

Kátai-Urbán Maxim,¹ Cséplő Zoltán,² Cimer Zsolt³

A logisztikai raktárakban előforduló, veszélyes anyagokkal kapcsolatos baleseti eseménysorok és azok lehetséges következményeinek vizsgálata

Analysis of Accident Scenarios Involving Hazardous Materials in Logistics Warehouses and Their Potential Consequences

Absztrakt

Az elmúlt évek kihívásai rávilágítottak a „just in time” működési rend kockázataira, a raktározás növekvő jelentőségére. Ennek következtében a logisztikai központok iránti piaci kereslet dinamikusán bővül. A logisztikai központokban veszélyes anyagok raktározására is sor kerülhet, ezért számos esetben veszélyes üzemeknek minősülnek a létesítmények az iparbiztonsági szabályozás alapján. A logisztikai központok általi veszélyeztetés értékelése az egyedi jelleg miatt sajátos módszertant igényel. A szerzők jelen cikkben a nemzetközi és hazai szakirodalom mellett saját tapasztalataikra is támaszkodva tekintik át a legfontosabb összefüggéseket.

Kulcsszavak: ipari balesetek, környezeti károk, veszélyes anyag, oltóvízszennyezés megelőzése, Magyarország

¹ Osztályvezető, Semmelweis Egyetem Biztonságtechnikai Igazgatóság Biztonságszervezési Osztály, e-mail: katai.urban.maxim@semmelweis.hu

² Iparbiztonsági főfelügyelő, Fővárosi Katasztrófavédelmi Igazgatóság, e-mail: zoltan.cseplo@katved.gov.hu

³ Dékán, Nemzeti Közszolgálati Egyetem Víztudományi Kar, e-mail: cimer.zsolt@uni-nke.hu

Abstract

The challenges of recent years have highlighted the risks of the 'just-in-time' operating model and the increasing importance of warehousing. As a result, market demand for logistics centers is expanding dynamically. In logistics centers, hazardous materials may also be stored, which is why, in many cases, these facilities are classified as hazardous establishments under industrial safety regulations. Due to their unique characteristics, the assessment of risks associated with logistics centers requires the application of a specialised methodology. In this article, the authors provide an overview of the key aspects based on both international and domestic literature, as well as their own experience.

Keywords: industrial accidents, environmental impact, dangerous substance, firewater pollution prevention, Hungary

Bevezetés

Az elmúlt években a logisztikai központok iránti kereslet tovább növekedett, amit a globális ellátási láncok változásai és a raktározás egyre nagyobb jelentősége is indokol. A logisztikai központok általános jellemzője, hogy különböző termékek nagy mennyiségben, koncentráltan vannak jelen. A készletszintek mellett sok esetben a raktározott termékek típusa is folyamatosan változik, ezért nehéz pontosan meghatározni, hogy a logisztikai központban tárolt vagy tárolható veszélyes anyagok mennyisége eléri-e a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek elleni védekezésről szóló 219/2011. (X. 20.) Korm. rendelet 1. mellékletében nevesített küszöbértékeket. Mindezek ellenére számos logisztikai központ veszélyes üzemként van nyilvántartva.

A veszélyes tevékenységek biztonságos működését ipari baleset-megelőzési oldalról nézve kockázat- és következményelemzési eljárások, módszerek, szoftverek segítik elő. Számos folyamatbiztonsági, veszteségmegelőzési és rendszerbiztonsági mérnöki tudományos munka foglalkozik e folyamatok mennyiségi kockázatalapú értékelési megközelítéseivel. Az 1990-es évek végén és a 2000-es évek elején jelentős előrelépés volt tapasztalható a kockázatelemzési technológiák ipari tevékenységekben történő felhasználásának szabványosítása és harmonizálása terén.⁴ A kiváló elméleti biztonságirányítási eszközök alkalmazása széles körben elterjedt a biztonsági akadálydiagramok, mint például a csokornyakkendő-ábra⁵ alkalmazásával, amely többek között a megelőző és következménycsökkentő intézkedések megfelelő alkalmazására szolgáltató műszaki alapot.

Általánosságban elmondható, hogy a helyi biztonsági rendszer működő- és ellenálló képessége megelőzési, felkészültségi és elhárítási intézkedések bevezetésével biztosítható. Ezen intézkedések alkalmazása a súlyos baleseti események – például

⁴ TIXIER et al. 2002.

⁵ DUIJM 2009.

robbanások, tűz, mérgező anyagok terjedése – főbb hatásainak és következményeinek csökkentését vagy megszüntetését célozza.⁶

A következmény- és kockázatelemzési eljárások alkalmazása szempontjából a veszélyes áru tárolása és raktározása számos sajátossággal bír. A veszélyes anyag gyártása és tárolása során bekövetkező események a környezetre és az egészségre káros anyagok kibocsátásával kezdődnek, ennek a következménye lehet a tűz vagy a robbanás.⁷ A felszíni és felszín alatti vizek közvetlen szennyezésével járó környezeti károk megelőzése az ipari tevékenységek vonatkozásában elsősorban környezetbiztonsági kérdés.⁸ További biztonságsszervezési feladatot jelent a kémiai ártalmakkal kapcsolatos üzemeltetői munkavédelmi kötelezettségek előírása is.⁹

