatokba. ennek keretében olyan tevékenységeket modellez a digitális felület, amelyek a vasúti gyakorlatban gyakran időkritikusak, például a tolatási műveletek megszakítása, a veszélyeztetett vágány lezárása vagy a riasztási jelzés elindítása. Ezek a döntések a valóságban is szigorú időablakokhoz kötődnek, a koncepcionális modell ezért az időnyomással járó döntési helyzeteket a vasúti technológiai folyamatok működési logikájából vezeti le, nem pedig konkrét algoritmusokból vagy szoftverfunkciókból. [169]

A harmadik szinten olyan irányítási helyzetek jelennek meg, amelyek a vasúti forgalomirányítás, az állomási vezetés és a vasútvállalti ügyelet feladataival állíthatók párhuzamba. [131] Ezekben a helyzetekben a felhasználók több forrásból származó információt integrálnak, mérlegelik az alternatív beavatkozási lehetőségeket és meghatározzák az operatív szereplők részére kiadandó utasítások tartalmát. A döntéshozatal így egy olyan rendszerszintű gondolkodási mintát követ, amelyben a prioritások – például életvédelem, a környezetbiztonság vagy a vasúti üzembiztonság – folyamatosan súlyozódnak. A digitális felület e szerepkörben a vezetői döntések koncepcionális modelljét adja, összhangban a többszintű döntéshozatali elméletekkel. [151]

A legmagasabb kompetenciaszinten a szervezetek közötti koordinációs folyamatok jelennek meg, ahol a vasúti szereplők interakcióba léphetnek a katasztrófavédelem operatív egységeivel és az országos irányítási struktúrával. Ennek a szintnek a célja, hogy a felület megvalósításának technikai hátterét részletezze, sokkal inkább azon elvi működési mechanizmusokat modellezi, amelyek a valóságban befolyásolják a többi szervezetre kiterjedő összehangolt beavatkozást. A kommunikáció időzítése, az információk torzulása, a felelősségi körök értelmezése, illetve a különböző szervezeti kultúrák eltérő reagálási mintái mind olyan faktorok, amelyek a digitális környezetben elvi szinten szimulálhatók. E szint szakmai hátterét a szervezeti reziliencia és a koordinációelmélet nemzetközileg elismert modelljei adják. [131]

A szerepkörök közötti átjárhatóság elve kulcsfontosságú eleme a platform koncepcionális felépítésének. A vasúti veszélyhelyzetek során ugyanis a döntések ritkán maradnak egyetlen kompetenciaszinten, mivel az észlelésből származó információk gyakran percekben belül vezetői vagy szervezeti szintű döntésekké alakulnak. A rendszer ezt a döntési láncolatot úgy mutatja be, hogy a különböző szerepkörök közötti kapcsolatokat dinamikus, egymásra ható struktúraként értelmezi.

A modell tehát azt a célt szolgálja, hogy a felhasználók felismerjék, hogy miként függ össze saját döntésük más szereplők cselekvéseivel és hogyan formálhatják az események menetét azok a reakciók, amelyeket az ő beavatkozásaik váltanak ki.

3.4.2. A vasúti dolgozók kompetenciamodelljének részletes ismertetése

A vasúti veszélyes áru kezelés operatív műveletiben résztvevő dolgozók kompetenciarendszere multidimenzionális szerkezetet alkot, amelyben a szakmai tudás, a helyzetfelismerés, a döntési készségek és a kommunikációs minták egymással kölcsönhatásban formálják a veszélyhelyzeti reagálás minőségét. [131] A nemzetközi kutatások szerint a veszélyes anyagokkal kapcsolatos vasúti balesetek kezelése során a hibák jelentős része nem technikai okokra, hanem a humán tényezők elégtelenségére vezethetők vissza. A digitális gyakorlatoztató platform koncepcionális alapelvei e humán tényezők modellezésére épülnek, azzal a céllal, hogy a dolgozók a különböző döntési helyzeteket anélkül ismerhessék meg, hogy valós veszélyhelyzetekkel kellene szembesülniük. [138]

A kompetenciamodell első összetevője a műszaki-folyamati tudás, amely magában foglalja a tartálykocsik felépítésének ismeretét, a vasúti fékrendszerek működését, a tolatási technológiák logikáját, továbbá a veszélyes áruk fuvarozására vonatkozó RID előírásokat és az üzemeltetési utasítások értelmezését. A valóságban a dolgozók gyakran több évtizedes tapasztalat alapján hozzák meg döntéseiket (Molnár & Major, 2020), amit a digitális felület elvi szinten úgy támogat, hogy a forgatókönyvekben a mindennapi technológiai hibák tipikus mintázata jelenik meg. A szimulált környezetben azonban nem a technológiai részletek elsajátítása a cél, hanem annak a kompetenciának a fejlesztése, amely lehetővé teszi, hogy a felhasználó a műszaki paramétereket helyzetfüggő kontextusba helyezze. [189]

A második kompetenciaterületet a helyzetértékelési észlelési képességek alkotják. A vasúti környezetben gyakran előfordul, hogy a rendellenességek első jelei nem egyértelműek: egy enyhe gőzfejlődés, egy szokatlan szag, a tartálykocsi külső felületének lokális melegedése vagy egy nehezen észrevehető szivárgási nyom mind olyan jelenségek, amelyeket csak kellően tapasztalt dolgozók ismernek fel azonnal. A szakirodalom ezt a képességet „sensemaking” kategóriába sorolja. [190] A digitális felület a „sensemaking” fejlesztését azzal támogatja, hogy a különböző helyzetekben a felhasználó többféle informális, nem explicit jelzésre támaszkodhat és így gyakorolhatja a korai hibafelismerést. Ez a megközelítés hozzájárul a vasúti üzem egyik legkritikusabb tényezőjének- a késlekedésből eredő hibák – megelőzéséhez. [191]

A kompetenciák harmadik dimenziója a döntéshozatali rugalmasság, amely a komplex rendszerekben történő működés kulcsa. A vasúti dolgozók gyakran kerülnek olyan helyzetekbe, ahol több szabályrendszer vagy utasítás együttesen érvényes és a megfelelő beavatkozási pont megválasztása nem egyetlen előírás mechanikus alkalmazásából fakad. A platform e készséget úgy modellezi, hogy a felhasználónak rangsorolnia kell a különböző cselekvési lehetőségeket, mérlegelnie kell a várható következményeket és értékelnie kell a döntés időbeliségét. Ez a fajta döntéshozatali környezet nem algoritmikus működést tükröz, hanem a vasúti üzem sajátos dinamizmusából fakadó bizonytalansági tereket jeleníti meg. [192]

A negyedik kompetenciaterület a kommunikáció és a kooperáció. A vasúti veszélyhelyzetek kezelése mindig több szereplőt és szervezeti egységet érint, ezért a folyamat sikeressége azon múlik, hogy az információk időben, torzítás nélkül és megfelelő struktúrában jussanak el a döntéshozókhoz. A platform ezt a kompetenciát például azzal fejleszti, hogy a felhasználók eltérő információs csomagokat kapnak ugyanarra a helyzetre vonatkozóan és a sikeres megoldás attól függ, hogy képesek-e ezeket összehangolni. Ezzel olyan valós vasúti jelenségeket modellez a digitális gyakorlótér, amelyek a gyakorlatban gyakran a balesetek súlyosbodásához vezetnek, azaz az információvesztést, a félreértéseket, az eltérő terminológia használatát és a nem megfelelő csatornaválasztást beleértve. [131]

Az ötödik kompetenciadimenzió a stressztűrés és terhelhetőség, amely a nemzetközi kutatások szerint meghatározza a dolgozók reakciókészségét gyorsan változó helyzetekben. A vasúti veszélyes áru kezelésben sok döntés időnyomás alatt születik, miközben a dolgozók számára elérhető információk korlátozottak. A digitális platform ezért elvi szinten olyan helyzeteket is képes megjeleníteni, amelyekben a felhasználónak nehezített körülmények között kell döntést hoznia, úgy, mint korlátozott információ hozzáférés, zajterhelés vagy időbeli nyomás mellett. [169]

A kompetenciaterületek ilyen struktúrája lehetővé teszi, hogy a vasúti dolgozók készség szintű szabályalapú és tudásalapú működése összehangoltan jelenjen meg a digitális platformon. A modell nem csupán a meglévő készségek értékelésére alkalmas, hanem azok fejlesztésének irányát is kijelöli. A súlyos balesetek bekövetkezésének ritkasága miatt ugyanis számos olyan döntési helyzet létezik, amellyel a dolgozók munkájuk során soha nem találkoznak, mégis kulcsfontosságú lenne, hogy felkészülten reagáljanak rá. A digitális gyakorlatokban való részvétel ezért nem helyettesíti a valós tapasztalatot, azonban olyan mentális modellt épít, amely a gyors helyzetfelismerés és a döntések következményének előrejelzését támogatja. [189]

3.4.3. A beavatkozó szervek szereprendszere és kompetenciái a digitális gyakorlatoztató platformban

A vasúti veszélyes áru események kezelése nem kizárólag a vasúti szervezetek feladata, hanem több külső beavatkozó szerv összehangolt tevékenységét igényli. A tűzoltási, műszaki mentési, vegyi felderítési és irányítási döntéshozatali folyamatok olyan komplex rendszert alkotnak, amelyben a sikeres beavatkozás feltétele a kommunikációs, koordinációs és szituációs kompetenciák magas szintjének gyakorlása. A digitális gyakorlatoztató platform koncepcionális működésében a külső beavatkozó szervek szereprendszere kiemelt jelentőségű, hiszen olyan kompetenciaterületeket jelenít meg, amelyek a valós események során többszereplős, több szintű döntéshozatalt tesznek szükségessé. [193]

A beavatkozó szervek elsődleges kompetenciaterülete a műveletirányítás és a taktikai döntéshozatal. A veszélyes árukat érintő vasúti eseményekben a katasztrófavédelem műveletirányítója számára a legfontosabb feladat a helyzet gyors értékelése, a beavatkozási stratégia meghatározása, valamint a különböző erők és eszközök optimális elosztása. A digitális platform koncepcionális kerete ezt a működést olyan helyzetekkel modellezi, amelyekben a beavatkozó szervek töredezett, különböző megbízhatóságú vagy eltérő időben érkező információkra támaszkodnak és ahol a döntési sorrendiség kiemelt szerepet játszik. [194] Ezzel összhangban a platform azokat a döntésterhelési tényezőket is megjeleníti, amelyek a valós események során meghatározzák a beavatkozás hatékonyságát, például forgalmi akadályokat, a hozzáférési korlátokat vagy az adott vasúti létesítmény topográfiai sajátosságait. [195]

A második kompetenciaterület a vegyi és műszaki felderítés, amely a vasúti veszélyes áru balesetek egyik legkritikusabb eleme. A tartálykocsik sérüléseinek felmérése, a szivárgás mértékének meghatározása, a gázkoncentrációk mérése és a meteorológiai hatások értékelése olyan feladatok, amelyek csak megfelelő szakmai háttérrel és pontos helyzetértékeléssel hajthatók végre. A szoftver elvi működése ezt a kompetenciaterületet olyan módon integrálja, hogy a felhasználók számára különböző minőségű és részletességű felderítési információkat jelenít meg, ezáltal a beavatkozók megtanulhatják, hogy miként értékelhetők és ellenőrizhetők a különböző adatforrások. [196]

A beavatkozó szervek szervezetrendszerének harmadik összetevője a kommunikáció egymás és más szervezetek között. A kutatások szerint a nagy kockázatú események során a szervezetek közötti információáramlás akadozása vagy hibái a balesetek súlyosbodásához vezető egyik leggyakoribb tényező.

A vasúti veszélyes áru kezelés esetében különösen nagy kihívást jelent, hogy a vasúti forgalomirányítás, a katasztrófavédelem és az állami irányító szervek eltérő kommunikációs protokollokat és szervezeti logikát alkalmaznak. A platform ezért olyan helyzeteket jelenít meg, amelyekben a beavatkozók együttműködésének sikere azon múlik, hogy képesek-e a szervezetek gyorsan közös helyzetképet kialakítva, egységes döntési irányt meghatározni és a prioritásokat egymáshoz hangolni. A modell ezáltal segíti a résztvevőket a koordináció-elmélet által leírt „shared mental model” kialakításában. [194]

A negyedik kompetenciatartomány a stratégiai szintű irányítás, amely a BM OKF szerepéhez kapcsolódik. A vasúti veszélyes áru balesetek olyan eseménytípusnak tekinthetők, amelyek gyorsan regionális vagy országos szintűvé válhatnak, különösen, ha lakott területek, jelentős infrastruktúraelemek vagy védendő létesítmények érintettek. A digitális felület éppen emiatt olyan döntési mezőket is megjelenít, ahol a résztvevők magasabb szintű koordinációs feladatokat is gyakorolhatnak, mint például a lakossági riasztási rendszerek aktiválásának feltételrendszere, a különböző beavatkozási egységek mobilizációjának összehangolása vagy az információk megfelelő tartalmú továbbítása a stratégiai vezetés felé. [171]

A beavatkozó szervek kompetenciamodellje sajátos metszéspontot képez a vasúti szervezetek belső működésével. A digitális platform egyik innovatív eleme éppen az, hogy a vasúti dolgozók és a beavatkozók közötti kölcsönhatásokat nem különálló folyamatként kezeli, hanem közös műveleti térként értékeli. Ezáltal a résztvevők megtapasztalhatják, hogy a vasúti szereplők döntései hogyan befolyásolják a beavatkozók lehetőségeit és fordítva, azaz a katasztrófavédelem által hozott taktikai döntések miként hatnak a vasúti üzem folytonosságára, illetve a súlyos baleset elhárításának operatív szakaszára.

Megállapítható, hogy a beavatkozó szervek szereprendszere a digitális platform vonatkozásában olyan koncepcionális szerkezetet alkot, amely a valós súlyos balesetek többszereplős, dinamikus és magas koordinációs igényvel járó természetét modellezi.

3.4.4. A szerepkör- és a kompetenciamodell műszaki felépítésének elvei

A digitális gyakorlatoztató program szerepkör és kompetenciamodellje olyan műszaki kialakítási elvekre épül, amelynek célja a vasúti veszélyes áru fuvarozás során bekövetkező balesetek kezelésének valós döntéshozatali struktúrájának szimulációja, a felhasználói interakciók konzisztens kezelése, valamint a különböző szervezeti szintek közötti információáramlás modellezése.

A műszaki keretrendszer kialakításának elsődleges elve, hogy a felület a valós veszélyhelyzeti működés releváns aspektusait képes legyen reprezentálni anélkül, hogy a tényleges üzemeltetési adatokat vagy algoritmikus megoldásokat nyilvánosságra hozná. Ennek megfelelően a rendszer architektúrája az elméleti modellezés szintjén marad, a biztonságirányítási rendszerek, humán tényezők és szervezeti interakciók irodalmára támaszkodva. [131]

A digitális felület alapját egy rétegzett logikai modell képezi, amely a kompetenciaszintekhez illeszkedve strukturálja az információk megjelenítését és az interakciók típusát. A rétegzett megközelítés nem a szoftver belső működését írja le, hanem azt a koncepcionális logikát, amely alapján a felhasználók eltérő információkhoz jutnak az adott szerepkörben. Ez megfelel annak a humán-rendszer-interakciók elvnek, miszerint a komplex műszaki rendszerekben a felhasználók számára biztosított információ mennyisége és struktúrája döntően befolyásolja a hibák megelőzését és a hatékony beavatkozást. [197]

A rétegalapú modell lényege, hogy a különböző szerepkörök számára differenciált információs környezet áll rendelkezésre, tehát a tényleges vasúti működéshez hasonlóan a kocsivizsgáló nem ugyanazt látja, mint az állomásfőnök és az irányító egység sem ugyanazokat az adatokat kapja, mint a katasztrófavédelem beavatkozó egységei. [198] A rendszer koncepcionális architektúrája így egyszerre kezeli a decentralizált információszerkezetet és a központi döntési koordinációt, összhangban a több ügynökös működés elméleti modelljeivel. [199]

A platform részeként megjelenő műszaki elvek fontos eleme a szemi-realista adatstruktúra használata. Ezek a struktúrák nem a valós vasúti infrastruktúra teljes műszaki leképezését jelentik, hanem olyan absztrakciókat, amelyek segítségével a felhasználók érzékelhetik a vasúti technológiák logikai kapcsolatait. Példának okáért az eltérő állapotú tartálykocsik, a különböző vágánygeometriai viszonyok vagy az időjárási hatások olyan kategóriákba sorolhatók, amelyek a viselkedési mintázatok megértését támogatják, de nem tartalmaznak másolható megoldásokat vagy szabadalmi értékkel bíró adatmodelleket. Ez az absztrakciós elv széles körben alkalmazott módszertani megközelítés a legismertebb szimulációs rendszerekben is.

A kompetenciák értékelésének koncepcionális alapja a scénárió-alapú döntési tér, amelyben a felhasználók változó komplexitású helyzetekkel találkoznak. Ezek a helyzetek nem egyetlen algoritmus futtatását igénylik, hanem többféle döntési útvonal mérlegelését, ami a műszaki felépítés szempontjából a rendszer adaptív logikai felépítését feltételezi.

Fontos hangsúlyozni, hogy a döntési terek leírása a disszertációban kizárólag a koncepcionális összefüggéseket tartalmazza (pl. döntési alternatívák száma, információk minősége, időnyomás jellege) és nem utal sem az algoritmus típusára, sem annak implementációjára, ami biztosítja a program későbbi szabadalmazhatóságát.

Az architektúra másik meghatározó eleme az interakciós konzisztencia, amely a vasúti szereplők közötti kommunikációs minták kísérleti úton történő modellezésére alkalmas. A nemzetközi kutatások egyértelműen kimutatják, hogy a veszélyhelyzetek során a félreértések és információtorzulások a legsúlyosabb következményekhez vezethetnek. A digitális felület felépítésében éppen ezért helyet kapnak olyan logikai elemek, amelyek az eltérő kommunikációs csatornák késleltetését, a prioritások nem egységes értelmezését vagy az információs túlterhelés jelenségeit reprezentálják. Ezen elemek elvi megjelenítése semmilyen kódszerkezetet vagy adatstruktúrát nem fed fel. [151]

A szerepkör- és kompetenciamodell architektúrája tehát egyszerre támaszkodik a humán tényezők kutatására, a szervezeti reziliencia elméletére és a vasúti üzem sajátosságaira, miközben olyan absztrakciós rétegeket alkalmaz, amelyek lehetővé teszik a valóság reprezentációját anélkül, hogy a szabadalmazható működés bármely lényeges elemét nyilvánosságra hozná. Ez a megközelítés összhangban áll a modern szimulációs programok fejlesztési gyakorlatával, amelyek a működési logikát és a kompetenciamodellt részletesen ismertetik, de a megvalósítás konkrét megoldásait védelmi érdekből nem dokumentálják.

A digitális gyakorlatoztató platform szerepkör- és kompetenciamodellje olyan komplex rendszerszemléletet tükröz, amely a vasúti veszélyes áru fuvarozás és veszélyes áru kezelés valós működésének lényegét fordítja le egy strukturált, elvi alapokra épített gyakorlófelület logikájába. A modell alapja az a felismerés, hogy a vasúti veszélyes áru fuvarozás során bekövetkező súlyos balesetek nem elszigetelt technikai problémák, hanem több szinten zajló döntéshozatalai és együttműködési folyamatok eredői, amelyekben a humán tényezők meghatározó szerepet játszanak. A fejezetben bemutatott kompetenciaterületek – a műszaki tudástól a helyzetértékelésen át a kommunikációs és stratégiai képességekig – mind olyan tényezők, amelyek a nemzetközi kutatások szerint döntően befolyásolják a súlyos balesetek során a reagálás hatékonyságát. A modell fontos sajátossága, hogy nem a szervezeti hierarchiát, hanem a döntések funkcionális súlyát és következményét helyezi a középpontba. Ez a megközelítés lehetővé teszi, hogy a vasúti dolgozók és a beavatkozó szervek olyan döntési helyzeteket gyakoroljanak, amelyek a valóságban ritkán fordulnak elp, ugyanakkor magas kockázati potenciállal rendelkeznek. [121]

A szerepkörök közötti kapcsolatok dinamikus jellege, az eltérő információkészletek megjelenítése és az időnyomással járó helyzetek modellezése mind hozzájárulnak ahhoz, hogy a felhasználók a teljes döntési láncolat működését megértsék. Ez a rendszerszintű szemlélet összhangban áll a modern biztonságstudomány alapelveivel, amelyek szerint a balesetek megelőzés nem egyetlen ponton múlik, hanem a rendszer egészének rezilienciáján. [131]

A beavatkozó szervek integrálása a modellbe, véleményem szerint különösen jelentős innovációs elemet képvisel, mivel a vasúti veszélyes áru fuvarozási súlyos balesetek kezelése a gyakorlatban mindig több szervezet összehangolt tevékenységét igényli. Az általam elképzelt és kidolgozás alatt álló digitális felület elvi szintű architektúrája úgy jeleníti meg a vasúti és katasztrófavédelmi szerepkörök kapcsolatát, hogy közben egyértelművé teszi, hogy a hatékony együttműködés feltétele a közös helyzetkép, a konszenzus prioritásrendszer és a döntések időzítési követelményeinek pontos értelmezése. [200] E megközelítés elősegíti annak felismerését, hogy egyetlen szereplő hibája nemcsak saját feladatkörében okozhat problémát, hanem láncreakcióként tovagyűrűzve az egész beavatkozási folyamat sikerességét veszélyeztetve. [201]

A műszaki-architektúrális elvek összegzéseként megállapítható, hogy a platform olyan absztrakciós rétegeket alkalmaz, amelyek képesek a vasúti súlyos balesetek működési logikáját visszaadni anélkül, hogy a konkrét implementáció vagy algoritmusok nyilvánosságra kerülnének. Ez a megközelítés összhangban áll a modern szimulációs rendszerek kialakításának gyakorlatával, amelyekben a fejlesztési elvek ismertetése nem veszélyezteti a későbbi szabadalmaztatást, ugyanakkor tudományosan megalapozott értéket ad a disszertációhoz. [202]

Elmondható, hogy a fejezet tartalma rámutat arra, hogy a digitális gyakorlatoztató platform szerepkör- és kompetenciamodellje egy olyan korszerű, rendszerszintű megközelítést képvisel, amely a vasúti veszélyes áru kezelés valós kihívásait tudományos igényességgel szintetizálja. A modell alkalmas arra, hogy új szemléletet vezessen be a veszélyelhárítási felkészítésben és hozzájáruljon a vasúti biztonság irányítási rendszerének további fejlődéséhez.

