



ORSZÁGOS TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI DOLGOZAT

**KELETI PÁLYAUDVAR M4
METRÓÁLLOMÁS KIÜRÍTÉSI
TERVÉNEK ELEMZÉSE ÉS VIZSGÁLATA
EGY TŰZBALESET
BEKÖVETKEZÉSEKOR**

Szerző:

Nemes Ádám

biztonságtechnikai mérnök MSc. szak.

Konzulensek:

Prof. Dr. Szabolcsi Róbert

egyetemi tanár, ÓE BGK MEI

Pintér László

szakfőmérnök

Főmterv Mérnöki Tervező Zrt.

Budapest, 2014

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönet Prof. Dr. Szabolcsi Róbert egyetemi tanárnak a támogatásért, a konzultációkért, és az iránymutatásért és a felkészítésért!

Köszönet Pintér László Úrnak és Kovács László Úrnak a szakmai támogatásért és az interjúkért!

Köszönet Nagy László tű. alezredes Úrnak a szakmai (OKF – tűzoltóság) konzultációkért!

Szekeres György alezredes Úrnak a szakmai (pszichológia) konzultációkért, és ötletekért!

Köszönet Szabó Patrick Ernst Úrnak a mérések alkalmával nyújtott segítségért, és az irodalomkutatásért!

Köszönet Krecz Borbála Írisznek az előadásra történő felkészítésért!

Köszönet Körmendi Anita barátnőmnek a sok-sok türelemért és biztatásért!

Tartalomjegyzék

1.) Bevezetés.....	- 4 -
2.) Jogszabályi követelmények a metró és a szerelvények tekintetében	- 6 -
3.) Metró tüzek és azok lehetséges okai, jogszabályi háttér	- 8 -
3.1.) Metrók állapota	- 8 -
3.2.) Megtörtént tüzesetek	- 10 -
3.3.) Kitekintés nemzetközi metrókra – Londoni metró.....	- 11 -
4.) A megvalósult M4 metró	- 13 -
4.1.) Az M4 metró jellemzői	- 13 -
4.2.) Az Alstom szerelvények.....	- 14 -
4.3.) Az M4 metró Keleti pályaudvar állomás	- 15 -
5.) Rendkívüli esemény bekövetkezése.....	- 18 -
5.1.) Tűz kialakulásának lehetséges okai.....	- 18 -
5.2.) Tűzriasztás esetei.....	- 19 -
5.3.) Kigyulladt szerelvény esete.....	- 22 -
5.4.) Homlokajtón keresztül történő menekítés [9]	- 24 -
6.) Kiürítés számítás és szimuláció	- 25 -
6.1.) Kiürítés számítás [5].....	- 25 -
6.2.) Szimuláció.....	- 30 -
6.2.1.) Állomáson történő kiürítés	- 30 -
6.2.2.) Alagútban történő kiürítés.....	- 34 -
7.) Pánik kialakulása az egyént és a tömeget tekintve	- 38 -
8.) Evakuációs modell kerete	- 39 -
9.) Összegzés	- 46 -
Felhasznált irodalom/ források	- 48 -
Függelékek/ Mellékletek	- 51 -
Ábrajegyzék.....	- 51 -
Táblázatok jegyzéke	- 51 -
Rövidítések jegyzéke.....	- 52 -
Mellékletek jegyzéke.....	- 54 -
Mellékletek	- 55 -

1.) Bevezetés

Közösségi közlekedés a fővárosban. Rohanó mindennapjainkban teljesen természetes, hogy adott egy szolgáltatás, amit „bármikor” igénybe tudunk venni, ha el akarunk jutni „A” pontból „B” pontba. Nem is gondolnánk, hogy egy átlagos hétköznapon a budapesti közösségi közlekedésnek igen jelentős mértékét a metró teszi ki – megközelítőleg 845.000 fő¹ (nem számítva bele a Földalattit). Éves forgalma az M2 és M3-as metrónak pedig eléri a 277.186.000 főt, amely a vállalat teljes utasforgalmának a 19,9%-át jelenti².

Érdeklődési körömbé tartozik gyakorlatilag minden, ami közlekedéssel kapcsolatos, de kiemelten a kötött nyomvonalas közlekedési járművek. A téma alapja ez volt, és még hozzáadódott az a „kritérium”, hogy mindenképpen szakmai (biztonságtechnikai) kérdéssel szerettem volna foglalkozni a tudományos munkámban.

Manapság, ha szóba kerül a metró, a „metró-tüzekre” és a 4-es metróra gondolunk először. Dolgozatomban először a megtörtént tüzesetekkel foglalkozom, azok miéértjére keresem a választ összevetve a média híreit a szakemberek véleményével. Azután rátérek a fő témára, amit a jogszabályi háttérrel vezetek be – amit alapnak lehet tekinteni a metró kapcsán – majd ehhez kapcsolódóan fő témaként elemzem biztonságtechnikai szempontból az M4 metró tervezési irányelveit és a járművekre kiírt követelményeket. Mielőtt rátérnék a másik fő témára, a 4-es metró Keleti pályaudvar állomás kiürítési tervének az elemzésére, fontosnak tartom az állomáson, továbbá a mindennapi életben résztvevő szolgálati személyek feladatait ismertetni. A kiürítési terv elemzése után a 03.29-én átadott M4 metró Keleti pályaudvar (a továbbiakban: KPU) kiürítésének számítását és körülményeit fogom elemezni mérésekkel, interjúkkal, és elméleti szimulációval.

Dolgozatom célja:

- hogy rávilágítsak több szemszögből arra, hogy a metró a mindennapi használatban biztonságos,
- továbbá, hogy a Keleti pályaudvaron becsült kiürítés-számítás nem minden helyzetben állja meg a helyét.

¹ bkk@bkk.hu-ra történt megkeresésre adott adat alapján

² bkk@bkk.hu-ra történt megkeresésre adott adat alapján, az adat 2012.-es

- Célom a statikus modellek helyett új dinamikus modellek megadása, amelyek alkalmazhatóak a kiürítés folyamatának számítógépes szimulációjára;
- Ezen modellek definiálása;
- További célom még a jelenleg meglévő metróval kapcsolatos kritikus problémák felvetése, és azokra a lehetséges megoldások keresése.

Feladatombnak tekintem az M4 metró bemutatását – főként a KPU-t, és az állomáshoz kapcsolódó biztonsági kérdések felvetését, és azokra – amennyiben lehetséges – megoldást találni.

Alkalmazott kutatási módszereim:

- mérések végzése bizonyos közösségi csoportokkal a KPU M4-es megállójából,
- szakmai irodalomkutatás,
- forráselemzés,
- szimuláció levezetése,
- szakmai személyes interjúk végzése.

2.) Jogszabályi követelmények a metró és a szerelvények tekintetében

Biztonságos-e az M4 metró? Egyszerű kérdés, véleményem szerint igen (Természetesen ezzel nem vagyok egyedül). Talán a válasz is egyszerű, de magát a tényt bizonyítani már annyira nem az. Ahhoz, hogy határozottan kijelenthessük, hogy igen, biztonságos, ahhoz több szinten meg kell vizsgálnunk a metró, a jogszabályi és egyéb követelményeket. A hely szűkössége miatt csak érintőlegesen foglalkozom az ide kapcsolódó jogszabályokkal, kivéve a tűzvédelemmel kapcsolatos követelményeket [13].

A metróra és a szerelvényekre vonatkozó szabályzók a jelenleg érvényben lévő Országos Vasúti Szabályzat II. kötetével (a továbbiakban OVSZ II.), és a Tervezési irányelvek. Az OVSZ II. még nem volt hatályos, amikor a M4 metró követelményeit összeállították. Akkor a „Tervezési irányelvek” volt a mérvadó szabályozás, amely jóváhagyása után a (most már) Nemzeti Közlekedési Hatóság hitelesítésével vált jogszabály erejűvé, és bizonyos pontokban eltér az OVSZ II-től. A teljes, és valóságos kerethez ily módon – „vegyítve” – kell figyelembe venni a metróra vonatkozó követelményeket.

Fontos megjegyezni, hogy az M1, M2, és az M3-as metró korábban megépült, mint ahogy a jelenleg érvényben lévő OVSZ II hatályba lépett. Mindegyik metró az akkoriban érvényes jogszabályokat figyelembe véve épült. Azonban az új jogszabályok követelményeinek már nem minden pontjának felelnek meg, és a műszaki kialakítások, megoldások miatt gyakorlatilag kivitelezhetetlen, hogy a mindenkor élő jogszabályoknak megfeleljenek. Tehát például a jogszabály alapján a mozgáskorlátozottak részére felvonót kellene építeni minden egyes megállóba (– akadálymentesítés). Ugyanakkor a korábbi metróknál nem számoltak ezzel, és utólag – még ha megoldható is lenne – horribilis összegekbe kerülne ezek megépítése.

A metró tervezésénél figyelembe kell venni a hatályos Országos Tűzvédelmi szabályzatot (a továbbiakban OTSZ).

Az OVSZ II. kötete szabályozza a helyi közforgalmú vasúti pályával, a vasúti pálya tartozékaival, a vasutak üzemi létesítményeivel, vasúti járművek tervezése, kivitelezése és működtetésével kapcsolatos követelményeket. Külön mellékletben található a „Metró Jármű Szabályzat”, ami kizárólag a metróra vonatkozó szabályozások találhatók. A Tervezési irányelvekben mindenre kiterjedő, részletes adatok és leírások találhatók mindenre, ami a metró tervezésénél szóba jöhet – peronok anyaga, szellőztetéssel

kapcsolatos követelmények, adatok, mozgólépcső (a továbbiakban: ML) tulajdonságai, vasúti biztosítóberendezések tájékoztató berendezések jellemzői, energiaellátásra, járművekre vonatkozó követelmények. A Tervezési irányelvekben foglalt témakörök sokkal részletesebben vannak kifejtve, mint az OVSZ II.-ben.

Az OVSZ II.-ben külön fejezet írja le a tűzvédelemmel és a rendkívüli eseményekkel kapcsolatos szabályozásokat. Ezek a szabályozások a metró szerelvényre vonatkoznak. A metró szerelvény műszaki követelményeit ez alapján írták ki.

3.) Metró tüzek és azok lehetséges okai, jogszabályi háttér

Nyilvánvaló, hogy a múltbéli metrótüzek kapcsán csak az M2, M3 és a Földalatti vonalán történt eseményeket lehet számításba venni. Nekünk, mint utazóközönségnek az az evidens és alapvető elvárásunk, hogy egy általunk igénybe vett, közösségi közlekedési járművön az utazás biztonsága adott, illetve biztosított legyen. Sajnos a megtörtént események, és az azokat terjesztő hírek, illetve hírportálok aggodalomra adnak okot.

A felsorolt lehetséges okok egyértelműen mutatják, hogy szoros összefüggés van a lehetséges metrótüzek és a metró állapota között, ezért célszerűnek tartom röviden áttekinteni a metrók jelenlegi állapotát, és az előfordult tüzeseteket.

3.1.) Metrók állapota

M1 Milleniumi Földalatti



Jóllehet, a Milleniumi Földalatti a kontinens legrégebbi föld alatt közlekedő vasútja, azonban nem szabad elfelejteni, hogy a konstrukcióját és adottságait (energiaellátás, állomásköz, stb.) tekintve nem sorolható a metrók közé – viszont a „metró-tüzeket” tekintve a megtörtént események jellegét mégis célszerű egy kalap alá venni. A Földalatti teljes rekonstrukciójára 1995-ben került sor (a szerelvényeké 1996-ban). Ebbe bele értendő a pálya, az alagút, az állomások és a járművek felújítása³. A jelenleg közlekedő Millfav szerelvény az 1. sz. ábrán látható.