A környezeti katasztrófa-helyzetek felszámolása a védekezés valamennyi időszakában a vezetés és az irányítás szoros összehangolását, az üzemeltetők hatóságokkal történő együttműködését, továbbá komplex infokommunikációs rendszer létrehozását és működtetését igényli.¹⁰ Ugyanez vonatkozik természetesen a baleseti kockázatok kezelésének és elhárításának időszakára is, ahol a társhatóságok és a rendvédelmi szervek közötti együttműködés növeli az ipari biztonságot.¹¹

A logisztikai központok általi veszélyeztetés értékelése a tevékenység sajátosságai miatt egyedi módszertant igényel. A módszertan – következmény- és kockázatelemzés – legfontosabb követelménye, hogy reális eseménysorokra épüljön, ellenkező esetben a veszélyeztetés mértéke alul- vagy túlbecsülhető, ami akár jelentős gazdasági károkat is okozhat. A következő fejezetekben tapasztalataink alapján bemutatjuk a logisztikai központok tevékenységéből adódó sajátosságot, amely a veszélyeztetés értékelésére hatással lehet. A hazai és a nemzetközi releváns szakirodalom alapján összefoglaljuk a veszélyeztetés értékelése során vizsgálándó baleseti eseménysorokat, a vizsgálati szempontokat pedig saját tapasztalatainkkal egészítjük ki.

A logisztikai központok működésének sajátos jellemzői

A logisztikai központok általános jellemzője, hogy a tárolt termékek típusa és mennyisége folyamatosan változik. A logisztikai központok esetében az üzemazonosítás rendkívül bonyolult és összetett folyamat.

Számos végfelhasználói fogyasztói termék – például kozmetikai termékek, gyógyszer, élelmiszerek és élelmiszer-adalékanyagok, valamint háztartási tisztítószer (ha a címkézés megfelel a vonatkozó szabályozásnak) – esetében a gyártónak nem szükséges biztonsági adatlapot kiállítania. Ennek következtében a logisztikai központokban ezen termékek veszélyeiről nem feltétlenül áll rendelkezésre releváns információ, ezért ezakt módon nem ítéltethető meg, hogy a termék a 219/2011. (X. 20.) Korm. rendelet 1. melléklete szerint veszélyes anyagnak minősül-e.

⁶ CARTER et al. 2003.

⁷ KÁTAI-URBÁN et al. 2024.

⁸ FÖLDI-PADÁNYI 2021.

⁹ NAGY 2023.

¹⁰ FARKAS 2016.

¹¹ BAKAI 2022.

A folyamat végrehajtását tovább nehezíti, hogy számos esetben vegyes termékek tárolására kerül sor, ami az jelenti, hogy az egységcsomagolás a veszélyes anyagon túl egyéb terméket is tartalmaz. Tipikus példa erre a kiskereskedelemben megjelenő „akciós” kínálat vagy a karácsony előtti kozmetikai vegyes csomagolások, amelyekben a veszélyes anyagnak minősülő dezodor mellett egyéb nem veszélyes termékek – krémek, testápolók – is találhatók.

Az üzemazonosítási folyamat további nehézsége, hogy a termékekben található veszélyes anyag nettó tömege általában nem ismert, mivel logisztikai szempontból ez az információ irreleváns. Ezért a termék bruttó tömegére vonatkozó adatok – például egy dezodor vagy egy arcszesz esetében – jelentős bizonytalanságot okoznak az üzemazonosítási folyamatban.

Az üzemazonosítás nehézségei nemcsak a logisztikai központ státuszának megítélésére vannak hatással, hanem a veszélyeztetés elemzésében is bizonytalanságot okoznak. A veszélyes anyagok tulajdonságainak és pontos mennyiségének ismerete nélkül a lehetséges baleseti eseménysorok sem azonosíthatók.

A logisztikai központok üzemeltetőinek célja a rendelkezésre álló tárhely maximális kihasználása, hiszen ezáltal optimalizálható a tárolás fajlagos költsége. A jelen lévő veszélyes anyagok típusa és mennyisége időben változhat, ezért az üzemeltetők csak ritkán tudják garantálni a veszélyes anyagok raktáron belüli állandó elhelyezését és lokációjának állandó kiosztását. A veszélyes anyagok raktáron belüli elhelyezkedése a következmény- és kockázatelemzés egyik input paramétere.

A logisztikai központok sajátossága, hogy a beérkező termékek jellemzően zárt térben mozognak. Egy jól tervezett, a rendeltetési célnak megfelelően kialakított raktárpépület esetében kizárólag a tehergépjárműről történő le- és felrakodás során, a dokkoló környezetében fordulhat elő, hogy a veszélyes anyag kikerüljön a zárt raktári térből.

A logisztikai központok tevékenységének további sajátossága, hogy az egységcsomagolások mérete is változó, amit elsősorban a raktározási és szállítási szabályozások, valamint a rakodási kapacitások határoznak meg.

A logisztikai központokban előforduló legnagyobb egységcsomagolások:

- Raklapos egység: A leggyakoribb az EUR-raklap (1200 × 800 mm), de elterjedt az IPPC-raklap (1200 × 1000 mm) is. A maximális tömeg általában 1000–1500 kg. A raklapos egységen belül további küldeménydarabos egységek is elhelyezkedhetnek.
- IBC-tartályok (*Intermediate Bulk Container*): Folyadékok és ömlesztett anyagok szállítására és tárolására használják. Az úrtartalom jellemzően 600–1000 l, a maximális tömeg a tárolt anyag sűrűségétől függően akár 1500 kg is lehet.
- Hordók, fém- és műanyag tartályok: A kis hordók jellemzően 50–100 l, a nagy hordók 200–250 l úrtartalmúak. A maximális tömeg a tárolt termék sűrűségétől függ, akár 250 kg is lehet.
- Big-bag zsákok: Ömlesztett áruk tárolására alkalmas csomagolás. Maximális térfogat: 500–2000 l. A terméktől függően a maximális tömeg 2000 kg is lehet.