3.5. A digitális gyakorlatoztató rendszer funkcionális felépítése és alkalmazásának lehetőségei

3.5.1. A rendszer funkcionális célrendszere a vasúti belső veszélyelhárítási tervek alapján

A digitális gyakorló rendszer funkcionális célrendszerének meghatározása a vasúti belső veszélyelhárítási tervek logikai felépítéséből és alkalmazási gyakorlatából vezethető le.

A belső veszélyelhárítási terv a vasúti veszélyes áru fuvarozás és kezelés olyan komplex dokumentuma, amely egyszerre szolgál jogszabályi megfelelési eszközként, szervezeti iránymutatásként és operatív referenciadokumentumként. A gyakorlatban azonban e funkciók gyakran szétválnak, tehát a terv formálisan megfelel az előírásoknak, ugyanakkor alkalmazása nehézkes, értelmezése szervezetenként eltérő és a tényleges végrehajtása során csak részben támaszkodnak rá. A digitális gyakorló rendszer funkcionális célrendszere e probléma kezelésére irányul, mégpedig a terv alkalmazhatóságának és működőképességének központba állításával. A rendszer elsődleges funkcionális célja a belső veszélyelhárítási terv operatív tartalmának strukturált feltárása és gyakorolhatóvá tétele. A vasúti veszélyes áru kezelésre vonatkozó tervek jellemzően számos intézkedést, eljárást és szervezeti kapcsolatot rögzítenek, amelyek egymásra épülése a dokumentum lineáris olvasásából nem minden esetben egyértelmű. A digitális gyakorlatoztató rendszer ezzel szemben a tervet nem statikus szöveggként kezeli, hanem olyan funkcionális egységek halmazaként, amelyek különböző veszélyhelyzeti kontextusokban eltérő súllyal és relevanciával jelennek meg. Ez a megközelítés összhangban áll azokkal a kutatásokkal, amelyek szerint a veszélyhelyzeti tervek hatékonyságát jelentősen növelik, ha azok nem kizárólag dokumentumként, hanem cselekvési referenciaként működnek. [203]

A funkcionális célrendszer második lényeges eleme a tervben rögzített intézkedések végrehajtásának vizsgálata különböző feltételek mellett. A vasúti belső veszélyelhárítási tervek számos olyan intézkedést tartalmaznak, amelyek végrehajtása erősen függ a környezeti, technológiai és szervezeti adottságoktól. A digitális rendszer célja nem az intézkedések megváltoztatása, hanem annak feltárása, hogy azok milyen körülmények között működnek hatékonyan és hol jelentkeznek értelmezési vagy végrehajtási nehézségek. [203] A szakirodalom rámutat arra, hogy a tervek ilyen jellegű tesztelése nélkül a szervezetek gyakran csak valós események során szembesülnek a hiányosságokkal, ami jelentős kockázatnövelő tényező. [202] A rendszer funkcionális célrendszerének harmadik eleme a belső veszélyelhárítási terv szervezeti logikájának gyakorlati újra rendezése. Míg a tervek szerkezete elsősorban jogi és dokumentációs szempontokat követ, a gyakorlat során a releváns információk nem feltétlenül ebben a sorrendben válnak szükségessé. A digitális gyakorlatoztató rendszer célja az előzőekben leírtak alapján tehát az, hogy a terv tartalmi elemei olyan módon váljanak elérhetővé és értelmezhetővé, ahogyan azok egy tényleges súlyos baleset bekövetkezése során előfordulnak. Ez a funkcionális átrendezés nem változtatja meg a terv tartalmát, ugyanakkor segíti annak helyzetfüggő alkalmazását. [204]

A funkcionális célrendszer fontos része továbbá az egységes értelmezési keret biztosítása. A vasúti veszélyes áru fuvarozás és kezelés során különböző szervezeti egységek vesznek részt ugyanazon terv alkalmazásában, eltérő szakmai háttérrel és tapasztalattal. A digitális gyakorlatoztató rendszer célja, hogy a gyakorlatok során azonos fogalmi és tartalmi keretet biztosítson, amely csökkenti az eltérő értelmezésekből fakadó bizonytalanságokat. A krízismenedzsmenttel foglalkozó kutatások szerint az ilyen közös értelmezési keretek megléte alapvető feltétele a koordinált és hatékony reagálásnak. [205]

A funkcionális célrendszer további eleme a terv és a szervezeti tanulás közötti kapcsolat megerősítése. A gyakorlatoztató rendszer összegzett funkcionális elemeit a lenti táblázat vázolja fel. A program lehetőséget teremt arra, hogy a gyakorlatok során szerzett tapasztalatok ne elszigetelten jelenjenek meg, hanem strukturált módon visszacsatolásra kerüljenek a terv felülvizsgálati folyamataiba. [125] Ez különösen jelentős a vasúti veszélyes áru kezelésben, ahol a technológiai fejlődés, az infrastruktúra változásai és a jogszabályi környezet módosulása folyamatos alkalmazkodást igényel. A rendszer célja ebben az értelemben nem pusztán a felkészítés, hanem a terv folyamatos minőségbiztosításának támogatása is, amelyet több nemzetközi szabvány és ajánlás is alapelveként határoz meg. [201]

13. táblázat: A digitális gyakorlatoztató rendszer funkcionális elemei

Készítette: a szerző

Funkcionális elem	Rövid leírás	Kapcsolódás a belső veszélyelhárítási tervhez
Forgatókönyv-kezelés	Veszélyhelyzeti események lépcsőzetes felépítése	Eseménylánc, intézkedési terv
Döntési pontok kezelése	Kritikus döntési helyzetek definiálása	Döntési és riasztási pontok
Szerepkörök leképezése	Résztevő szervezetek és feladatok	Szervezeti struktúra
Időbeliség kezelése	Reakcióidők és késleltetések kezelése	Beavatkozási idők
Visszacsatolás	Gyakorlatok eredményeinek rögzítése	Tapasztaltfeldolgozás

Megállapítható, hogy a digitális gyakorlatoztató rendszer funkcionális célrendszere a vasúti belső veszélyelhárítási terveket olyan dinamikus, gyakorolható és ellenőrizhető működési keretté alakítja, amely túlmutat a hagyományos dokumentumalapú megközelítésen. A rendszer nem új eljárásokat vezet be, hanem a meglévő tervekben rögzített intézkedések gyakorlati alkalmazását és értelmezését támogatja. E funkcionális megközelítés biztosítja, hogy a szoftver szervesen illeszkedjen a vasúti biztonságirányítás meglévő struktúrájába, miközben hozzájárul a veszélyhelyzeti felkészültség és a szervezeti alkalmazkodóképesség hosszú távú fejlesztéséhez.

3.5.2. A digitális gyakorlatoztató felület szerkezeti elemeinek bemutatása

A szoftver szerkezeti elemeinek meghatározása a vasúti veszélyelhárítási tervek gyakorlati alkalmazásából fakadó igényekhez igazodik. E szerkezeti elemek nem technológiai értelemben vett komponensek, hanem olyan funkcionális és tartalmi egységek, amelyek meghatározzák, hogy a rendszer milyen módon képes strukturálni, megjeleníteni és kezelni a veszélyhelyzeti gyakorlatok során felmerülő információkat. [188] A szakirodalom egyre hangsúlyosabban mutat rá arra, hogy a komplex biztonsági rendszerek esetében a strukturáltság hiánya önmagában is kockázati tényezővé válhat, különösen akkor, ha a felhasználók eltérő szakmai háttérrel és tapasztalattal rendelkeznek. [205]

A digitális gyakorlatoztató felület első meghatározó szerkezeti eleme a gyakorlat-előkészítési környezet, amely a belső veszélyelhárítási tervhez kapcsolódó tartalmak kiválasztását és összeállítását teszi lehetővé. Ez az elem nem pusztán adminisztratív funkciót tölt be, hanem biztosítja, hogy a gyakorlatok előre meghatározott célrendszer mentén, kontrollált feltételek között kerüljenek kialakításra. A gyakorlat előkészítése során a hangsúly azon van, hogy a kiválasztott eseménytípusok és intézkedési elemek megfeleljenek a vasúti létesítmény valós működési sajátosságainak, ugyanakkor lehetőséget adjanak eltérő helyzetek modellezésére is. [202] A veszélyhelyzeti tervezéssel foglalkozó kutatások szerint az előkészítés minősége alapvetően meghatározza a gyakorlatok tanulási értékét és hitelességét. [201]

A felület második szerkezeti eleme a gyakorlat-végrehajtás tér, amelyben a kiválasztott veszélyhelyzeti forgatókönyvek időben és logikailag szervezett módon bontakoznak ki. E szerkezeti elem célja, hogy a gyakorlat során megjelenő események és körülmények áttekinthető keretekben legyenek követhetők, anélkül, hogy a felhasználók elvesznének az információk mennyiségében.

A végrehajtási tér strukturálása különösen fontos a vasúti veszélyes áru fuvarozás területén, ahol egyetlen esemény több, egymással párhuzamos hatást válthat ki. A komplex rendszerek elemzésével foglalkozó szakirodalom kiemeli, hogy az ilyen helyzetekben a jól felépített megjelenítés hozzájárul a helyzetmegértés fenntartásához és a hibák számának csökkentéséhez. [205]

A digitális gyakorlatoztató program harmadik szerkezeti eleme az intézkedések és beavatkozások rögzítésére szolgáló egység. Ez az elem lehetővé teszi, hogy a gyakorlat során megtett lépések strukturált formában kerüljenek dokumentálásra, összekapcsolva azokat az adott veszélyhelyzeti kontextussal. A rögzítés célja nem az egyéni teljesítmény értékelése, hanem annak feltárása, hogy az intézkedések milyen hatással vannak a gyakorlat további lefolyására. A kockázatkezelési kutatások szerint az intézkedések és következményeik ilyen jellegű összekapcsolása alapvető feltétele annak, hogy a gyakorlatokból szervezeti szintű tanulságok szülessenek. [182]

A szerkezeti elemek közé tartozik továbbá a gyakorlatok megfigyelését és elemzését támogató környezet, amely elkülönül a végrehajtási tértől. Ez az elkülönítés lehetővé teszi, hogy a gyakorlat során ne keveredjenek az operatív tevékenységek és az elemzési szempontok. A megfigyelési környezet a gyakorlat eseményeinek és intézkedéseinek időbeli és logikai áttekintését szolgálja, elősegítve az összefüggések felismerését. [206] A szervezeti tanulással foglalkozó kutatások szerint az ilyen elkülönített elemzési terek jelentősen növelik a gyakorlatok utólagos feldolgozásának hatékonyságát. [207]

A digitális gyakorlatoztató felület szerkezeti elemeinek fontos sajátossága a modularitás, amely lehetővé teszi, hogy a rendszer különböző létesítmények és veszélyhelyzeti típusok esetén is alkalmazható legyen. A moduláris felépítés nem technikai értelemben vett bővíthetőséget jelent, hanem azt a képességet, amelyek az adott helyzetben relevánsak. Ez a megközelítés összhangban áll a modern biztonságirányítási rendszerek azon elvével, miszerint a túlzott komplexitás önmagában is kockázatt növelő tényező lehet. [208]

Megállapítható, hogy a digitális felület szerkezeti elemei olyan funkcionális keretet alkotnak, amely biztosítja a veszélyhelyzeti gyakorlatok következetes előkészítését, végrehajtását és elemzését. A felépítés lehetővé teszi a belső veszélyelhárítási tervek gyakorlatban történő alkalmazását anélkül, hogy a rendszer technikai megoldásai vagy algoritmikus működése nyilvánosságra kerülne. E szerkezeti megközelítés biztosítja, hogy a szoftver hosszú távon is illeszkedjen a vasúti biztonságirányítás fejlődő követelményeihez, miközben megőrzi a rendszer szellemi tulajdonának védelmét.

3.5.3. Gyakorlati tartalomelemek és forgatókönyv-típusok rendszerezése

A szoftver egyik legfontosabb. sajátossága, hogy a veszélyhelyzeti felkészítéshez kapcsolódó tartalmakat nem elszigetelt információegységekként, hanem egymással összefüggő, strukturált gyakorlati elemekként kezeli. A rendszerben megjelenő tartalomelemek célja nem az ismeretátadás klasszikus formája, hanem a vasúti belső veszélyelhárítási tervekben rögzített intézkedések kontextusfüggő alkalmazásának támogatása. Ennek érdekében a digitális környezetben alkalmazott forgatókönyvek és tartalmi egységek tudatos rendszerezést igényelnek, amely biztosítja a gyakorlatok szakmai relevanciáját és összehasonlíthatóságát.

A gyakorlati tartalomelemek rendszerezésének első szintjét a veszélyhelyzeti alapegységek képezik. Ezek olyan kiinduló helyzetek, amelyek a vasúti veszélyes áru fuvarozás során reálisan előfordulhatnak és amelyekhez a belső veszélyelhárítási tervek konkrét intézkedéseket rendelnek. Az alapesemények nem egyedi balesetek részletes leírásai, hanem absztrakt eseménytípusok, amelyek lehetővé teszik különböző variációk kialakítását. A szakirodalom szerint az ilyen absztrakciós szint alkalmazása elősegíti, hogy a gyakorlatok ne egyetlen konkrét esetre készítsenek fel, hanem általánosítható tapasztalatokat nyújtsanak. [209]

A tartalmi rendszerezés második szintjét a helyzeti módosítók alkotják, amelyek az alapeseményekhez kapcsolódva befolyásolják a gyakorlat lefolyását. Ezek a módosítók olyan körülményeket reprezentálnak, amelyek a vasúti veszélyes áru fuvarozással összefüggő események során gyakran változékonyak, például az időjárási viszonyok, az infrastruktúra állapota vagy a rendelkezésre álló erőforrások elérhetősége. A digitális gyakorlatoztató program e tartalmi elemek alkalmazásával lehetővé teszi, hogy azonos alapesemény eltérő feltételek mellett kerüljön feldolgozásra, ezáltal növelve a gyakorlatok variabilitását és szakmai értékét. [210] A veszélyhelyzeti tervezés nemzetközi kutatásai hangsúlyozzák, hogy az ilyen feltételváltoztatások nélkül a gyakorlatok könnyen rutinszerűvé válnak, ami csökkenti a tanulási hatást. [211]

A forgatókönyv-típusok rendszerezésének harmadik szintje az esemenyláncok kialakítása, amelyek az alapesemények és a helyzeti módosítók egymásra hatásából jönnek létre. Az esemenyláncok célja annak bemutatása, hogy egy kezdetben korlátozott hatású esemény miként válhat összetett súlyos balesetté, amennyiben a megfelelő intézkedések elmaradnak vagy késedelmet szenvednek. Ez a megközelítés összhangban áll a komplex rendszerek elméletével, amely szerint a súlyos következmények gyakran nem egyetlen hibából, hanem egymásra épülő események sorozatából fakadnak. [205]

A digitális gyakorló rendszer fogatókönyv-típusai ezért nem lineáris lefolyást feltételeznek, hanem lehetőséget adnak eltérő eseményutak megjelenítésére is. [201]

A gyakorlati tartalomelemek további fontos csoportját képezik az intézkedési alternatívák, amelyek a forgatókönyvekhez kapcsolódva jelennek meg. Ezek az alternatívák nem előre minősített „helyes” vagy „helytelen” válaszok, hanem olyan lehetséges intézkedések, amelyek eltérő következményekkel járhatnak a gyakorlat során. A digitális rendszer tartalmi logikája érthetővé teszi, hogy a résztvevők különböző intézkedési kombinációkat alkalmazzanak és azok hatásait a forgatókönyv további alakulásán keresztül érzékeljék. A kockázatelemzési szakirodalom szerint az ilyen alternatívák bemutatása különösen hatékony eszköze a döntési következmények megértésének.

A forgatókönyv-típusok rendszerezésének utolsó szintje az összehasonlíthatóság biztosítása, amely lehetővé teszi, hogy különböző gyakorlatok tapasztalatai egymással összevethetők legyenek. A digitális gyakorlótér tartalmi felépítése ezért olyan egységes kategóriákat alkalmaz, amelyek mentén az események, intézkedések és következmények strukturáltan értelmezhetőek. Ez az összehasonlíthatóság nemcsak az egyes gyakorlatok értékelését támogatja, hanem hozzájárul a hosszabb távú szervezeti tauláshoz is. A nemzetközi gyakorlat azt mutatja, hogy az ilyen rendszerezett forgatókönyv-megközelítés jelentősen növeli a gyakorlatok stratégiai értékét. [212]

Elmondható, hogy a digitális gyakorlatoztató rendszerben alkalmazott gyakorlati tartalomelemek és szcenárió típusok rendszerezése biztosítja, hogy a gyakorlatok ne elszigetelt események legyenek, hanem egymással összefüggő, tudatosan felépített tanulási folyamat részei. A rendszer ezzel lehetővé teszi a vasúti belső veszélyelhárítási tervek gyakorlati alkalmazásának mélyebb megértését, miközben megőrzi a rendszer koncepcionális jellegét és a szellemi tulajdon védelmét.

3.5.4. Felhasználói interakciók típusai a gyakorlatok során

A szoftver egyik meghatározó jellemzője, hogy a gyakorlatok során megvalósuló felhasználói interakciókat nem technikai műveletként, hanem funkcionális cselekvésekként értelmezi. A rendszer célja nem az, hogy a felhasználókat egy előre definiált lépéssor végrehajtására kényszerítse, hanem hogy olyan interakciós lehetőségeket biztosítson, amelyek megfelelnek a vasúti belső veszélyelhárítási tervekben rögzített intézkedési logikának. Az interakciók típusa és jellege ezért szorosan kapcsolódik a gyakorlat tartalmához és a forgatókönyv aktuális állapotához.

Az első interakciós típus a helyzetértelmező interakció, amelynek során a felhasználók a rendelkezésre álló információk alapján képet alkotnak a kialakult súlyos balesetről. Ezek az interakciók nem konkrét döntések meghozatalát jelentik, hanem a helyzet értelmezését szolgáló cselekvéseket, például az események sorrendiségének áttekintését vagy a releváns körülmények felismerését. A szakirodalom szerint a veszélyhelyzeti gyakorlatok egyik kritikus pontja éppen az, hogy a résztvevők miként értelmezik és rendszerezik a rendelkezésre álló információkat és milyen mentális modell alakul ki bennük az eseményekről. A szoftver interakciós logikája ezt a folyamatot támogatja azzal, hogy a helyzetértelmezést önálló interakciós kategóriaként kezeli. [148]

A második interakciós típus az intézkedésindító interakció, amely során a felhasználók a belső veszélyelhárítási tervben rögzített intézkedések közül választanak, illetve azok végrehajtását kezdeményezik. Fontos hangsúlyozni, hogy ezek az interakciók nem technikai parancsok, hanem funkcionális cselekvések, amelyek egy adott intézkedési irányt reprezentálnak. A rendszer nem minősíti azonnal az intézkedéseket helyesnek vagy helytelennek, hanem azok hatásait a gyakorlat további alakulásán keresztül jeleníti meg. Ez az interakciós megközelítés összhangban áll a tapasztalati tanulás elméletével, amely szerint a tanulás hatékonyságát jelentősen növeli, ha a résztvevők közvetlenül érzékelik cselekvéseik következményeit. [204]

A felhasználói interakciók harmadik csoportját az együttműködést támogató interakciók alkotják. A vasúti veszélyes áru fuvarozás során a gyakorlatok ritkán korlátozódnak egyetlen szervezeti egység tevékenységére, hiszen a belső veszélyelhárítási tervek is több szereplő összehangolt fellépéssel számolnak. A szoftver interakciós struktúrája ezért olyan cselekvéseket is lehetővé tesz, amelyek a koordinációt, az információmegosztást és az egyeztetést reprezentálják. Ezek az interakciók nem kommunikációs eszközöket írnak le, hanem a koordináció funkcionális mozzanatait jelenítik meg. A kríziskezeléssel foglalkozó kutatások szerint az ilyen együttműködési interakciók gyakorlása jelentősen hozzájárul a szervezetek közötti együttműködés minőségének javításához. [171]

A negyedik interakciós típus a felülvizsgálati és korrekciós interakció, amely a gyakorlatok előrehaladtával válik különösen fontossá. A vasúti súlyos balesetek dinamikus jellege miatt a kezdetben meghozott intézkedések később módosításra vagy kiegészítésre szorulhatnak. A digitális gyakorlatoztató program lehetőséget biztosít arra, hogy a felhasználók a gyakorlat során visszatérjenek korábbi intézkedésekhez, újragondolják azokat és szükség esetén módosítsák az irányt.

Ez az interakciós típus támogatja a rugalmas gondolkodást és a helyzethez való alkalmazkodást, amelyet a veszélyhelyzeti reagálás egyik kulcskompetenciájának azonosít a szakirodalom. [213]

A felhasználói interakciók utolsó csoportját az értékelést előkészítő interakciók alkotják. Ezek nem magát az értékelést jelentik, hanem azokat a cselekvéseket, amelyek során a gyakorlat során hozott intézkedések és azok következményei strukturált formában rögzítésre kerülnek. A rendszer ezzel biztosítja, hogy a gyakorlat lezárását követően az események visszatekinthetők és elemezhetőek legyenek. A szervezeti tanulással foglalkozó kutatások rámutattak arra, hogy az ilyen strukturált rögzítés hiánya gyakran vezet ahhoz, hogy a gyakorlatok tanulságai nem épülnek be a mindennapi működésbe. [214]

Megállapítható, hogy a digitális gyakorlatoztató rendszerben alkalmazott felhasználói interakciók nem technikai műveletek sorozataként, hanem funkcionális cselekvések rendszereként értelmezhetőek. Az interakciók típusainak tudatos elkülönítése hozzájárul ahhoz, hogy a gyakorlatok a vasúti belső veszélyelhárítási tervek logikáját kövessék, miközben lehetőséget biztosítanak a résztvevők számára a helyzetértelmezés, az intézkedés, az együttműködés és a korrekció gyakorlására. Ez az interakciós megközelítés jelentős mértékben növeli a gyakorlatok szakmai értékét, miközben megőrzi a digitális rendszer koncepcionális jellegét.