1. ábra – MillFav szerelvény [32]

A Földalatti gyakorlatilag nem más, mint egy föld alatt futó villamos vonal. Állapota manapság elfogadható, habár a szerelvényeket előregedés fenyegeti, hiszen a már említett 1996-os felújítás ellenére mégiscsak 1972-73 óta (több mint 40 éve) vannak forgalomban. A pálya és a vonatirányító és vasútbiztosító berendezések jó állapotban vannak, és összességében nem jellemzőek a tüzesemények, egy tüzesemény bekövetkezési valószínűsége egy 10-es skálán: 2.

³ Pintér László Úrral folytatott interjú alapján

M2 Kelet – nyugati metró



Az M2-es metró 2003 és 2007 között lett felújítva, és elmondható róla, hogy az alagút, a szigetelések, a biztonsági berendezések, és a pálya jó állapotban vannak. Köszönhetően az „új” Alstom (5VM2) kocsik 2012.- évben történt forgalomba állításának, a szerelvények előregedésének veszélye megoldódott. Az új szerelvényekkel együtt új vonatirányító rendszer is bevezetésre került. Az M2 metró kielégítő állapotnak örvend, továbbá a közlekedése biztonságos⁴, egy tűzbaleset bekövetkezésének kockázata 10-es skálán: 1.

M3 Észak – déli metró



Talán mindenki hallott már – esetleg tapasztalt – negatív megnyilvánulásokat az M3 metróval kapcsolatban. Sajnos manapság ezt tükrözi a közhangulat is, és nem is alaptalanul. Azonban mielőtt „átesnénk a ló túloldalára”, érdemes egy kicsit az események mögé is nézni. A tények a következők: Az M3-as metró még nem esett át komolyabb felújításon mióta átadták – jelenleg is ez a fő probléma. A jelenleg is közlekedő szerelvény a 2. sz. ábrán látható. A teljes metróvonal szakaszokban épült, az I. szakasz (Deák Ferenc tér – Nagyvárad tér) 1976. december 31.-én, az utolsó szakasz (Árpád híd – Újpest Központ) 1990. december 14.-



2. ábra – Ev3 metrószerelvény[33]

én lett átadva⁵. A tervezésnél ennek a metrónak 32-35 évet szántak – ebből is következik, hogy a korszerűsítés/ felújítás szükséges⁶. A kocsik állapotát tekintve jelenleg a legöregebb járműpark ezen a vonalon van. Jogosan merül fel a járműparkkal kapcsolatban, hogy az M2-es metróvonalon 2000-2002-ben felújított EvA típusú kocsikat miért nem közlekedtetik a jelenlegiek helyett. Ennek van egy akadálya, ugyanis 1989-ben az M3-as vonalán történt egy biztonsági berendezés korszerűsítés, amely lehetővé teszi a félautomata vezérlést. Így csak azok a szerelvények tudnak közlekedni a vonalon, amelyeket

⁴ Pintér László Úrral folytatott interjú alapján

⁵ Pintér László Úrral folytatott interjú alapján

⁶ Pintér László Úrral folytatott interjú alapján

felszerelték ezzel a berendezéssel⁷. Egy tűzbaleset bekövetkezésének kockázata 10-es skálán: 5.

M4 Dél-Buda Rákospalota metró



Mint ahogy azt már említettem, az M4 metró 2014.03.29.-én került átadásra. Ebből kifolyólag az állapota kiváló – bármely területről is beszéljünk. Azonban az új állapot magával vonzza az esetleges gyermekbetegségeket, amelyek főként szoftveres eredetűek, de ezzel és a jövőbeni lehetséges hibákkal dolgozatomban nem foglalkozom. Egy tűzbaleset bekövetkezésének kockázata 10-es skálán: 1.

3.2.) Megtörtént tüzesetek



3. ábra – A kigyulladt szerelvény [34]

A megtörtént rendkívüli esetek tekintetében az M3 vonal rendelkezik (sajnos) igen „gazdag” múlttal. Számos cikk számol be, hogy (ismét) kigyulladt az M3-as metró [23], [24], [25], [26], [27], [28], [29], [30]. A legtöbb eset kisebb füstölések, előfordult olyan is, hogy csak füstszagot éreztek az utasok (pl. 2013.10.28-ai eset), de tűzre, füstre, izzásra utaló jelet nem találtak [28]. Azonban voltak ennél komolyabb események, például amikor a metró mennyezetéből szivárgott a füst (2013.11.22-ei eset) [24]. Ennél az esetről sem sérült meg senki [24]. Ennél kritikusabb eset történt 2013.09.10-én, ahol a Kőbánya-Kispest felől érkező szerelvény utolsó kocsijának a padlószint alatt lévő elektromos berendezése kezdett füstölni, izzani majd égni [25]. A „jéghegy csúcsa” (eddig) azonban az Árpád híd és a Forgách utca közötti kihúzón kigyulladt szerelvény volt egy kicsit korábban 2011.04.19-én. A szerelvénynek az első kocsija gyulladt ki. A hő olyan nagy volt, hogy az alumínium ajtók is eldeformálódtak, megolvadtak [29], [31]. A kiégett szerelvény a 3. sz. ábrán látható.

Ennél az esetről három BKV dolgozót vittek kórházba megfigyelésre⁸ [29]. Mivel a szerelvény a kihúzóban tartózkodott, így nem tartózkodtak utasok rajta. Miután a szerelvény kiállt a forgalomból, a vezető üzemen kívül helyezte. A rádió csatlakozója az aljzatban zárlat miatt elkezdett forrósodni. A vezető elhagyta a vezetőfülkét, majd amikor

⁷ Pintér László Úrral folytatott interjú alapján

⁸ Pintér László Úrral folytatott interjú alapján

visszatért, akkor vette észre, hogy az első kocsi körül füst van. A füst miatt a szerelvénybe nem tudott ugyan visszajutni, de áramtalanította a szerelvényt. Az esemény lefolyását azonban egyedül már nem volt képes megakadályozni⁹.

A megjelent cikkek és a média tájékoztatásai azt sugallják, hogy gyakorlatilag életveszélyes az M3 metróval utazni. Ugyanakkor még mielőtt minden egyes eset után véleményt alkotunk (vagy a média véleményt alkot), tisztában kell lennünk bizonyos folyamatokkal is.

Véleményem szerint nem szabad túlzásokba sem esnie senkinek. Tény, hogy problémák vannak a szerelvényeket illetően, átfogó felújításra van szükség – a teljes vonalra érve. Még ha műszaki hibák is adódtak, közvetlen ember-életveszély egy esetben sem volt, baleset, haláleset nem történt. Továbbá a szerelvényeket csak úgy engedik közlekedni, hogy azok átvizsgálását követően biztonságosnak találták. Tehát összességében véleményem szerint erős túlzás azt állítani erről a vonalról, hogy életveszélyes vele közlekedni. Azonban az utasok biztonságérzete a fent említett események miatt folyamatosan csökken/ lecsökkent.

Szerencsére történtek előrelépések a felújítás kapcsán, ugyanis a metró teljes felújítását napirendre tűzték és ez a folyamat 2019-ben fejeződhet be. A metrókocsikat illetően 220 darab felújítása mellett döntöttek, amely 2015 év végére, 2016 év elejére készülhetnek el [6].

3.3.) Kitekintés nemzetközi metrókra – Londoni metró

Londoni eset: 2007.07.05-én egy metrószerelvény 3 kocsija kisiklik 65 km/h-s sebességgel Mile End és a Bethnal Green állomás között. A baleset következtében 520 ember ragadt lent. Az esemény következtében 8 fő kórházba került, további 12 utas könnyebben megsérült. A legtöbb sérülés az egyenetlen alagútban történő kimenekítés alatt történt. A vizsgálat eredménye szerint a balesetet egy tűzálló takaró okozta, amit a metrók által keletkező szél fűjt a sínekre annak nem megfelelő rögzítettsége miatt. Tehát a baleset a metró üzemén kívülálló okból következett be. A menekítés (mind a négy vonatról) 10:30-perckor kezdődött, 11:15-perckor ért véget (távolság: 371m) [19].

Az eset érdekessége, hogy másik három szerelvényről is történt kimenekítés – 255 fő a fentebb említett két állomásra, és 369 fő pedig a vonalalagútba. Az eseményes szerelvényen a járművezető felmérte a sérüléseket, jelentette a történeteket, meghatározta a kiürítés irányát, majd manuálisan leföldelte a síneket. Ez után kinyitották a menekítő ajtót,

⁹ Pintér László Úrral folytatott interjú alapján

amin keresztül az utasokat kimenekítették a Mile End állomásra. A kimenekítés (az eseményes vonatról) mintegy 18 percig tartott [19].

Alkalmazott irányelvek – Station Planning Standards and Guidelines [20]

A Londoni metrónál minden egyes állomás rendelkezik egy Torlódás irányítás és vészhelyzeti tervvel (Congestion Control and Emergency Plan – CCEP), ami a M4 metrónál életben lévő kiürítési tervnek felel meg. Csakúgy, mint idehaza a kiürítési terv, ez a dokumentum sem publikus, nem hozzáférhető, tehát nem tudom a két dokumentumot összehasonlítani. Ennek ellenére léteznek irányelvek, amelyek hozzáférhetőek, ezeket az irányelveket a Station planning standards and guidelines dokumentum tartalmazza. A tartalma a tüzesetek tekintve a következő:

- Az utasokat ki kell menekíteni 6 percen belül a biztonságos zónába
- Legrosszabb helyzet feltételezése: Tűz a vonaton ami az állomáson tartózkodik. közvetlen terület kiürítés 4 perc alatt, tűztől védett út elérése 6 percen belül.
- A gyakorlatban a vonattal történő evakuálás is lehetséges, de a tervezett állomás utaskapacitásra nem szabad támaszkodni.
- Az állomásoknak legalább 2 alternatív tűzvédett menekülési úttal kell rendelkezniük az állomástól az utcai szintre.
- A lifteket kimenekítéskor nem használják, kivéve, ha az evakuálási célból épült.
- a legrosszabb esetből kiindulva a maximum evakuálandó utas az állomáson
- Evakuációs idő a peronszint kiürítési idejéből, a kritikus keresztmetszet kiürítési idejéből, a szabad áramlású séta idejéből számítandó ki [40].

4.) A megvalósult M4 metró

4.1.) Az M4 metró jellemzői

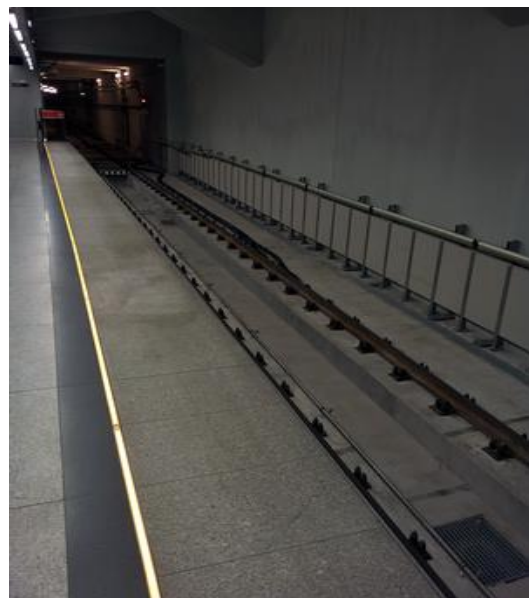
Az érvényben levő KPU Tűzriadó terv elemzéséhez elengedhetetlen a már átadott M4 metró kialakításainak, megoldásainak részletes elemzése – leszűkítve a KPU állomásra és a szerelvényekre. A teljes „kép” tisztánlátása végett, a Tűzriadó terv mellett az egyéb utasbiztonsági elveket magukba foglaló előírásokkal is foglalkozni kell.

Az M4 metróvonal 40 vonat/óra közlekedésre lett tervezve. Mértékadó keresztmetszetben 25.800 utas/óra/irány a kapacitás. A vonatok minimum 20 másodpercet tartózkodnak az állomásokon. A vonatok menetrendszerű közlekedésében a legkisebb követési idő 90 másodperc. A vonalak végállomásai a vonatátbocsátó képességének azonosak a vonaléval, továbbá a vonalhosszabbítás lehetősége is biztosított [1].