A zárt térből kikerülő veszélyes anyag mennyiségét az egységcsomagolás mérete határozza meg, ezért a modellezés egyik inputadata.

A veszélyes áru szállítása, így a raktározása is kizárólag ADR-minősített csomagolási eszközben történhet. Az ADR-minősített csomagolási eszköz külső hatásokkal szembeni ellenállása jelentősen nagyobb, mint az általános csomagolási egységeké. Például az ADR-minősített IBC-k esetében az alábbi tesztek történnek:

- esésvizsgálat az ütésállóság és a szivárgásmentesség biztosítása érdekében;
- nyomáspróba a belső nyomás okozta deformációk vagy szivárgások elkerülése végett;
- halmazolthatósági teszt a raktározás és a halmazás stabilitásának igazolására.

A tesztkritériumoknak való megfelelés garantálja, hogy bizonyos eseménysorok esetén a veszélyes anyag ne kerüljön azonnal a környezetbe. Például az IBC-tartály ütésállósági tesztje során az üres vagy megfelelően feltöltött IBC-t 1,2 m magasságból ejtik le egy kemény felületre. Az esés különböző irányokban és szögekben történik (például sarkára, oldalára, aljára). A vizsgálat után nem lehet repedés vagy szivárgás az IBC-n. Ez a tesztelési eljárás biztosítja, hogy a logisztikai folyamatok során egy leborulás vagy leesés ne okozzon azonnali anyagkiszivárgást.

A logisztikai központokban a termékek be- és kiszállítása, tárolása, komissiózása, valamint egyéb logisztikai művelet – például címkézés, átcímkézés, egységakromány-képzés vagy visszárukezelés – történhet. A tevékenységek közös jellemzője, hogy a termékek elsődleges csomagolását – veszélyes áru esetében az ADR-minősített csomagolást – a végzett tevékenység során nem bontják meg.

A logisztikai központok és raktárak tűzvédelmére az Országos Tűzvédelmi Szabályzatról szóló 54/2014. (XII. 5.) BM rendelet (OTSZ) szigorú előírásokat határoz meg. Az épület tűzállósági fokozatát a benne tárolt anyagok alapján kell meghatározni, szükséges továbbá a megfelelő tűzszakaszok kialakítása tűzgátló falakkal, ajtókkal és födémekkel. Az éghető és veszélyes anyagokat elkülönítve, a tárolási magasság és mennyiség korlátozásával kell raktározni, valamint biztosítani kell a megfelelő távolságokat a gyors beavatkozás érdekében. A raktárcsarnok méretétől és a tárolt árutól függően a jogszabály további tűzvédelmi berendezések – tűzjelző, automata tűzoltó berendezés, hő- és füstelvezető rendszer – létesítését írja elő. Ezek a megoldások hozzájárulnak a tüzesetek korai észleléséhez, az azonnali beavatkozás megkezdéséhez és a tűzterjedés megakadályozásához, ezáltal minimalizálva a károkat és a következményeket. Megítélésünk szerint az OTSZ és az egyéb jogszabályok hiányossága, hogy nem fogalmaznak meg követelményeket az esetlegesen keletkező szennyezett oltóvíz felfogására. Számos esetben a tervezők nem számolnak ezzel a tényezővel, így az üzemeltetés megkezdésekor, az építési fázis lezárását követően, utólag kell kialakítani a megfelelő megoldást. Tapasztalataink alapján ez a megközelítés bonyolultabb, mint ha már az építési fázisban gondoskodnának a megfelelő rendszer kiépítéséről.

Tapasztalataink szerint a veszélyes áru tárolása és a logisztikai központok üzemeltetése elsősorban az üzemeltetők belső előírásai alapján történik. Habár a munkavédelmi és tűzvédelmi jogszabályok tartalmazznak előírásokat a veszélyes áruk tárolására, ezek meglehetősen általánosak. Megítélésünk szerint a biztonságos üzemeltetés érdekében elengedhetetlen a veszélyes áruk tárolására vonatkozó alábbi területek szabályozása:

- veszélyes áru átvétele: a csomagolás és a jelölés ellenőrzése, sérült termék kezelése;
- raktározási rend kialakítása az együtt tárolási feltételek figyelembevételével;

- a betárolt veszélyes áru ellenőrzésére vonatkozó szabályok;
- a veszélyes áru kiadása: a csomagolás és a jelölés ellenőrzése, sérült termék kezelése.

A 219/2011. (X. 20.) Korm. rendelet hatálya alá tartozó logisztikai központok esetében az irányítási rendszer keretei között a szabályozás megvalósul.

A logisztikai központok által okozott veszélyeztetés megítélésében a fentiekben részletezett sajátosságok meghatározó szerepet játszanak. A veszélyes tevékenységből származó kockázat csökkentése érdekében már a tervezési fázisban kiemelten fontos figyelembe venni a veszélyes áruk tárolásának szempontjait, ideértve a megfelelő védelmi infrastruktúra – tűzvédelmi berendezések, szennyezett oltóvíz kezelése – megtervezését. Ebben az esetben a veszélyes anyagok tárolásából eredő veszélyeztetés valójában elhanyagolhatóvá válik, éppen a fent felsorolt egyedi jellemzőknek köszönhetően.