3.5.5. A gyakorlatok lefolyásának digitális támogatása

A digitális gyakorlatoztató rendszer egyik legfontosabb hozzáadott értéke a veszélyhelyzeti gyakorlatok lefolyásának strukturált, következetes és kontrollált támogatása. A vasúti belső veszélyelhárítási tervek alapján szervezett gyakorlatok sajátossága, hogy azok nem előre rögzített forgatókönyvek egyszerű végrehajtását jelentik, hanem dinamikusan alakuló eseménysorokat, amelyek során a körülmények, a rendelkezésre álló információk és az intézkedések hatásai folyamatosan változnak. A digitális támogatás célja tehát nem a gyakorlatok „irányítása”, hanem annak biztosítása, hogy a lefolyás során az események és a beavatkozások összefüggései követhetők és értelmezhetők maradjanak.

A gyakorlatok digitális támogatásának első eleme az időbeli strukturálás. A vasúti veszélyes áru fuvarozás és a különböző létesítményekben zajló veszélyes áru kezeléshez kapcsolódó események gyakran eltérő időskálákon zajlanak. Egyes hatások azonnal jelentkeznek, míg más következmények csak késleltetve válnak érzékelhetővé.

A digitális gyakorlótér lehetőséget biztosít arra, hogy a gyakorlat időbelisége ne kizárólag valós idejű lefolyást kövessen, hanem szükség esetén lassítható, gyorsítható vagy szakaszolható legyen a folyamat. Ez a megközelítés támogatja az események közötti ok-okozati kapcsolatok felismerését, amelyet a gyakorlatok értékelésével foglalkozó szakirodalom kiemelt fontosságúnak tekint. [215]

A digitális támogatás második lényeges eleme a párhuzamos események kezelése. A vasúti rendezőpályaudvarokon esetlegesen bekövetkező súlyos baleset ritkán érint egyetlen folyamatot, hiszen gyakori, hogy egy időben több, egymással összefüggő esemény zajlik. A szoftver e párhuzamosságot úgy támogatja, hogy a gyakorlat során az egymás mellett futó események különállóan is követhetők maradnak, ugyanakkor az összefüggések sem vesznek el. Ez a megoldás hozzájárul ahhoz, hogy a résztvevők ne egyetlen eseményre fókuszáljanak, hanem a teljes rendszer működését tartsák szem előtt. A komplex rendszerek elemzésével foglalkozó kutatások szerint az ilyen átláthatóság alapfeltétele a túlterhelés elkerülésének. [188]

A gyakorlatok lefolyásának digitális támogatásában fontos szerepet kap a megszakítások és váratlan események kezelése. A valós életben bekövetkező súlyos balesetek egyik meghatározó jellemzője, hogy a tervezett intézkedések végrehajtása közben új információk vagy nem várt események jelenhetnek meg. A digitális rendszer ezt a jelenséget úgy kezeli, hogy a gyakorlat során lehetőséget ad a folyamat megszakítására, új események beillesztésére vagy a feltételek módosítására. [213] Ez nem a forgatókönyv önkényes megváltoztatását jelent, hanem annak modellezését, hogy a veszélyhelyzeti reagálás ritkán zajlik zavartalan környezetben. A szakirodalom szerint az ilyen „zavaró tényezők” tudatos beépítése jelentősen növeli a gyakorlatok realitását és tanulási értékét. [212]

A digitális támogatás további eleme a lefolyás következetességének fenntartása. A gyakorlat során hozott intézkedések hatásai a rendszer belső logikája szerint jelennek meg, ami biztosítja, hogy az események egymásra épülése ne váljon ellentmondásossá. Ez a következetesség nem egy előre rögzített „helyes” útvonalat jelent, hanem azt, hogy a gyakorlat során minden intézkedésnek értelmezhető és visszakövethető hatása van. A kockázatkezelési szakirodalom hangsúlyozza, hogy az ilyen konzisztens visszajelzés nélkül a gyakorlatok elveszítik szakmai hitelességüket.

A gyakorlatok lefolyásának digitális támogatása kiterjed a gyakorlat közbeni dokumentálásra is. A rendszer lehetőséget biztosít arra, hogy az események és intézkedések időrendben rögzítésre kerüljenek, ami megkönnyíti a későbbi elemzést. Ez a dokumentálás nem adminisztratív célokat szolgál, hanem a gyakorlat logikájának visszafejtését teszi lehetővé. A

veszélyhelyzeti menedzsment kutatásai szerint az ilyen időrendi rekonstrukció kulcsszerepet játszik a gyakorlatok értékelésében és a szervezeti tanulságok levonásában. [212]

Megállapítható, hogy a gyakorlatok lefolyásának digitális támogatása a digitális gyakorlatoztató rendszerben olyan keretrendszert biztosít, amely egyszerre kezeli az időbeliséget, a párhuzamosságot és a váratlan eseményeket. A támogatás célja nem a gyakorlatok automatizálása, hanem annak biztosítása, hogy a résztvevők a súlyos balesetek dinamikáját egy előre rendezett környezetben és értelmezhető módon tapasztalhassák meg.

3.5.6. A gyakorlatok eredményeinek strukturált rögzítése

A szoftver egyik kulcsfontosságú funkcionális eleme a gyakorlatok során keletkező eredmények pontos és részletes rögzítése. A vasúti belső veszélyelhárítási gyakorlatok értéke nem kizárólag a végrehajtás pillanatában realizálódik, hanem elsősorban abban, hogy a gyakorlat során hozott intézkedések, azok időbeli lefolyása és következményei milyen módon válnak visszatekinthetővé és elemezhetővé. A strukturált rögzítés célja ezért nem kizárólagosan egy adminisztratív dokumentáció létrehozása, hanem a gyakorlat során megjelenő tapasztalatok rendszerezett, összehasonlítható és értelmezhető formában történő megőrzése.

A rögzítés első dimenzióját az események időrendjének dokumentálása képezi. A vasúti veszélyes áru fuvarozáshoz kapcsolódó gyakorlatok során az események egymásutániséga meghatározó jelentőségű, mivel az intézkedések hatása gyakran csak késleltetve jelentkezik. A digitális rendszer a gyakorlat során kialakuló eseménysort olyan módon rögzíti, hogy az utólag rekonstruálható legyen, mikor és milyen feltételek mellett történt a beavatkozás, illetve milyen további eseményeket váltott ki. A krízismenedzsmenttel kapcsolatos kutatások szerint az időalapú rekonstrukció elengedhetetlen a komplex események elemzéséhez és a tanulságok levonásához. [204]

A strukturált rögzítés második dimenziója az intézkedések és beavatkozások összekapcsolása az eseményekkel. A digitális gyakorlótérben az egyes intézkedések nem önálló elemként kerülnek tárolásra, hanem mindig az adott helyzet kontextusában értelmezhetők. ez a megközelítés lehetővé teszi annak feltárását, hogy az intézkedés milyen eseményre adott válaszként jelent meg és milyen irányban befolyásolta a gyakorlat további lefolyását. A biztonságstudományi szakirodalom hangsúlyozza, hogy az intézkedések kontextus nélküli értékelése gyakran félrevezető lehet, míg a kontextusalapú elemzés pontosabb képet ad a rendszer működéséről. [131]

A rögzítés harmadik fontos eleme a következmények egységes megjelenítése. A szoftver nem egyszerűen azt rögzíti, hogy egy intézkedés sikeres vagy sikertelen volt-e, hanem azt, hogy idézett-e elő állapotváltozásokat a gyakorlat során. Ezek a következmények lehetnek azonnaliak vagy késleltetettek, közvetlenek vagy közvetettek és gyakran több eseményláncon keresztül érvényesülnek. A következmények ilyen jellegű rögzítése összhangban áll a rendszerbiztonsági elemzések azon megközelítésével, amely szerint a balesetek és „majdnem balesetek” megértéséhez az állapotváltozások láncolatát kell vizsgálni. [109]

A strukturált rögzítés negyedik dimenziója az összehasonlíthatóság biztosítása. A digitális gyakorlótér egyik előnye, hogy lehetővé teszi az azonos vagy hasonló forgatókönyvek alapján lebonyolított gyakorlatok eredményeinek összevetését. Ehhez elengedhetetlen, hogy az események, intézkedések és következmények egységes kategóriák mentén kerüljenek rögzítésre. Az összehasonlíthatóság nemcsak az egyes gyakorlatok értékelést támogatja, hanem hozzájárul a hosszabb távú trendek és visszatérő problémák azonosításához is. A szervezeti tanulással foglalkozó kutatások szerint az ilyen longitudinális elemzések jelentősen növelik a gyakorlatok stratégiai értékét. [212]

Elmondható, hogy a gyakorlatok eredményeinek egységes, szervezett keretek közötti rögzítése a digitális gyakorlatoztató rendszerben nem pusztán dokumentációs funkció, hanem a gyakorlatok szakmai hasznosulásának alapfeltétele. A rögzítés lehetővé teszi az események, intézkedések és következmények rendszerszintű elemzését, támogatja az összehasonlíthatóságot és hozzájárul a tervek felülvizsgálati folyamataihoz.

3.5.7. A digitális gyakorlatoztató rendszer illeszkedése a belső veszélyelhárítási terv dokumentumrendszeréhez

A digitális gyakorlatoztató rendszer disszertációs koncepciójának egyik lényegi elem, hogy a belső veszélyelhárítási tervhez nem alternatív eszközként, hanem annak funkcionális kiegészítéseként kapcsolódik. A szoftver nem váltja ki a tervet, mint a nemzetközi szabályzatokban előírt dokumentumot, viszont olyan alkalmazási keretet biztosíthat, amelyben a terv tartalma értelmezhetővé, gyakorolhatóvá és visszacsatolhatóvá válik. Ez az illeszkedés biztosítja, hogy a digitális megoldás a vasúti biztonságirányítás meglévő struktúrájába szervesen beépíthető legyen, anélkül, hogy párhuzamos vagy redundáns dokumentációs rendszert hozna létre. A belső veszélyelhárítási tervek dokumentumrendszere jellemzően hierarchikusan felépített: alapidokumentum, eljárásrendek, mellékletek és kapcsolódó nyilvántartások együtteséből áll.

A digitális gyakorlatoztató rendszer ehhez a struktúrához olyan módon illeszkedne, hogy a terv egyes részeit funkcionális hivatkozási pontként kezelné, nem pedig merev szerkezeti egységként. Ez lehetővé tenné, hogy a gyakorlatok során mindig azok a dokumentumrészek kerüljenek előtérbe, amelyek az adott veszélyhelyzeti kontextusban relevánsak, miközben a terv egésze változatlan formában megmarad a hivatalos dokumentációs rendszerben. A veszélyhelyzeti tervezéssel foglalkozó szakirodalom szerint az ilyen rugalmas kapcsolódás jelentősen növelheti a tervek gyakorlati használhatóságát. [216]

Az illeszkedés következő fontos aspektusa a verziókezelés és aktualitás kérdésköre. A belső veszélyelhárítási tervek rendszeres felülvizsgálata elengedhetetlen a jogszabályi megfelelés és a szervezeti működés szempontjából, ugyanakkor a gyakorlatban gyakran nehéz nyomon követni, hogy a gyakorlatok mely tervverzió alapján kerültek lebonyolításra. A digitális gyakorlatoztató rendszer ehhez olyan keretet biztosít, amelyben a gyakorlatok mindig egy adott tervverzióhoz kapcsolódnak, ezáltal egyértelművé válik, hogy az egyes tapasztalatok mely dokumentumállapothoz köthetők. Ez az irány támogatja a tervfelülvizsgálati folyamat átláthatóságát és a változások indokoltságának dokumentálását, amelyet több nemzetközi ajánlás is kiemelten kezel. [217]

A digitális felület dokumentumrendszerhez való illeszkedésének harmadik eleme a mellékletek és kapcsolódó dokumentumok kezelése. A belső veszélyelhárítási tervek gyakran tartalmaznak térképeket, listákat, értesítési láncokat és egyéb kiegészítő dokumentumokat, amelyek a gyakorlat során kulcsszerepet játszanak. A digitális gyakorlatoztató rendszer ezekhez az elemekhez nem önálló adatforrásként, hanem hivatkozott tartalomként kapcsolódik, biztosítva, hogy a gyakorlatok során ugyanazok az információk legyenek elérhetők, mint amelyek a hivatalos dokumentáció részét képezik. Ez az összhang csökkenti annak kockázatát, hogy a gyakorlatok során eltérő vagy elavult információk kerüljenek felhasználásra. [171]

Az illeszkedés további fontos dimenziója a felülvizsgálati és auditfolyamatok támogatása. A vasúti belső veszélyelhárítási tervek ellenőrzése során egyre nagyobb hangsúlyt kap annak bemutatása, hogy a tervek nem csupán formálisan léteznek, hanem ténylegesen alkalmazásra és tesztelésre kerülnek. A digitális platform ehhez olyan kiegészítő evidenciát biztosít, amely bemutatja, hogy a terv egyes elemei mikor és milyen körülmények között kerültek gyakorlatban alkalmazásra. Ez az evidencialapú megközelítés összhangban áll a modern biztonságirányítási rendszerek auditálási gyakorlatával, amely a dokumentumok mellett a működés igazolását is elvárja. [218] Az illeszkedés utolsó lényeges eleme a terv és a gyakorlat közötti határvonal tudatos fenntartása.

A digitális felület nem módosítaná automatikusan a belső veszélyelhárítási tervet és nem helyettesítené a hivatalos jóváhagyási és módosítási folyamatokat. Ezzel biztosítható, hogy a terv jogi státusza és érvényessége ne sérüljön, miközben a gyakorlatok során szerzett tapasztalatok rendszerezett inputként szolgálhatnak a felülvizsgálathoz. Ez a megközelítés különösen fontos a vasúti veszélyes áru fuvarozás szabályozott környezetében, ahol a dokumentumok módosítása szigorú eljárásrendhez kötött. A digitális gyakoroltató rendszer veszélyhelyzeti felkészülés értékeléséhez kapcsolódó megállapításokat a következő táblázat szemlélteti.

14. táblázat: A digitális gyakoroltató rendszer hozzájárulása a veszélyhelyzeti felkészültség értékeléséhez. Készítette: a szerző

Vizsgált felkészültségi terület	Hagyományos értékelési megközelítés	Digitális gyakoroltató rendszer hozzájárulása
Döntési képesség	Leíró, szubjektív értékelés	Döntési pontok mentén objektíven elemezhető
Reakcióidők	Utólagos becslés	Időalapú, mérhető adatok
Szervezetek együttműködése	Eseti tapasztalati megállapítás	Interakciók rendszerezett rögzítése
Feladat-végrehajtás megfelelése	Eljáráskövetés igazolása	Feladat-idő-szerepkör összerendelés
Tapasztalatok feldolgozhatósága	Szöveges jegyzőkönyv	Strukturált, gyakorlatok összehasonlíthatósága
Fejlesztési irányok kijelölése	Esetfüggő	Adataalapú, visszacsatolás

A fentiek alapján megállapítható, hogy a digitális gyakorlatoztató rendszer a belső veszélyelhárítási terv dokumentumrendszeréhez olyan kiegészítő és támogató kapcsolatot valósíthat meg, amely megőrzi a terv jogi és szervezeti szerepét, viszont jelentősen növelheti annak gyakorlati alkalmazhatóságát.

Ez az illeszkedés biztosítja, hogy a digitális rendszer nem önálló megoldásként, hanem a vasúti biztonságirányítás integrált elemeként jelenjen meg, elősegítve a súlyos balesetekre történő felkészültség és a tervalapú működés hosszú távú fejlődését.

3.6. Részkövetkeztetések a harmadik fejezethez

A fejezetben bemutatott digitális gyakorlatoztató rendszer funkcionális felépítése és alkalmazási logikája rávilágít arra, hogy a vasúti belső veszélyelhárítási tervek gyakorlati alkalmazása miként lehetne támogatható egy digitális környezetben, amely képes kezelni a veszélyhelyzeti gyakorlatok komplexitását, időbeliségét és követelményrendszerét. A rendszer bemutatása során egyértelművé vált, hogy a digitális megoldás nem új eljárásokat vezet be, hanem a meglévő tervek végrehajthatóságát, értelmezhetőségét és visszacsatolását erősíti.

A bemutatott megoldás egyik lényeges sajátossága, hogy nem új eljárásokat vagy szervezeti struktúrákat vezet be, hanem a meglévő belső veszélyelhárítási tervek végrehajthatóságát és értelmezhetőségét helyezi középpontba. A digitális környezet lehetőséget teremt arra, hogy a tervekben rögzített feladatok, döntési lehetőségek és együttműködési mechanizmusok ne csupán leírt követelményként jelenjenek meg, hanem olyan működési elemekként, amelyek időbeli összefüggéseiben és kölcsönhatásaikban is vizsgálhatók. Ez a megközelítés erősíti a tervek gyakorlati alkalmazhatóságát, miközben megőrzi azok jogi és szakmai kereteit.

Megállapításaim alapján egyértelművé válik, hogy a veszélyhelyzeti gyakorlatok hatékonysága nem kizárólag a végrehajtott intézkedések számától vagy formális megfelelőségétől függ. A döntések időzítése, az információáramlás minősége és a különböző szereplők közötti együttműködés összhangja olyan tényezők, amelyek meghatározó módon befolyásolják a veszélyhelyzeti működés eredményességét. A szoftver elméleti kerete lehetőséget biztosít e tényezők megjelenítésére és értelmezésére, ami túlmutat a hagyományos, dokumentumalapú gyakorlatok korlátain.

Kiemelendő, hogy a digitális megközelítés elsődleges hozzáadott értéke a visszacsatolás lehetőségének megerősítése. A veszélyhelyzeti gyakorlatok tapasztalatai, döntési mintázatok és együttműködési problémák a hagyományos formákban jellemzően csak narratív módon jelennek meg. A digitális környezet ezzel szemben lehetőséget kínál arra, hogy a végrehajtás során feltárt hiányosságok és erősségek strukturált módon legyenek értelmezhetőek, ezáltal hozzájárulva a belső veszélyelhárítási tervek folyamatos fejlesztéséhez.

Összességében megállapítható, hogy a fejezet bemutatja, hogy a digitális gyakorlatoztató rendszer elméleti megalapozása alkalmas arra, hogy a vasúti belső veszélyelhárítási tervek gyakorlati alkalmazását támogassa anélkül, hogy azok jogi vagy szakmai tartalmát megváltoztatná.

A megközelítés a veszélyhelyzeti működést dinamikus, döntésközpontú folyamatként értelmezi és ezzel új értelmezési keretet biztosít a felkészültség vizsgálatához. A feltárt összefüggések hozzájárulnak a vasúti veszélyes áru szállítás veszélyhelyzeti felkészítésének tudományos igényű értelmezéséhez és megalapozzák a későbbi módszertani és gyakorlati fejlesztések irányát.

ÖSSZEGZETT KÖVETKEZTETÉSEK

Az értekezés-tervezet megírása során végzett vizsgálatok összességében azt támasztják alá, hogy a vasúti veszélyes áru szállítás biztonsága nem értelmezhető elszigetelt szabályozási, műszaki vagy szervezeti kérdésként. A kockázatok kialakulása és kezelése olyan összetett követelmény, amelyben a jogi környezet, a kockázatelemzési módszertan és a veszélyhelyzeti felkészültség egymással szoros kölcsönhatásban határozza meg a tényleges biztonsági szintet. A kutatás eredményei arra mutatnak rá, hogy e tényezők közötti koherencia hiánya nem csupán elméleti problémát jelent, hanem közvetlenül befolyásolja a súlyos baleseti események megelőzésének és kezelésének lehetőségeit a vasúti veszélyes áru szállítás környezetében.

Az értekezés-tervezet kutatási eredményei a vasúti veszélyes áru szállítás biztonságának jogi, módszertani és felkészültségi dimenzióit egységes szemléletben értelmezi. A kutatás nem egyetlen részterület elszigetelt vizsgálatára irányult, hanem arra, hogy feltárja azokat a rendszerszintű összefüggéseket, amelyek a súlyos baleseti kockázatok kialakulását és kezelését meghatározzák. Az új tudományos eredmények mibenléte abban rejlik, hogy az értekezés-tervezet a jogi szabályozás, a mérnöki kockázatelemzés és a veszélyhelyzeti felkészítés kapcsolatát nem párhuzamos, hanem egymásra épülő elemként értelmezi és ezek mentén új elméleti megállapításokat fogalmaz meg.

A jogi szabályozás vizsgálata alapján megállapítható, hogy a vasúti veszélyes áru szállítás üzemi létesítményei sajátos helyet foglalnak el a veszélyes tevékenységek rendszerében. A nemzetközi szabályozási keretek a súlyos baleseti kockázatok kezelését rendszerszinten, a veszélyes anyagokkal kapcsolatos tevékenységek összefüggésében értelmezik, míg a hazai jogi környezet egyes elemei eltérő logika mentén határozzák meg e létesítmények jogi megítélését. Ez a különbség nem pusztán normatív eltérésként jelenik meg, hanem a szervezeti feladatmeghatározásokban, a felkészültségi követelményekben és az eszközrendszeri elvárásokban is megfigyelhető. A kutatás összegzett következtetése szerint a jogi keretek jelenlegi formájukban nem minden esetben támogatják következetesen a vasúti veszélyes áru szállításból eredő kockázatok egységes értelmezését.