A vasúti pálya folyamatosan, egyidejűleg alkalmas a vonatok 80 km/h sebességű haladására, a vontatási egyenáram folyamatos visszavezetésére és a vágányfoglaltság érzékelésére. Az állomási peronok mentén a vágánytengelyben életmentő árok van kialakítva arra az esetre, ha egy utas beesne a vágányra. Az árok mélysége a sínkorona-szint alatt 500 mm, szélessége 750 mm, így van esélye az utasnak túlélni, illetve elkerülni a gázolást [1]. Az életmentő árok a 4. sz. ábrán látható.

A harmadik sín a metrójárművek munkavezetéke, mely a vontatáshoz szükséges energiának a járműhöz való vezetésére szolgál. A harmadik sínt villamos szempontból szigetelten, a vágánytengelyhez tájolva, általában a vonatforgalom iránya szerinti baloldalon van elhelyezve. Kitérőknél, és olyan vonalszakaszokon, ahol a baloldali elhelyezés hátrányos, ott a jobb oldalon is elhelyezhető [1].

A sín feszültség állapotáról folyamatos tájékoztatást kap az energia diszpécser (a továbbiakban: EDI), a központi forgalmi menetirányító (a továbbiakban: KFM), az állomások diszpécserai (a továbbiakban: ÁDI). Az állomások peronvégein, a harmadiksínes vágányokon vezető kijelölt gyalogutak be-, illetve lejáratainál szintén erről jelzés van, amelyek kétfogalmúak (feszültség alatt, vagy feszültségmentesítve). A fent



4. ábra - Életmentő árok [36]

említett diszpécser-szolgálatok feladatait az előző dolgozatomban már részletesen kifejtettem, ezért a hely szűke miatt nem fogom említeni [1].

Az állomási lejáratoknál olyan kapcsolók vannak elhelyezve, amelyekkel a bejárható pályaszakaszok feszültségmentesíthetők. Amennyiben a harmadik sín feszültségmentes, a teljes alagútvilágítás önműködően bekapcsol.

4.2.) Az Alstom szerelvények

Konstrukciós filozófia: A járművek 15 éven belül ne legyenek elavultnak tekinthetők, balesetvédelmi, tűzvédelmi és környezetvédelmi szempontból meg kell felelnie az EU és UIC (Nemzetközi vasútegylet – International Union of Railways) előírásoknak. [2]

A DBR metróvonal jármű típusa Alstom Metropolis családba tartozó AM4-M4-ATC, négy (motor)kocsis járműszerelvény. Rendelkezésre álló járműszerelvények száma 15. A szerelvény hossza 79,996 mm [8].

A jármű, a Siemens által szállított CBTC (kommunikáció alapú automatikus vonatvezérlés) rendszer beépítésével vált automata üzeművé. A beüzemelés követően a keletkező zavarok gyors feloldása érdekében – mint ahogy azt már említettem – járműkísérő tartózkodik a járművön, vezetési funkciók nélkül. Ennek a feltételnek megfelelően került kialakításra járművezetői fülke. Az utastér és a vezetői fülke hátfallal, utastéri ajtóval került kialakításra, de majd a járműkísérő nélküli üzemeltetésnél a fülke hátfal elbontásra kerül, a vezetői konzol zárható takarófedelelet kap [8].

A vonat normál üzemben teljesen automatikus (MTO) üzemmódban közlekedik. A normál üzemtől eltérően az automatikus vonatvezetéssel lehetőség van a szerelvény 40- és 25 km/h-ás haladására (ATPR25; ATPR40). ATPR25 módnál tolatás is végrehajtható [8].

Az utasok rendelkezésre álló szabad alapterület a vonatban:

- Vezetőfülkés kialakításban 129,22 m²;
- Vezető fülke nélküli kialakításban 133,18 m² [8].

A járműszerelvény befogadóképessége: 775 fő, melyből 162 ülőhely. A jármű terhelésének meghatározásánál és szilárdsági méretezésénél 8 fő/m² álló utassal számoltak, ahol egy utas tömege: 70 kg. Csomaggal együtt ülő utas 90 kg/fő [8].

Szerelvény általános jellemzői

Az utastéri ajtók belső szélessége 1300 mm, magassága 1915 mm [1].

A jármű homlokfalán, az utasok esetleges alagúti menekítéséhez, – a pályaszintre való lejutáshoz – vészkijárat van beépítve. A vészkijárat méretei: magasság: 1.700 mm; szélesség: 500 mm [2].

Járművek forgóvázait, tengelyeit, kocsiszekrényeit és vontatómotorjait 3 millió km futásteljesítményre, továbbá 30 év élettartamra méretezték [2].

A jármű füst és tűzérzékelő rendszerrel van felszerelve. A riasztások a vonatról az irányító központba az ATC útján kerülnek elküldésre, utastérből kocsinként füst és tűzjelzés, és a jármű alatti tűzjelzés vonatonként [2].

Az utasterek burkolása vandál biztos, környezetbarát. Sem normál üzemben, sem járműtűz esetén mérgező gázok nem keletkezhetnek. Burkoló anyagként csak szilánkosan nem törő, nehezen gyulladó, nem csöppenő és önkioltó anyagokat alkalmaztak. A beépített átjárók szélessége 1,5 m.

Utastérben biztosítva van vész ajtónyitó berendezés, továbbá (porral oltó) tűzoltó készülékek. [2]

Az elektromos kábelek minőségét úgy választották meg, hogy élettartama üzemszerű használat esetében legalább a jármű élettartamával legyen azonos, továbbá az tűzvédelmi szempontból a kábelcsatornákat tűzgáttakkal látták el. A villamos kapcsoló, átalakító, vezérlő berendezéseket, a légellátó rendszert a kocsiszekrény alatt helyezték el.

A Vontatási feszültség megszűnése automatikusan a jármű menetüzemének lekapcsolását eredményezi [2].

A metró járművei két teljes értékű, egymástól működési elvét tekintve is független, folyamatosan szabályozható fékberendezéssel rendelkeznek. Az üzemi fék is és a főfék is a jármű üzemszerű működése során korlátozás nélkül használható. Emellett a járművek rögzítő fékberendezésekkel is fel vannak szerelve.

4.3.) Az M4 metró Keleti pályaudvar állomás

A Keleti pályaudvar metróállomás aluljáróból megközelíthető, középperonos, egyterű, két bejáratú mélyállomás, mely a peronszintből, a peron alatti és feletti szintekből áll. A peronról az állomás keleti oldalán az aluljáró szinten lévő kijárat közepén három karos ML-lel és két oldalán egy-egy lifttel közelíthető meg. A felszínre lifttel, az aluljáró szinten történő átszállással lehet eljutni. A liftek a mozgáskorlátozottak közlekedésének elősegítését teszi lehetővé, amelyek 10-10 fő befogadóképességűek,

továbbá alkalmasak hordágy befogadására is. A nyugati oldalon szintén háromkaros ML-lel lehet az átjáró folyosót elérni. Az állomás hossza 83 m, a peron hossza 80 m, a hasznos felülete 1100 m² [1], [15].

A szomszédos peron távolsága:

- Jobb vágányon: II János Pál pápa tér állomás irányában: 567,4 m;
- Bal vágányon: (szintén) II János Pál pápa tér állomás irányában: 576,5 m [7].

A vonalalagutakban menekítő járda, és minimum 300 m-ként a vonalalagutakat füstzáró ajtókkal elkülönítő összekötő folyosók biztosítják az esetlegesen bekövetkező tüzesetnél az alagúti menekítést, abban az esetben, ha a vonat nem képes az alagútból a következő állomásra eljutni. Az összekötő alagutat a 7. sz. ábra szemlélteti. Így az utasok a vonatból kilépve juthatnak el az állomási peronra, illetve súlyosabb esetben az összekötő alagútig, ahol át tudnak jutni a másik vonali alagútba.

Az alagútban a járműből való menekítés két útvonalon történhet, egyrészt a jármű oldalajtóin át, a menekítő járdán keresztül, másrészt a jármű homlokajtaján a vágányok között a vasúti pályán. A homlokajtón történő menekítés a vezetői konzol fölött telepített menekítéskérő gomb benyomásával kezdeményezhető. A homlokajtó időzített módon nyitható, az időzítés alatt a pálya



5. ábra – Összekötő alagút [38]

feszültségmentesítése automatikusan történik. Az összekötő folyosóknál, a vasúti pályáról feljárók lettek kialakítva. A menekítő járdák, az alagút állomási peronok felőli oldalán épültek és a peronokhoz kapcsolódnak. A pályabetonról az állomások előtt és után, és az összekötő alagutaknál, folyosóknál hágsókon lehet a menekítő járdára feljutni. A járda a sínkorona szintjétől 900 mm-re van és 850 mm széles [4], [8].

A menekülő utasok az összekötő alagút igénybevételénél miután az ajtót kinyitották, át tudnak jutni a szomszédos vágányhoz. Az összekötő alagút másik végén jól látható helyen egy feszültségállapot jelző mutatja, hogy feszültségmentes a mentett oldali alagút,

és ezáltal a menekülő utasok beléphetnek-e oda. Az összekötő alagút a KPU és a II. János Pál pápa tér között 69 m^2 területű, és 275 fő fér el benne (4 fő/m^2 -rel számolva)¹⁰ [8].

A két vonalalagút között az alagúti összekötő folyosó a II. János Pál pápa tér állomás irányában, a jobb vágány szelvénszámai szerint a 67+11 szelvényben található. A pontos távolsága a KPU-tól $282,7 \text{ m}^{11}$ [3].

Az alábbi táblázatban látható a KPU állomás utasforgalmi méretezése.

Megnevezés	Egy óra alatt áthaladó utasszám
Átjárók, folyosók és középperonok 1 m szélességén kétirányú forgalom esetén.	2.200 fő
Oldalperonok 1 m szélességén kétirányú forgalom esetén	1.500 fő
ML 1m széles karral ($v_{\max} = 0,75 \text{ m/s}$)	6.500 fő
Be/ kijáratú ajtó egy nyomszélességgel (min. 0,85 m)	3.000 fő

1. táblázat – KPU állomás kapacitásadatai – szerző által szerkesztett táblázat

Az utasforgalmi terek tiszta belmagassága 2,7 m, az ajtóké 2,4 m. Az állomásperonokon beépített oszlopok tengelytávolsága $5,6 \text{ m}^{12}$.

A metróvonalon egységes rendszert képező utastájékoztatás van kiépítve. A tájékoztatásnak segítenie kell az utasforgalom rendeltetésszerű lebonyolítását, továbbá eligazítást kell adni a rendkívüli körülmények közötti magatartásra és cselekvésre.

A metróállomásokon az utasterek, ML-ek, a személyfelvonók utasforgalmának megfigyelésére vezetékes kamerás hálózat (állomási ITV rendszer) van telepítve. Az ellenőrző monitorok és a kezelőkészülékek az ÁDI-hoz, illetve a Központi utas diszpécserhez vannak bekötve. Az ML-ek üzemszerűen indítható és leállítható az alsó-, felső kifutási térből, az ÁDI kezelőasztaláról¹³.

Mind a metró vonalát, a szerelvényeket, és a KPU-t tekintve az adatok alapján jól látható, hogy a megcélzott utasmennyiség forgalmára alkalmas, ezen felül biztonságosan is felül lett tervezve. Az állomáson korszerű utasbiztonsági rendszerek lettek kialakítva, az állomás tűzvédelem szempontjából közel maximálisan védett – gondolok itt arra, hogy az állomás szigorúan csak nem éghető anyagok felhasználásával készült.