A logisztikai raktárakban előforduló veszélyes anyagokkal kapcsolatos baleseti eseménysorok azonosítása és következményeik elemzése

A baleseti eseménysorok azonosítása

Napjainkban számos logisztikai központ veszélyes üzemként működik, ami azt jelenti, hogy a tárolt veszélyes anyagok mennyisége elérheti vagy meghaladhatja a 219/2011. (X. 20.) Korm. rendelet 1. mellékletében meghatározott küszöbértéket. A veszélyes üzemként működő logisztikai központoknak a veszélyes tevékenység engedélyeztetése érdekében biztonsági jelentést vagy biztonsági elemzést kellett készíteniük. E két dokumentáció közös eleme a veszélyelemzés, amelynek során a logisztikai központoknak azonosítaniuk kellett a lehetséges baleseti eseménysorokat, meghatározniuk azok bekövetkezési valószínűségét, valamint modellezniük kellett a lehetséges következményeket. Az iparbiztonsági hatóság a kockázatelemzés eredményét a 219/2011. (X. 20.) Korm. rendeletben meghatározott kritériumokkal összevetve döntött a veszélyes tevékenység engedélyezéséről.

A logisztikai központoknál esetlegesen bekövetkező veszélyesanyag-kibocsátással járó súlyos baleseti eseménysorok azonosításához az úgynevezett RIVM¹² szakirodalom szolgáltató elemzési eljárást és módszertant. Az útmutató a logisztikai központokban az alábbi súlyos baleseti eseménysorok figyelembevételét javasolja:

- toxikus szilárd anyagok csomagolásának sérülése és diszperziója;
- toxikus folyadékok csomagolásának sérülése és a tócsa párolgása;
- tűzképződés a raktárban, toxikus égéstermékek keletkezése, terjedése;
- tűzképződés a raktárban, az el nem égett toxikus anyagok levegőbe jutása.

¹² National Institute of Public Health and the Environment 2009.

Véleményünk szerint a fent említett, RIVM szerinti baleseti eseménysorok csak részben fedik le a logisztikai központok üzemelésével kapcsolatos kockázatokat. Zárt épületen belül bekövetkező egységcsomagolás-sérülés várhatóan nem jelent komoly veszélyeztetést, azonban a kapcsolódó eseménysorok mennyiségi kockázatelemzés alóli kizárásához szakmai indoklás szükséges. A részletes vizsgálatnak ki kell terjednie az áruátvétel, az anyagmozgatás, a tárolás, az ideiglenes tárolás (beszállítást követő, illetve kiszállítás előtti átmeneti tárolás), valamint az áru kiadásának folyamataira is.

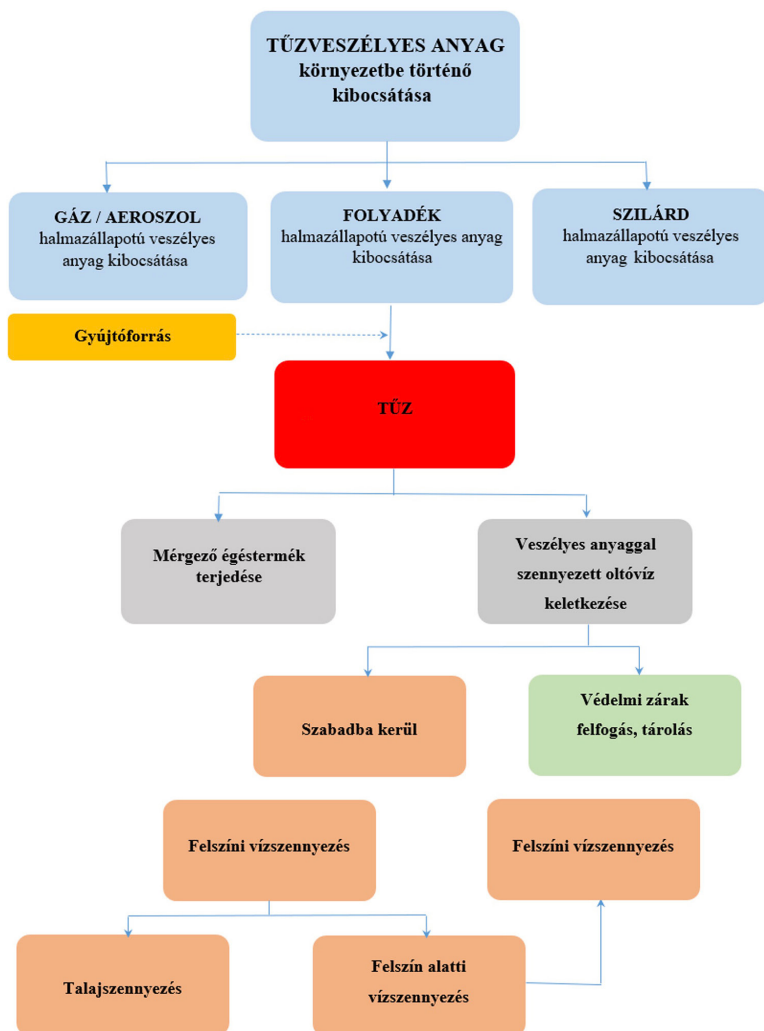
A logisztikai központok kockázatelemzésénél releváns eseménysor a raktártűz következtében szabadba kerülő toxikus anyagok és az égéstermékek keletkezésének hatása.¹³ A fent említett baleseti eseménysorokon túlmenően megítélésünk szerint indokolt a környezeti veszélyeztetés vizsgálata is, különös tekintettel a raktártűz során keletkező szennyezett oltóvíz terjedésére.