A kockázatelemzési módszerek vizsgálata rámutat arra, hogy a vasúti veszélyes áru szállítás során alkalmazott klasszikus mérnöki megközelítések fontos, de önmagukban nem elégséges eszközei a kockázatok értelmezésének. E módszerek elsősorban a műszaki meghibásodások és azok következményeinek feltárására alkalmasak, miközben a veszélyhelyzeti működés döntési, szervezeti és időbeli dimenziói csak korlátozottan jelennek meg bennük. A kutatás összegzett tanulsága, hogy a vasúti veszélyes áru szállítás sajátos működési környezetében a kockázatok alakulását nem kizárólag fizikai folyamatok határozzák meg, hanem a döntések időzítése, a szereplők közötti együttműködés és az információáramlás minősége is. E tényezők figyelmen kívül hagyása a kockázat leegyszerűsítéséhez vezethet.

A felkészültség és gyakoroltatás vizsgálata tovább erősíti azt a megállapítást, hogy a veszélyhelyzeti működés értelmezése nem választható el a módszertani keretektől. A hagyományosan alkalmazott, dokumentumalapú gyakoroltatási formák elsősorban az eljárások ismertetésére és a megfelelés igazolására alkalmasak, azonban korlátozott mértékben képesek visszajelzést adni a döntési folyamatok minőségéről és az együttműködés hatékonyságáról. Megállapítható, hogy a felkészültség tényleges szintje nem csupán a rendelkezésre álló tervek és eszközök meglétében, hanem azok alkalmazhatóságában és a veszélyhelyzetekben való működőképességben ragadható meg.

A három vizsgált terület együttes értelmezése alapján egyértelművé válik, hogy a vasúti veszélyes áru szállítás biztonságának fejlesztése csak integrált megközelítésben lehetséges. A jogi szabályozás, a kockázatelemzési módszerek és a gyakorlatok egymástól független fejlesztése nem vezet fenntartható eredményre, amennyiben nem illeszkednek egymáshoz szemléletükben és logikájukban. A kutatás rámutat arra, hogy a súlyos baleseti kockázatok kezelése nem kizárólag megelőzési kérdés, hanem a veszélyhelyzeti működés egészét átfogó, döntésközpontú folyamatként értelmezhető.

Összességében megállapítható, hogy az értekezés-tervezet eredményei hozzájárulnak a vasúti veszélyes áru szállítás és üzemi létesítmények biztonságának új szemléletű értelmezéséhez. A feltárt összefüggések tudományos alapot teremtenek ahhoz, hogy a kockázatkezelés ne csupán normatív megfelelésként vagy statikus műszaki kérdésként jelenjen meg, hanem olyan komplex rendszerként, amelyben a jogi, műszaki és szervezeti tényezők együttesen határozzák meg a veszélyhelyzeti működés hatékonyságát.

E megközelítés nemcsak a jelenlegi gyakorlat kritikai értékelését teszi lehetővé, hanem irányt mutat a jövőbeni módszertani és felkészültségi fejlesztések számára is.

ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. A vasúti veszélyes áru szállítás üzemi létesítményeire vonatkozó nemzetközi és hazai jogi szabályozási környezet összehasonlító elemzése és értékelése alapján **megállapítottam**, hogy a vasúti veszélyes áru szállítás jogi, szervezeti és eszközrendszeri szabályozása nem egységes, ennek megfelelően **azonosítottam** a veszélyes árukkal kapcsolatos súlyos baleseti események megelőzésének és kezelésének lehetőségeit, amelyek által biztosítható a vasúti veszélyes áru szállításból eredő kockázatok egységes értelmezése és a szervezeti feladatmeghatározásokban, a felkészültségi követelményekben, valamint az eszközrendszeri elvárásokban történő érvényesítése a vasúti veszélyes áruszállítás biztonsága érdekében.
2. A vasúti veszélyes áru szállításban alkalmazott klasszikus veszélyazonosítási és kockázatértékelési módszerek, különös tekintettel azok szemléleti alapjainak és alkalmazási logikájának vizsgálatára építve **bebizonyítottam**, hogy e módszerek alapvetően statikus és elkülönített megközelítésre épülnek, amely korlátozottan alkalmas a vasúti veszélyes áru szállítás dinamikus, többszereplős működési környezetének értelmezésére. Ennek alapján **meghatároztam** azokat a módszertani eljárásokat, amelyek a súlyos baleseti kockázatok – különösen a BLEVE típusú események – azonosításában képesek integrált módon kezelni a döntési folyamatok időbeliségét, a szervezeti együttműködés hatását és a humán tényezők szerepét elősegítve a vasúti veszélyes áru szállítás kockázatainak rendszerszintű értelmezését.
3. A vasúti veszélyes áru szállításához kapcsolódó veszélyhelyzeti felkészítés és gyakorlatoztatás hagyományos, dokumentumalapú módszereinek vizsgálata alapján **megállapítottam**, hogy azok nem képesek teljes mértékben a súlyos baleseti forgatókönyvek dinamikus, döntésvezérelt és többszereplős jellegének egységes értelmezésére és értékelésére. Ennek megfelelően **megalkottam és elméleti szinten igazoltam** egy digitális veszélyhelyzeti gyakorlatoztatási modell tudományos alapjait, amely a meglévő belső veszélyelhárítási tervek végrehajthatóságát és értelmezhetőségét erősíti, ezáltal a veszélyhelyzeti működés döntési pontjainak időbeli összefüggéseinek és szervezeti kölcsönhatásainak megjelenítésével a felkészültség objektív és összehasonlítható értékelését biztosítja a vasúti veszélyes áru szállítás veszélyhelyzeti felkészítésének hatékonyabbá tétele érdekében.

AZ ÉRTEKEZÉS AJÁNLÁSAI

Az értekezésben feltárt összefüggések, valamint az új tudományos eredmények alapján a jogalkotók és a jogszabály-alkalmazók számára az alábbi ajánlásokat fogalmazhatók meg:

1. A vasúti veszélyes áru szállítás üzemi létesítményeinek jogi megítélését vizsgáló kutatás következtetéseit indokolt figyelembe venni a veszélyes tevékenységekhez kapcsolódó hazai jogi szabályozás továbbfejlesztése során, külön tekintettel a súlyos baleseti kockázatok megelőzésére és kezelésére irányuló normákra. Az értekezés-tervezet eredményei felhasználhatók a vasúti rendezőpályaudvarok és kapcsolódó üzemi létesítmények jogi besorolásának pontosítása, valamint a nemzetközi szabályozási szemlélettel való nagyobb összhang megteremtése érdekében.
2. A klasszikus veszélyazonosítási és kockázatértékelési módszerek vasúti veszélyes áru szállításra vonatkozó módszertani korlátait feltáró kutatási eredményeket javasolt figyelembe venni a veszélyes áru szállítással összefüggő hatósági eljárásrendek, módszertani útmutatók és belső szabályozások felülvizsgálata és fejlesztése során. Az értekezés-tervezet megállapításai hozzájárulhatnak ahhoz, hogy a kockázatok értékelése a jövőben ne kizárólag statikus műszaki szempontok mentén, hanem a döntési, szervezeti és humán tényezők figyelembevételével történjen.
3. A veszélyhelyzeti felkészítés és gyakoroltatás elméleti keretének kidolgozására irányuló tudományos eredményeket indokolt hasznosítani a vasúti belső veszélyelhárítási tervekhez kapcsolódó felkészítési és gyakoroltatási követelmények továbbfejlesztése során. Az értekezés-tervezetben bemutatott megközelítés alkalmazható a veszélyhelyzeti gyakorlatok módszertani megújításának megalapozására, különösen a döntési folyamatok és az együttműködésértékelhetőségének erősítése érdekében.
4. Az értekezés-tervezet következtetéseit felhasználhatók a veszélyes áru szállítással kapcsolatos szakmai képzések, továbbképzések és felkészítési programok módszertani fejlesztése során, különösen a vasúti szakterületet érintő oktatási tematikák kialakításában. A kutatás eredményei hozzájárulhatnak ahhoz, hogy a felkészítés ne kizárólag jogszabályi ismeretek átadására, hanem a veszélyhelyzeti működés komplex, döntésközpontú értelmezésére is kiterjedjen.

A KUTATÁSI EREDMÉNYEK GYAKORLATI HASZNOSÍTHATÓSÁGA

A kutatás gyakorlati relevanciája kiemelt fontosságú hiszen a megfogalmazott eredmények közvetlenül alkalmazhatók különböző szakmai területeken. Az alábbiakban összefoglalom, hogy a disszertáció-tervezet eredményei mely területeken nyerhetnek gyakorlati hasznosulást:

1. A vasúti veszélyes áru szállításra vonatkozó hazai és nemzetközi jogszabályok harmonizációja során a jogalkotók felhasználhatják a jogi koherencia hiányára vonatkozó megállapításokat, hogy egységesebb és átláthatóbb szabályozást hozzanak létre.
2. A kockázatelemzési módszerek fejlesztése terén a vasúti üzemeltetők a kutatás módszertani korlátokra vonatkozó megállapításai alapján integrálhatnak dinamikus, döntésközpontú elemzési eljárásokat a meglévő biztonsági protokolljaikba.
3. A veszélyhelyzeti felkészítés terén a katasztrófavédelem és a vasúti társaságok a digitális gyakoroltatás elméleti modelljét alkalmazhatják a valós idejű, döntésalapú gyakorlatok fejlesztésére.
4. Az akadémiai és szakmai továbbképzési programokban a disszertáció-tervezet eredményei iránymutatást adhatnak a vasúti veszélyes áru szállítás komplex kockázati környezetének oktatására, mind jogi, mind mérnöki szemszögből.

Budapest, 2026. február 6.



Horváth Hermína tű. őrnagy

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [1] Rail accidents involving the transport of dangerous goods”. Elérés: 2026. január 31. [Online]. Elérhető: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/tran_sf_raildg/default/table?lang=en
- [2] BM Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság”. Elérés: 2026. január 31. [Online]. Elérhető: <https://www.katasztrofavedelem.hu/modules/vesz/archivum/?back=https%3A%2F%2Fwww.katasztrofavedelem.hu%2Fmodules%2Fvesz%2Fesemenyterkep%2F%3Fback%3D%23>
- [3] G. Landucci, A. Tugnoli, V. Busini, M. Derudi, R. Rota, és V. Cozzani, „The Viareggio LPG accident: Lessons learnt”, *J. Loss Prev. Process Ind.*, köt. 24, sz. 4, o. 466–476, júl. 2011, doi: 10.1016/j.jlp.2011.04.001.
- [4] „Home | Economic and Social Council”. Elérés: 2026. január 31. [Online]. Elérhető: <https://ecosoc.un.org/en>
- [5] „Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals (GHS Rev. 9, 2021) | UNECE”. Elérés: 2026. január 31. [Online]. Elérhető: <https://unece.org/transport/standards/transport/dangerous-goods/ghs-rev9-2021>
- [6] „Rev. 21 (2019) | UNECE”. Elérés: 2026. január 31. [Online]. Elérhető: <https://unece.org/rev-21-2019>
- [7] I. A. E. Agency (IAEA), „Official Web Site of the IAEA”. Elérés: 2026. január 31. [Online]. Elérhető: <http://www.iaea.org/>
- [8] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, *Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material*, 2018. kiad. in IAEA Safety Standards Series. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, 2018. doi: 10.61092/iaea.ur52-my9o.
- [9] „CIT-Rail.org - COTIF”. Elérés: 2026. január 31. [Online]. Elérhető: <https://www.cit-rail.org/en/rail-transport-law/cotif/>
- [10] „Home » OTIF”. Elérés: 2026. január 31. [Online]. Elérhető: <https://otif.org/en/>
- [11] „166/2025. (VI. 24.) Korm. rendelet - Nemzeti Jogszabálytár”. Elérés: 2026. január 31. [Online]. Elérhető: <https://njt.hu/jogszabaly/2025-166-20-22>
- [12] „Tagságok, együttműködések | MÁV-csoport”. Elérés: 2026. január 31. [Online]. Elérhető: <https://www.mavcsoport.hu/mav/tagsagok-egyuttmukodesek>
- [13] „Main”. Elérés: 2026. január 31. [Online]. Elérhető: <https://en.osjd.org/>
- [14] „2018. évi XXXIV. törvény a Nemzetközi Vasúti Árufuvarozásról szóló Megállapodás (SzMGSz) és Mellékletei 2017. évi módosításainak kihirdetéséről - Hatályos Jogszabályok Gyűjteménye”. Elérés: 2026. január 31. [Online]. Elérhető: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a1800034.tv>
- [15] „Moving into a new legal regime for global rail freight”. Elérés: 2026. január 31. [Online]. Elérhető: <https://www.globalrailwayreview.com/article/80492/new-legal-regime-rail-freight/>
- [16] „Home | UIC - International union of railways”. Elérés: 2026. január 31. [Online]. Elérhető: <https://uic.org/>

- [17] „MÁV-csoport |”. Elérés: 2026. január 31. [Online]. Elérhető: <https://www.mavcsoport.hu/>
- [18] „Veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek | EUR-Lex”. Elérés: 2026. január 31. [Online]. Elérhető: <https://eur-lex.europa.eu/HU/legal-content/summary/major-accidents-involving-dangerous-chemicals.html>
- [19] „Irányelv - 2008/68 - EN - EUR-Lex”. Elérés: 2026. január 31. [Online]. Elérhető: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/ALL/?uri=celex:32008L0068>
- [20] „Publicatiereeks Gevaarlijke Stoffen”. Elérés: 2026. január 31. [Online]. Elérhető: <https://publicatiereeksgevaarlijkestoffen.nl/>
- [21] „What are the coloured books? - Blog”. Elérés: 2026. január 31. [Online]. Elérhető: <https://www.gexcon.com/resources/blog/what-are-the-coloured-books/>
- [22] Z. Cimer és et al, *Ipari Biztonsági Kézikönyv a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek elleni védekezés szabályozás alkalmazásához*, 2003. in Környezetvédelmi Kiskönyvtár sorozat. Budapest: KJK KERSZÖV.
- [23] Z. Cimer és et al, *Ipari biztonsági kockázatkezelési kézikönyv a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek elleni védekezés szabályozás alkalmazásához*. Budapest: KJK-KERSZÖV Jogi és Üzleti Kiadó Kft., 2004.
- [24] Cimer, Zsolt ; Kátai-Urbán, Maxim ; Sárosi, György ; Szakál, Béla ; Vass, Gyula ; Kátai-Urbán, Lajos ; Cimer, Zsolt (szerk.) Módszertani kézikönyv: veszélyes ipari védelmi ügyintézők részére, Budapest, Magyarország : Hungária Veszélyesáru Mérnöki Iroda (2025) , 178 p. ISBN: 9786150074023 Egyéb URL
- [25] B. Bognár és et al, *IPARBIZTONSÁGTAN I. Kézikönyv az iparbiztonsági üzemeltetői és hatósági feladatok ellátásához*. Budapest, 2013.
- [26] L. Kátai-Urbán és G. Vass, *Kézikönyv a veszélyes üzemek biztonságsszervezésével kapcsolatos alapfeladatok teljesítéséhez*. Budapest: Nemzeti Közszoigálati Egyetem, 2014.
- [27] L. Kátai-Urbán és G. Vass, *Kézikönyv Veszélyes üzemek, tevékenységek és technológia az iparban Tansegédlet*. Budapest: Nemzeti Közszoigálati Egyetem, 2014.
- [28] H. Horváth és et al, *IPARBIZTONSÁGTAN II. Kézikönyv a veszélyesáru-szállítmányokkal kapcsolatos feladatok ellátáshoz*. Budapest: Dialóg Campus Kiadó Kft., 2018.
- [29] J. Bíróné Ősz és et al, *Módszertani segédlet a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos ipari balesetek elleni védekezés területi és helyi feladatainak ellátásához*. Budapest: Akaprint Kft., 2005.
- [30] BM Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság, *A veszélyes áruk vasúti szállításának ellenőrzése Kézikönyv*. 2021.
- [31] „2005. évi CLXXXIII. törvény a vasúti közlekedésről - Hatályos Jogszabályok Gyűjteménye”. Elérés: 2026. január 31. [Online]. Elérhető: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a0500183.tv>
- [32] „312/2011. (XII. 23.) Korm. rendelet a hivatásos katasztrófavédelmi szerv eljárásai során a veszélyes áruk vasúti és belvízi szállításának ellenőrzésére és a bírság kivetésére vonatkozó egységes eljárás szabályairól, továbbá az egyes szabálytalanságokért kiszabható bírságok összegéről, valamint a bírságolással összefüggő hatósági feladatok általános szabályairól - Hatályos Jogszabályok Gyűjteménye”. Elérés: 2026. január 31. [Online]. Elérhető: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a1100312.kor>

- [33] BM Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság, *A veszélyes áruk vasúti szállításának ellenőrzése Kézikönyv*. 2021.
- [34] J. Bleszity, L. Földi, Z. Haig, A. Nemeslaki, és Á. Restás, „Műszaki kutatások és hatékony kormányzás”, *HADMÉRNÖK*, köt. 11, sz. 3, o. 221–242, 2016.
- [35] B. Szakál, „A súlyos ipari balesetek elleni védekezésben használatos veszélyeztetettség-értékelési eljárások elemzése és összehasonlító vizsgálata”, PhD doktori értekezés, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, Budapest, 2001.
- [36] Z. Cimer, „A veszélyes anyagokat gyártó, felhasználó, tároló küszöbérték alatti üzemek tevékenységéből származó veszélyeztetettség meghatározásának metodikája, a kockázatsökkentő intézkedések számszerűsítése”, PhD doktori értekezés, Nemzeti Közszerológati Egyetem, Budapest, 2014.
- [37] L. Kátai-Urbán, „Iparbiztonsági jog-, intézmény és eszközzrendszer fejlesztése Magyarországon”, 2015.
- [38] G. Vass, „Veszélyes üzemekkel kapcsolatos veszélyeztetettség elemzési eljárás- és eszközzrendszer fejlesztése Magyarországon”. Budapest, 2016.
- [39] I. Hoffmann, „A védelmi tervezés és a kockázatsökkentés jelentőségének kutatása a súlyos ipari balesetek elleni védekezésben”, PhD doktori értekezés, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, Budapest, 2007.
- [40] Z. Mesics, „A biztonsági irányítási rendszerrel szemben támasztott követelményrendszer továbbfejlesztése a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek megelőzésének és kezelésének hatékonyabbá tétele érdekében”, PhD doktori értekezés, Nemzeti Közszerológati Egyetem, Budapest, 2018.
- [41] Z. Lévai, „A vasúti infrastruktúra komplex védelmi célú felkészítésének innovatív módszerei”, PhD doktori értekezés, Nemzeti Közszerológati Egyetem, Budapest, 2023.
- [42] H. Horváth és L. Kátai-Urbán, „Veszély-elhárítási tervezés a vasúti rendező-pályaudvarokon”, *Véd. Katasztrófavédelmi Szle.*, köt. 20, sz. 2, o. 16-18., 2013.
- [43] N. Das és P. Chandran, „Microbial Degradation of Petroleum Hydrocarbon Contaminants: An Overview”, *Biotechnol. Res. Int.*, köt. 2011, o. 1–13, szept. 2011, doi: 10.4061/2011/941810.
- [44] C.-H. Zhao és mtsai., „Direct conversion of inulin and extract of tubers of Jerusalem artichoke into single cell oil by co-cultures of *Rhodotorula mucilaginosa* TJY15a and immobilized inulinase-producing yeast cells”, *Bioresour. Technol.*, köt. 102, sz. 10, o. 6128–6133, máj. 2011, doi: 10.1016/j.biortech.2011.02.077.
- [45] P. J. Berrios-Rolón, M. C. Cotto, és F. Márquez, „Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Freshwater Systems: A Comprehensive Review of Sources, Distribution, and Ecotoxicological Impacts”, *Toxics*, köt. 13, sz. 4, o. 321, ápr. 2025, doi: 10.3390/toxics13040321.
- [46] R. Xu és mtsai., „Wildfires, Global Climate Change, and Human Health”, *N. Engl. J. Med.*, köt. 383, sz. 22, o. 2173–2181, nov. 2020, doi: 10.1056/NEJMSr2028985.
- [47] S. Im, A. Mostafa, és D.-H. Kim, „Use of citric acid for reducing CH₄ and H₂S emissions during storage of pig slurry and increasing biogas production: Lab- and pilot-scale test, and assessment”, *Sci. Total Environ.*, köt. 753, o. 142080, jan. 2021, doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.142080.