¹⁰ Pintér László Úrral folytatott interjú alapján

¹¹ Pintér László Úrral folytatott interjú alapján

¹² Pintér László Úrral folytatott interjú alapján

¹³ Pintér László Úrral folytatott interjú alapján

5.) Rendkívüli esemény bekövetkezése

5.1.) Tűz kialakulásának lehetséges okai

A tüzeket illetően megkülönböztethetünk üzemi, azaz utasok előtt elzárt területen történő tüzesetet, állomási tüzet (pl. peron, ML), szerelvény-tüzet, és az alagutakban keletkező tüzet. Tűz, illetve műszaki meghibásodás mindegyik területen előfordult már, de összességüket tekintve eddig a leggyakoribbak a szerelvényeken történt tüzek voltak – legalábbis a média szerint. Egy ilyen tüzeset, vagy füstölés mindenképpen rendkívüli eseménynek (nem üzemszerűnek) tekinthető¹⁴.

A metrótüzek okai a következők lehetnek:

- Az alagutak karbantartásának hiányából, vagy nem megfelelő szintű karbantartásából adódik (költségcsökkentésből adódóan). Ezáltal por gyülemlik fel az alagutakban, ami a metró futása következtében felverődik. A por képes behatolni gyakorlatilag minden berendezésbe, elektromos dobozokba, így rövidzárat okozhatnak, amik füstöléshez, izzáshoz, rosszabb esetben égéshez vezethetnek.
- Egy külön csoportot kell megkülönböztetni az alagútban futó elektromos kábelek, vezetékek, illetve az ott elhelyezett elektromos berendezések meghibásodását illetően.
- A másik ok lehet a fékek túlhevülése. A fékekhez a túlhevülést megelőzendően oltópatronok vannak elhelyezve, amelyek egy kritikus hőhatásnál elsülnek, és így füst keletkezik. Ez gyakorlatilag egy „hamis” tűz, de mivel füsttel jár, így az esemény észlelése után mindenképpen riasztás történik, ami gyakorlatilag téves riasztásnak felel meg.
- Az utolsó kategória a szerelvények előregedéséből adódik, adódhat. Nyilván semmilyen berendezés nem használható az örökkévalóságig, egyszer minden elromlik. A meghatározott kilométert és időt szolgált szerelvényeknél a meghibásodások valószínűsége a további üzemszerű használatnál nő¹⁵.

¹⁴ Nagy László tű. alezredes Úrral, és Pintér László Úrral folytatott interjú alapján

¹⁵ Nagy László tű. alezredes Úrral, és Pintér László Úrral folytatott interjú alapján

5.2.) Tűzriasztás esetei

A tüzesetek kategorizált keletkezéseinek helyei, és a kijutás lehetőségessége:

- Állomásokon:
 - Ha a kijutás a kijáratokon keresztül lehetséges;
 - Ha a kijutás a kijáratokon keresztül nem lehetséges.
- Járművön keletkezett tűz esetén:
 - Amennyiben a jármű be tud állni az állomásra;
 - Amennyiben a jármű az alagútban mozgásképtelenné vált [3].

Dolgozatomban elsősorban azzal az esettel foglalkozom, amikor a szerelvényen van tűz, az alagútban áll meg, és sürgőszerű az utasokat kimenekíteni. Ennek oka az, hogy ennél az esetről, a helyzet kombináltságából több kérdés adódik a menekítést és az utas biztonságot illetően. Később a kiürítés számítás vizsgálatánál foglalkozom azzal az esettel, amikor vonattűz bekövetkezésénél a szerelvény még el tud jutni a KPU-ra. Ilyen esetnek a valószínűsége minimális, de számolni kell ilyen rendkívüli esemény bekövetkezésének a lehetőségével is.

Az áttekinthetőség végett táblázatba foglaltam a szolgálatok feladatait tűz esetén, arra az esetre, amikor a vonat az alagútban reked.

KFM feladatai	KFO feladatai	KUD feladatai	ÁDI feladatai	Járművezető feladatai	MÜDI feladatai	Műszaki ügyeletes feladatai	EDI feladatai
Tűzjelzés, vagy a tudomására jutott tűz azonnali jelentése a MÜDI felé	A tűzről kapott értesítést, vagy észlelést jelenti a KFM-nak	A tűzről kapott jelzést, értesítést, vagy észlelést jelenti a KFM-nak		Tűz, vagy tűz közvetlen veszélyt köteles a KFM-nak jelenteni.	A tűzről kapott jelzést, vagy értesítést jelenti a KFM-nak	A tűzről kapott jelzést, értesítést, vagy észlelést jelenti a KFM-nak.	A tűzről kapott jelzést, vagy értesítést jelenti a KFM-nak
Járműtűz riasztás esetén köteles azonnal intézkedni a követő vonat mögöttes állomáson való tartásáról	Tűzjelzés esetén az előttes állomási peronokon blokkolja a vonatokat.	Riasztja az eseményben érintett állomási személyzetet.		A tűzriasztást, vagy tűzről kapott jelzést, értesítést, vagy észlelést jelenti a KFM-nak.	Felderítési célból a helyszínre küldi az állomás műszaki ügyeletesét.	A helyzettől függően felderítés, meggyőződés a valós helyzetről.	
A tűzjelzés valósságáról való meggyőződés után							
Utasítja a központi forgalomirányító és állomási személyzeteket a szükséges mentési, forgalomszervezési feladatok elvégzésére. Utasítja a KFO-t a veszélyeztetett forgalmi szakaszon, külön alagút esetén is, mindkét vágányon a vonatforgalom leállítására, a vonatokat az állomáson történő megállítására. Járművezetővel történő vonatovábbítás, tűzriasztás esetén az ITV rendszeren keresztül felderítésre utasítja a BLP-t. Az érintett pályaszakasz mindkét vágányának feszültségmentesítése. Utasítja a BLP-t a tüzesetes vonaton lévő személyek mentése érdekében. A tüzet határoló két állomás peronját lehetőség szerint szabadon kell hagyni, ha ez nem lehetséges, a vonat úgy helyezkedjen el, hogy biztosítsa a mentőegységek szabad bevonulását a pályára.	A tüzesetes állomásközzel párhuzamos alagutat kiüríti az előttes állomásról történő indulás blokkolásával, illetve az ott tartózkodó vonal haladéktalan továbbításával. A KFM utasítása szerint végrehajtja a veszélyeztetett vonalszakasz mindkét vágányán a vonatforgalom leállítását, a vonatokat állomásra juttatja, és ott megállítja. A pálya feszültségmentesítésének kezdeményezése a forgalom leállítása a vonatokat állomási peronon történő leállítása után. Az állomásba érkezett vonatokról értesíti a BLP-ot, és a KUD-t a vonatokat kiürítésére, illetve altatásának végrehajtása céljából. Tüzesettől függően a KFM utasításának megfelelően vonatforgalom-irányítási és forgalomszervezési feladatokat lát el.	Ellenőrzi az ÁDI mentési tevékenységét. Szükség szerint utastájékoztatót ad. Az ÁDI akadályoztatása esetén végzi az ML-k vészeseti működtetését. Szükség esetén részt vesz az állomás(ok) zárásában. Technikai eszközökön keresztül tűzfelderítést végez, és a rendelkezésre álló információt haladéktalanul, szükség szerint ismételtten is (változások) továbbítja a KFM-nak. A KFM mentéssel kapcsolatos utasításait végrehajtja, az érintett állomási személyzettel. Ezzel összhangban is szervezi az állomás mentési és forgalmi irányítását. A KFM utasításának megfelelően utasforgalom-irányítási és szervezési feladatokat lát el az érintett állomáson, illetve a vonalszakasz többi állomásán.	Riasztja az állomáson tartózkodó utasokat. Utasok tájékoztatása a veszélyhelyzetről, a bejövő utasforgalom kizárásának megszervezése. Szükség esetén utastájékoztató adása az állomás elhagyásának módjáról hangos bemondással. Megkezdje az állomás kiürítését. Elvégzi az ML-k vészeseti működtetéséhez szükséges lépcső átállásokat. Menekítés a felszín felé az ML-kel, körülményektől függően a füstmentes lépcsőházon keresztül. A KFM utasítására végrehajtja az állomás lezárását a kiürítést követően. Mentőegységek bejutásának biztosítása. A kérkező tűzoltásvezetőnek átadja az állomás tűzriadó tervét. Végrehajtja a tűzoltásvezető utasításait a KFM és a MÜDI folyamatos tájékoztatása mellett.	A tűz helyének jelentése a DDU kijelző visszajelentése alapján. Az alagútban álló tüzesetes vonatot rögzíti. Kezdeményezi a pálya feszültségmentesítését. A KFM, vagy megbízottjával egyeztet a menekítési irányról és útvonallról. Folyamatos rádiókapcsolatot tart a KFM-val, tájékoztatást ad a menekítés folyamatáról. A pálya feszültségmentesítése után megkezdje az alagúti kiszállítást a menekítő járdára. Folyamatos utastájékoztatót ad a menekülés módjáról és irányáról. A körülményektől függően, ha a vonaton már nem tartózkodik utas, a vonatot nyitott ajtókkal altatja, és megkezdje a kivonulást.	A tűz jelentése a Tűzoltóság felé, a KFM, a műszaki ügyeletesek, az EDI riasztása. Egységek kérése a két szomszédos állomásra, kihangsúlyozva az alagúti kiszállás tényét. Gondoskodik a szellőzés kikapcsolásáról, majd utasítást ad az alagúti összekötő folyosók tűzzáró kapuinak zárására. Helyzet meghatározás után dönt a menekítési irányról és útvonallról. Erős emelkedő esetén az alacsonyabb fekvésű állomásra. A menekítési iránnyal ellentétesen indítja a környező állomások főszellőzőivel a légbefúvást és elszívást. A Tűzoltásvezetővel folyamatos EDR kapcsolatot tart. A tüzesetes állomásra küldi segítségül a szomszédos állomás műszaki ügyeletesét légzőkészülékkel. Folyamatos kapcsolattartás a KFM-val és az EDI-rel.	A MÜDI utasítására kikapcsolja az állomási szellőzést és tárja a veszélyeztetett állomásközzben a füstzáró ajtókat. A MÜDI utasítására védőfelszereléssel megkezdje a tüzesetes vonat felderítését, utasok mentését. Csak légzőkészülékkel felszerelve, azt készenlétben tartva, szükség esetén használva közelítheti meg a kárhelyet. Szükség esetén behatol a vonatba, nyitja az utastéri és a menekítő ajtókat. Megkezdje az alagúti kiszállítást a menekítő járdára és a pályára. Koordinálja az utasok menekítését. Folyamatos rádiókapcsolatot tart a KFM-val, tájékoztatást ad a menekítés folyamatáról. Ellenőrzi és jelenti a vonat üres állapotát. Fogadja a kiérkező mentőcsapatokat, tájékoztatást ad a helyzetről.	A KFM utasítására a forgalom leállítása után intézkedik a pálya feszültségmentesítéséről. A KFM utasítására intézkedik a pálya, a tűzoltásvezető kérésére maz állomás teljes, vagy részleges feszültségmentesítéséről. Szükség esetén a KFM utasítására, vagy a MÜDI kérésére, ill. saját döntési hatáskörben elektrikut és/ vagy villanyszerelőt irányít a helyszínre. A hozzá szolgálatra beosztottakat és a bejelentkezetteket értesíti a veszélyről.