Az alábbiakban a releváns baleseti eseménysor elemzésének módszertanát mutatjuk be.

Raktártűz, mérgező égéstermék keletkezése

A raktártűz kialakulásának feltétele a tűzveszélyes anyag, a megfelelő koncentrációjú oxigén és a gyújtáshoz szükséges energia térben és időben történő együttes jelenléte. A tűzveszélyes anyag szabadba kerülésének következményeit az 1. ábra foglalja össze.

¹³ CIMER-SZAKÁL 2015.



1. ábra: A tűzveszélyes anyag szabadba kerülésének következményei
Forrás: a szerzők szerkesztése

A kiemelt kockázatot jelentő létesítményekkel és a speciális veszélyforrásokkal, mint például a logisztikai raktárakkal kapcsolatos esetlegesen bekövetkező jelentős tüzesetekre külön fel kell készülni.¹⁴ A tűzvédelmi tervezés egyik fontos eleme a helyi tűzoltó erők vonulási ideje, mivel ezen a ponton kapcsolódik a megelőző és mentő tűzvédelem a leginkább meghatározó módon.¹⁵ A tűz bekövetkezésének kockázatát

¹⁴ VARGA 2018b.

¹⁵ VARGA 2018a.

növelő hatások közé tartoznak a gyújtóforrások, valamint az egyes vegyi anyagok egymással való veszélyes kölcsönhatásainak lehetősége.¹⁶

A logisztikai központokban előforduló tüzek megelőzésének egyik fontos eszköze a tűzjelző rendszerek kialakítása és üzemeltetése, amelyek a tűzoltó rendszerekkel együtt betöltik rendeltetésüket. A vagyonvédelmi rendszerek is a helyszíni fizikai védelmi rendszer részét képezik.¹⁷

Raktártűz esetén a hőszugárzás hatása miatt elsősorban a műanyag tárolóedények sérülhetnek, aminek következményeként mérgező égéstermékek kerülhetnek a szabadba. Az égés során keletkező leginkább veszélyes gázok a foszgén, a hidrogén-cianid, a nitrogén-oxid, a kén-dioxid, a szén-dioxid és a szén-monoxid. Továbbá a magas hőmérsékleti körülmények között szabadba kerülő mérgező anyagok gyorsabban párolognak, így azok emberi egészséget károsító következményei súlyosabb mérgező hatást fejthetnek ki, mint a normál tárolási körülmények között történt veszélyesanyag-kibocsátás.

Nemzetközi szinten leginkább elterjedt módszertani útmutató a logisztikai raktárbázisokban végzendő mennyiségi kockázatelemzéshez használatos PGS 15¹⁸ volt, amelynek hatálya alá tartoztak a – közúti veszélyesáru-szállítási ENSZ EGB-szabályozás (ADR) által meghatározott – csomagolt növényvédő szert és veszélyes anyagot raktározó logisztikai és kereskedelmi raktárak esetében alkalmazandó előírások. Az útmutató alkalmazásának szakmai alapjául a tűzmelegelőzési létesítési és használati előírások szolgáltak. Az útmutató szerint amennyiben kiterjedt raktártűz alakul ki, az égés során keletkezett veszélyes anyagokban gyakran található arzén, kén, nitrogén, klór, fluor, továbbá brómatomokból mérgező égéstermékek, így arzén-oxid, kén-dioxid, nitrogén-dioxid, sósavgáz, hidrogén-fluorid vagy például hidrogén-bromid.

A raktártű hatásainak elemzése során a mérgező égéstermékekből álló felhő kikerülését, terjedését és az általa okozott mérgezési hatást kell meghatározni. A felhőt különböző mérgező gázok keverékeként kell értelmezni a kiindulási anyagösszetétel függvényében. A raktáráépületből kiáramló mérgező felhő hőmérsékletét a környezeti hőmérséklet és a raktár építményszerkezeteinek hűtő hatása befolyásolja. A veszélyes áruk logisztikai raktáraiban bekövetkező tüzek során keletkezett veszélyes szennyező anyagok többféle módon kerülhetnek ki és szennyezhetik a telephely környezetét.

Az Egyesült Királyságban alkalmazott és a Környezetvédelmi Ügynökség által kiadott útmutató¹⁹ alapján a veszélyes anyag az alábbi utakon kerülhet a környezetbe:

- a telephely csapadék- és csurgalékvíz-elvezető rendszerén keresztül közvetlenül;
- a veszélyes anyag közvetlenül a létesítmény környezetében lévő felszíni vízbe folyása vagy a talajvizet közvetlenül veszélyeztető talajba szivárgása útján;
- a szennyvízrendszeren vagy a szennyvízkezelő üzemén keresztül;
- a levegőben terjedve, például párolgás útján.

¹⁶ ÉRCES–VASS 2018.

¹⁷ TÓTH–TÓTH 2024.

¹⁸ Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment 2016: 73.