- [48] C. Fernández-Ramos és mtsai., „Sorption and desorption of alcohol sulfate surfactants in an agricultural soil”, *Environ. Toxicol. Chem.*, köt. 33, sz. 3, o. 508–515, nov. 2013, doi: 10.1002/etc.2476.
- [49] A. L. Bolden, C. F. Kwiatkowski, és T. Colborn, „New Look at BTEX: Are Ambient Levels a Problem?”, *Environ. Sci. Technol.*, köt. 49, sz. 9, o. 5261–5276, máj. 2015, doi: 10.1021/es505316f.
- [50] P. Cristofanelli és mtsai., „Interannual and seasonal variability of NO_x observed at the Mt. Cimone GAW/WMO global station (2165 m a.s.l., Italy)”, *Atmos. Environ.*, köt. 249, o. 118245, márc. 2021, doi: 10.1016/j.atmosenv.2021.118245.
- [51] W. Sun, S. Wang, és L. Sun, „Controlling Factors Affecting NAPL Residuals in Aquifers Containing Low-Permeability Lens Bodies”, *Sustainability*, köt. 17, sz. 7, o. 3205, ápr. 2025, doi: 10.3390/su17073205.
- [52] G. Cornelissen, Ö. Gustafsson, T. D. Bucheli, M. T. O. Jonker, A. A. Koelmans, és P. C. M. Van Noort, „Extensive Sorption of Organic Compounds to Black Carbon, Coal, and Kerogen in Sediments and Soils: Mechanisms and Consequences for Distribution, Bioaccumulation, and Biodegradation”, *Environ. Sci. Technol.*, köt. 39, sz. 18, o. 6881–6895, szept. 2005, doi: 10.1021/es050191b.
- [53] R. V. Ferreira és mtsai., „Short-term nitrogen losses by overland flow in a recently burnt forest area in north-central Portugal: A study at micro-plot scale”, *Sci. Total Environ.*, köt. 572, o. 1281–1288, dec. 2016, doi: 10.1016/j.scitotenv.2015.12.042.
- [54] C. A. M. Van Gestel, „Soil ecotoxicology: state of the art and future directions”, *ZooKeys*, köt. 176, o. 275–296, márc. 2012, doi: 10.3897/zookeys.176.2275.
- [55] X. Liu, M. R. Saat, és C. P. L. Barkan, „Probability analysis of multiple-tank-car release incidents in railway hazardous materials transportation”, *J. Hazard. Mater.*, köt. 276, o. 442–451, júl. 2014, doi: 10.1016/j.jhazmat.2014.05.029.
- [56] M. R. Saat, C. J. Werth, D. Schaeffer, H. Yoon, és C. P. L. Barkan, „Environmental risk analysis of hazardous material rail transportation”, *J. Hazard. Mater.*, köt. 264, o. 560–569, jan. 2014, doi: 10.1016/j.jhazmat.2013.10.051.
- [57] M. R. Saat, C. J. Werth, D. Schaeffer, H. Yoon, és C. P. L. Barkan, „Environmental risk analysis of hazardous material rail transportation”, *J. Hazard. Mater.*, köt. 264, o. 560–569, jan. 2014, doi: 10.1016/j.jhazmat.2013.10.051.
- [58] R. L. Siegrist, M. Crimi, és T. J. Simpkin, Szerk., *In Situ Chemical Oxidation for Groundwater Remediation*, köt. 3. in SERDP/ESTCP Environmental Remediation Technology, vol. 3. New York, NY: Springer New York, 2011. doi: 10.1007/978-1-4419-7826-4.
- [59] J. H. Park, D. Lamb, P. Paneerselvam, G. Choppala, N. Bolan, és J.-W. Chung, „Role of organic amendments on enhanced bioremediation of heavy metal(loid) contaminated soils”, *J. Hazard. Mater.*, köt. 185, sz. 2–3, o. 549–574, jan. 2011, doi: 10.1016/j.jhazmat.2010.09.082.
- [60] H. Ali, E. Khan, és M. A. Sajad, „Phytoremediation of heavy metals—Concepts and applications”, *Chemosphere*, köt. 91, sz. 7, o. 869–881, máj. 2013, doi: 10.1016/j.chemosphere.2013.01.075.
- [61] „OECD Risk Management: Strategic Crisis Management”, OECD Working Papers on Public Governance 23, aug. 2013. doi: 10.1787/5k41rbd1l1zr7-en.

- [62] *Council Directive 82/501/EEC of 24 June 1982 on the major-accident hazards of certain industrial activities*, köt. 230. 1982. Elérés: 2026. január 31. [Online]. Elérhető: <http://data.europa.eu/eli/dir/1982/501/oj>
- [63] *Council Directive 96/82/EC of 9 December 1996 on the control of major-accident hazards involving dangerous substances*, köt. 010. 1996. Elérés: 2026. január 31. [Online]. Elérhető: <http://data.europa.eu/eli/dir/1996/82/oj>
- [64] *Directive 2012/18/EU of the European Parliament and of the Council of 4 July 2012 on the control of major-accident hazards involving dangerous substances, amending and subsequently repealing Council Directive 96/82/EC Text with EEA relevance*, köt. 197. 2012. Elérés: 2026. január 31. [Online]. Elérhető: <http://data.europa.eu/eli/dir/2012/18/oj>
- [65] H. Horváth, „Vasúti veszélyes áru szállítás gazdasági és infrastrukturális értékelése”, *Bolyai Szle.*, köt. XXIII., sz. 4, o. 89-105., 2014.
- [66] „IKOP pályázatok | MÁV-csoport”. Elérés: 2026. január 31. [Online]. Elérhető: <https://www.mavcsoport.hu/mav-csoport/tevekenyseg/ikop>
- [67] „Projektek – 7. Köttött pálya | BME ALRT”. Elérés: 2026. január 31. [Online]. Elérhető: <https://www.logisztika.bme.hu/citylog/projektek/kottott-palya/>
- [68] P. Kalmus, B. Kiss, Z. Rigó, és Surányi Sándor, „Automata nyomtávvaltó vasúti rendszer”, *Vasútgépészet*, köt. 2011, sz. 1, o. 22-25., 2011.
- [69] „Útmutató Iparvágányon, saját célú vasúti pályahálózaton, kisvasúton, múzeumvasúton végzett vasúti tevékenység feltételei és ahhoz kapcsolódó vasúttársasági feladatok”. Technológiai és Ipari Minisztérium Vasúti Hatósági Főosztály. [Online]. Elérhető: https://www.kozlekedesihatosag.kormany.hu/documents/66226/0/Utmutat%C3%B3_ipv_s_cvp_kisv_muzv_tim_V4.pdf/830dd623-40a3-589d-c713-a784e064da40?t=1655905704790&download=true
- [70] „Vasúti társaságok számára kiadott érvényes működési engedélyek”. [Online]. Elérhető: <https://www.kozlekedesihatosag.kormany.hu/documents/66230/70166/Vas%C3%BAti+t%C3%A1rsas%C3%A1lok+sz%C3%A1m%C3%A1ra+kiadott+%C3%A9rv%C3%A9nyes+m%C5%B1k%C3%B6d%C3%A9si+enged%C3%A9lyek.pdf/fcbeafed-e180-32c2-246c-c05c241050cd?t=1744022571850&download=true>
- [71] „2005. évi CLXXXIII. törvény a vasúti közlekedésről - Hatályos Jogszabályok Gyűjteménye”. Elérés: 2026. január 31. [Online]. Elérhető: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a0500183.tv>
- [72] „166/2025. (VI. 24.) Korm. rendelet - Nemzeti Jogszabálytár”. Elérés: 2026. január 31. [Online]. Elérhető: <https://njt.hu/jogszabaly/2025-166-20-22>
- [73] M. Ferencz és mtsai., „Veszélyes áruk szállítása és tárolása”, in *Veszélyes áruk szállítása és tárolása*, köt. 7. Katasztrófavédelem, Verlag Dashöfer Szakkiadó Kft., 2009, o. 1-54.
- [74] H. Horváth, „A MÁV Zrt. Műszaki Mentési és Segítségnyújtási Utasítása és a műszaki mentéseknél használt eszközök és szakfelszerelések áttekintő értékelése”, *HADMÉRNÖK*, köt. XI., sz. 1., o. 115-124., 2016.
- [75] „16/2025. (III.28. MÁV Ért. 4.) VIG sz. utasítás a MÁV-csoport vasúti műszaki mentési és segélynyújtási utasítása”. MÁV Zrt. Biztonsági főigazgatóság, 2025.

- [76] L. Kátai-Urbán, „Establishment and Operation of the System for Industrial Safety within the Hungarian Disaster Management”, *ECOTERRA J. Environ. Res. Prot. ISSN 1584-7071*, sz. 11, o. 27-45., 2014.
- [77] L. Kátai-Urbán és G. Vass, „Development of Hungarian System for Protection against Industrial Accidents”, in *18. medzinárodná vedecká konferencia Riešenie krízových situácií v špecifickom prostredí*, Zilina, Szlovákia: University of Zilina, 2013, o. 229-239.
- [78] H. Horváth, „A Vasúti veszélyesáru szállítási balesetek felszámolásának tapasztalatai, különös tekintettel a Vasúti Vegyi Elhárító Szolgálat működésére”, *HADMÉRNÖK*, köt. XI., sz. 1., o. 107-114., 2016.
- [79] „UTASÍTÁS a vontatójármű személyzet részére I., III., IV. rész”. Budapest, 2002. [Online]. Elérhető: <http://users.atw.hu/nagyfero/vasut/e1.pdf>
- [80] L. Botlik, G. Rupnik, K. Tilly, és G. Wagner, *Baleseti Segítségnyújtás*. Budapest: Közlekedési Dokumentációs Vállalat, 1984.
- [81] „F.3. sz. UTASÍTÁS az üzemirányítási és az operatív irányítási szolgálat ellátására”. Magyar Államvasutak Zrt., 2022. [Online]. Elérhető: https://www.mavcsoport.hu/sites/default/files/upload/page/f.3._sz._utasitas_az_uzemiranyitasi_es_az_operativ_iranyitasi_szolgalat_ellatasara_2022.03.01.pdf
- [82] „43/2021. (VIII.20. MÁV Ért. 15) EVIG sz. utasítás a MÁV-csoport válságkezelési és válságkommunikációs feladatairól 1. sz. módosítással egységes szerkezetben (41/2022. EVIG sz. utasítás)”. Magyar Államvasutak Zrt., 2021. [Online]. Elérhető: https://www.mavcsoport.hu/sites/default/files/upload/page/43-2021._valsagkezelesi_es_valsagkommunikacios_feladatok_mellekletekkel.pdf
- [83] „2011. évi CXXVIII. törvény - Nemzeti Jogszabálytár”. Elérés: 2026. január 31. [Online]. Elérhető: <https://njt.hu/jogszabaly/2011-128-00-00>
- [84] H. Ebrahimi, F. Sattari, L. Lefsrud, és R. Macciotta, „Human vulnerability modeling and risk analysis of railway transportation of hazardous materials”, *J. Loss Prev. Process Ind.*, köt. 80, o. 104882, dec. 2022, doi: 10.1016/j.jlp.2022.104882.
- [85] J. Dunjó, V. Fthenakis, J. A. Vilchez, és J. Arnaldos, „Hazard and operability (HAZOP) analysis. A literature review”, *J. Hazard. Mater.*, köt. 173, sz. 1–3, o. 19–32, jan. 2010, doi: 10.1016/j.jhazmat.2009.08.076.
- [86] „Hazard and operability studies (HAZOP studies) – Application guide IEC 61882:2016”. International Electrotechnical Commission, Geneva, 2016. [Online]. Elérhető: <https://webstore.iec.ch/en/publication/22397>
- [87] S. S. Pulugurtha és V. R. Sambhara, „Pedestrian crash estimation models for signalized intersections”, *Accid. Anal. Prev.*, köt. 43, sz. 1, o. 439–446, jan. 2011, doi: 10.1016/j.aap.2010.09.014.
- [88] D. Kang és mtsai., „Comparing Unit Trains versus Manifest Trains for the Risk of Rail Transport of Hazardous Materials -- Part I: Risk Analysis Methodology”, 2022, *arXiv*. doi: 10.48550/ARXIV.2207.02113.
- [89] J. Stephenson, *System Safety 2000*. New York, NY: John Wiley & Sons, 1991.
- [90] „Risk management – Risk assessment techniques IEC 31010:2019”. International Electrotechnical Commission, Geneva, 2019. [Online]. Elérhető: <https://mdcpp.com/doc/materialDownload/IEC%2031010-2019%20EN.pdf>

- [91] „FRA 2022 Safety Data Reflects Industry’s Safety Commitment - Association of cprAmerican Railroads”. Elérés: 2026. január 31. [Online]. Elérhető: <https://www.aar.org/news/fra-2022-safety-data-reflects-industrys-safety-commitment/>
- [92] „Risk Reduction Program”, Federal Railroad Administration, Washington, DC, Final Rule, 2020. [Online]. Elérhető: <https://www.federalregister.gov/documents/2020/11/30/2020-25071/risk-reduction-program>
- [93] H.-C. Liu, L. Liu, és N. Liu, „Risk evaluation approaches in failure mode and effects analysis: A literature review”, *Expert Syst. Appl.*, köt. 40, sz. 2, o. 828–838, febr. 2013, doi: 10.1016/j.eswa.2012.08.010.
- [94] J. F. W. Peeters, R. J. I. Basten, és T. Tinga, „Improving failure analysis efficiency by combining FTA and FMEA in a recursive manner”, *Reliab. Eng. Syst. Saf.*, köt. 172, o. 36–44, ápr. 2018, doi: 10.1016/j.ress.2017.11.024.
- [95] „Taking Safe Decisions - Worked Examples”. Elérés: 2026. január 31. [Online]. Elérhető: https://www.rssb.co.uk/safety-and-health/guidance-and-good-practice/taking-safe-decisions/taking-safe-decisions-worked-examples?utm_source=chatgpt.com
- [96] „219/2011. (X. 20.) Korm. rendelet - Nemzeti Jogszabálytár”. Elérés: 2026. január 31. [Online]. Elérhető: <https://njt.hu/jogszabaly/2011-219-20-22>
- [97] Z. Li és J. Zhao, „HAZOPCT: A HAZOP analysis completeness tool based on knowledge graph reasoning”, *Process Saf. Environ. Prot.*, köt. 197, o. 107025, máj. 2025, doi: 10.1016/j.psep.2025.107025.
- [98] „Guidelines for quantitative risk assessment”, Publication Series on Dangerous Substances (PGS), The Netherlands, Guideline, 1999. [Online]. Elérhető: <https://content.publicatiereeksgevaarlijkstoffennl/documents/PGS3/PGS3-1999-v0.1-quantitative-risk-assessment.pdf>
- [99] „Reference Manual Bevt Risk Assessment”, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), Bilthoven, The Netherlands, Reference manual, 2022. [Online]. Elérhető: <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2022-0168.pdf>
- [100] „Methods for the determination of possible damage (CPR 14E)”, Committee for the Prevention of Disasters (CPR), The Netherlands, Guideline, 1991. [Online]. Elérhető: <https://content.publicatiereeksgevaarlijkstoffennl/documents/PGS2/PGS2-1997-v0.1-physical-effects.pdf>
- [101] „Methods for determining and processing probabilities (CPR 16E)”, Committee for the Prevention of Disasters (CPR), The Netherlands, Guideline, 1997. [Online]. Elérhető: <https://publications.tno.nl/publication/34634118/X2BfNj/TNO-1992-greenbook.pdf>
- [102] T. Aven és O. Renn, *Risk Management and Governance*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2010. doi: 10.1007/978-3-642-13926-0.
- [103] T. Aven, „Risk assessment and risk management: Review of recent advances on their foundation”, *Eur. J. Oper. Res.*, köt. 253, sz. 1, o. 1–13, aug. 2016, doi: 10.1016/j.ejor.2015.12.023.
- [104] „Safety Management System (SMS) | European Union Agency for Railways”. Elérés: 2026. február 1. [Online]. Elérhető: https://www.era.europa.eu/domains/safety-management/safety-management-system-sms_en

- [105] T. Aven, „Risk assessment and risk management: Review of recent advances on their foundation”, *Eur. J. Oper. Res.*, köt. 253, sz. 1, o. 1–13, aug. 2016, doi: 10.1016/j.ejor.2015.12.023.
- [106] J. Reason, *Managing the Risks of Organizational Accidents*, Ashgate. Aldershot, UK, 1997. [Online]. Elérhető: <https://www.routledge.com/Managing-the-Risks-of-Organizational-Accidents/Reason/p/book/9781840141054>
- [107] European Union Agency for Railways., *Safety management system requirements for safety certification or safety authorisation*. Luxembourg: Publications Office, 2022. doi: 10.2821/27743.
- [108] „System Safety Program | FRA”. Elérés: 2026. február 1. [Online]. Elérhető: <https://railroads.dot.gov/rail-network-development/passenger-rail/system-safety-program>
- [109] N. Leveson, *Engineering a Safer World: Systems Thinking Applied to Safety*. Cambridge, MA, USA: MIT Press, 2011. [Online]. Elérhető: <https://mitpress.mit.edu/9780262533690/engineering-a-safer-world/>
- [110] „Internal Emergency Planning under the Seveso III Directive”, European Commission, Joint Research Centre (JRC) – Major Accident Hazards Bureau (MAHB), Ispra, Italy, Guidance document, 2015. [Online]. Elérhető: https://minerva.jrc.ec.europa.eu/en/shorturl/minerva/internal_emergency_planning_finalforpubsypdf
- [111] G. A. Bowen, „Document Analysis as a Qualitative Research Method”, *Qual. Res. J.*, köt. 9, sz. 2, o. 27–40, aug. 2009, doi: 10.3316/QRJ0902027.
- [112] J. W. Creswell és C. N. Poth, *Qualitative Inquiry and Research Design: Choosing Among Five Approaches*. Thousand Oaks, CA: SAGE Publications, 2018.
- [113] K. Krippendorff, *Content Analysis: An Introduction to Its Methodology Edition 4*. Thousand Oaks, CA: SAGE Publications, 2019.
- [114] „Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015–2030”, United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR), Geneva, Switzerland, Framework document, 2015. [Online]. Elérhető: <https://www.undrr.org/publication/sendai-framework-disaster-risk-reduction-2015-2030>
- [115] „UIC Leaflet 201 – Annex: Risk assessment principles for railway operations”, International Union of Railways (UIC), Paris, France, Technical guideline, 2017. [Online]. Elérhető: https://otif.org/fileadmin/new/2-Activities/2D-Dangerous-Goods/2Dc2_infdoc_StandingWG/2017/CE_GTP_2017-INF_05_e_update_UIC_Leaflet_201.pdf
- [116] „Risk management – Guidelines ISO 31000:2018”. International Organization for Standardization (ISO), Geneva, Switzerland, 2018. [Online]. Elérhető: <https://www.iso.org/standard/65694.html>
- [117] „Occupational health and safety management systems – Requirements with guidance for use ISO 45001:2018”. International Organization for Standardization (ISO), Geneva, Switzerland, 2018.
- [118] „Digitalisation and Safety Management in Transport Systems”, Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), Paris, France, Policy report, 2021.

- [119] J. Chiachío, M. Chiachío, D. Prescott, és J. Andrews, „A knowledge-based prognostics framework for railway track geometry degradation”, *Reliab. Eng. Syst. Saf.*, köt. 181, o. 127–141, jan. 2019, doi: 10.1016/j.ress.2018.07.004.
- [120] E. Hollnagel, *Resilience Engineering in Practice: A Guidebook*. Farnham, UK: Ashgate Publishing, 2011. [Online]. Elérhető: <https://www.routledge.com/Resilience-Engineering-in-Practice-A-Guidebook/Hollnagel-Paries-Wreathall/p/book/9781472420749>
- [121] J. Rasmussen, „Risk management in a dynamic society: a modelling problem”, *Saf. Sci.*, köt. 27, sz. 2–3, o. 183–213, nov. 1997, doi: 10.1016/S0925-7535(97)00052-0.
- [122] D. K. Adjekum és M. F. Tous, „Assessing the relationship between organizational management factors and a resilient safety culture in a collegiate aviation program with Safety Management Systems (SMS)”, *Saf. Sci.*, köt. 131, o. 104909, nov. 2020, doi: 10.1016/j.ssci.2020.104909.
- [123] American Institute of Chemical Engineers, Szerk., *Guidelines for hazard evaluation procedures*, 3rd ed. Hoboken, N.J: CCPS/AIChE/Wiley Interscience, 2008.
- [124] T. Kletz, „Hazard identification and HAZOP studies”, *Chem. Eng. Prog.*, köt. 95, sz. 10, o. 30-36., 1999.
- [125] „ISO 22320:2018. Security and resilience — Emergency management — Guidelines for incident management”. International Organization for Standardization (ISO), Geneva, Switzerland, 2018. [Online]. Elérhető: <https://www.iso.org/standard/67851.html>
- [126] R. Balogh, S. Kozma, és G. Vass, „A vasúti veszélyesáru-szállítás hatósági felügyeletével kapcsolatos tapasztalatok értékelése a bírságjogszabály változásának következtében”, *Műszaki Katonai Közlöny*, köt. 29, sz. 3, o. 21–34, 2019, doi: 10.32562/mkk.2019.3.2.
- [127] D. D. Woods, „Four concepts for resilience and the implications for the future of resilience engineering”, *Reliab. Eng. Syst. Saf.*, köt. 141, o. 5–9, szept. 2015, doi: 10.1016/j.ress.2015.03.018.
- [128] N. Siu, „Risk assessment for dynamic systems: An overview”, *Reliab. Eng. Syst. Saf.*, köt. 43, sz. 1, o. 43–73, jan. 1994, doi: 10.1016/0951-8320(94)90095-7.
- [129] M. Kalantarnia, F. Khan, és K. Hawboldt, „Dynamic risk assessment using failure assessment and Bayesian theory”, *J. Loss Prev. Process Ind.*, köt. 22, sz. 5, o. 600–606, szept. 2009, doi: 10.1016/j.jlp.2009.04.006.
- [130] M. Pillay, „Resilience Engineering: An Integrative Review of Fundamental Concepts and Directions for Future Research in Safety Management”, *Open J. Saf. Sci. Technol.*, köt. 07, sz. 04, o. 129–160, 2017, doi: 10.4236/ojsst.2017.74012.
- [131] D. D. Woods, N. Leveson, és E. Hollnagel, *Resilience Engineering: Concepts and Precepts*. Boca Raton: CRC Press, 2017.
- [132] *Lees' Loss Prevention in the Process Industries*. Elsevier, 2012. doi: 10.1016/C2009-0-24104-3.
- [133] „Respiratory protective devices — Selection, use and maintenance Part 1: Establishing and implementing a respiratory protective device programme ISO/TS 16975-1:2016”. International Organization for Standardization (ISO), Geneva, Switzerland, 2016. [Online]. Elérhető: <https://www.iso.org/standard/60853.html>

- [134] OECD, *OECD Guiding Principles for Chemical Accident Prevention, Preparedness and Response - Third Edition*. in Series on Chemical Accidents. OECD Publishing, 2023. doi: 10.1787/162756bf-en.
- [135] R. Steenbergen, Szerk., *Safety, reliability and risk analysis: beyond the horizon: proceedings of the European Safety and Reliability Conference, Esrel 2013, Amsterdam, The Netherlands, 29 September - 2 October 2013*. Boca Raton, Fla.: CRC Press, 2014.
- [136] N. Khakzad, F. Khan, és P. Amyotte, „Dynamic risk analysis using bow-tie approach”, *Reliab. Eng. Syst. Saf.*, köt. 104, o. 36–44, aug. 2012, doi: 10.1016/j.ress.2012.04.003.
- [137] I. Linkov, B. D. Trump, C. Fox-Lent, L. Read, és C. R. Allen, „Resilience: Approaches to risk analysis and governance”, *Environ. Syst. Decis.*, köt. 38, sz. 2, o. 145–156, 2018.
- [138] B. Walker, C. S. Holling, S. R. Carpenter, és A. P. Kinzig, „Resilience, Adaptability and Transformability in Social-ecological Systems”, *Ecol. Soc.*, köt. 9, sz. 2, o. art5, 2004, doi: 10.5751/ES-00650-090205.
- [139] P. F. Kingston, „Long-term Environmental Impact of Oil Spills”, *Spill Sci. Technol. Bull.*, köt. 7, sz. 1–2, o. 53–61, jún. 2002, doi: 10.1016/S1353-2561(02)00051-8.
- [140] S. R. Hanna, J. C. Chang, és D. G. Strimaitis, „Hazardous gas model evaluation with field observations”, *Atmospheric Environ. Part Gen. Top.*, köt. 27, sz. 15, o. 2265–2285, okt. 1993, doi: 10.1016/0960-1686(93)90397-H.
- [141] S. Kuppusamy, P. Thavamani, K. Venkateswarlu, Y. B. Lee, R. Naidu, és M. Megharaj, „Remediation approaches for polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) contaminated soils: Technological constraints, emerging trends and future directions”, *Chemosphere*, köt. 168, o. 944–968, febr. 2017, doi: 10.1016/j.chemosphere.2016.10.115.
- [142] R. A. Kristanti és mtsai., „A Review on Thermal Desorption Treatment for Soil Contamination”, *Trop. Aquat. Soil Pollut.*, köt. 2, sz. 1, o. 45–58, ápr. 2022, doi: 10.53623/tasp.v2i1.68.
- [143] T. Gentry, C. Rensing, és I. Pepper, „New Approaches for Bioaugmentation as a Remediation Technology”, *Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.*, köt. 34, sz. 5, o. 447–494, szept. 2004, doi: 10.1080/10643380490452362.
- [144] „Directive 2008/98/EC on waste”, European Commission, 2008. [Online]. Elérhető: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32008L0098>
- [145] A. R. Hale és J. Hovden, „Management and Culture: The Third Age of Safety. A Review of Approaches to Organizational Aspects of Safety, Health and Environment”, in *Occupational Injury: Risk, Prevention and Intervention*, 1st Edition köt., Boca Raton, FL: CRC Press, 1998, o. 129–165. [Online]. Elérhető: <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.1201/9780203212493-18/management-culture-third-age-safety-review-approaches-organizational-aspects-safety-health-environment-andrew-hale-jan-hovden>
- [146] G. A. Bigley és K. H. Roberts, „THE INCIDENT COMMAND SYSTEM: HIGH-RELIABILITY ORGANIZING FOR COMPLEX AND VOLATILE TASK ENVIRONMENTS.”, *Acad. Manage. J.*, köt. 44, sz. 6, o. 1281–1299, dec. 2001, doi: 10.2307/3069401.
- [147] A. Hale és D. Borys, „Working to rule or working safely? Part 2: The management of safety rules and procedures”, *Saf. Sci.*, köt. 55, o. 222–231, jún. 2013, doi: 10.1016/j.ssci.2012.05.013.

