

## MÉRNÖKI MÓDSZEREK SZEREPE A FELSZÍNI ALATTI VASÚTVONALAK TŰZVÉDELMI HELYZETÉNEK ALAKULÁSÁBAN

### THE ROLE OF METHODS OF METHODS IN THE FIELD OF FIRE PROTECTION OF SURFACE FLANGE LINES

ÉRCES Gergő; KOMJÁTHY László

(ORCID: 0000-0002-4464-4604); (ORCID: 0000-0003-3167-692X)

[erces.gergo@uni-nke.hu](mailto:erces.gergo@uni-nke.hu); [komjathy.laszlo@uni-nke.hu](mailto:komjathy.laszlo@uni-nke.hu)

#### Absztrakt

A felszín alatti vasútvonalak (metró) működtetése során előforduló balesetek, tüzesetek kockázatának mérséklése speciális műszaki megoldásokat, folyamatos műszaki fejlesztéseket igényelnek az üzemeltetők részéről. A szerzők ismertetik az eddig történt legnagyobb kárt és emberéletet követelő metróbaleseteket, ezek mérséklésére szolgáló új biztonsági berendezéseket, fejlesztéseket itthon és külföldön egyaránt. A földalatti közlekedés nagyobb biztonságra való törekvését hogyan befolyásolja a szándékosan elkövetett műszaki meghibásodás, robbantás, vagyis terrorcselekmény? Mit tehetünk, hogyan védekezhetünk ilyen esetekben?

**Kulcsszavak:** metróbaleset, tűz, robbantás, műszaki megoldások

#### Abstract

The reduction of the risk of accidents and fires occurring during the operation of underground railways (subways) requires special technical solutions, continuous technical improvements from operators. The authors describe the most damaging and demanding lives subway damage that has happened so far, and presented the new security equipment and improvements to reduce them both at home and abroad. How does the intrinsic technical failure, explosion, terrorist act affect the intent of underground traffic for greater security? What can we do to protect ourselves in such cases?

**Keywords:** metro accident, fire, blasting, technical solutions

A kézirat benyújtásának dátuma (Date of the submission): 2018.03.26.  
A kézirat elfogadásának dátuma (Date of the acceptance): 2018.12.03.

## BEVEZETÉS

A felszín alatti vasútvonalak a biztonságos szabadtérhez képest történő elhelyezkedése, különleges hosszanti irányú, alagút térbeli kialakítása miatt tűzvédelmi szempontból speciális építmények.[1] A felszín alatti elhelyezkedés, az egy négyzetméterre jutó rendkívül magas létszám (utaslétszám: 4 fő/m<sup>2</sup> csúcsidőben), továbbá a létszámhoz viszonyított szűk kialakítás miatt tűzvédelmi szempontból, mind a tűz megelőzési-, mind tűzoltó beavatkozási szempontból potenciálisan kockázatos létesítményként kell tekinteni a felszín alatti vasútvonalakra. A kockázatok mérséklése érdekében korszerű műszaki megoldások állnak rendelkezésre, amelyek segítségével biztosítható az utasok menekítése és a hatékony tűzoltói beavatkozás.

## FELSZÍN ALATTI VASÚTVONALON KELETKEZETT TŰZESETEK

A 2014-es halálos áldozatokat követelő moszkvai metró baleset estében a kisiklott szerelvény az alagútban rekedt, a keletkezett füsttől a menekülési képesség jelentős mértékben csökkent, 20 ember esetében lehetetlenné vált, így ők az alagútban rekedtek.[2] Az egyik legtöbb, 155 halálos áldozattal járó felszín alatti vasút tűz 2000. november 11-én történt az ausztriai Kaprunban. A tragédiát elsősorban itt az a helyzet okozta, hogy a földalatti gleccser síkló a szabadtéri bejáratától 600 méterre az alagútban rekedt a vészhelyzeti automatika tiltására, viszont a szerelvény nem volt ellátva vésznyitó szerkezettel.[3] A történelem legsúlyosabb és legtöbb halálos áldozattal járó metró katasztrófája 1995. október 28-án az azerbajdzsáni Bakuban történt. A baleset során az elektromos rendszer műszaki meghibásodásából adódóan tűz keletkezett, a szerelvény két állomás között az alagútban rekedt. A csapdába esett utasok közül 289-en életüket veszítették, a legtöbben szén-monoxid mérgezésben,[4] 265 utas pedig megsérült.