KFM feladatai	BLP járműtelepi forgalmi szolgálattevő feladatai	Biztonsági örök feladatai	ÁDI feladatai	Járműműszak/ kocsiszíni segélybrigád feladatai	MÜDI feladatai	Műszaki ügyeletes feladatai	Elektrikus feladatai		
A mozgólépcsők vészeseti működtetésére utasítja a KUD-ot, a tüzesetet határoló két állomáson. Megszervezi a veszélyeztetett személyek mentését helyzettől függően az egyik szomszédos állomás irányába. Menekítés a felszín irányába az ML-k elérhetősége esetén az ML-kön, egyéb esetben a füstmentes lépcsőházon keresztül. Döntést hoz a forgalom leállításáról, illetve vonali viszonylatban a forgalom korlátozott fenntartásáról, a vonalszakasz lezárásáról. Veszélyeztetett állomás lezárása. Utastájékoztatásra utasítja a BLP-ot a vonatok, a KUD-t állomások felé. Szükség szerint értesíti a mentőket, és/ vagy a rendőrséget. A vonal forgalmának teljes leállításakor a pálya feszültségmentesítése után, az üzemszüneti állapot kezdetével átadja a teljes rendelkezési jogot a MÜDI-nek.	A vonatról érkező tűzriasztást azonnal jelenti a KFM-nak.	A tűzről, tűzre utaló jelenségről kapott információt, vagy tűz közvetlen veszélyét azonnal köteles az ÁDI-nek jelenteni. Meggyőződve a valós tűzjelzésről Az ÁDI rendelkezéseit hajtják végre, részt vesznek a mentésben. Közreműködnek az ML-k leállítás és vészhelyzeti működtetés miatti le-, vagy átállás végrehajtásában. Részt vesznek az állomás, és segítséget nyújtanak a vonat kiürítésében. Az állomás területi biztosítása, illetéktelenek eltávolítása. Utasforgalom-irányítási, illetve utastájékoztatási feladatokat látnak el. Végzik a tűzoltó készülékek kárhely szerinti kihelyezését.	Irányítja a biztonsági örök és a szolgálatban lévő munkavállalók mentési munkáit. A KFM-val folyamatos kapcsolattartás. Szükség szerint a KFM helyszíni megbízottja. Előkészíti az elsősegélynyújtó eszközöket, és saját légzőkészülékét, amit szükség esetén használ az állomás elhagyásakor. Teljes evakuáció elrendelése esetén a szolgálatban lévő többi dolgozóval fegyelmezetten elhagyja az állomást, és a kijelölt tüzeseti gyülekezési ponton várakozik.	A tűzről kapott jelzést, értesítést, vagy észlelést jelenti a KFM-nak.	Irányítja a műszaki ügyeletesek mentéssel kapcsolatos feladatait. Helyzettől függően gondoskodik a társszolgálati dolgozók értesítéséről és menekítéséről. A vállalati vezetők értesítése.	A tűzoltásvezető utasításainak végrehajtása a KFM és a MÜDI folyamatos tájékoztatása mellett. A tűz oltásának megkezdése a rendelkezésre álló eszközökkel a személyes testi épség védelmének, megóvásának szem előtt tartásával. Szükség szerint a KFM helyszíni megbízottja.	A tűzről kapott értesítés után, erről jelentést ad a KFM-nak.		
	Az alagútban álló tüzesetes vonatot rögzíti. A MÜDI-rel egyeztet a menekítési irányról, és útvonalról. A pálya feszültségmentesítése után megkezdji a távfelügyeleti rendszeren keresztül az alagúti kiszállítást a menekítő járdára. Folyamatos utastájékoztatást ad a menekülés módjáról. A homlokfalli menekítő ajtó nyitás feltételeinek megvalósulása után az utasokkal nyitja a menekítő ajtót, és megkezdji a pályára történő kiszállítást. A vonat belső ITV hálózatán keresztül leellenőrzi a vonat üres állapotát. Amennyiben a vonaton már nem tartózkodik utas, a vonatot nyitott ajtókkal altatja. Körülményektől függően forgalomból kizárt szakaszon lévő vonatok kiürítése. A forgalomból kizárt vonatok rögzítése, és szükség szerinti altatása.			Meggyőződve a valós tűzjelzésről	Meggyőződve a valós tűzjelzésről		Elsődlegesen az EDI kapcsolásokra, másodsorban a műszaki ügyeletes mentésre vonatkozó utasításait hajtja végre. Amennyiben a tűz jelentése a KFM-nak sikertelen, akkor a Tűzoltóságot kell értesítenie. Füst, gáz felhalmozódása esetén légzőkészülékkel végzi a feladatát. Teljes evakuáció elrendelése esetén a szolgálatban lévő többi dolgozóval fegyelmezetten elhagyja az állomást, és a kijelölt tüzeseti gyülekezési ponton várakozik.		
							A kocsiszíni segélybrigád a KFM rendelkezésére kivonul a helyszínre. Feladata a vonat mozgásképességének biztosítása, a vonattal kapcsolatos műszaki feladatok elvégzése. A vonat műszaki kísérete szénsav oltó készülék biztosításával. Visszakísérése közben folyamatos kapcsolattartás a járművezetővel és a KFM-val.	Szolgálatban lévő további munkavállalók feladatai	
								A tűzről kapott jelzést, értesítést, vagy észlelést jelenti a KFM-nak. Meggyőződve a valós tűzjelzésről Az állomáson szolgálatban lévő további munkavállalók, a műszaki ügyeletes, illetve akadályoztatása esetén, az ÁDI mentéssel kapcsolatos utasításait hajtják végre. Teljes evakuáció elrendelése esetén az állomást fegyelmezetten elhagyják, és a kijelölt tüzeseti gyülekezési ponton várakoznak.	

2. táblázat - Szolgálatok feladatai vonattűz, alagútban rekedt szerelvény esetén – Szerző által készített táblázat

5.3.) Kigyulladt szerelvény esete

Amennyiben bekövetkezik a tüzeset, elsődleges szempont, hogy a szerelvény eljusson a következő állomásra. Azonban előfordulhat olyan helyzet is, amikor az utasokat az alagútban kell kimenekíteni a szerelvényből. [4]

Az alagúti kiszállításnak két esete lehetséges:

- A forgalmi személyzet (KFM, vagy járműkísérő) által kezdeményezett;
- Az utasok által vésznyitóval kezdeményezett.

Ha az utasok a vonat oldalajtóinak nyitását az ajtó vésznyitók működtetésével kezdeményezik, akkor a vonat mozgásának ideje alatt az ajtók zárt állapotban maradnak. Az ajtók zárt állapota a jármű mozgásának megszűnésével oldódik fel. Amennyiben a vonat utastéri ajtajait nem nyitják ki ténylegesen, mielőtt a vonat továbbhaladási engedélyt kap, akkor a vonat tovább tud haladni. Ebben az esetben az ajtókat a jármű ismételtlen reteszeli. Ez lehetővé teszi, hogy a rendszer a vonatot a következő állomási peronra bevigye. A vésznyitó kar visszaállításáig a rendszer a vonatot az állomáson blokkolja. A következő állomáson a helyzet tisztázása, és a működtetett vésznyitó kar visszaállítása érdekében a KFM köteles forgalmi személyzetet küldeni a helyszínre [9].

Ha valamelyik kommunikáló vonaton vésznyitást kezdeményeztek, akkor jelzés érkezik a központi és a járműfelügyeleti kezelőfelületre [9].

Csökkentett járműtovábbítási üzemmódban közlekedő vonat esetén nem történik jelzés az eseményről a központi diszpécser szolgálat felé, csak a járműkísérő kap riasztást a gördülő állománytól a vésznyitás kezdeményezéséről [9].

Az észlelt jelzést MTO üzemben az észlelő diszpécser, szabad kézi járművezetés (Bypass) esetén a járműkísérő haladéktalanul köteles a KFM-nek jelenteni [9].

Mindent meg kell tenni annak érdekében, hogy a menekítés a peronra történjen. Ha vésznyitás kezdeményezés-jelzés érkezik, és a vonat állomásközből állt meg, továbbá az utasok a vésznyitó működtetését követően az utastéri ajtó valamelyikét kinyitották, akkor a pályát a rendszer azonnal feszültségmentesíti [4], [9].

Amennyiben az ajtónyitás hatására feszültségmentesítés nem történt meg, vagy ezzel kapcsolatban a KFM-nek kételyei vannak, akkor köteles a pálya feszültségmentesítése érdekében haladéktalanul intézkedni. A harmadik-sín feszültség alatti állapotában a menekítő járdát menekítésre, vagy a jármű gyalogos megközelítésére használni tilos [9].

Az alagúti kiszállítás a járműtovábbítási üzemmód függvényében két féle lehet:

- - MTO üzemmód esetén a központi diszpécser helyiségből távolról felügyelten;
- - ATPR üzemmód, vagy szabad kézi vezetés esetén a járműkísérő által a helyszínen felügyelten [9].

A forgalmi személyzet alagúti kiszállítást, csak akkor kezdeményezhet, ha a vonaton való tartással az utasok nagyobb veszélynek vannak kitéve, illetve ha a vonat állomásba történő eljutása 15 percnél hosszabb időn túl nem lehetséges [9].

A fentiek alapján üzemszerű járműtovábbítás esetén az utasok menekítését a KFM azonnal köteles elrendelni a központi diszpécser szolgálat valamennyi diszpécserére részére, akik az utasítást követően, a mindenkor helyzettől függően, munkakörüknek megfelelően kötelesek feladatukat megszervezni és végrehajtani [9].

Amennyiben járműkísérővel közlekedő vonatnál kell az alagúti kiszállítást végrehajtani, a BLP kiszállításra vonatkozó feladatait a járműkísérő veszi át (az ITV rendszeren való megfigyelési kötelezettség kivételével) [9].

Ha a jármű az állomásközben megállt, és alagúti kiszállítás válik szükségessé, akkor a KFM köteles peronvész működtetéssel az érintett tápkörzetet azonnal feszültségmentesíteni. A vontatási tápszakasz kikapcsolását az utasok menekülése során az utasok által elérhető összes tápszakaszra (szomszédos vágány) el kell végezni. Ilyen esetben a KFM az utasok menekítését segítő személyeket köteles a helyszínre küldeni az összes érintett irányból, és köteles a Tűzoltóságot értesíteni. Az alagútban történő rendkívüli kiszállítást csak akkor szabad megkezdeni, ha a rendkívüli feszültségmentesítés szabályai szerint már eljárak, az EDI az érintett állomásközt feszültségmentesnek nyilvánította, a járműkísérő a feszültségmentes állapotra vonatkozó értesítést megkapta, és ellenőrizte annak tényét [9].

A kiszállítás megkezdése előtt a vonat rögzítéséről a BLP-nek távvezérelten, kézi járműtovábbítási üzemmódban közlekedő vonatnál a járműkísérőnek gondoskodnia kell.

Vonali kiszállítás esetén a járműkísérő a vonat menekítő ajtaját a köteles kinyitni. Nyílt pályán, alagútban a rendkívüli kiszállítás lebonyolítását lehetőleg a járműkísérő irányításával kell biztosítani. Az utasoknak a peronra történő érkezése után, a kivezetést végző metró-dolgozók kötelesek a KFM-nek jelentést tenni, és a továbbiakban az ő utasításai szerint eljárni. Az utasok kiszállítása után gondoskodni kell arról, hogy minden utas elhagyja az alagutat. Ennek biztosításához szükség esetén a műszaki ügyeletes, vagy más, alkalmas társszolgálati dolgozó is igénybe vehető [9].

5.4.) Homlokajton keresztül történő menekítés [9]

Ha az utasok a vonat két végén a homlokfalba beépített menekítő ajtó valamelyikének a nyitását kezdeményezik, akkor ezt – működő kommunikáció esetén – a rendszer a központi kezelőfelületen és a vonatfelügyeleti munkahelyen visszajelzi. A menekítés kezdeményező nyomógomb működtetésével a homlokoldali menekítő ajtók reteszelése nem oldódik fel. Ugyanis a működtetést követően a fedélzeti ATC a vonat álló helyzetében a környező terület biztonságossá tételéhez szükséges időzítés lejártával oldja csak a vonat mindkét végén lévő homlokoldali menekítő ajtókat. Ezt követően az utasok a működtető kar elfordításával kinyithatják az ajtókat [9].