- [148] M. R. Endsley, „Toward a Theory of Situation Awareness in Dynamic Systems”, *Hum. Factors J. Hum. Factors Ergon. Soc.*, köt. 37, sz. 1, o. 32–64, márc. 1995, doi: 10.1518/001872095779049543.
- [149] S. Waring, E. Skryabina, D. Goodwin, D. Lino, és R. Amlôt, „What components of emergency preparedness exercises improve healthcare practitioners’ emergency response learning?”, *Int. J. Disaster Risk Reduct.*, köt. 62, o. 102357, aug. 2021, doi: 10.1016/j.ijdr.2021.102357.
- [150] A. Hale, D. Borys, és M. Adams, „Safety regulation: The lessons of workplace safety rule management for managing the regulatory burden”, *Saf. Sci.*, köt. 71, o. 112–122, jan. 2015, doi: 10.1016/j.ssci.2013.11.012.
- [151] F. Vanderhaegen, „Erik Hollnagel: Safety-I and Safety-II, the past and future of safety management”, *Cogn. Technol. Work*, köt. 17, sz. 3, o. 461–464, aug. 2015, doi: 10.1007/s10111-015-0345-z.
- [152] J. Borell és K. Eriksson, „Improving emergency response capability: an approach for strengthening learning from emergency response evaluations”, *Int. J. Emerg. Manag.*, köt. 5, sz. 3/4, o. 324, 2008, doi: 10.1504/IJEM.2008.025101.
- [153] S. Dekker, *Drift into Failure: From Hunting Broken Components to Understanding Complex Systems*, 0 kiad. CRC Press, 2016. doi: 10.1201/9781315257396.
- [154] D. Cowl és J. Louvar, *Chemical Process Safety: Fundamentals with Applications*, 4. kiad. Upper Saddle River: Pearson, 2019.
- [155] B. Fabiano, F. Currò, E. Palazzi, és R. Pastorino, „A framework for risk assessment and decision-making strategies in dangerous good transportation”, *J. Hazard. Mater.*, köt. 93, sz. 1, o. 1–15, júl. 2002, doi: 10.1016/S0304-3894(02)00034-1.
- [156] P. Švec és J. Skřínský, „Application of GIS for the Control of Major Accident Hazards”, *Geosci. Eng.*, köt. 68, sz. 2, o. 151–157, dec. 2022, doi: 10.35180/gse-2022-0077.
- [157] H. S. Park, S. A. Kwon, és M. Azam, „A study on GIS-based spatial analysis of emergency response for disaster management: Focusing on Seoul”, *Heliyon*, köt. 10, sz. 7, o. e28669, ápr. 2024, doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e28669.
- [158] S. Karlsson, B.-I. Saveman, M. Hultin, A. Eklund, és L. Gyllencreutz, „Expansive Learning Process of Exercise Organizers: The Case of Major Fire Incident Exercises in Underground Mines”, *Sustainability*, köt. 12, sz. 14, o. 5790, júl. 2020, doi: 10.3390/su12145790.
- [159] Y. Cao, H. Lan, és L. Li, „Disaster Risk Assessment for Railways: Challenges and a Sustainable Promising Solution Based on BIM+GIS”, *Sustainability*, köt. 15, sz. 24, o. 16697, dec. 2023, doi: 10.3390/su152416697.
- [160] S. I. Tannenbaum és C. P. Cerasoli, „Do Team and Individual Debriefs Enhance Performance? A Meta-Analysis”, *Hum. Factors J. Hum. Factors Ergon. Soc.*, köt. 55, sz. 1, o. 231–245, febr. 2013, doi: 10.1177/0018720812448394.
- [161] S. Cafiso, A. Di Graziano, és N. Di Blasi, „Risk assessment on railway transportation of hazardous materials”, in *Risk Analysis V: Simulation and Hazard Mitigation*, Malta: WIT Press, jún. 2006, o. 97–106. doi: 10.2495/RISK060101.
- [162] T. S. Glickman és E. Erkut, „Assessment of hazardous material risks for rail yard safety”, *Saf. Sci.*, köt. 45, sz. 7, o. 813–822, aug. 2007, doi: 10.1016/j.ssci.2006.09.004.

- [163] M. Bagheri, F. Saccomanno, és L. Fu, „Modeling hazardous materials risks for different train make-up plans”, *Transp. Res. Part E Logist. Transp. Rev.*, köt. 48, sz. 5, o. 907–918, szept. 2012, doi: 10.1016/j.tre.2012.02.004.
- [164] J. Groenendaal, I. Helsloot, és A. Scholtens, „A Critical Examination of the Assumptions Regarding Centralized Coordination in Large-Scale Emergency Situations”, *jhsem*, köt. 10, sz. 1, o. 113–135, jan. 2013, doi: 10.1515/jhsem-2012-0053.
- [165] M. Sydnes, M. Kjeve, és A. K. Sydnes, „Interorganizational coordination during emergencies and crises”, *Int. J. Disaster Risk Reduct.*, köt. 121, o. 105310, ápr. 2025, doi: 10.1016/j.ijdr.2025.105310.
- [166] A. Vaezi, J. Dalal, és M. Verma, „Designing emergency response network for rail hazmat shipments under uncertainties: Optimization model and case study”, *Saf. Sci.*, köt. 141, o. 105332, szept. 2021, doi: 10.1016/j.ssci.2021.105332.
- [167] M. Turoff, „Past and future emergency response information systems”, *Commun. ACM*, köt. 45, sz. 4, o. 29–32, ápr. 2002, doi: 10.1145/505248.505265.
- [168] K. Gholamizadeh, C. Rostami, E. Zarei, M. Yazdi, és S. Moslem, „Advancing hazardous materials transport safety: Systematic insights on risks, challenges, and research gaps”, *J. Saf. Sci. Resil.*, köt. 7, sz. 1, o. 100226, márc. 2026, doi: 10.1016/j.jnlssr.2025.100226.
- [169] J. C. Lo, E. Sehic, K. A. Brookhuis, és S. A. Meijer, „Explicit or implicit situation awareness? Measuring the situation awareness of train traffic controllers”, *Transp. Res. Part F Traffic Psychol. Behav.*, köt. 43, o. 325–338, nov. 2016, doi: 10.1016/j.trf.2016.09.006.
- [170] E. Erkut és V. Verter, „Modeling of Transport Risk for Hazardous Materials”, *Oper. Res.*, köt. 46, sz. 5, o. 625–642, okt. 1998, doi: 10.1287/opre.46.5.625.
- [171] L. K. Comfort, „Crisis Management in Hindsight: Cognition, Communication, Coordination, and Control”, *Public Adm. Rev.*, köt. 67, sz. s1, o. 189–197, dec. 2007, doi: 10.1111/j.1540-6210.2007.00827.x.
- [172] H. Seppänen, J. Mäkelä, P. Luukkala, és K. Virrantaus, „Developing shared situational awareness for emergency management”, *Saf. Sci.*, köt. 55, o. 1–9, jún. 2013, doi: 10.1016/j.ssci.2012.12.009.
- [173] J. Flanagan, „Joint Emergency Services Interoperability Programme: working together saving lives”, *J. Paramed. Pract.*, köt. 6, sz. 6, o. 284–287, jún. 2014, doi: 10.12968/jpar.2014.6.6.284.
- [174] F. Corman, A. D’Ariano, D. Pacciarelli, és M. Pranzo, „A tabu search algorithm for rerouting trains during rail operations”, *Transp. Res. Part B Methodol.*, köt. 44, sz. 1, o. 175–192, jan. 2010, doi: 10.1016/j.trb.2009.05.004.
- [175] „Safety”. Elérés: 2026. február 3. [Online]. Elérhető: https://btt.dbcargo.com/btt-en/areas-of-expertise/safety?utm_source=chatgpt.com
- [176] „Exercices réseau ferré et gares”, Préfecture de l’Isère, Isère, France, Technical report, 2013. [Online]. Elérhető: <https://www.isere.gouv.fr/contenu/telechargement/65715/430891/file/Exercices%20r%C3%A9seau%20ferr%C3%A9%20et%20gares.pdf>
- [177] „Livret technique des « Prestations Trains à l’usage du GI - IG97914”, SNCF Réseau – Direction de l’ingénierie, France, Technical reference document Version 1, 2020. [Online].

Elérhető: https://www.groupe-sncf.com/medias-publics/2024-03/ig97914_livret-technique-prestations_trains-usage-gi.pdf

- [178] M. T. Baysari, C. Caponecchia, A. S. McIntosh, és J. R. Wilson, „Classification of errors contributing to rail incidents and accidents: A comparison of two human error identification techniques”, *Saf. Sci.*, köt. 47, sz. 7, o. 948–957, aug. 2009, doi: 10.1016/j.ssci.2008.09.012.
- [179] A. Moradi Rad, A. W. Siddiqui, és M. Verma, „Managing disruption of rail-truck hazmat networks: a machine learning–optimization approach”, *Int. J. Manag. Sci. Eng. Manag.*, o. 1–19, dec. 2025, doi: 10.1080/17509653.2025.2600466.
- [180] Md. R. H. Bhuiyan, S. A. Ibtihal, és K. N. Nokshi, „Involvement of Human and Organizational Factors in Railway Accidents: Application of the Human Factors Analysis and Classification System and Bayesian Network”, *Transp. Res. Rec. J. Transp. Res. Board*, köt. 2677, sz. 8, o. 496–508, aug. 2023, doi: 10.1177/03611981231156932.
- [181] A. Asgari és Y. Beauregard, „Using a Brain-Inspired Decision-Making System to Model a Real-Time Responsive Risk Assessment of the Dynamic Tasks Involved with Hazardous Materials”, *Safety*, köt. 8, sz. 2, o. 45, jún. 2022, doi: 10.3390/safety8020045.
- [182] J. Guo és C. Luo, „Risk assessment of hazardous materials transportation: A review of research progress in the last thirty years”, *J. Traffic Transp. Eng. Engl. Ed.*, köt. 9, sz. 4, o. 571–590, aug. 2022, doi: 10.1016/j.jtte.2022.01.004.
- [183] N. Slavinskaitė és N. Batarlienė, „INVESTIGATION OF SAFETY CONDITIONS IN THE TRANSPORT OF DANGEROUS GOODS BY RAILWAY”, *Transport*, köt. 37, sz. 1, o. 64–72, máj. 2022, doi: 10.3846/transport.2022.16985.
- [184] B. Roets, „Railway Traffic Control Performance: An Empirical Analysis of Productive Efficiency, Fatigue Risk, and Human Error in a Real-World Setting”, PhD doktori értekezés, Ghent University, Ghent, Belgium, 2017. [Online]. Elérhető: https://www.researchgate.net/publication/321995059_Railway_traffic_control_performance_an_empirical_analysis_of_productive_efficiency_fatigue_risk_and_human_error_in_a_real-world_setting
- [185] F. W. Guldenmund, „The nature of safety culture: a review of theory and research”, *Saf. Sci.*, köt. 34, sz. 1–3, o. 215–257, febr. 2000, doi: 10.1016/S0925-7535(00)00014-X.
- [186] D. Aleksić, M. Marković, M. Vasiljević, G. Stojić, N. Pavlović, és I. Tanackov, „Analysis of impact of meteorological conditions on human factors in estimating the risk of railway accidents”, *Transport*, o. 1–14, szept. 2017, doi: 10.3846/16484142.2017.1332684.
- [187] M. T. Baysari, A. S. McIntosh, és J. R. Wilson, „Understanding the human factors contribution to railway accidents and incidents in Australia”, *Accid. Anal. Prev.*, köt. 40, sz. 5, o. 1750–1757, szept. 2008, doi: 10.1016/j.aap.2008.06.013.
- [188] W. Huang, Y. Zhang, X. Kou, D. Yin, R. Mi, és L. Li, „Railway dangerous goods transportation system risk analysis: An Interpretive Structural Modeling and Bayesian Network combining approach”, *Reliab. Eng. Syst. Saf.*, köt. 204, o. 107220, dec. 2020, doi: 10.1016/j.ress.2020.107220.
- [189] J. Rasmussen, „Skills, rules, and knowledge; signals, signs, and symbols, and other distinctions in human performance models”, *IEEE Trans. Syst. Man Cybern.*, köt. SMC-13, sz. 3, o. 257–266, máj. 1983, doi: 10.1109/TSMC.1983.6313160.

- [190] K. E. Weick, K. M. Sutcliffe, és D. Obstfeld, „Organizing and the Process of Sensemaking”, *Organ. Sci.*, köt. 16, sz. 4, o. 409–421, aug. 2005, doi: 10.1287/orsc.1050.0133.
- [191] E. Hollnagel, *The ETTO Principle: Efficiency-Thoroughness Trade-Off: Why Things That Go Right Sometimes Go Wrong*, 1. kiad. CRC Press, 2017. doi: 10.1201/9781315616247.
- [192] R. Patriarca, J. Bergström, G. Di Gravio, és F. Costantino, „Resilience engineering: Current status of the research and future challenges”, *Saf. Sci.*, köt. 102, o. 79–100, febr. 2018, doi: 10.1016/j.ssci.2017.10.005.
- [193] S. Waring, N. Balmer, H. Langley, K. Williams, E. Vaughan-Chantler, és N. Power, „Embedding collaboration in disaster response: Insights from the joint emergency services interoperability principles”, *Int. J. Disaster Risk Reduct.*, köt. 133, o. 105992, febr. 2026, doi: 10.1016/j.ijdr.2026.105992.
- [194] P. M. Salmon, N. A. Stanton, G. H. Walker, és D. P. Jenkins, *Distributed Situation Awareness: Theory, Measurement and Application to Teamwork*, 1. kiad. CRC Press, 2017. doi: 10.1201/9781315577654.
- [195] D. A. Crowl és J. F. Louvar, *Chemical process safety: fundamentals with applications*, 2nd ed. in Prentice-Hall international series in the physical and chemical engineering sciences. Upper Saddle River, N.J: Prentice Hall PTR, 2002.
- [196] M. D. Christou, A. Amendola, és M. Smeder, „The control of major accident hazards: The land-use planning issue”, *J. Hazard. Mater.*, köt. 65, sz. 1–2, o. 151–178, márc. 1999, doi: 10.1016/S0304-3894(98)00261-1.
- [197] M. R. Endsley, „Design and Evaluation for Situation Awareness Enhancement”, *Proc. Hum. Factors Soc. Annu. Meet.*, köt. 32, sz. 2, o. 97–101, okt. 1988, doi: 10.1177/154193128803200221.
- [198] M. Wooldridge és N. R. Jennings, „Intelligent agents: theory and practice”, *Knowl. Eng. Rev.*, köt. 10, sz. 2, o. 115–152, jún. 1995, doi: 10.1017/S0269888900008122.
- [199] State University of New York at Buffalo, USA és mtsai., „Emergency Response Information System Interoperability: Development of Chemical Incident Response Data Model”, *J. Assoc. Inf. Syst.*, köt. 9, sz. 3, o. 200–230, márc. 2008, doi: 10.17705/1jais.00153.
- [200] M. Rahbar és M. Bagheri, „Risk Assessment Framework for the Rail Transport of Hazardous Materials: Formulation and Solution”, *Transp. Res. Rec. J. Transp. Res. Board*, köt. 2411, sz. 1, o. 90–95, jan. 2014, doi: 10.3141/2411-11.
- [201] I. Mohammadfam, E. Zarei, M. Yazdi, és K. Gholamizadeh, „Quantitative Risk Analysis on Rail Transportation of Hazardous Materials”, *Math. Probl. Eng.*, köt. 2022, o. 1–14, márc. 2022, doi: 10.1155/2022/6162829.
- [202] G. Landucci, G. Antonioni, A. Tugnoli, S. Bonvicini, M. Molag, és V. Cozzani, „HazMat transportation risk assessment: A revisitation in the perspective of the Viareggio LPG accident”, *J. Loss Prev. Process Ind.*, köt. 49, o. 36–46, szept. 2017, doi: 10.1016/j.jlp.2016.08.009.
- [203] B. Fabiano, F. Currò, A. P. Reverberi, és R. Pastorino, „Dangerous good transportation by road: from risk analysis to emergency planning”, *J. Loss Prev. Process Ind.*, köt. 18, sz. 4–6, o. 403–413, júl. 2005, doi: 10.1016/j.jlp.2005.06.031.

- [204] D. Mendonca, G. E. G. Beroggi, és W. A. Wallace, „Decision support for improvisation during emergency response operations”, *Int. J. Emerg. Manag.*, köt. 1, sz. 1, o. 30, 2001, doi: 10.1504/IJEM.2001.000507.
- [205] L. Szaciłło, M. Krześniak, D. Jasiński, és D. Valis, „The use of the risk matrix method for assessing the risk of implementing rail freight services”, *Arch. Transp.*, köt. 64, sz. 4, o. 89–106, dec. 2022, doi: 10.5604/01.3001.0016.1185.
- [206] P. Carayon és mtsai., „Work system design for patient safety: the SEIPS model”, *Qual. Health Care*, köt. 15, sz. suppl 1, o. i50–i58, dec. 2006, doi: 10.1136/qshc.2005.015842.
- [207] P. Dodshon és M. E. Hassall, „Practitioners’ perspectives on incident investigations”, *Saf. Sci.*, köt. 93, o. 187–198, márc. 2017, doi: 10.1016/j.ssci.2016.12.005.
- [208] N. Leveson, „A new accident model for engineering safer systems”, *Saf. Sci.*, köt. 42, sz. 4, o. 237–270, ápr. 2004, doi: 10.1016/S0925-7535(03)00047-X.
- [209] A. Necci, V. Cozzani, G. Spadoni, és F. Khan, „Assessment of domino effect: State of the art and research Needs”, *Reliab. Eng. Syst. Saf.*, köt. 143, o. 3–18, nov. 2015, doi: 10.1016/j.ress.2015.05.017.
- [210] M. Bagheri, M. Verma, és V. Veter, „A Comprehensive Risk Assessment Framework for Rail Transport of Hazardous Materials”, in *ICTIS 2011*, Wuhan, China: American Society of Civil Engineers, jún. 2011, o. 2174–2182. doi: 10.1061/41177(415)275.
- [211] M. Rausand, *Risk Assessment*, 1. kiad. Wiley, 2011. doi: 10.1002/9781118281116.
- [212] S. Waring, I. Moisi, C. Barrett, és S. Gordts, „Identifying what components of full-scale emergency exercises improve disaster response learning: A rapid evidence assessment”, *Int. J. Disaster Risk Reduct.*, köt. 104, o. 104390, ápr. 2024, doi: 10.1016/j.ijdrr.2024.104390.
- [213] D. J. Mendonca és W. A. Wallace, „A Cognitive Model of Improvisation in Emergency Management”, *IEEE Trans. Syst. Man Cybern. - Part Syst. Hum.*, köt. 37, sz. 4, o. 547–561, júl. 2007, doi: 10.1109/TSMCA.2007.897581.
- [214] B. Staw és R. M. Kramer, *Research in Organizational Behaviour*, 1. Aufl. in *Research in Organizational Behavior*, no. v. 24. s.l.: Elsevier textbooks, 2002.
- [215] H. Yin, M. Zhang, C. Lei, K. Lei, T. Li, és Y. Jia, „Dynamic Scheduling Fusion Model for Railway Hazardous Chemical Transportation Emergency Supplies Based on DBSCAN–Bayesian Network”, *Sustainability*, köt. 17, sz. 22, o. 10085, nov. 2025, doi: 10.3390/su172210085.
- [216] K. E. Weick, „ENACTED SENSEMAKING IN CRISIS SITUATIONS^[1]”, *J. Manag. Stud.*, köt. 25, sz. 4, o. 305–317, júl. 1988, doi: 10.1111/j.1467-6486.1988.tb00039.x.
- [217] „ISO 22301:2019 – Security and resilience — Business continuity management systems — Requirements”, International Organization for Standardization (ISO), Geneva, Switzerland, 2019. [Online]. Elérhető: <https://www.iso.org/standard/75106.html>
- [218] J. R. Harrald, „Agility and Discipline: Critical Success Factors for Disaster Response”, *Ann. Am. Acad. Pol. Soc. Sci.*, köt. 604, sz. 1, o. 256–272, márc. 2006, doi: 10.1177/0002716205285404.