A hazai felszín alatti vasútvonalakban, az első metróvonal megépítése óta történt balesetek közül, tűzvédelmi szempontból a 2011. április 19-én, az észak-déli metróvonal Árpád híd – Forgách utca közötti szakaszán történt tüzeset volt az eddigi legkomolyabb esemény, amely szerencsés módon halálos áldozatokat nem követelt. Valamennyi külföldi és hazai eset közül látható, hogy egy nagyon hasonló probléma köré csoportosulnak az események.



1. kép baleset az észak-déli vonalon

A szerelvények minden esetben két, a biztonságos felszíni szabadtérrel összekötetésben álló állomás között a szűk és hosszú alagútban rekedtek, ahol a felszabaduló égéstermékek, por miatt az utasok menekülő képessége jelentős lecsökkent, vagy megszűnt. Minden esetben az égő szerelvény térbeli elhelyezkedése jelentős nehézséget okozott a tűzoltói beavatkozás szempontjából.

A fentiek alapján egyértelműen megállapítható, hogy egy rendkívül összetett problémával kell szembenézni a megfelelő biztonságot nyújtó megoldás elérése érdekében. A problémát okozó tényezők:

- nagy létszám, több száz fő kis alapterületen helyezkedik el (4fő/m<sup>2</sup>)
- biztonságos felszíni szabadtérhez képest felszín alatti elhelyezkedés
- a biztonságos szabadtérrel szintáthidalással összeköttetésben álló állomásokat összekötő szűk, hosszanti irányú alagútrendszer
- a térbeli elhelyezkedés miatt az utasok menekülő képességének csökkenése, szélsőséges esetben hiánya
- a térbeli kialakítás miatt tűzoltói beavatkozás idejének megnövekedése, szélsőséges esetben az érdemi beavatkozás végrehajtásának hiánya.

## RENDELKEZÉSRE ÁLLÓ HAZAI KIALAKÍTÁS TULAJDONSÁGAI

A fenti eseteknél a balesetek kialakulásában műszaki meghibásodás, emberi mulasztás okozta a tragédiákat. A szerencsétlenségekből okulva az eseményeket követően mindig fejlettebb műszaki megoldásokkal próbálják növelni a biztonságot a felszín alatti közlekedésben.



2. kép Terrortámadás Madridban

Ezt a tendenciát, a preventív szemléletet követte a hazánkban legújabb, 2014-ben átadott budapesti 4-es metró vonal is, amely olyan biztonsági megoldásokkal bír, amelyek jelentős mértékben növelik a felszín alatti közlekedés biztonságát. A teljesség igénye nélkül a szerelvény esetleges alagútban történő rekedése során az utasok részére egy menekülő járda került létesítésre, amely végigvezet az alagútrendszeren párhuzamosan a sínekkel. A kedvezőtlen hosszanti irányú felszín alatti térbeli kialakítás ellensúlyozására a tűzgátló módon elválasztott alagútpárt maximum 300 méterenként összekötő alagútszakaszok csatolják egymáshoz, olyan módon, hogy bármely alagút tűz esetén a szomszédos alagút átmeneti védett teret képez.

A 4-es metró rendelkezik beépített automatikus tűzjelző- és tűzoltó rendszerrel, továbbá hő- és füstelvezetéssel. A szerelvény kialakítása során ügyeltek a beépített anyagok, burkolatok, kárpitok lángmentesítésére. A szerelvény biztonsági automatikája pedig az állomásra vezérli az esetleg égő szerelvényt. Az metróhálózatban kiépített tűzivíz rendszer, és a kommunikációt elősegítő EDR rádió lefedettség biztosítja a hatékony beavatkozás megvalósítását. A fentiekben túl még számos biztonsági rendszer és intézkedés segíti a modern felszín alatti közlekedés biztonságát.[5] A fentiek alapján látható, hogy az extrém körülmények ellenére is tűzvédelmi szempontból jelentős mértékben fejlődött a felszín alatti közlekedés biztonsága, léteznek olyan tűzvédelmi műszaki megoldások, amelyek hatására a példaként felsorolt események ma már

megelőzhetőek, vagy bekövetkezésük esetén az elhalálozás valószínűsége jelentős mértékben csökken.