Ha bármely haladó vonatról vésznyitó aktiválási jel érkezi a központba a BLP köteles haladéktalanul felvenni a kapcsolatot az utasokkal. A jármű kamerarendszerén keresztül köteles tájékozódni a vonatban lévő helyzetről. A helyzet tisztázása után a KFM rendelkezése szerint kell eljárni [9].

A rendszer a pálya feszültségmentesítését a vésznyitó aktiválási jel és a vonat álló helyzetéről kapott információ esetén automatikusan végrehajtja. A vonat homlokoldali menekítő ajtajának nyitása után az utasok a pályaszintet tudják elérni. A KFM a központi kezelő felület vésznyitó aktiválási jel riasztása és a vonat álló helyzetéről történt meggyőződést követően azonnal köteles a feszültségmentesítésről meggyőződni. Amennyiben ez nem történt meg, köteles a peronvézskapcsoló működtetéssel a feszültségmentesítést haladéktalanul végrehajtani, hogy a feszültségmentes állapot az ajtónyitás időzítés lejártáig megvalósuljon [9].

A KFM köteles gondoskodni az összes menekülési iránynak megfelelően (szomszédos vágányokat is beleértve) biztonsági terület kialakításáról. Biztosítani kell a feszültségmentes állapotot a biztonsági területen, és le kell tiltani a vonatmozgásokat [9].

Amennyiben a menekítést az utasok bármilyen okból, önerőből nem tudják végrehajtani, a KFM köteles haladéktalanul segítségnyújtás céljából képzett műszaki, vagy forgalmi dogozót küldeni a helyszínre. Állomásközből történő menekítéshez hatósági segítséget is igénybe kell venni [9].

6.) Kiürítés számítás és szimuláció

6.1.) Kiürítés számítás [5]

A kiürítés számítását még az engedélyezési tervhez készítették el az akkor hatályos OTSZ (2/2002 BM rendelet) alapján. Mivel ebben az időszakban hagyták jóvá az engedélyezési tervet, így kizárólag az akkori jogszabály rendelkezései a mérvadóak. Tehát a kiürítés számítás alapjaihoz, és értelmezéséhez csak a fent említett jogszabályt alkalmazhatjuk.

A jelenleg érvényes kiürítési terv módosításra került 2009-ben, ugyanis az ML-ekhez betervezésre kerültek az ún. rálépésgátlók, amiknek az 1,2 m-es kar távolsága adja meg a legszűkebb keresztmetszetet.

Általános szempontok, meghatározott értékek:

Ki van számolva az egy ML által szállított létszám, amely 108 fő/perc. A már korábban említett rálépésgátló átbocsátóképessége 50 fő/perc. Az állomás elhagyásának normaideje – mint már említettem – 10 perc. A jogszabály által meg van határozva a kijáratok átbocsátó képességének normaideje, amely 41,7 fő 1 m szabad nyíláson (percenként 25 fő 0,6 m-es sávnyílás szélességen) [14].

A kiürítés számításban alkalmazott számítási metódusok:

I.) Kiürítés I. üteme:

- a.) Az első mérésnél a szerelvény elhagyásának időtartamát számolták, amelyet az ajtótól a legtávolabb eső tartózkodási helytől a legközelebb eső kijáratig történő eljutás idejeként kell értelmezni. Ez az érték egy megállapított érték, amely az ajtóig figyelembe vett távolság, és a jogszabály alapján rögzített [14] haladási sebesség – ami 30 m/perc – hányadosából kapjuk meg. Tehát a szerelvény elhagyására becsült idő 0,5 perc. A jogszabály által meghatározott megengedett érték: 1,5 perc [14].
- b.) A második mérésnél a vonat egy ajtajának az átbocsátó képessége alapján számolták a kiürítés időtartamát. Ez szintén egy előre megállapított érték, amelyet a kijáratok átbocsátó képességének (percenként 25 fő 0,6 m-es nyíláson), és a szerelvény kijáratainak szélességének szorzatát elosztva a kijáratonként eltávolítandó személyek számával kapunk meg. Ez az időérték is 0,5 perc, a megengedett értékre ugyanaz érvényes, mint az előző mérésnél (1,5 perc) [5], [14].

II.) Kiürítés II. üteme:

A kiürítés második szakaszának az időtartamát az utak hossza, ML-ek, a szabadba, vagy átmenetileg védett terekbe vezető ajtók átbocsátó képessége alapján van meghatározva, az építményre, vagy az abban lévő legkedvezőtlenebb tűzszakaszra. Mind a három számítás a szerelvény elhagyását követően (és annak számított idejét beleértve) a peronszintről a kijárat vonaláig történő eljutás időtartamát mutatja meg. Jogszabály szerint az aluljáró vonala van megadva számolási határnak, mert az már egy másik tűzszakaszhoz tartozik, és így az már nem kapcsolódik szorosan a metró üzeméhez. Ugyanakkor a két menekülési irányt tekintve a hosszabb útvonalra (az M2 metró összekötő alagút felé) van kiszámítva a kiürítési idő. Miután a menekülő személy elérte a KPU felé az aluljáró vonalát, vagy az M2 metró összekötő alagútjának kijáratát (amely egy térszín alatti területre vezet), onnantól biztonságban van [5], [14].

- a.) A kiürítés időtartama ebben az esetben az útvonalak hossza alapján van kiszámolva egy főre vetítve. Az időt a következőképpen kapjuk meg: Az I. ütemben elvégzett számítások közül azt kell alapul venni, amelyik értéke nagyobb volt (jelen esetben egyenlőek). Ehhez pedig hozzáadjuk azt az útvonalat, amelyik a legtávolabbi vonatajtótól van mérve – jelen esetben 42 m, és ezt az értéket elosztjuk a már említett, jogszabályba foglalt haladási sebességgel, a 30 m/perccel, és hozzáadjuk az ML hosszát – 26 m – és elosztjuk az ML sebességével – 0,75 m/s –mal. Ehhez még hozzáadjuk az ML és az aluljáró közötti távolságot – 20 m – elosztva a 30 m/perc haladási sebességgel. Ennek az időtartama így összesen 3,11 perc, ami megfelel a meghatározott 10 perces követelménynek.
- b.) A következő számítás a lépcsők átbocsátóképessége alapján van számolva. Itt is az I. ütemből a 0,5 percet vesszük alapul, amihez még hozzáadjuk a második legközelebb lévő ajtótól számított megállapított időt – 0,5 percet – amit a 15 m távolság és a 30 m/perc sebesség hányadosaként kapunk meg. A képlet következő tagja külön magyarázatot igényel. Itt ugyanis a legnagyobb létszámot befogadó szintről számításba vett személyek számát – 605 főt – elosztjuk a lépcső átbocsátóképességénél figyelembe veendő kritikus értékűnek vett rálépésgátló átbocsátó képességét, megszorozva azt a rálépésgátlók szabad szélességével. Nos, a bonyolultságot az adja, hogy hat ML van a KPU peronszintjén, két irányban három – három. Kiürítésnél az ML csoportonként egy kivételével mindegyik felfelé, az aluljáró irányában szállít, tehát a hat ML-ből négy ML-lel számolhatunk. Azonban nem egyszerre indul el mind a négy ML az aluljáró irányába, ezért a kapacitást az első

percben szétbontva kell mérni (amelyre az egyszerűség kedvéért nem térek ki), és ezekből a részadatokból kapjuk meg az első percre számított értéket, amely 91,66 fő. A második perc után már egy konstans, teljes kapacitásértékkel tudunk számolni, mivel már mind a négy ML üzemel az aluljáró, illetve az M2 metró irányába – így ez az érték 200 fő. Tehát így már kiszámolható, hogy mennyi időt vesz igénybe a peronszint kiürítése – $[(605-91,66)/200]+1$. A plusz egy az első percet jelenti, ugyanis 91,66 fő menekülése a peronszintről az első percben már megtörtént. Mivel a 2. perctől már teljes kapacitásban szállítja mind a 4 ML az utazóközönséget, ezért innentől konstans a percben mérhető elszállítható utasok száma. (Tehát az első percben 91,66 fő, a második perctől hátra van 605-91,66 fő. ezt elosztva az ML-k kapacitásával – 200 – plusz az az 1 perc adja meg a peronszint kiürítését.) Ehhez a számításhoz még hozzáadódik a már említett ML és az aluljáró vonala közti távolság (20 m), és az átlagolt haladási sebesség (30 m/perc) hányadosa. Az így kapott érték 5,2267 perc, amely szintén nem éri el a meghatározott 10 percet.

- c.) Az utolsó számítási típus az ajtók átbocsátóképessége alapján számolja a kiürítés időtartamát, gyakorlatilag az első embert feltételezve, aki eléri az aluljáró szintet. Ugyanis az aluljáró vonalához a legközelebb eső helyiség távolságát – 8 m – osztjuk el a már többször említett 30 m/perc haladási sebességgel. Majd ehhez hozzáadjuk az eltávolítandó személyek számát (605 fő) elosztva a szabadba vezető ajtók átbocsátóképessége (41,7 fő/ 1 m szabad nyílás) és a rálépésgátló szélességének szorzatával – amely $4 \times 1,2$ m (ahogy azt már említettem 4 ML van üzemben). A kiürítés időtartama ennél a számolásnál 3,288 perc, ami szintén megfelel az előírt követelményeknek [5], [14].

Mint jól láthatók a számítások végeredményein, mindegyik érték megfelelő, tehát az utazóközönség viszonylag gyorsan biztonságba tud jutni ezek alapján. Azonban észre kell venni, hogy mint modell egyik típus sem tud minden eshetőséget magába foglalni – mivel egy modell sem lehet tökéletes. Tehát ami rendelkezésünkre áll abból kell dolgozni. Most már ismerünk időtartamokat különböző szemszögből végrehajtott számítások alapján, de csak elméletben. Ismerjük a végrehajtott modell kísérletet és annak kimenetelét, amely már gyakorlatias. Azonban a tökéletesség elvét figyelembe véve mi az, amit még nem ismerünk? Most arra próbálok rávilágítani, hogy mik is azok a dolgok, amik hiányoznak ezekből a modellekből. Mivel a kiürítés számítás elméleti alapú, ezért ezzel kezdem.

A számításoknál gyakorlatilag általánosításokról van szó. Nem jelenik meg az egyén, és az egyénekből kialakuló „tömeg”, azaz az utazóközönség. Az utazóközönséget kitevő

egyéneknek nincs (és persze nem is lehet) definiálni a korát, fizikai (pl. testfelépítés), mentális adottságait, hangulatát, pánikra való hajlamát, stb. Ha a teljesség elvét kívánjuk szem előtt tartani, akkor sajnos szembesülünk azzal a ténnyel, hogy egy ilyen kiürítés-modellezésnél sajnos minden ilyen jellegű információra szükségünk van. Természetesen ez kivitelezhetetlen, és mindenféleképpen átlagolni kellene a számokon, és a tulajdonságokon. Ezen túl a személyekhez még tartozhatnak csomagok is. Ezt is kétfelé kell választani, mert a kiindulási alap ugyan a BKK üzletszabályzatában foglaltak, de szerintem láthattunk már olyan utast/ utasokat utazásaink folyamán, akik csomagjaikkal, vagy szállított tárgyaikkal biztos nem feleltek meg ezeknek a meghatározott feltételeknek.

A BKK üzletszabályzata alapján:

„Minden utas legfeljebb 2 db 40x50x80 vagy 2 db 20x20x200 cm méretet meg nem haladó, tömegénél fogva egy személy által hordozható, a fel- és leszállást valamint átjárás nem akadályozó kézipoggyászt, illetve 1 db szánkót, 1 pár sílécet, 1 köteg becsomagolt facsemetét, 1 db gyermekkocsit, 1 db kerekesszéket szállíthat díjtalanul. A fentiekől eltérően nem szállítható az a kézipoggyász, amely a fenti feltételeknek ugyan megfelel, de tömege a 30 kg-ot meghaladja.”¹⁶ Ehhez még hozzájön az állatok (pl. kutya) szállítása, esetleg kerekesszék szállítása. Külön figyelemre méltó, hogy a M4 metró akadálymentesítve van, tehát a mozgássérültek és a babakocsival utazók is igénybe tudják venni. De az utóbbi két „típusú” utazók egy esetleges kiürítésnél további problémákat vetnek fel.