A TÉMAKÖRBE KÉSZÜLT PUBLIKÁCIÓIM

1. Horváth, Hermina ; Pátzay, György ; Dobor, József: A NATECH eseményekből adódó kihívások napjainkban, Polgári Védelmi Szemle 16 : Különszám pp. 274-290., 17 p. (2024)
2. Horváth, Hermina ; Varga, Ferenc ; Kátai-Urbán, Lajos: Hungary in the light of the European Union's road transport, In: Lestyán, Mária; Bodnár, László; Érces, Gergő; Varga, Ferenc (szerk.) International Disaster Management Scientific Conference - Focus on Changes in the Fire Safety Situation, Budapest, Magyarország : Magyar Tűzvédelmi Szövetség (2024) 154 p. pp. 40-46. , 7 p.
3. Szendi, Rebeka ; Horváth, Hermina ; Kiss, Noémi: Veszélyes anyagok szállításával kapcsolatos külföldi események tanulságai, Polgári Védelmi Szemle 16 : különszám pp. 518-535. , 18 p. (2024)
4. Horváth, Hermina ; Vass, Gyula ; Kátai-Urbán, Lajos: Evaluation of Rail Transportation Safety of Dangerous Goods in Hungary, American Journal of Research Education and Development 2023 : 4 pp. 29-39. , 11 p. (2023)
5. Kiss, Noémi ; Horváth, Hermina ; Dobor, József: Árvizek és belvizek lehetséges hatásainak bemutatása veszélyes üzemekre, Polgári Védelmi Szemle 15 : DAREnet projekt Különszám 2023 pp. 445-457. , 13 p. (2023)
6. Horváth, Hermina ; Horváth, Galina ; Kátai-Urbán, Lajos: Обеспечение безопасности на сортировочных станциях в Венгрии, In: Материалы тридцать первой международной научно-технической конференции "Системы безопасности – 2022", Moskva, Oroszország : Академия Рпс МЧС России (2022) 573 p. pp. 207-213. , 7 p.
7. Raffai, Zsófia ; Horváth, Hermina: Safety aspects of public safety planning for the transport of dangerous goods, In: László, Bodnár; György, Heizler (szerk.) 2nd Fire Engineering & Disaster Management Prerecorded International Scientific Conference Védelem online – cooperated with the University of Public Service, Budapest, Magyarország : Nemzeti Közzolgálati Egyetem (NKE) (2022) 201 p. pp. 193-194. , 2 p.
8. Valek, Levente ; Rácz, Sándor ; Horváth, Hermina: Complex analysis of fires in industrial facilities, In: László, Bodnár; György, Heizler (szerk.) 2nd Fire Engineering & Disaster Management Prerecorded International Scientific Conference Védelem online – cooperated with the University of Public Service, Budapest, Magyarország : Nemzeti Közzolgálati Egyetem (NKE) (2022) 201 p. pp. 87-89. , 3 p.
9. Horváth, Hermina ; Kátai-Urbán, Lajos ; Vass, Gyula: Investigation of fire safety aspects of dangerous goods shipments, In: Bodnár, László; Heizler, György (szerk.) Proceedings of the

- Fire Engineering & Disaster Management Prerecorded International Scientific Conference, Budapest, Magyarország : Nemzeti Közszerológálati Egyetem (NKE) (2021) 503 p. pp. 364-370.
10. Horváth, Hermina ; Kátai-Urbán, Lajos ; Vass, Gyula: Transportation of flammable dangerous goods in Hungary, Védelem Tudomány : Katasztrófavédelmi Online Tudományos folyóirat 4 : 4 pp. 110-125. , 16 p. (2021)
 11. Dobor, József ; Horváth, Hermina: Klórgázal kapcsolatos káresemény ADR/KML szempontú megközelítése az Iparbiztonsági Tanszéken oktatott metóduok szerint, In: Vass, Gyula; Restás, Ágoston; Bodnár, László (szerk.) Tűzoltó Szakmai Nap 2018 ” Tudományos Konferencia” : A XXI. századi biztonsági kihívások hatásai a magyar katasztrófavédelemre, Budapest, Magyarország : Belügyminisztérium Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatósága (2018) 233 p. pp. 200-203. , 4 p.
 12. Horváth, Hermina ; Kátai-Urbán, Lajos ; Kozma, Sándor ; Sárosi, György ; Vass, Gyula ; Horváth, Hermina (szerk.) ; Kátai-Urbán, Lajos (szerk.): Iparbiztonságtan II.: Kézikönyv a veszélyesáru-szállítmányokkal kapcsolatos feladatok ellátásához, Budapest, Magyarország : Dialóg Campus Kiadó (2018), 241 p. ISBN: 9786155680366
 13. Horváth, Hermina: A vasúti áruszállítás során bekövetkező víz-és talajszennyezés lehetséges okai, In: Vass, Gyula; Mógor, Judit; Kovács, Gábor - Dobor, József; Horváth, Hermina (szerk.) Katasztrófavédelem 2018 : Veszélyes tevékenységek biztonsága, Budapest, Magyarország : BM OKF (2018) 347 p.
 14. Horváth, Hermina: A veszélyes áruk vasúti fuvarozásának nemzetközi jogintézményei és vasútszakmai szervezetei, In: Dobor, József; Horvát, Hermina (szerk.) Katasztrófavédelmi Tudományos Konferencia 2017 : A légoltalmi Liga és a Magyar Polgári Védelmi Szövetség 80 éve Magyarország közbiztonságért, Budapest, Magyarország : BM OKF (2017) 243 p. pp. 215-216.
 15. Horváth, Hermina ; Kátai-Urbán, Lajos: A vasúti áruszállítás környezetbiztonsági aspektusainak értékelése I. rész, Hadtudomány: A Magyar Hadtudományi Társaság Folyóirata 26 : E-szám pp. 51-58. , 8 p. (2016)
 16. Horváth, Hermina ; Kátai-Urbán, Lajos: A vasúti áruszállítás környezetbiztonsági aspektusainak értékelése II. rész, Hadtudomány: A Magyar Hadtudományi Társaság Folyóirata 26 : E-szám pp. 59-69. , 11 p. (2016)
 17. Horváth, Hermina: A vasúti veszélyesáru szállítási balesetek felszámolásának tapasztalatai, különös tekintettel a Vasúti Vegyi Elhárító Szolgálat működésére, Hadmérnök 11 : 1 pp. 107-114. , 8 p. (2016)

18. Horváth, Hermina: A MÁV Zrt. műszaki mentési és segélynyújtási utasítása és a műszaki mentéseknél használt eszközök és szakfelszerelések áttekintő értékelése, *Hadmérnök* 11 : 1 pp. 115-124. , 10 p. (2016)
19. Pátzay, György ; Horváth, Hermina: Present aspects of industrial safety in Hungary, *Bolyai Szemle* 24 : 3 pp. 137-145., 9 p. (2015)
20. Horváth, Hermina: Vasúti veszélyes áru szállítás gazdasági és infrastrukturális értékelése, *Bolyai Szemle* 22 : 4 pp. 89-105. , 17 p. (2014)
21. Horváth, Hermina: Safety aspects of marshalling yards related to disaster management, In: NISPAcee (szerk.) *Government vs. Governance in Central and Eastern Europe: From Pre-Weberianism to Neo-Weberianism? Presented Papers from the 22nd NISPAcee Annual Conference*, Pozsony, Szlovákia : NISPAcee (2014) pp. 1-8. , 8 p.
22. Horváth, Hermina ; Kátai-Urbán, Lajos: Veszély-elhárítási tervezés a vasúti rendezőpályaudvarokon, *Védelem Katasztrófavédelmi Szemle* 20 : 2 pp. 16-18. , 3 p. (2013)
23. Horváth, Hermina: Prevention of Major Accidents at Railway Transport Logistic Sites, In: Dobor, József (szerk.) *Veszélyes üzemek biztonsága 2013: előadásgyűjtemény*, Budapest, Magyarország : Nemzeti Közszolgálati Egyetem (NKE) (2013) 175 p. pp. 144-149. , 6 p.
24. Horváth, Hermina ; Kátai-Urbán, Lajos: Assessment of the Implementation Practice of Emergency Planning Regulations Dedicated to the Rail Transportation of Dangerous Goods, *Academic and Applied Research in Military and Public Management Science* 12 : 1 pp. 73-82. , 10 p. (2013)

MELLÉKLETEK

1. sz. melléklet: Jogsabályok jegyzéke
2. sz. melléklet: Rövidítések jegyzéke
3. sz. melléklet: Fogalmak jegyzéke
4. sz. melléklet: Ábrák és táblázatok jegyzéke
5. sz. melléklet: Sablon a rendezőpályaudvarok belső veszély-elhárítási tervek egységes mellékletek részéhez
6. sz. melléklet: Kohéziós táblázat: a hipotézisek, kutatási célkitűzések és a tudományos eredmények egymásra épülése

1. Jogszabályok jegyzéke

1. Nemzetközi és Európai Unió jogi szabályozás

1. ENSZ EGB Egyezmény az ipari balesetek országhatárokon túli hatásairól
2. GHS Vegyi Anyagok Besorolásának és Címkézésének Globálisan Harmonizált Rendszere
3. Az Európai Tanács 96/82/EK Irányelve (1996. december 9.) a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos baleseti veszélyek ellenőrzéséről
4. Az Európai Parlament és Tanács 2012/18/EU Irányelve (2012. július 4.) a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek veszélyének kezeléséről, valamint a 96/82/EK tanácsi irányelv módosításáról és későbbi hatályon kívül helyezéséről
5. Az Európai Tanács 96/35/EK Irányelve (1996. június 3.) a veszélyes áruk közúti, vasúti vagy belvízi szállításánál alkalmazandó biztonsági tanácsadók kinevezéséről és szakmai képzéséről
6. Az Európai Parlament és a Tanács 2000/18/EK Irányelve (2000. április 17.) a veszélyes áruk közúti, vasúti vagy belvízi szállításánál alkalmazandó biztonsági tanácsadók vizsgájának minimumkövetelményeiről
7. Az Európai Parlament és a Tanács 2008/68/EK I Irányelve (2008. szeptember 24.) a veszélyes áruk szárazföldi szállításáról
8. Az Európai Parlament és a Tanács 1272/2008/EK rendelete (2008. december 16.) az anyagok és keverékek osztályozásáról, címkézéséről és csomagolásáról, a 67/548/EGK és az 1999/45/EK irányelv módosításáról és hatályon kívül helyezéséről, valamint az 1907/2006/EK rendelet módosításáról.
9. Az Európai Parlament és a Tanács 1907/2006/EK rendelete (2006. december 18.) a vegyi anyagok regisztrálásáról, értékeléséről, engedélyezéséről és korlátozásáról (REACH), az Európai Vegyianyag-ügynökség létrehozásáról, az 1999/45/EK irányelv módosításáról, valamint a 793/93/EGK tanácsi rendelet, az 1488/94/EK bizottsági rendelet, a 76/769/EGK tanácsi irányelv, a 91/155/EGK, a 93/67/EGK, a 93/105/EK és a 2000/21/EK bizottsági irányelv hatályon kívül helyezéséről

2. Magyarországi jogi szabályozás

1. Magyarország Alaptörvénye.
2. 1872. évi VIII. törvénycikk az ipartörvényről

3. 1996. évi XXXVII. törvény a polgári védelemről
4. 1999. évi LXXIV. törvény a katasztrófák elleni védekezés irányításáról, szervezetéről és a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek elleni védekezésről
5. 1988. évi I. törvény a közúti közlekedésről
6. 2005. évi CLXXXIII. törvény a vasúti közlekedésről
7. 2011. évi CXXVIII. törvény a katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról.
8. 2000. évi XXV. törvény a kémiai biztonságról.
9. 2011. évi LXXX. törvény a Nemzetközi Vasúti Fuvarozási Egyezmény (COTIF) módosításáról Vilniusban elfogadott, 1999. június 3-án kelt Jegyzőkönyv C Függeléké 2011. évi módosításokkal és kiegészítésekkel egységes szerkezetbe foglalt szövegének kihirdetéséről
10. 234/2011. (XI. 10.) Korm. rendelet a katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról szóló 2011. évi CXXVIII. törvény végrehajtásáról.
11. 219/2011. (X. 20.) Korm. rendelet a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek elleni védekezésről.
12. 208/2011. (X. 12.) Korm. rendelet a katasztrófavédelmi bírság részletes szabályairól, a katasztrófavédelmi hozzájárulás befizetéséről és visszatérítéséről
13. 2006. évi LXXVII. törvény a Bernben, 1980. május 9-én kelt, Nemzetközi Vasúti Fuvarozás Egyezmény (COTIF) módosításáról Vilniusban elfogadott, 1999. június 3-án kelt Jegyzőkönyv kihirdetéséről
14. 1986. évi 2. törvényerejű rendelet a Bernben az 1980. évi május hó 9. napján kelt Nemzetközi Vasúti Fuvarozási Egyezmény (COTIF) kihirdetéséről
15. 2016. évi CV. törvény a Nemzetközi Vasúti Árufuvarozásról szóló Megállapodás (SzMGSz) és Mellékletei 2015. és 2016. évi módosításaival egységes szerkezetben történő kihirdetéséről
16. 166/2025. (VI. 24.) Korm. rendelet a Nemzetközi Vasúti Fuvarozási Egyezmény (COTIF) módosításáról Vilniusban elfogadott, 1999. június 3-án kelt Jegyzőkönyv C Függeléké Mellékletének kihirdetéséről, valamint a belföldi alkalmazásának egyes kérdéseiről

17. 312/2011. (XII. 23.) Korm. rendelet a hivatásos katasztrófavédelmi szerv eljárásai során a veszélyes áruk vasúti és belvízi szállításának ellenőrzésére és a bírság kivetésére vonatkozó egységes eljárás szabályairól, továbbá az egyes szabálytalanságokért kiszabható bírságok összegéről, valamint a bírsággal összefüggő hatósági feladatok általános szabályairól.
18. 32/2009. (II. 19.) Korm. rendelet a vasúti árufuvarozási szerződésekre vonatkozó részletes szabályokról
19. 62/2013. (X. 17.) NFM rendelet a Veszélyes Áruk Nemzetközi Vasúti Fuvarozásáról szóló Szabályzat (RID) belföldi alkalmazásáról
20. 25/2014. (IV.30.) NFM rendelet a veszélyes áru szállítási biztonsági tanácsadóról
21. 40/2024. (XI. 28.) ÉKM rendelet 40/2024. (XI. 28.) ÉKM rendelet az Országos Vasúti Szabályzat I. és II. kötetének hatályon kívül helyezésével összefüggő egyes jogszabályok módosításáról
22. 39/2011. (XI. 15.) BM rendelet a tűzoltóság tűzoltási és műszaki mentési tevékenységének általános szabályairól.
23. 10/2021. számú BM OKF főigazgatói intézkedés az iparbiztonsági szakterületen speciális feladatot ellátó szerek tevékenységének szabályozásáról
24. 6/2016. (VI. 24.) BM OKF utasítás a Tűzoltás-taktikai Szabályzat és a Műszaki Mentési Szabályzat kiadásáról szóló.
25. 59/2024. (XII. 23.) BM rendelet a kritikus szervezet ellenálló képességéért felelős vezető rendszeres továbbképzésére vonatkozó szabályokról
26. 19/2011. (V. 10.) NFM rendelet a vasúti közlekedés biztonságával összefüggő munkakört betöltő munkavállalók szakmai képzésének és vizsgáztatásának, a vasúti vizsgaközpont és képzőszervezetek működésének, a képzési engedély kiadásának, továbbá a vasúti járművezetői gyakorlat szabályairól

2. Rövidítések jegyzéke

ALARP – „As Low As Reasonably Practicable”

BLEVE – Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion

BM OKF - BM Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság

CER – Community of European Railway and Infrastructure Companies - Európai Vasúti és Infrastruktúra Társaságok Közössége

CIM – Vasúti Árufuvarozási Nemzetközi Egyezmény

CIT - Nemzetközi Vasúti Fuvarozási Bizottság

CLP - Classification, Labelling and Packaging, Osztályozás, Címkézés és Csomagolás

COTIF - Nemzetközi Vasúti Fuvarozási Egyezmény

DNAPL- dense non-aqueous phase liquid - víznél sűrűbb, nem vizes fázisú folyadékok

ENSZ ECOSOC - Egyesült Nemzetek Szervezete Gazdasági és Szociális Tanács

ENSZ EGB - ENSZ Európai Gazdasági Bizottsága

ERA – European Union Agency for Railways

EU - Európai Unió

FMEA - Failure Mode and Effects Analysis

FTA - Fault Tree Analysis – Hibafa elemzés

HAZOP - Hazard and Operability Study

HVA - hazards and vulnerability analysis

IAEA - International Atomic Energy Agency, Nemzetközi Atomenergia-ügynökség

ICI - Imperial Chemical Industries

JESIP-modell - Joint Emergency Services Interoperability Principles

Kat. - 2011. évi CXXVIII. törvény a katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról

Kat. Vhr. - 234/2011. (XI. 10.) Korm. rendelet a katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról szóló 2011. évi CXXVIII. törvény végrehajtásáról

Kbtv. - kémiai biztonságról szóló 2000. évi XXV. törvény

KML - Katasztrófavédelmi Mobil Labor

KMSZ- Katasztrófavédelmi Műveleti Szolgálat

KSH - Központi Statisztikai Hivatal

LNG - liquefied natural gas, cseppfolyósított földgáz

LPG - liquid petroleum gas, petróleum gáz

NATO - North Atlantic Treaty Organisation, Észak Atlanti Szerződés Szervezete

MÁV VVESz - MÁV Vasúti Vegyi Elhárító Szolgálat

MÁV Zrt. - Magyar Államvasutak Zrt

MGSZ - Nemzetközi Árufuvarozási Egyezmény - Mezsdunarodnoe Gruzovoe Szoobscsenyje

OSJD - Vasutak Együttműködési Szervezete

OTIF - Nemzetközi Vasúti Fuvarozásügyi Államközi Szervezet

QRA - Quantitative Risk Assessment

RID - a Veszélyes Áruk Nemzetközi Vasúti Fuvarozásáról szóló egyezmény

RPN - Risk Priority Number

Seveso III. Irányelv - 2012/18/EU irányelv a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek veszélyének kezeléséről, valamint a 96/82/EK tanácsi irányelv módosításáról és későbbi hatályon kívül helyezéséről

SMS – Safety Management System

SNCF - Société Nationale des Chemins de fer Français - Francia Nemzeti Vasúttársaság

SZMGSZ - Szoglosényie o Mezsdunarodnom Gmzovom Szoobscsenyii

TEN - Transzeurópai Hálózatok

TMMT - Tűzoltási Műszaki Mentési Terv

TNO - holland Alkalmazott Tudományok Kutatóintézete (Netherlands Organisation for Applied Scientific Research

Tvt. - 1996. évi XXXI. törvény a tűz elleni védekezésről, a műszaki mentésről és a tűzoltóságról

Vhr. - a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek elleni védekezésről szóló 219/2011. (X. 20.) Korm. rendelet

UIC - Nemzetközi Vasútegyletet

3. Fogalomjegyzék

1. **Alsó küszöbértékű veszélyes anyagokkal foglalkozó üzem** (Kat. Vhr.): Ahol a jelen lévő veszélyes anyagok mennyisége (beleértve a technológia irányíthatatlanná válása miatt várhatóan keletkező veszélyes anyagokat is) az 1. melléklet alapján meghatározható alsó küszöbértéket eléri vagy meghaladja, de nem éri el a felső küszöbértéket.
2. **Belső védelmi terv** (Kat.): A veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek kialakulásának megelőzését, a balesetek elhárítását, következményeinek mérséklését szolgáló intézkedések megtételét, az értesítési, riasztási, felkészítési feladatok veszélyes anyagokkal foglalkozó üzemben, veszélyes anyagokkal foglalkozó létesítményen belüli végrehajtásának rendjét, feltételeit szabályozó üzemeltetői okmány.
3. **Felső küszöbértékű veszélyes anyaggal foglalkozó üzem** (Kat. Vhr.): Ahol a jelen lévő veszélyes anyagok mennyisége (beleértve a technológia irányíthatatlanná válása miatt várhatóan keletkező veszélyes anyagokat is) az 1. melléklet alapján meghatározható felső küszöbértéket eléri vagy meghaladja.
4. **Iparbiztonság:** Mindazon veszélyforrás (üzem) specifikus jog-, intézmény és feladatrendszer, eljárás és eszközrendszer, illetve módszertan, amely a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek elleni védekezéssel, a veszélyes áru szállítással, a nukleáris balesetek elhárításával, valamint a kritikus infrastruktúrák biztonságával kapcsolatos üzemeltetői, hatósági és önkormányzati feladatok teljesítése útján a lakosság életének, és egészségének, a környezetnek és a létfenntartáshoz szükséges anyagi javaknak a magas szintű védelmét szolgálja.
5. **Az iparbiztonsági káresemény:** Olyan veszélyes tevékenységben, a veszélyesáru szállítás során vagy kritikus infrastruktúrában emberi mulasztás, műszaki meghibásodás, technológiai zavar, vagy szándékos cselekmény miatt, a rendeltetés szerinti üzemeltetés vagy nem várt üzemzavar során bekövetkező esemény, amely az üzemben belül és annak környezetében az emberi egészségre és a környezetre káros következményekkel vagy az anyagi javak és szolgáltatások kiesését eredményező hatásokkal jár.
6. **Az iparbiztonsági káresemény elhárítási tevékenység:** Magában foglalja az üzemeltetőket, a kárelhárításban részt vevő iparbiztonsági hatósági és együttműködő szervezeteket, továbbá önkormányzatokat azon tevékenységét, amelynek célja – a beavatkozási, a balesetelhárítási és a lakosságvédelmi intézkedések útján – csökkenteni vagy elhárítani a veszélyes vagy

sugárzó anyag jelenlétében bekövetkező, illetve a kritikus infrastruktúra kiesésével járó esemény emberi egészséget érintő, illetve az alapvető létfenntartáshoz szükséges anyagi javak és szolgáltatások kiesésével járó káros következményeket.