## **A FELSZÍN ALATTI VASÚTVONALAKBAN TÖRTÉNT TERRORCSELEKMÉNYEK**

A XXI. század elejére az ugrásszerű technikai fejlődésnek köszönhetően, a tapasztalt balesetek vizsgálatainak eredményeként az új létesítésű, vagy felújított felszín alatti vasútvonalak biztonsága folyamatosan javul. A század elejére azonban egy új potenciális kockázati forrással kell számolnunk, amelyet terrorizmus jelent. A terrortámadásokra a 2000-es évektől 2015-ig a bombatámadás, robbantással járó cselekmény volt a jellemző, amely hosszadalmas és tervszerű előkészületekkel járt, és a lehető legtöbb emberáldozatot tűzte ki célul, hogy felhívja a világ figyelmét, és rettegést szüljön. A fenti cél elérése érdekében tökéletes célpontként szolgálnak a tömegközlekedési eszközök, amelyeken csúcsforgalomban több ezer ember fordul meg nagyon rövid idő alatt, és amelyek közül sajátos kialakítása miatt különösen nagy kockázatot jelent a felszín alatti vasútvonal.

Spanyolország fővárosában Madridban 2004. március 11-én 4 szerelvényen történt 10 robbanás. Minden szerelvény egy azonos vonalon haladt, azonos irányba az Alcalá de Henares és Madrid Atocha állomás között. Az esemény során 191 ember veszítette életét, és hatalmas anyagi kár keletkezett. Az áldozatok száma magasabb volt az addig történt összes spanyol terrortámadásban elhunytak számánál, amelyben jelentős szerepet játszott a helyszín is.[6]

Egy évvel később 2005. július 7-én az Egyesült Királyság fővárosában, Londonban történt robbantás-sorozat, amelyet koordinált öngyilkos merényletek keretében követtek el a terroristák. A robbantásokat a madridi terrortámadáshoz hasonlóan, a lehető legnagyobb áldozat elérése miatt a metrórendszerben követték el a reggeli csúcsforgalom idején. Az elkövetőkkel együtt összesen 56 ember lelte halálát és kb. 700 személy sérült meg a terrorcselekmény következtében.[6] A mindössze egy héttel a hazai legnagyobb felszín alatti vasútvonalon keletkezett tüzesetet megelőzően a fehéroroszországi Minszk metrórendszerében 2011. április 11-én hajtottak végre 14 halálos áldozattal és több, mint 200 sebesülten járó terrortámadást.[7]

A fenti néhány példából is jól szemléltethető, hogy a különleges térbeli kialakítás miatt egy megfelelő időben elkövetett terrorcselekmény hatására nagyszámú halálos áldozattal és kb. az elhunytak számának tízszeresét kitevő különböző mértékű sebesülten kell számolni. Napjainkra az emelkedő terrorfenyegetettség hatására a speciális, nehezen beszerezhető összetevőket igénylő robbanóanyagok, bombák készítése a fokozott hatósági ellenőrzések miatt visszaszorult. A napjainkban Párizsban, Nizzában vagy Berlinben történt terrorcselekményeket egyszerű eszközökkel hajtották végre az elkövetők, amely várhatóan egy követendő tendenciává válik a jövőben is. Az egyszerű, kontrollálatlanul beszerezhető, felhasználható eszközök, alapanyagok könnyedén alkalmazható fegyverré válhatnak a terroristák kezében. Az egyszerűségük miatt azonban a halálos áldozatok száma nem ér majd el akkora számot, mint a 2000-es években. A terroristák ezért nagy forgalmú, sok embert befogadó zárt tereket választanak helyszíneként, ahol az 1 m<sup>2</sup>-re jutó potenciális áldozatok számát maximalizálhatják. Erre tökéletes helyszíneként szolgálhat bármely felszín alatti vasútvonalrendszer.[8]

## **A TERRORCSELEKMÉNYEK HATÁSA A FELSZÍN ALATTI VASÚTVONALAK TŰZVÉDELMI HELYZETÉRE**

A terrortámadások csoportosításával többféle merényletípust különböztethetünk meg, amelyek közül azt a típust vizsgálom a továbbiakban, amely végkimenetele tüzesettel jár. Ilyenek például a robbantásos merényletek, amelyek során a detonáció, vagy deflagrácihatására tűz keletkezik.