Egy komolyabb rendkívüli helyzetben, ahol pánik is van, a legrosszabb helyzetben a mozgássérültek, vagy egyéb fogyatékkal élők vannak. Amennyiben a fogyatékkal rendelkezők kísérővel utaznak, így megvan a lehetőségük arra, hogy a tömegáramlás ütemével együtt tudjanak mozogni. Ez függ a fogyatékoság típusától, súlyosságától, de ezzel nem foglalkozom részletesen. De persze kiürítésnél, kiváltképp pánikszerű menekülésnél mindenképpen figyelembe kell venni, mint hátráltató, nehezítő tényezőt. Hasonlóképp a mozgássérültekkel, akik kerekesszékekben utaznak, pánikszerű menekülés esetén, nagy tömegben veszélyeztetve vannak. Pánikszerű menekülésnél beszűkül a látótér, és mivel az illető – mármint a mozgássérült – nem az álló ember magasságában van, hanem alacsonyabban, nem biztos, hogy észreveszik. Ebből következik, hogy elsodorhatják, felborulhat, többen könnyebben megsérülhetnek emiatt, továbbá legrosszabb esetben egy ilyen ütközés-sorozat akár blokkolhatja is a menekülési útvonalat.

¹⁶ Idézet: BKK üzletszabályzat – VII.1. Kézipoggyász (ideértve gyermekkocsi és kerekesszék) szállítása – 50. oldal.

Természetesen ez a lehető legrosszabb eset, ami előfordulhat. De mivel előfordulhat, mindenképp számolni kell ezzel is.

A babakocsival közlekedők ennél valamivel jobb helyzetben vannak, de a tömeg őket is elsodorhatja, hiszen nem valószínű, hogy egy csomaggal nem rendelkező tömeggel sprintben tudja tartani a tempót. Persze ismét a legdurvább pánikhelyzetre gondolok ebben az esetben is. Jó hír azonban a kerekesszékes mozgássérültek és a babakocsisok számára, hogy a KPU-n a lifteket lehet használni a kimenekítés alkalmával is. Így szeparálva a tömeg magjától, ők viszonylag gyorsan, és könnyen a felszínre tudnak jutni.

Említettem a kort is, amit az alkalmazott modellek nem vesznek figyelembe. Először az idősekre térek ki, ugyanis nyilvánvaló, hogy a már fentebb ecsetelt kiürítésnél (és pániknál) nem várhatunk el tőlük olyan gyors reakciókat és mozgást, mint ahogy azt egy 14-20 éves teszi. Tehát megemlítésképpen őket is figyelembe kell venni, mint lehetséges hátráltató tényezőt.

A következő tényező, amely meglátásom szerint kiemelt figyelmet érdemel az alacsony korosztályú személyek, akik kísérővel utazhatnak, – itt már a csoportra hívom fel a figyelmet, ugyanis minél nagyobb a csoport, annál nagyobb akadályt jelenthet egy kiürítés (kiváltképp pánikhelyzet) esetén. Az üzletszabályzat alapján „a hat éven aluli gyermek a személyszállítási szolgáltatás igénybevételére kísérő nélkül nem jogosult. Hat éven aluli gyermekek csoportos szállítása esetében minden tíz gyermekre legalább egy kísérőnek kell jutnia”¹⁷. Itt, ha veszünk egy 9-10 évesekből álló 20 fős osztályt, – minimum kettő fő kísérővel – de ne a minimumból induljunk ki, legyen három – általánosan mondhatjuk, hogy a kísérőknek normális utazás alkalmával is szükséges fegyelmezniük az osztályt. Valamely osztályt keveset kell, más osztályt talán többet, a mi elképzelt esetünkben ez abszolút a véletlenül múlik, nem számítható ki, vagy állapítható meg előre. A fegyelmezések időhátrányt jelentenek a metró és a peronszintről történő távozást tekintve. Minél több fegyelmezésre van szükség, vagy minél fegyelmetlenebb az osztály, annál több időt töltenek a peronszinten. Kiürítésnél az odavezényelt dolgozók külön kezelik a csoportokat, biztosítják, hogy a csoport együtt maradjon, és rendben elérjék az aluljáró szintet. Pánikhelyzetben sokkal kiszámíthatatlanabb a csoport ténykedése, és itt felmerül a kérdés, hogy pánikhelyzetben a kísérők tudják-e megfelelő kontroll alatt tartani a csoportot. Ezt majd a szimulációkban részletesebben kifejtem.

¹⁷ Idézet: [18] BKK üzletszabályzat – III.1. Utazáshoz való jog – 14. oldal.

6.2.) Szimuláció¹⁸

Kétféle szimulációt fogok levezetni és kielemezni. Az első szimuláció a kiürítés számításnál is már leírt szituáció lesz, ahol a rendkívüli esemény bekövetkezése után a vonat megérkezik a KPU állomásra. A másik szimulációnál a szerelvényen tűz üt ki, az alagútban reked, és az utasoknak el kell hagyniuk a szerelvényt. Mindkét esetben a lehető legrosszabb feltételekből indultam ki. Ez alatt értem a zsúfoltságig tömött metró, a legkülönbözőbb korosztályt, a mozgáskorlátozott személy(eke)t, a babakocsival utazó személyt, a nyári időszak lévén táborból, vagy táborba utazó 9-10 éves iskolás osztályt három fős kísérettel, és emellett a nagyméretű csomaggal, vagy csomagokkal utazókat, és mindezt csúcsidőben.

A szimulációk kizárólag elméleti alapúak, mivel végrehajtani egy ilyen jellegű kísérletet nem lehet akár a metró üzeme, akár az utazóközönség szempontjából nézzük. Ezen felül ilyesfajta kísérletre, még ha lehetne is, az önkéntesek toborzása sem lehet megoldás, hiszen az ily módon jelentkezett személyek tudatában vannak, hogy be fog következni egy szimulált rendkívüli esemény. Így nyilvánvaló, hogy egy váratlan esemény bekövetkezéséhez képest más reakciók következnek be, mint a spontán, előre meg nem tervezett eseménynél. Persze tudatosan előidézni egy rendkívüli eseményt az utazóközönség tudta nélkül, kizárólag modellezés, kísérletezés céljából nem lehet. A fő probléma az, hogy a pánikot modellezni pontosan nem lehet, de figyelemre méltó Dirk Helbing, Farkas Illés és Vicsek Tamás – A menekülési pánik dinamikai tulajdonságainak szimulációja¹⁹ című munkájuk, és a hozzá készült szimulációs videók. Ez a szimuláció matematikai alapon próbálja a bepánikolt tömeg viselkedését modellezni menekülés közben [17]. De ahogy mint már említettem a különféle modellekkel csak közelíteni tudjuk a tömeg mozgását és viselkedését pánikhelyzetben.

Ugyanakkor elmélyedve egy kicsit a pszichológiában választ kaphatunk az egyén reakcióira és viselkedésére. Ha ezekkel tisztában vagyunk, képesek lehetünk – ha nem is uralni, de – irányítani a pánikot.

6.2.1.) Állomáson történő kiürítés

A helyzet a következő: A II. János Pál pápa tér irányából érkező szerelvényen rendkívüli esemény – tűz következik be, amely által az utazóközönségen, vagy legalábbis egy részén pánikhangulat lesz úrrá. Ajtózárástól ajtónyitásig a II. János Pál pápa tértől a

¹⁸ Szekeres György alezredes Úrral és Pintér László Úrral folytatott interjúk alapján

¹⁹ Fizikai Szemle, magyar fizikai folyóirat – L. évfolyam 10. szám – 2000. október

KPU-ig normál üzemben körülbelül 1 perc 12 másodperc telik el. Tehát a tűznek nincsen sok „ideje” látványossá és pánikkeltővé terjednie, de tegyük fel, hogy ez mégis ily módon történik. Annak rendje és módja szerint megtörténik a tűzjelzés/ tűzérzékelés, a protokoll szerint a vonatnak a lehető leggyorsabban el kell érnie a következő állomást (a KPU-t). A szerelvényen tételezzük fel a tervezési követelményeknél említett 4 fő/m² utazóközönséget (még ha a napjainkban tapasztalható igénybevételi statisztikák ezt nem is támasztják alá).

Képzeljük most el, hogy az adott helyzetben minden emberen, vagy legalább a fél vonaton utazó személyen eluralkodik a pánik. A szerelvény beérkezik az állomásra, és kinyílnak az ajtók. Egyelőre csak a két fő biztonsági őr tartózkodik lent, mivel valószínű, hogy a riasztási lánc, és a reagálás a rendkívüli eseményre egy percnél több időt vesz igénybe. A fő feladatuk az állomás azonnali kiürítésének segítése. Akik már az állomáson várakoznak az ellenkező irányba induló vonathoz, őket is utasítaniuk kell a peronszint elhagyására. Körülbelül ezzel egy időben megjelenik az eseményes szerelvény, a bepánikolt utazóközönséggel. Akik a peronszinten voltak, a tömeget és a pánikot látván igyekeznek majd minél előbb – lehetőleg a tömeg előtt – eljutni az ML-ekig. Azonban ez nem biztos, hogy sikerül a másik oldalon leszálló és menekülő utasok elől, ugyanis, ha teljes pánikot feltételezünk, akkor az első, de a legtöbb utas is futni fog – a körülötte lévő tömegtől függően – a kijárat irányába. Közben a vonat érkezésénél bemondják a következő szöveget:

„Figyelem! Az állomásba érkezett vonaton füstöt/ tüzet észleltek. Kérem utasainkat, azonnal induljanak el a kijárat felé, és haladéktalanul hagyják el az állomás területét! Kérem utasainkat, figyeljenek egymásra, fegyelmezetten és késlekedés nélkül hagyják el az állomás területét!”²⁰

A teljes pánikhangulat közepette könnyen meglehet, hogy egyes személyek egyszerűen nem hallják meg az utasításokat, mégpedig az előbb már kifejtett menekülési ösztön miatt. Maga a szöveg is elég hosszú, nyilvánvaló, hogy a kiürítés közben nem fog senki sem meg, vagy félreállni azért, hogy a szövegre koncentráljon. Másrészt pedig minél nagyobb tömeg halad egyszerre egy irányba, annál nagyobb a vele járó zaj is. Szóval összegezve jó esélye van annak, hogy a bemondott szöveg gyakorlatilag el sem jut az utasokhoz – legalábbis egy részükhöz.

Tételezzük fel, hogy az utasok már nem először jártak a KPU-n, és ismerik az állomást és annak felépítését – ez a II. sz. mellékletben látható. Így a tömegből a

²⁰ [3] BKK Zrt.: DBR Metróvonal – Tűzriadó Terv – Keleti pályaudvar metróállomás – 2013. – Tűzeseti utastájékoztató szövegek – 18. oldal.

kerekesszékes mozgássérült, és a babakocsival utazó személy egyből a lift felé veheti az irányt. A szerelvény első ajtajához van a legközelebb a két lift. Minél hátrébb szálnak le a metróról, annál nagyobb a szembejövő (menekülő) utasforgalom. Mivel a mozgássérült és a babakocsis személy – tételezzük fel – a kijelölt helyen utaznak a szerelvényen, így mire ők a szerelvény ajtajához jutnak, addigra a tömeg nagy része leszáll, és így nagy valószínűséggel nem kell azzal számolni, hogy valaki esetleg elsodorja valamelyiküket, esetleg mindkettejüket. Minél hamarabb tudnak leszállni a többi utashoz képest, és minél messzebb szálnak le az első ajtótól, ennek a veszélye annál inkább növekszik. Elérik a liftet, beszállnak. Amint felértek az aluljáró szintre, vagy a felszínre, ők már biztonságban vannak. Méréseim alkalmával mozgássérültet nem volt alkalmam lemérni, hogy mennyi idő alatt jut el a liftig és az aluljáró szintre, de babakocsis hölgyet azonban igen. A kedves hölgy a vonat közepén, a nyolcadik ajtón szállt le, és 46,01 s alatt ért el a lifthez. Az aluljáró szintjére 1 perc 33,01 s alatt ért fel a metró ajtónyitásától számítva. (Minden mérést a metró ajtónyitásától mértem.) Minden mérést normál körülmények között mértem csúcsidőben, de kirívóan nagy tömeg nem volt egy alkalommal sem. Ezekből az időkből következtetni lehet arra, hogy a rendkívüli eseményeknél ezek körülbelül hogyan változhatnak.