¹⁹ Environment Agency [é. n.]: 1.

A raktártűz eseménysorának és gyakoriságának meghatározásához a RIVM²⁰ szakirodalomban foglalt adat nyújt iránymutatást, ugyanakkor megítélésünk szerint az adat túl általános, adaptálni szükséges. A szakirodalomban egy $8,8 \times 10^{-4}$ /év gyakorisági érték szerepel, amely egy 1975 és 1987 között végzett holland felmérésen alapul. Ugyanakkor megítélésünk szerint ez az érték több szempontból is korlátozottan alkalmazható. Egyrészt a vizsgálat óta eltelt időszakban a raktárak építészeti kialakítása, az alkalmazott technológia, a tűzvédelmi rendszerek és a jogszabályi előírások jelentősen változtak, ami befolyásolhatja a tüzesetek gyakoriságát. Másrészt az eredeti felmérés földrajzilag Hollandiára korlátozódik, ezért nem feltétlenül tükrözi más országok – például Magyarország – sajátos ipari és logisztikai környezetét. Továbbá nem biztos, hogy a felmérés adatgyűjtési módszertana és az értékelési kritériumok megfelelnek a jelenlegi kockázatelemzési elveknek, különösen a modern veszélyesanyag-tárolási gyakorlatok tekintetében. Ezért indokolt az adat adaptálása az aktuális körülmények figyelembevételével.

Környezeti kockázat elemzése: szennyezett oltóvíz kezelése

Az Európai Környezetvédelmi Ügynökség 2010-es, *A természeti veszélyek és technológiai balesetek hatásainak feltérképezése Európában, az utolsó évtized értékelése* című jelentésében azt írja, hogy „az ökológiai rendszereket ért hatások közül a legsúlyosabb (mint azt a 2005-ben az Egyesült Királyságban bekövetkezett buncefieldi baleset is mutatja) volt a tűzoltási tevékenységből származó oltóvíz, amely hatékony felfogás nélkül a felszíni vagy a talajvizet szennyezi”.²¹

Környezetkárosító hatásait a szennyezett oltóvíz közép- és hosszú távon fejti ki. A terület kármentesítése jelentős erőfeszítéseket követel az üzemeltetőtől és a hatóságoktól egyaránt, különösen akkor, ha az már a felszíni vizekbe vagy a talaj rétegeibe beszivárgott. A nemzetközi dokumentumok egyértelműen rögzítik az üzemeltetők által végrehajtandó kárelhárítási feladatokat és annak műszaki követelményeit, többek között a szennyezett oltóvíz összegyűjtését, tárolását, tisztítását és a környezet mentesítését.²²

Az integrált szennyezés kialakulásának megelőzését szolgálják a 2014-ben készült és kiadott, *a Szennyvíz és szennyező gáz kezelése/a vegyipari irányítási rendszerek* című BAT referenciadokumentum irányelvei, amely ezen a téren az elérhető legjobb módszereket és technikákat ismerteti. Kimondja, hogy „a legtöbb esetben az elsődleges helyi (épületben elhelyezett) felfogórendszer elégséges a szennyezés megelőzésére. Ahol nincs helyi felfogórendszer, vagy a kockázatelemzés azt mutatja, hogy a több ezer köbméter szennyezett oltóvíz felfogása szükséges, ott vészhelyzeti tárolórendszert kell alkalmazni.”²³

²⁰ National Institute of Public Health and the Environment 2009.

²¹ European Environment Agency 2010: 116.

²² MEHARG 1994.

²³ JRC 2014: 46.

A fentiekből következik az a megállapítás, hogy az oltóvízszennyezés elkerülésének legjobb módszere a különböző védelmi műtárgyak, technikai eszközök (műszaki záruk), valamint az ezek kötelező alkalmazását elrendelő jogszabályi előírások, követelmények.

A veszélyes tevékenységekkel kapcsolatos kockázatok és következmények értékelése hozzájárul a társadalmilag elfogadott szintű veszélyeztetettség meghatározásához, valamint a veszélyes tevékenység környezetében lévő lakosság magas fokú biztonságához. Ez utóbbi követelmény a társadalom biztonságérzetét és társadalmi ellenálló képességét erősíti.²⁴

A szennyezett oltóvíz keletkezése lehetséges következményeinek elemzésére jogyakorlatként az eseményfa-elemzési módszert mutatjuk be. Az eseményfa-elemzés olyan – minőségi vagy mennyiségi – elemzési technika, amellyel azonosíthatók a kezdeti esemény bekövetkezésének lehetséges kimenetei, és amennyiben arra szükség van, bekövetkezési valószínűségei is. Az elemzési eljárás egy induktív módszer, amelynek alapkérdése: „mi történik, ha...?”²⁵

Az elemzés alapvetően két fő lépésből áll:

- A vizsgált rendszer üzemelésének – beleértve a védelmi zárat – részletes megismerése, valamint azok technológiai elemekre történő felbontása.
- A technológiai elemek lehetséges meghibásodásának feltárása, illetve a meghibásodás következményeinek elemzése.