3. kép Terrortámadás Berlinben 2016.

Másik altípus esetében szándékos tűzokozást kell számításba venni, amely során jellemzően valamilyen égésgyorsító anyagot (pl.: benzint, higítót, gyújtó folyadékot) iniciálnak az elkövetők. A harmadik altípus az ütközésből, szerelvény kisiklásából adódó mechanikai kölcsönhatásból származó szikrák, vagy súrlódás által keletkezik tűz. Végül a negyedik altípus az elektromos energia gyújtóhatásának kihasználása, amely kézenfekvő módon áll rendelkezésre a metrórendszerekben és amellyel könnyedén okozhatnak tüzet az elkövetők. Természetesen számolnunk kell a fenti altípusok vegyes, kombinált alkalmazására is. A terroristák szempontjából, a fenti esetekben az a cél, hogy tüzesethez vezessen a merénylet, azért, hogy a zárt, szűk, felszínalatti terekben a tüzesetben felszabaduló hő és mérgező égéstermékek a lehető legtöbb áldozatot szedjék.

Az égési reakcióval járó merénylet típus altípusai:

- detonáció, deflagráció
- szándékos tűzokozás (jellemzően égésgyorsító anyaggal)
- mechanikai kölcsönhatás, súrlódás, ütközés
- elektromos energia gyújtóhatása szabotázs akcióval.

A potenciális tűzhelyszínek vizsgálata során két területet kell megkülönböztetnünk:

- állomás területe
- alagút területe

A várható legnagyobb létszámmal az állomások területén kell számolnunk, ahol csúcsforgalomban két különböző irányba haladó szerelvény egyidejű érkezése esetén egy szerelvény maximális befogadóképességére vetítve akár 4-szeres létszám jelentkezik. Ez a létszám azonban a létszámsűrűség tekintetében nem éri el az  $4\text{ fő}/\text{m}^2$ -t, csúcsidőben is max.  $2\text{ fő}/\text{m}^2$ , az állomások táguló térbeli kialakítása miatt, amelyben az emberek dinamikus mozgást is végeznek.

A fentiek miatt egy terrortámadás eredményességének szempontjából az alagút területén, a szerelvényben történő merénylet hatására várható a legtöbb halálos áldozat, mert:

- A szerelvényen csúcsforgalomban a legnagyobb,  $4\text{ fő}/\text{m}^2$  a létszámsűrűség
- Az utasok menekülő képessége az alagútban a legkisebb
- Az égési folyamat során felszabaduló hő és mérgező égéstermékek hatása az alagútban a legnagyobb
- A mentés, tűzoltói beavatkozás megvalósítása az alagútban a legnehezebb.

## **A TŰZVÉDELMI HELYZET EGYENSÚLYA**

A komplex tűzvédelemben, a fenti körülmények hatására, az építmény – ember – tűz paraméterek egymásra hatásának térbeli elhelyezkedése olyan kritikus kockázatú tűzvédelmi helyzetet okoz a metrórendszert tekintve, amelyek jelentős mértékben csökkentik az építmény tűzbiztonságát, azáltal, hogy nem egyensúlyi tűzvédelmi helyzetek alakulnak ki. A megfelelő, jogszabályi követelményeket és építészeti igényeket kielégítő tűzbiztonság kialakítása a tűzvédelmi helyzet egyensúlyi állapotától függ, amely megvalósítását stabil és instabil egyensúlyi helyzettel hozhatjuk létre. Igazolható, hogy a felszín alatti vasútvonal extrém állapotokra tervezett kialakítása érdekében a stabil tűzvédelmi egyensúlyi állapot létrehozása a legcélszerűbb és legkorszerűbb megoldás. A matematikai értelemben vett Nash egyensúlyban lévő rendszerek tűzvédelmi helyzete egyensúlyt képez, amely azonban két értéket vehet fel: instabil és stabil egyensúlyi állapotot. Az instabil egyensúlyi állapotban a védelem alapvetően az aktív védelmi rendszereken, elsősorban a beépített automatikus tűzoltó berendezésekre épül. Az instabilitást az épület – ember – tűz kölcsönhatáson alapuló érzékeny kölcsönhatás-rendszer okozza. Az aktív rendszerekre épülő védelem esetében jellemző a tűzterjedés elleni védelem passzív eszközeinek hiánya, a nagyméretű tűzszakaszok kialakítása, és a tűzterjedés elleni védelem szintén oltóberendezéssel történő kialakítása. Az épület – ember – tűz kölcsönhatásban a leggyengébb láncszem az emberi tényező. Az aktív rendszerek működőképessége pedig jelentősen függ az emberi tényező szerepétől, amely hosszútávon instabillá teheti a tűzvédelmi helyzetet. A berendezések felülvizsgálata, karbantartása emberi tényezőn alapul, a működőképesség pedig nagyon összetett műszaki megoldások összessége, amelyben a hibafaktor valószínűsége nagyobb, mint egy passzív rendszer esetében. Természetesen megfelelő működés esetén a védelem 100 %-os biztonságot nyújt, egyensúlyban van a tűzvédelmi helyzet, azonban a fentiek miatt csak instabil egyensúlyi állapotban.[9]