7. **Katasztrófavédelem** (Kat.): A katasztrófák elleni védekezésben azon tervezési, szervezési, összehangolási, végrehajtási, irányítási, létesítési, működtetési, tájékoztatási, riasztási, adatközlési és ellenőrzési tevékenységek összessége, amelyek a katasztrófa kialakulásának megelőzését, közvetlen veszélyek elhárítását, az előidéző okok megszüntetését, a károsító hatásuk csökkentését, a lakosság élet- és anyagi javainak védelmét, az alapvető életfeltételek biztosítását, valamint a mentés végrehajtását, továbbá a helyreállítás feltételeinek megteremtését szolgálják.
8. **Külső védelmi terv** (Kat.): A veszélyes anyagokkal foglalkozó üzem környezetében élő lakosság mentése, az anyagi javakban, a környezetben bekövetkező károk enyhítése érdekében a végrehajtandó rendszabályok bevezetésére, a végrehajtó szervezetre, a vezetésre, az adatszolgáltatásra vonatkozó terv, amely a települési veszélyelhárítási terv része.
9. **Küszöbérték alatti üzem** (Kat.): Egy adott üzemeltető irányítása alatt álló azon terület, ahol e törvény végrehajtására kiadott jogszabály szerinti alsó küszöbérték negyedét meghaladó, de az alsó küszöbértéket el nem érő mennyiségben veszélyes anyag van jelen, valamint a külön jogszabályban meghatározott, kiemelten kezelendő létesítmények.
10. **Megelőzés** (Kat.): minden olyan tevékenység vagy előírás alkalmazása, amely a katasztrófát előidéző okokat megszünteti vagy minimálisra csökkenti, a károsító hatás valószínűségét a lehető legkisebbre korlátozza.
11. **Oktatás**: Olyan „komplex, tudatos, tervszerű, direkt és indirekt tevékenység, mely az ismeretszerzésnek, a jártasságok, a készségek kiépítésének, a gondolkodási funkcióknak, attitűdöknek, képességeknek, magatartás-, meggyőződésformálásnak az alapvető eszköze és legfontosabb törekvése az önszabályzó tanulás kialakítására.
12. **Súlyos káresemény elhárítási terv** (Kat.): Küszöbérték alatti üzem üzemeltetői okmánya, amely tartalmazza az üzem veszélyeztető hatásainak elemzését, valamint a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek megelőzését, elhárítását és hatásainak csökkentését szolgáló intézkedések végrehajtásának rendjét, feltételeit.

13. **Üzemeltető (Kat.):** bármely természetes vagy jogi személy, vagy jogi személyiséggel nem rendelkező szervezet, aki vagy amely veszélyes anyagokkal foglalkozó üzemet, létesítményt vagy küszöbérték alatti üzemet működtet, irányít, vagy alapszabály, alapító okirat, illetve szerződés alapján meghatározó gazdasági vagy döntéshozatali befolyással rendelkezik a veszélyes anyagokkal foglalkozó üzem, létesítmény, küszöbérték alatti üzem műszaki üzemeltetése felett.
14. **Veszély (Kat.):** Valamely veszélyes anyag természetes tulajdonsága vagy olyan körülmény, amely káros hatással lehet az emberi egészségre vagy a környezetre.
15. **Veszélyelhárítási terv:** Kiterjedt káresemény időszakában végrehajtandó katasztrófavédelmi feladatokat tartalmazó, központi, területi (fővárosi), járási, települési (a fővárosban kerületi) és munkahelyi okmányrendszer.
16. **Veszélyes anyag (Kat.):** E törvény végrehajtását szolgáló kormányrendeletben meghatározott ismérveknek megfelelő anyag, keverék vagy készítmény, amely mint nyersanyag, termék, melléktermék, maradék vagy köztes termék van jelen, beleértve azokat az anyagokat is, amelyekről feltételezhető, hogy egy baleset bekövetkezésekor létrejöhetnek.
17. **Veszélyes anyag kárelhárítás:** veszélyes anyag jelenlétében történő tűzoltó beavatkozás, műszaki mentési és környezeti kárelhárítási tevékenység, amikor a lakosságot és a környezeti elemeket veszélyeztető tűz-, robbanásveszélyes, környezetveszélyes vegyi, biológiai vagy sugárzóanyag kerül a veszélyes tevékenység környezetébe.
18. **Veszélyes áru (RID):** Olyan anyagok és tárgyak, amelyek szállítását a RID tiltja, vagy csak feltételekkel engedi meg.
19. **Veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos baleset (Kat.):** Olyan mértékű veszélyes anyag kibocsátásával, tűzzel vagy robbanással járó, veszélyes anyagokkal kapcsolatos üzemzavar, amely a veszélyes anyagokkal foglalkozó üzem, küszöbérték alatti üzem működése során befolyásolhatatlan folyamatként megy végbe, és amely az üzemen belül vagy azon kívül közvetlenül vagy lassan hatóan súlyosan veszélyeztet, vagy károsítja az emberi egészséget, illetve a környezetet.

20. **Veszélyes anyaggal foglalkozó üzem:** (Kat.): Egy adott üzemeltető irányítása alatt álló azon terület egésze, ahol egy vagy több veszélyes anyagokkal foglalkozó létesítményben – ideértve a közös vagy kapcsolódó infrastruktúrát is – veszélyes anyagok vannak jelen a törvény végrehajtására kiadott jogszabályban meghatározott küszöbértéket elérő mennyiségben (tekintet nélkül az üzem tevékenységének ipari, mezőgazdasági vagy egyéb besorolására).
21. **Veszélyes anyagokkal foglalkozó létesítmény** (Kat.): Olyan, a veszélyes anyagokkal foglalkozó üzem területén lévő – föld alatti vagy föld feletti – technológiai vagy termelés-szervezési okokból elkülönülő műszaki egység, ahol egy vagy több berendezésben (technológiai rendszerben) veszélyes anyagok előállítása, felhasználása, szállítása vagy tárolása történik, magában foglal minden olyan felszerelést, szerkezetet, csővezetékét, gépi berendezést, eszközt, iparvágányt, kikötőt, a létesítményt szolgáló rakpartot, kikötőgátat, raktárt vagy hasonló – úszó vagy egyéb – felépítményt, amely a létesítmény működéséhez szükséges.
22. **Veszélyes tevékenység** (Kat.): Olyan, veszélyes anyagok jelenlétében végzett tevékenység, amely ellenőrizhetetlenné válása esetén tömeges méretekben veszélyeztetheti, illetve károsíthatja az emberi egészséget, a környezetet, az élet- és vagyonbiztonságot.
23. **Veszélyes anyagok jelenléte** (Kat.): Veszélyes anyagok tényleges vagy várható jelenléte a veszélyes anyagokkal foglalkozó üzemben, küszöbérték alatti üzemben, valamint azoknak az anyagoknak a jelenléte, amelyekről reálisan feltételezhető, hogy akkor keletkezhetnek, amikor a folyamatok – beleértve a tároló tevékenységet is – az üzemen belül bármely létesítményből kikerülnek az ellenőrzés alól, amennyiben e veszélyes anyagok mennyisége eléri vagy meghaladja az e törvény végrehajtását szolgáló kormányrendeletben meghatározott alsó küszöbérték negyedét.
24. **Veszélyességi övezet** (Kat.): A veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos baleset lehetséges következményeinek csökkentése érdekében a veszélyes anyagokkal foglalkozó üzem környezetében a hatóság által kijelölt, az egyéni sérülés kockázatához igazodó terület.

4. Ábrák és táblázatok jegyzéke

Ábrák jegyzéke

1. ábra: COTIF és OSJD tagállamok
2. ábra: A TNO színes könyvei
3. ábra: Ipari biztonsági kézikönyv
4. ábra: Ipari biztonsági kockázatkezelési kézikönyv
5. ábra: Módszertani kézikönyv veszélyes ipari védelmi ügyintézők részére
6. ábra: Iparbiztonságtan I. kézikönyv
7. ábra: Iparbiztonságtan II. Kézikönyv
8. ábra: A veszélyes áruk vasúti szállításának ellenőrzése kézikönyv
9. ábra: Helsinki folyósok és a TEN-T hálózat Magyarországon
10. ábra: Magyarország vasúti árufuvarozási térképe
11. ábra: A Ferencvárosi vasúti rendezőpályaudvar
12. ábra: MÁV KVSU-01 jelű Mercedes Unimog típusú közúti-vasúti balesetelhárító jármű
13. ábra: Műszaki mentés, KRC 1220 típusú Kirow daru
14. ábra: A Vasúti Vegyi Elhárító Szolgálat STEYR 13S23/P46 típusú vegyi elhárító gépjármű
15. ábra: A BLEVE kialakulásának sematikus folyamata

Táblázatok jegyzéke

1. táblázat: A közelmúltban bekövetkezett vasúti balesetek adatai
2. táblázat: Vasúti műszaki mentési és segélynyújtási egységek
3. táblázat: HAZOP vezérszavak
4. táblázat: What-If módszer
5. táblázat: Példa- váltórendszer elemzése
6. táblázat: Az FMEA – HAZOP -What-If módszer összehasonlítása a veszélyes áruk szállításában érintett vasúti rendezőpályaudvarok vonatkozásában
7. táblázat: A konténment sérülések típusai (Lila könyv szerinti osztályozás)
8. táblázat: Meghibásodási gyakoriságok vasúti tartálykocsikra
9. táblázat: Gyújtási valószínűség vasúti tartálykocsik esetében
10. táblázat: A kockázatsökkentési hierarchia a Lila Könyv alapján
11. táblázat: A szerkezeti és tartalmi fejlődés összevetése
12. táblázat: A hagyományos és a digitális veszélyhelyzeti gyakoroltatás összehasonlítása
13. táblázat: A digitális gyakoroltató rendszer funkcionális elemei
14. táblázat: A digitális gyakoroltató rendszer hozzájárulása a veszélyhelyzeti felkészültség értékeléséhez

5. Sablon a rendezőpályaudvarok belső veszély-elhárítási tervek egységes mellékletek részéhez

1. Veszélyes áruk jegyzéke

1.1. A rendezőpályaudvaron rendszeresen megjelenő veszélyes áruk listája

- UN szám
- Helyes szállítási megnevezés
- RID szerinti osztályba sorolás, csomagolási csoport
- Fizikai-kémiai tulajdonságok (sűrűség, forráspont, lobbanáspont, gőznyomás)
- Egészségügyi és környezeti veszélyek (H és P mondatok)
- Tipikus mennyiségek (átlagos és maximális mennyiség)
- Tartálykocsi típusok és műszaki jellemzők
- Kezelési sajátosságok (töltés, ürítés, csatlakozó szerelvények, tolatási és gurítási tilalom)

1.2. Eseti jelleggel előforduló veszélyes áruk listája

1.3. Anyagspecifikus beavatkozási útmutatók (pl. ammónia, klór, gázolaj, benzin, propán-bután stb.)

2. Riasztási és értesítési mátrix

2.1. Riasztási fokozatok definíciói

2.2. Értesítési lánc grafikus ábrája

- vasút üzemi szereplők
 - MÁV Zrt. központi elérhetőségek
 - BM OKF és vármegyei/területi katasztrófavédelmi szervek és elérhetőségeik
 - Rendőrség
 - Mentőszolgálat
 - Önkormányzat, Polgármesteri Hivatal
 - Környezetvédelmi hatóság
- 2.3. Redundáns elérhetőségek jegyzéke (telefon/ e-mail/ rádiócsatorna/ alternatív útvonalak)
- 2.4. Riasztási protokoll időbélyeges táblázata

3. Térképmellékletek és GIS-rétegek

3.1. A rendezőpályaudvar teljes ortofotó/alaptérképe

- vágányhálózat
- váltók
- technológiai területek

- veszélyes pontok

3.2. Helyszíni infrastruktúra térképes ábrázolása

- tűzcsapok
- vízelvezető rendszerek
- olajfogó rendszerek
- tárolóterületek
- energiaellátási pontok
- megközelítési útvonalak a beavatkozók számára

3.3. Veszélyzóna-modellek (digitális formában GIS-réteggént)

- hőszugárzás kontúrok
- túlnyomás határértékek
- toxikus felhő terjedése
- dominóhatás várható zónái
- kiürítési zónák

3.4. Lezárási és területzárási pontok térképe

4. Gyülekezési pontok és kiürítési tervek

4.1. Belső gyülekezési pontok (dolgozók számára)

4.2. Külső gyülekezési pontok (befogadó helyek)

4.3. Kiürítési útvonalak (vasúti és gyalogos)

4.4. Lakosságvédelmi terv (amennyiben szükséges)

5. Beavatkozási és technikai segédletek

5.1. Műszaki beavatkozási pontok kijelölése (pl.: szelepzárási helyek, leválasztási pontok)

5.2. Egyéni védőeszközök (PPE) mátrix beavatkozók számára

5.3. Tűzoltás-technikai útmutató vasúti tartályvagonokra

- oltóanyag preferenciák
- tűzosztályok
- vízvédelmi megoldások

5.4. Veszélyes anyag mentesítési protokollok

6. Gyakorlatok dokumentációja

6.1. Éves oktatási és gyakorlatterv

6.2. Table-top és terepgyakorlatok jegyzőkönyvei

- célok
- résztvevők
- időpont

- értékelési szempontok

6.3. Utóértékelések és ajánlások („After Action Review” struktúra)

6.4. Tapasztalatok beépítése a következő felülvizsgálatba

7. Hatósági megfelelés és engedélyezési dokumentumok

7.1. Hatósági értesítési kötelezettségek listája

7.2. Jogszabályi megfelelés mátrix

- Seveso III. irányelv
- RID
- UIC 201E döntvény

7.3. Engedélyköteles tevékenységek adatlapjai

8. Digitális kiegészítések

8.1. Szerkezet (PDF + GIS + metaadatlapok)

8.2. Interaktív keresőfelület (digitális terv esetén)

- kulcsszavas kereshetőség
- térképi rétegek kapcsolhatósága
- verziókövetés

8.3. Verzióelőzmények és módosítási napló

9. Kapcsolódó dokumentumok és hivatkozások

9.1. Belső eljárásrend (SOP-ok)

9.2. Műszaki üzemeltetési szabályzatok

9.3. Külső szervezetek együttműködési megállapodásai

9.4. Veszélyes áru szállítási biztonsági tanácsadó jelentései

10. Metaadatok

10.1. Terv felelőse és jóváhagyói

10.2. Felülvizsgálat dátumai

10.3. Következő kötelező felülvizsgálat időpontja

6. Kohéziós táblázat

TUDOMÁNYOS PROBLÉMA	HIPOTÉZIS	KUTATÁSI CÉLKITŰZÉS	KUTATÁSI MÓDSZER	KÖVETKEZTETÉS	HIPOTÉZIS IGAZOLÁSA/ ELVETÉSE	JAVASOLT KUTATÁSI EREDMÉNY
1. A vasúti veszélyes áru szállítás üzemi létesítményeire vonatkozó jogszabályi környezet nem egységes, mivel a nemzetközi és a magyar jogi szabályozás eltérően kezeli a súlyos baleseti kockázatokat, valamint az azokhoz rendelt szervezeti és eszközrendszeri követelményeket.	Feltételezem, hogy a vasúti veszélyes áru szállítás üzemi létesítményeiben nem biztosított teljes mértékben a kockázatok, a szervezeti feladatok és az eszközrendszer egységes jogi értelmezése.	Célkitűzésem, hogy a nemzetközi és hazai jogi szabályozási környezet összehasonlító elemzése és értékelése alapján feltárni a vasúti veszélyes áru szállítás üzemi létesítményeiben esetlegesen bekövetkező súlyos balesetek megelőzésének és kezelésének lehetőségeit, erre építve javaslatot tenni a szállításból eredő kockázatok egységes értelmezésére.	Jogi normatív és dokumentumalapú összehasonlító elemzés, kiegészítve a szervezeti és működési keretek rendszerszintű értékelésével.	A. A szabályozási környezet eltérő megközelítései értelmezési és alkalmazási bizonytalanságokat eredményeznek, különösen a vasúti rendezőpályaudvarok vonatkozásában. B. Az azonosított vasúti veszélyes áru szállításból eredő kockázatok egységes értelmezése elősegíti a veszélyhelyzetek során a hatékony szervezeti és eszközrendszer működtetéséhez szükséges koordinációt és rugalmasságot.	Az 1. hipotézis alapján elméleti szinten igazolt.	A vasúti veszélyes áru szállítás üzemi létesítményeire vonatkozó nemzetközi és hazai jogi szabályozási környezet összehasonlító elemzése és értékelése alapján megállapítottam , hogy a vasúti veszélyes áru szállítás jogi, szervezeti és eszközrendszeri szabályozása nem egységes, ennek megfelelően azonosítottam a veszélyes árukkal kapcsolatos súlyos baleseti események megelőzésének és kezelésének lehetőségeit, amelyek által biztosítható a vasúti veszélyes áru szállításból eredő kockázatok egységes értelmezése és a szervezeti feladatmeghatározásokban, a felkészültségi követelményekben, valamint az eszközrendszeri elvárásokban történő érvényesítése a vasúti veszélyes áruszállítás biztonsága érdekében.
2. A klasszikus veszélyazonosítási és kockázatértékelési módszerek statikus és szegmentált jellegük miatt nem biztosítanak egységes, rendszerszintű keretet a vasúti veszélyes áru szállítás üzemi létesítményeiben esetlegesen bekövetkező súlyos balesetek forgatókönyveinek értelmezésére.	Feltételezem, hogy a klasszikus módszerek elkülönült alkalmazása nem teszi lehetővé a veszélyhelyzeti működés dinamikus értelmezését.	Célkitűzésem a klasszikus kockázatelemzési módszertani korlátainak kritikai értékelése a vasúti veszélyes áru szállítás üzemi létesítményei vonatkozásában.	Dokumentumelemzés és összehasonlító módszertani elemzés.	A. A módszerek nem alkotnak egységes elméleti rendszert, a döntési és beavatkozási folyamatok időbeli összefüggései nem értelmezhetőek teljeskörűen. B. A humán, szervezeti és időkritikus döntési tényezők hiányának feltárása lehetőséget biztosít a t veszélyhelyzeti kockázatok hatékony azonosítására.	A 2. hipotézis alapján elméleti szinten igazolt.	A vasúti veszélyes áru szállításban alkalmazott klasszikus veszélyazonosítási és kockázatértékelési módszerek, különös tekintettel azok szemléleti alapjainak és alkalmazási logikájának vizsgálatára építve bebizonyítottam , hogy e módszerek alapvetően statikus és elkülönített megközelítésre épülnek, amely korlátozottan alkalmas a vasúti veszélyes áru szállítás dinamikus, többszereplős működési környezetének értelmezésére. Ennek alapján meghatároztam azokat a módszertani eljárásokat, amelyek a súlyos baleseti kockázatok – különösen a BLEVE típusú események – azonosításában képesek integrált módon kezelni a döntési folyamatok időbeliségét, a szervezeti együttműködés hatását és a humán tényezők szerepét elősegítve a vasúti veszélyes áru szállítás kockázatainak rendszerszintű értelemzését.
3. A vasúti veszélyes áru szállításhoz kapcsolódó veszélyhelyzeti felkészítés és gyakorlatoztatás jelenlegi, statikus és dokumentumalapú módszerei nem képesek teljes mértékben a súlyos baleseti forgatókönyvek dinamikus, döntésvezérelt és többszereplős jellegének egységes értelmezésére.	Feltételezem, hogy egy elméleti szinten megalapozott, digitális szemléletű gyakorlatoztatási koncepció alkalmasabb a veszélyhelyzeti működés komplex értelmezésére, mint a hagyományos módszerek.	Célkitűzésem egy digitális veszélyhelyzeti gyakorlatoztató program elméleti és koncepcionális keretének kidolgozása a vasúti veszélyes áru szállítás üzemi létesítményeiben.	Elméleti modellalkotás és koncepcionális rendszertervezés a veszélyhelyzeti működés döntési és időbeli folyamatainak feltérképezésével.	A. A hagyományos gyakorlatoztatási módszerek nem teljes mértékben tükrözik a veszélyhelyzeti működés dinamikus jellegét. B. A digitális szemléletű veszélyhelyzeti gyakorlatoztatási koncepció integrált értelmezési keretet biztosít.	A 3. hipotézis alapján elméleti szinten igazolt.	A vasúti veszélyes áru szállításhoz kapcsolódó veszélyhelyzeti felkészítés és gyakorlatoztatás hagyományos, dokumentumalapú módszereinek vizsgálata alapján megállapítottam , hogy azok nem képesek teljes mértékben a súlyos baleseti forgatókönyvek dinamikus, döntésvezérelt és többszereplős jellegének egységes értelmezésére és értékelésére. Ennek megfelelően megalkottam és elméleti szinten igazoltam egy digitális veszélyhelyzeti gyakorlatoztatási modell tudományos alapjait, amely a meglévő belső veszélyelhárítási tervek végrehajthatóságát és értelmezhetőségét erősíti, ezáltal a veszélyhelyzeti működés döntési pontjainak időbeli összefüggéseinek és szervezeti kölcsönhatásainak megjelenítésével a felkészültség objektív és összehasonlítható értékelését biztosítja a vasúti veszélyes áru szállítás veszélyhelyzeti felkészítésének hatékonyabbá tétele érdekében.