Az eseményfa-elemzés kiválóan alkalmazható a veszélyes tevékenység tervezési fázisában, tekintettel arra, hogy a kezdeti esemény bekövetkezése utáni következmények azonosíthatók, így a védelmi záruk a tervezőasztalnál már meghatározhatók. Ahhoz, hogy a műszaki-biztonsági kialakítás teljes körű legyen, feltételezni kell – a valószínűségtől függetlenül – hogy minden azonosított eseménysor bekövetkezhet. A szennyezett oltóvíz szabadba kerülésének elemzésére nem szükséges részletes eseményfa-elemzés, ugyanis a valószínűségi értékek meghatározása jelen esetben indifferens. A lehetséges kimenetek három kategóriába sorolhatók:

- Lokális eseményként kezelendő kimenet során tényleges katasztrófális hatással vagy a környezet állapotában való tartós károsodással nem kell számolni.
- Jelentős hatással járó kimenet esetében katasztrófális hatás alakulhat ki, illetve a környezet állapotában tartós károsodás keletkezik, azonban országhatáron túli hatással nem kell számolni.
- Rendkívüli hatással járó kimenet során katasztrófális hatás alakulhat ki, illetve a környezet állapotában tartós károsodás is fennáll, amely országhatáron túli hatást is okozhat.²⁶

A lehetséges következmények háromféle eseményfa alapján vizsgálhatók:

1. Épületen belül keletkező szennyezett oltóvíz eseményfája: Amennyiben az oltóvíz az épületen belül marad, az ipari padlón keresztül átszivároghat. Ha nincs megfelelő vízzáró réteg kialakítva, a szennyezett oltóvíz a talajba kerülhet.

²⁴ BOGNÁR 2023.

²⁵ KÁTAI-URBÁN 2013.

²⁶ KÁTAI-URBÁN 2023.

A talaj típusától függően elérheti a talajvizet, majd annak útján akár felszíni vízfolyásokba is bejuthat.

2. Épületen kívülre kerülő szennyezett oltóvíz eseményfája: Ha az oltóvíz az épületen kívül keletkezik vagy oda kerül, a burkolt felületről a csapadékelvezető rendszeren keresztül távozhat. Védelmi záruk – beleértve a lokalizációs pontokat és a puffertárolót – hiányában a szennyezett oltóvíz az üzem területén kívüli befogadóba (jellemzően csapadékgyűjtő árokba) juthat, ahonnan bekerülhet a felszíni vízfolyásokba. A talaj típusától függően beszivároghat a talajvízbe, amelynek révén szintén felszíni vizekbe juthat.
3. Épületen kívül a talajra kerülő szennyezett oltóvíz eseményfája: Ha az oltóvíz közvetlenül a talajra kerül, a talaj típusától függően beszivároghat a talajvízbe, majd azon keresztül felszíni vízfolyásokba is eljuthat.²⁷

A fenti általános eseményfa alkalmazása a tervezési fázisban lehetőséget biztosít arra, hogy a logisztikai központ olyan módon épüljön meg, hogy a kialakított védelmi záruknak köszönhetően az eseménysor kizárható legyen a további vizsgálatok alól.

Következtetések

A logisztikai központok által jelentett veszélyek értékelése az egyedi sajátosságok miatt speciális módszertant igényel. A szakirodalmi összefoglaló és a szerzők saját tapasztalatai alapján az alábbi következtetések vonhatók le:

1. Számos logisztikai központot veszélyes üzemi kategóriába sorolnak, ami azt jelenti, hogy jelentős mennyiségű veszélyes anyagnak minősülő termék tárolása történik ezekben a létesítményekben.
2. A kockázatelemzés során a nemzetközi szakirodalom által javasolt baleseti eseménysorok lokális adaptálása elengedhetetlen, különös tekintettel a szennyezett oltóvíz kezelésére.
3. A baleseti eseménysorok közül a raktártűz és annak következményei – különösen a mérgező égéstermékek és a szennyezett oltóvíz keletkezése – tekinthetők relevánsnak. A raktártűzek gyakoriságára vonatkozó nemzetközi szakirodalomban szereplő értékeket szükséges adaptálni a helyi sajátosságok figyelembevételével, mivel a különböző országok eltérő építési szabványokkal, tűzvédelmi rendszerekkel és üzemeltetési gyakorlatokkal rendelkeznek.
4. Az oltóvízszennyezés megelőzésének egyik legfontosabb eleme az oltóvízfelfogó és -tároló létesítmények megfelelő tervezése és telepítése. A műszaki követelményeknek az európai térségben célszerűen egységes szintet kellene képviselniük. Ebben kiemelt szerepük van a tűzmelegelőzési előírásoknak, az üzemeltetői vízkárelhárítási intézkedéseknek. A jogszabályi előírások és az egységes műszaki normák segítenék a környezeti kockázatok minimalizálását.
5. A hazai iparbiztonsági felsőoktatásban, valamint az iparbiztonsági tevékenységi területeken a képzeteknek ki kell terjedniük az ipari környezetszennyezés

²⁷ KÁTAI-URBÁN 2023.

megelőzésére is. Ennek célja, hogy a szakemberek megfelelő ismeretekkel rendelkezzenek a veszélyes anyagokkal kapcsolatos balesetek kezeléséről és a megelőző intézkedések kidolgozásáról.²⁸