Hasonló eredményt mutat a tűzoltási felvonulási terület kontra megfelelően kialakított tűzoltási felvonulási terület nélkül létesített épület esete. Amennyiben a biztonság egyik komponensét a magasból mentés biztosítja, úgy az emberi tényező miatt instabil a tűzvédelmi helyzet egyensúlya: a mentés sikeressége a beavatkozó állomány és a mentendő személy(ek) képességein [10] (felkészültség, lelki állapot, stb.), továbbá a tűzoltási felvonulási terület helyzetén (pl.: parkolnak-e rajta, szabadon van-e hagyva) múlik. Ezzel szemben a vonatkozó követelmények betartásával, a megfelelő módon, tűzoltási felvonulási terület nélkül létesített épület esetében az emberi tényezőtől fakadó kockázat lényegesen csökken, a beavatkozás biztonsága jelentős mértékben nő, így hosszútávon fenntartható stabil egyensúlyi állapot valósítható meg. Passzív tűzvédelmi rendszerek nagyobb mértékű alkalmazása esetében stabil egyensúlyi állapotról beszélhetünk, mert biztosak lehetünk abban, hogy adott térbeli kialakítás esetén, a meghatározott épített szerkezetekkel védett tűzszakasz, mint tűzeseti egység merül csak fel problémaként. Természetesen egyéb aktív, pl. oltóberendezés megléte nélkül feltételeznünk kell, hogy az adott tűzszakasz teljes mértékben leég, azonban a használat tervezhetősége miatt a menekítés, tűzoltói beavatkozás, megfelelő szerkezetvédelem kialakítható, tehát egy stabil egyensúlyi állapot hozható létre a tűzvédelmi helyzetben, amely hosszútávon fenntartható.

## **INNOVATÍV MÉRNÖKI MÓDSZEREK HATÁSA A TŰZVÉDELMI HELYZET EGYENSÚLYI KIALAKÍTÁSÁBAN**

A fentiek alapján stabil egyensúlyi helyzet innovatív mérnöki módszerekkel tervezhető az új létesítésű és a felújítandó felszín alatti vasútvonalakon egyaránt. A tervezés során három alapvető területet kell vizsgálni:

- metró alagút tűzvédelmi helyzete – statikus rendszer (beépített tűzvédelmi rendszerek)

- metró szerelvény tűzvédelmi helyzete – statikus és dinamikus rendszer
- menekítés, tűzoltói beavatkozás helyzete – dinamikus rendszer

A metró alagút tekintetében kiválasztható az a kritikus helyszín, ahol a terrortámadás során az alagútszakaszban ragadt szerelvény potenciálisan a legkockázatosabb állapotban van. A kritikus helyszín kiválasztásával modellezhető a szerelvényben keletkezett tüzeset, amely zárt téri égés folyamata szempontjából egy rendszer a rendszerben (zárt tér a zárt térben) a térbeli elhelyezkedés miatt. Alapvetően égési folyamattal közvetlenül az elkövető közvetlen környezetében kell számolnunk az alagútban megjelenő égési reakció a szerelvényből indul ki. A különleges helyszín miatt a hazai tűzvédelmi szabályozás speciális követelményeket támaszt a felszín alatti vasútvonalakkal kapcsolatban. Ezen felül szükséges a minél korábbi észlelés, a lehető legtöbb információgyűjtés és továbbítás, a hőmérsékletek maximalizálása, a tűzterjedés korlátozása, megakadályozása, a hő- és füstelvezetés megfelelő és variábilis (alagút mindkét irányából változtathatóan állítható) megvalósítása, a menekülés és a lehető legbiztonságosabb tűzoltói beavatkozás végrehajtása érdekében. [11] A tűzvédelmi helyzetre kiható, fenti komponensek egyensúlyi helyzetét, különös tekintettel a meglévő, felújításra váró metróvonalak esetében finom összehangolással lehet beállítani. Ezt mérések, tűzmodellezés, hő- és füstterjedés szimulációk, menekülés szimulációk, kísérletek segítségével lehet megvalósítani. Valamennyi mérnöki módszer összehangolt eredménye, az innovatív mérnöki módszer adja az egyensúlyi helyzetet. A fenti módszer egyik úttörőjének számító svéd kutatók és a svéd tűzoltóság 2011. szeptemberében hajtott végre valós méretű égetési kísérletet a használaton kívüli Brunsberg alagútban, ahol felgyűjtottak egy szerelvényt és vizsgálták az alagúti égési reakció alakulását. [12]

Az égetési kísérlet során mért eredmények a szerelvény tűzvédelmi jellemzőiről is pontos képet festettek, amely felhasználható a további számítógépes modellezés, szimulálás során. A szerelvények esetében egyszerre egy dinamikus mozgó és/vagy statikus rendszer kettős képével szembesülünk. Alapvetően a rendeltetése alapján mozgó jármű vezérlései és alagúrendszerben elfoglalt helye az, amely jelentős információval bír, mind a menekítés, mind a tűzoltói beavatkozás szempontjából. Az alapvetés szerint, ahogy ez a 4-es metróvonalon meg is valósult, egy égő szerelvényt is az állomásra vezérel az automatika, mert a menekülés és a tűzoltói beavatkozás is ebben a helyzetben optimális. Éppen ezért kell terrortámadás estén azzal a feltételezéssel számolni, hogy az elkövetők az alagútban akarják megállásra kényszeríteni a szerelvényt. Ebben az esetben a vezérlési automatika kiesik, így vezérlésekhez szükséges érzékelő rendszer szerepe értékelődik fel jelentős mértékben. Szüksége információt szerezni a vonat pozíciójáról, a tüzeset során a hőmérséklet emelkedéséről, hő- és a füst terjedéséről, a menekülő személyek helyzetéről. Az információ szerzésen túl a metrószerelvény statikus állapotát kell a lehető legnagyobb mértékben egyensúlyi helyzetbe hozni. Ez azt jelenti, hogy egy feltételezett terrortámadás esetén a túlélés legnagyobb esélye szemben a napjainkban trendként kialakított egyterű szerelvényekkel (például.: Alstom metrószerelvény, vagy Siemens Combino villamos szerelvény, stb.) az ésszerűen tűzszakaszolt vonatkialakításon múlik, és a belső tér nem éghető anyagokból (burkolatok, kárpitok, eszközök, stb.) valósítható meg.

Az elkövető a házilag összeállítható, egyszerűen beszerezhető eszközeiből csak a közvetlen környezetében képes halálos kimenetelű eseményt produkálni, a minél több halálos áldozat elérése érdekében a körülményeket kell úgy alakítani, hogy sikerrel járjon. Ahhoz, hogy ezt megakadályozzuk, a szerelvény fizikai körülményeit kell úgy alakítani, hogy a terrorista rendelkezésére álló körülmények a lehető legszükségesebbek legyenek. Ezen túl a tűzgátló módon kialakított egységekben az utasok számára kell egyszerű egyben tűzoltásra és a terrorista cselekmény megakadályozására alkalmas eszközt biztosítani. Egy magasnyomású, hordozható 1-2 adag finomra porlasztott, nagy fajlagos felületű vízpermetet kilövő tűzoltó eszköz képes az önmagát meggyújtani készülő terrorista tüzeinek korlátozására és a nagy nyomás miatt az

elkövető cselekvés képtelenné tételére legalább a következő állomásig. Az eszköz tűzoltó hatása kimondottan kis zárt térben funkcionál hatékonyan. Amennyiben a fentiek ellenére a szerelvény mégis az alagútban reked és ég, gondoskodnunk kell a megfelelő menekítésről és a lehető leghatékonyabb tűzoltói beavatkozásról.