Felhasznált irodalom

- BAKAI Kristóf Péter (2022): Tudás a hatékony szervezet működéséért, avagy a Belügyi Szemle jelentősége a magyar vámhatóság hatékonyságának biztosításában. *Belügyi Szemle*, 70(11), 2165–2169. Online: <https://doi.org/10.38146/BSZ.2022.11.1>
- BOGNÁR, Balázs (2023): Social Resilience „Security Is What We Do!”. *Védelem Tudomány*, 8(2), 49–64.
- CARTER, D. A. et al. (2003): Appropriate Risk Assessment Methods for Major Accident Establishments. *Process Safety and Environmental Protection*, 81(1), 12–18. Online: <https://doi.org/10.1205/095758203762851949>
- CIMER, Zsolt – SZAKÁL, Béla (2015): Control of Major-Accidents Involving Dangerous Substances Relating to Combined Terminals. *Science for Population Protection*, 7(1), 1–11.
- DUIJM, N. J. (2009): Safety-Barrier Diagrams as a Safety Management Tool. *Reliability Engineering & System Safety*, 94(2), 332–341. Online: <https://doi.org/10.1016/j.res.2008.03.031>
- Environment Agency [é. n.]: *Managing Fire Water and Major Spillages: PPG18*. Online: <https://www.netregs.org.uk/media/1674/ppg-18.pdf>
- ÉRCES Gergő – VASS Gyula (2018): Veszélyes ipari üzemek tűzvédelme ipari üzemek fenntartható tűzbiztonságának fejlesztési lehetőségei a komplex tűzvédelem tekintetében. *Műszaki Katonai Közlöny*, 28(4), 2–22.
- European Environment Agency (2010): *Mapping the Impacts of Natural Hazards and Technological Accidents in Europe. An Overview of the Last Decade*. Publications Office. Online: <https://doi.org/10.2800/62638>
- FARKAS Tibor (2016): A katasztrófavédelmi és válságkezelési tevékenységek általános elemzése az irányítás és az infokommunikációs támogatás tükrében. *Hadmérnök*, 11(3), 135–148.
- FÖLDI László – PADÁNYI József (2021): Környezetbiztonsági kihívások a haderők számára. In GÖCZE István (szerk.): *Az egyházak és a katonai erők előtt álló kihívások, az együttműködés lehetőségei*. Budapest: Magyarországi Egyházak Ökumenikus Tanácsa, 49–60.
- JRC (2014): *Common Waste Water and Waste Gas Treatment/Management Systems in the Chemical Sector*. Online: https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/sites/default/files/2020-03/superseded_cww_bref_0203.pdf
- KÁTAI-URBÁN Lajos szerk. (2013): *Iparbiztonságtan I. Kézikönyv az iparbiztonsági üzemeltetők és hatósági feladatok ellátásához*. Budapest: Nemzeti Közszerzői és Tankönyv Kiadó Zrt.

²⁸ VASS 2017.

- KÁTAI-URBÁN, Maxim et al. (2023): Identification Methodology for Chemical Warehouses Dealing with Flammable Substances Capable of Causing Firewater Pollution. *Fire*, 6(9), 345. Online: <https://doi.org/10.3390/fire6090345>
- KÁTAI-URBÁN Maxim et al. (2024): Veszélyes áru raktározás oltóvízszennyezéssel kapcsolatos tűzvédelmi követelményeinek értékelése. *Polgári Védelmi Szemle*, 16(különszám), 312–323.
- MEHARG, Andrew A. (1994): Industrial Accidents Involving Release of Chemicals Into the Environment: Ecotoxicology. *Environmental Technology*, 15(11), 1041–1050. Online: <https://doi.org/10.1080/09593339409385512>
- Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment (2016): *PGS 15. Opslag van verpakte gevaarlijke stoffen*. Hague: VROM. Online: https://content.publlicatiereeksgevaarlijkestoffen.nl/documents/PGS15/PGS_15_2016_versie_1_0_sept_2016_definitief.pdf
- NAGY Rudolf (2023): A munkahelyi kémiai ártalmak és az iparbiztonság. *Polgári Védelmi Szemle*, 15(19), 261–279.
- National Institute of Public Health and the Environment (2009): *Reference Manual Bevi Risk Assessments*. The Hague. Online: http://infonorma.gencat.cat/pdf/AG_AQR_2_Bevi_V3_2_01-07-2009.pdf
- TIXIER, Jerome et al. (2002): Review of 62 Risk Analysis Methodologies of Industrial Plants. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 15(4), 291–303. Online: [https://doi.org/10.1016/S0950-4230\(02\)00008-6](https://doi.org/10.1016/S0950-4230(02)00008-6)
- TÓTH Attila – TÓTH Levente (2024): Videóalapú tűzérzékelés. *Hadmérnök*, 19(2), 77–86. Online: <https://doi.org/10.32567/hm.2024.2.6>
- VARGA Ferenc (2018a): A mentő tűzvédelem optimális diszlokációjának területi és szervezeti szintű kidolgozása, a meghatározó szempontok elemzése. *Műszaki Katonai Közlöny*, 28(3), 15–40.
- VARGA, Ferenc (2018b): Internationale Erfahrungen der freiwilligen Feuerwehren. *Hadmérnök*, 13(KÖFOP-különszám), 160–176.
- VASS, Gyula (2017): Industrial Safety Training in Disaster Management Higher Education in Hungary. *Pozhary i Chrezvychnye Situacii: Predotvrashenie Likvidacia*, 8(2), 80–84. Online: <https://doi.org/10.25257/FE.2017.2.80-84>

Jogi források

- ADR – Agreement Concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road 219/2011. (X. 20.) Korm. rendelet a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek elleni védekezésről
- 54/2014. (XII. 5.) BM rendelet az Országos Tűzvédelmi Szabályzatról