A menekülő képesség kettős és tulajdonképpen a fenti két paraméter (alagút, szerelvény) megfelelő kialakításával biztosítható (menekülő járda, vészkijáratok a szerelvényből, átkötések a tűzgátló módon leválasztott másik alagútba). A meglévő metróvonalak esetében az ekkora léptékű felújítás, átalakítás nem reális, akkor anyagi terhet jelent, amely miatt ésszerűen nem megvalósítható. Ezekben az esetekben a tűzvédelmi helyzet egyensúlyi állapota a tűzoltói beavatkozásokon múlik. A siker érdekében a beavatkozó képesség hatékonyságának a növelése a cél. Ehhez az innovatív mérnöki módszereket kell alkalmazni. Az extrém körülmények miatt elsősorban a felderítés sikeressége döntő szerepet játszik a késedelem nélküli tűzoltásban. Ehhez a szerelvény és az alagút intelligens mérő és érzékelő rendszereit használhatjuk, amelyek modellezés alapján történő kiépítése valós információkat szolgáltat a beavatkozás megkezdéséhez. Ha ismerjük a szerelvény pozícióját az alagútban, a bent kialakult hőmérsékletet, a lángterjedés sebességét, a hő- és füst áramlási irányát, a beépített tűzivíz hálózat csatlakozási pontjait, akkor a számítógépes szimulációk eredményei alapján tűzoltás taktikai, erő- eszköz igény adatokat készíthetünk elő. Az előkészített adatok alapján a valós tüzesetre olyan információkkal rendelkezhetünk már vonulás során, amely meghatározó módon változtatja meg a távolsági felderítés mai helyzetét. A ma rendelkezésre álló infokommunikációs eszközök alkalmazásával gyakorlatilag a tűzoltás vezető tabletjén, vagy okos készülékén már a tüzeset helyszínére érkezéskor rendelkezésre áll egy adathalmaz a tüzesetről. A tűzoltás innovatív mérnöki módszerekkel történő tervezésével az adott adathalmaz rendszerezhető, amely következtében a beavatkozási stratégiákat készíthet elő a számítógépes rendszer. Ez a fajta interaktív döntéstámogatás teljes új minőséget ad az extrém körülmények között történő tűzoltói beavatkozásnak, amely segítségével a szűkös erőforrások (légzőkészülék kapacitása, oltóanyag kapacitása, szűk térbe behatoló beavatkozó állomány létszáma) elegendőek lesznek a hatékony és sikeres tűzoltás végrehajtására. [13]

## **ÖSSZEGZÉS, KÖVETKEZTETÉSEK**

A fentiek alapján megállapítható, hogy a felszín alatti vasútvonalak esetében eleve extrém körülményekkel kell számolnunk egy tüzeset során. Ennek a speciális helyzetnek adja egyik szélső értékét a napjainkra teljesen reálissá váló könnyen beszerezhető, és/vagy házilag összeállítható eszközökből végrehatott terrorista cselekmény, amely kimenetele tüzesettel jár.

A felszín alatti vasútvonalak kialakítása miatt három alap paraméterrel állítható helyre a tűzvédelmi helyzet egyensúlya: statikus, statikus-dinamikus, és dinamikus tűzvédelmi rendszerek innovatív mérnöki módszerekkel, egymásra hatásainak érzékeny modellezésével, valós tüzeszt kísérletekkel, beavatkozási gyakorlatok, demonstrációk összehangolásával történő tervezéssel. A tervezett események eredményei döntéstámogató rendszerekben történő, a valós idejű érzékeléssel interaktív kapcsolatot tartó infokommunikációs eszközök alkalmazásával a tűzoltói beavatkozás hatékonysága és biztonsága extrém körülmények között is jelentősen magasabb minőséget ér el.[14] A mérnöki szemlélettel tervezett szerelvény és felszín alatti vasútvonal hálózat kialakítása, a passzív beépített tűzvédelmi rendszerek következtében leszűkíti a potenciális kockázatot. Az utasok rendelkezésére álló védelmi eszközök, menekülő képességet növelő beépített kialakítások pedig jelentősen növelik a túlélés esélyét.

A tervezhető tűzbiztonság kiemelt paraméterei:

- a metró szerelvény nem éghető anyagú kialakítása
- a metrószerelvény tűzszakaszolása



- a metrószerelvénybe épített automatikus tűzjelző rendszer
- menekülési pontok, vészkijáratok létesítése a metrószerelvényben
- égő szerelvény automatikus vezérlése az állomásra
- az alagútszakaszok hő- és füstelvezetéssel történő ellátása
- az alagútszakaszok tűzivíz hálózattal történő ellátása
- menekülési felület létesítése
- tűzgátló módon összekötő alagútszakaszok kialakítása az alagútpárok között
- intelligens menekülési útirányjelző rendszer létesítése
- korszerű infokommunikációs rendszerbe integrált felderítést segítő tűzjelző és vonatvezérlő rendszer
- interaktív módon működő döntéstámogató rendszer [15]
- a beavatkozás logisztikáját segítő berendezések rendszeresítése

### FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] 54/2014. (XII. 5.) BM rendelettel kiadott Országos Tűzvédelmi Szabályzat 4. § 121. pont
- [2] [www.hirado.hu/2014/07/15/tobb-mint-15-en-meghaltak-fotokon-a-moszkvai-metrobaleset/?source=hirkereso](http://www.hirado.hu/2014/07/15/tobb-mint-15-en-meghaltak-fotokon-a-moszkvai-metrobaleset/?source=hirkereso) (letöltés dátuma: 2017. 01. 15.)
- [3] [www.mult-kor.hu/cikk.php?id=11476](http://www.mult-kor.hu/cikk.php?id=11476) (letöltés dátuma: 2017. 01. 15.)
- [4] [www.railsystem.net/baku-metro-fire-1995/](http://www.railsystem.net/baku-metro-fire-1995/)(letöltés dátuma: 2017. 01. 15.)
- [5] BÉRCZI L.: *Biztonságos tűzoltói beavatkozásokat elősegítő tűzvédelmi előírások tudományos megalapozása az M4-es metró szakaszán*, Bolyai Szemle 23: (3) pp. 14-24.
- [6] [www.honvedelem.hu/cikk/41263](http://www.honvedelem.hu/cikk/41263) (letöltés dátuma: 2017. 01. 15.)
- [7] [www.24.hu/kulfold/2015/11/14/az-elmult-13-ev-legsulyosabb-terrorcselekmenyei/](http://www.24.hu/kulfold/2015/11/14/az-elmult-13-ev-legsulyosabb-terrorcselekmenyei/)(letöltés dátuma: 2017. 01. 15.)
- [8] HORVÁTH L. A.: *A terrorizmus csapdájában*, Zrínyi kiadó, 2014., ISBN 9789633276006
- [9] ÉRCES G.: *Aktívan alkalmazott passzív tűzvédelmi rendszerek hatása az épületek tűzvédelmi életciklusában*, Védelem Tudomány, I. (4) 2016. pp. 13-29.
- [10] RESTÁS Á.: *A tűzoltásvezetők döntéseit elősegítő mechanizmusok*, Katasztrófavédelmi Szemle 20 5 (2013) pp. 11-15.
- [11] BÉRCZI L.: A tűzoltói beavatkozás biztonsága – helyszínen beépítve. Védelem Online, 2012. [www.vedelem.hu/letoltes/tanulmany/tan428.pdf](http://www.vedelem.hu/letoltes/tanulmany/tan428.pdf) (letöltés dátuma: 2015. 09. 03.)
- [12] [http://www.katasztrofavedelem.hu/index2.php?pageid=szervezet\\_hirek&hirid=763](http://www.katasztrofavedelem.hu/index2.php?pageid=szervezet_hirek&hirid=763) (letöltés dátuma: 2017. 01. 15.)
- [13] KOMJÁTHY L.: Tűzoltói beavatkozások hatékonyságának növelési lehetősége egy számítógépes döntéstámogató program kifejlesztésével, *Hadmérnök* 9 (1) 2014, pp. 96-106., ISSN 788-1919
- [14] NOSKÓ ZS.-KOMJÁTHY L.: *Riasztási sorrend meghatározó döntéstámogató rendszerek avagy mesterséges intelligencia a tűzoltók szolgálatában*, Bolyai Szemle, XXII. évf. (2013), pp. 207.
- [15] NOSKÓ ZS.-KOMJÁTHY L.: Android alapú döntéstámogatás a veszélyes áruk szállításával kapcsolatos balesetknél, Bolyai Szemle XXIII. évf. (2014) pp. 232.