A szerelvényt elhagyó menekülő tömeg két irányba tudja elhagyni a peronszintet. Mint ahogy azt már említettem 4 ML szállítja az utasokat a kijáratok felé. Ebből kettő az M2 metró átvezető folyosóba, kettő a vasútállomáshoz átvezető aluljárójába szállítja az utasokat. Így a tömeg két részre oszlik. Akár a tudatos menekülést és irányítást vesszük, akár a teljes pánikot, feltételezhetjük, hogy mind a négy ML egyenlő arányban lesznek terhelve. Egy embert tekintve, normál üzemben, torlódás nélkül az M2 metró folyosó felé kb. 1 perc 07 s alatt, amíg a KPU vasútállomás aluljárójához kb. 56 s alatt ér fel. A tömeg mozgásából kiindulva az első emberek – pánikszerű menekülést feltételezve – nagy valószínűséggel hamarabb felérnek, mint az itt említett idők, mivel az ML-en is tovább fut, illetve gyorsan halad felfelé. A tömeg magja mikor eléri az ML vonalát, ott torlódás alakul ki, mert egyszerre sokkal többen vennék igénybe, mint amire az adottságait tekintve képes elszállítani.

A menekülő tömeg (a peronszinten) legyen a már korábban meghatározott 605 fő. Ha a 4 ML-re feltételezzük az egyenlő megoszlást, akkor viszonylag hamar sikerülhet kiüríteni a peronszintet. Pánikszerű menekülésnél kérdéses, hogy az emberek a felgyülemlett tömegnél mennyire dülakodnak, és mennyire figyelnek egymásra. A „verseny” az előrejutásért minél durvább, annál több sérülés várható – gondolok itt arra, hogy még az

ML előtt félrelöknek embereket, esetleg átgázolnak rajtuk. A kiürítés időtartama addig tart, amíg az utolsó ember el nem hagyja a peronszintet. Ha egy, esetleg több könnyebb/ súlyos sérült van, akkor ők külön segítséget igényelnek, legrosszabb esetben meg kell várni a mentősöket, amíg kiérnek és ellátják. A könnyebb sérülteken a személyzet tud segíteni, ők fel tudják kísérni őket az aluljáró szintjére.

Az általam kritikusnak vélt 20 fős osztály következik, akik 9–10 évesek és három kísérővel utaznak, illetve menekülnek. A kiszállást követően az osztálynak külön kell csoportosulnia, hogy a kísérők leellenőrizzék a létszámot. A pánikhangulat nagy hatással van, illetve lehet a gyerekekre, és ezáltal nem becsülhető meg, hogy a gyerekek mennyire tudnak „szófogadóak” lenni, továbbá, hogy a kísérők mennyire tudják majd uralni a helyzetet. Ugyanis ha egy, vagy több gyerek nem figyel, vagy megijed, és menekülni kezd, a kísérőknek ezt meg kell akadályozniuk. A pánikhelyzetből kiindulva kérdéses, hogy a kísérők mennyire esnek pánikba, mennyire „ragad rájuk” a pánikhangulat – pláne látva egy-két, esetleg több gyereket elfutni. Ebben az esetben is muszáj a megmaradt osztállyal az ML felé indulni, és egy kísérőnek – esetleg még a személyzet segítségével is – az osztályból kivált gyerekeket megkeresni, és amilyen gyorsan csak lehet az aluljáró szintre juttatni. Mivel a peronszinten elbújni, és más felé nem lehet menekülni, mint az ML-ek irányába, ezért egy ilyen eset véleményem szerint kontrollálható. A kiürítést végrehajtók segítenek az osztály aluljáró szintre juttatásában, az osztályt a kevésbé terhelt ML felé irányítják. Az osztályra vetítve a kiürítési idő így drasztikusan megnőhet. Normál körülmények között, egy 17 fős osztály 3 fő kísérővel, 3 s tájékozódással kb. 2 perc 05 s alatt érte el az aluljáró vonalát (az utolsó embert nézve). Ez több mint a duplája egy átlagos utas idejéhez képest. Ebből következtethetünk, hogy pánikhelyzetben ez az idő még ennél is magasabbra nőhet.

Az ML-en felfelé haladásnál már csökkenhet a pánik, mert az utasok egyre közelebb kerülnek a biztonságot nyújtó külvilághoz. A kiürítés szempontjából (mint ahogy azt már említettem) akkor van az utas biztonságban, ha elérte az aluljáró szintet. Azonban az egyénnél a pánik addig tart, ameddig közvetlen veszély fenyegeti. Azzal, hogy a peront már elhagyta ML-en, már kikerült a közvetlen életveszély-zónából, így szépen lassan megnyugszik, a szervezete visszaáll a normális „kerékvágásba”. Egyeseknél további probléma lehet a tömegiszony. Ez is aggodalomra, izgatottságra adhat okot, de ezt már nem nevezhetjük pániknak. Ebből következtethetjük, hogy a teljes pánik körülbelül az ML eléréséig tart. A KPU vasútállomás felé tartó ML-ek felső szintjén már csak néhány méter választja el az utasokat az aluljárótól. Az aluljáró felé, az ML-eket elhagyva a kapacitás

növekszik, így nem kerülhet sor újabb torlódásra. Az aluljáróból az utazóközönség több irányba is elindulhat, itt már elég nagy hely van ahhoz, hogy a tömeg szétszóljon.

A másik két ML-en egy kicsit más a helyzet, ugyanis a ML tetején még van egy összekötő-közlekedő, ami egy újabb ML csoportba torkollik. Itt is ugyanúgy 2 ML működik a 2-es metró állomás irányába. Mivel ugyanolyan típusú ML-ekről van itt is szó, ezért itt nem keletkezik újabb torlódás, mert a kapacitása ugyanaz, mint a peronszintű ML-eknek. Az ML-eket elhagyva szintén pár méter választ el az földszint alatti tér vonalától. Innen ugyanúgy szétszólhat a tömeg, a helyszín elhagyása itt is több irányból adott.

Amennyiben nem feltételezünk pánikot, a kiürítés – még ha a kiszámolt modellek pontos értékeit meg is haladják – a 10 perc időtartamot biztos nem éri el.

6.2.2.) Alagútban történő kiürítés

Elérkeztünk a lehetséges esetek közül a legkritikusabbhoz. Ebben az esetben a szerelvény műszaki okok miatt megállásra kényszerül az alagútban, és nem képes továbbjutni a következő állomásra (a KPU-ra). Továbbra is a csúcsidőben közlekedő, zsúfolt vonatot vesszük alapul – amelyen tűz keletkezik – és a már említett mozgássérülttel, babakocsis személyel, az iskolás csoporttal, és persze a legváltozatosabb korösszetételű utazóközönséggel.

Az alagúti menekítésnél többféle forgatókönyv képzelhető el, függően attól, hogy a szerelvény a két állomás között pontosan hol kényszerül megállásra,



6. ábra – A vonalalagút [35]

továbbá, hogy a tűz a szerelvényen pontosan hol keletkezik. Szeretném leszögezni, hogy a következő eset, miszerint a metró kigyullad, és életveszély keletkezik, és ezzel együtt a metró megállásra kényszerüljön az alagútban, ennek a valószínűsége minimális – adódik ez a metró konstrukciójából. Mivel jelenleg a metró járműkísérővel közlekedik, ezért főként

így fogom leírni az eseménysort, de említés szintjén (a jövőbe tekintés végett), foglalkozom a metróvezető/ kísérő nélküli üzemből felmerülő kérdésekkel is.

Egyik verzió lehet az, amikor a vonat a KPU-hoz közel, tőle mondjuk 146 m-re áll meg. Ez nagyjából az állomás és az összekötő alagút közötti távolságnak a fele. Tételezzük fel, hogy a tűz a szerelvény végében van, ezért az utasok csak a KPU irányába tudnak menekülni. A vonatot el kell hagyni. A járműkísérőnek feladata az utasok menekítésének segítése. A járműkísérő, vagy a BLP a hangosbemondón tájékoztatja az utasokat a szituációról, a menekítés irányáról. Mivel a tűz a szerelvény végén keletkezett, ezért a szellőzőrendszert úgy állítják be, hogy a KPU felől fúj be friss levegőt az utasok menekülési irányával szemben, és a II. János Pál pápa téren pedig szívó üzemmódot állítanak be. Így a füst az utazóközönség menekülési irányával ellentétesen tud haladni.

Egyrészt a menekítés az oldalajtókon történik a már leírt 85 cm-es menekítő járdára. Ha már feltételezünk pánikot, akkor itt érdekes képet kapunk. A menekülő utasoknak nem áll rendelkezésére olyan „puffer”, mint a peron az ML-ek előtt, hanem csak ez a keskeny járda. Nyilvánvaló, hogy a nagy utaslétszám pánikszerűen képtelen menekülni. Itt még inkább megvan annak a veszélye, hogy az utasok egymásban kárt tesznek. Amennyiben



7. ábra – Kinyitott homlokajtó és a menekülőjárda [35]

higgadtabb menekülést képzelünk el, még úgy is nagy türelemre van szükség azoknak az utasoknak, akik bentebb, az ajtótól távolabb tartózkodnak a vonaton. A menekülők gyakorlatilag csak libasorban tudják elhagyni a szerelvényt. További probléma, hogy a mozgássérült és a babakocsis személy nem fér fel a járdára, tehát nekik mindenféleképpen

a homlokajton keresztül kell elhagyniuk a szerelvényt. De a homlokajtó szélessége miatt (500 mm) a mozgássérült személy biztos, hogy nem tudja majd elhagyni a szerelvényt a kerekesszékekben. Valószínűleg a babakocsis személy sem tolhatja ki kényelmesen a babakocsit, legfeljebb a levegőbe emelve oldható meg a lejutás, és csak a sínek között tudja majd letenni a babakocsit. Hasonló a helyzet a mozgássérülttel. Ez külön segítséget

igényel a járműkísérő, de az utasok részéről is. A vonat kiürítésének ez egy újabb gyenge pontja.

A homlokajtón történő menekítés – mint másik lehetőség – gyorsabb, mint az oldalajtókon keresztül történő menekítés. Miután lenyílik a homlokajtó rámpája, a pálya már feszültségmentesítve van. A feszültségmentesítést követően a világítás automatikusan felkapcsol, tehát az utasok nem sötétben közlekednek az alagútban. Az utasok itt is libasorban tudják elhagyni a szerelvényt, de a vágányon már nagyobb szélesség áll rendelkezésükre, mint a menekítő járdán. Pánikszerű menekülés esetén fokozottan fennáll a botlásveszély a vágányon történő haladásakor, és egy esetleges esés komoly zúzódásokkal, rosszabb esetben törésekkel is járhat. A homlokfalon hagyja el a szerelvényt többek között a mozgássérült és a babakocsis személy is. Egy átlagos kerekesszék nagy kerekei közötti távolság kb. 70 cm, egy átlagos babakocsié (ami nem ikerkocsi) annak 55 cm. A vágány adottságaihoz mérten, a sínek között elfér a kerekesszék (pontosabban a két sínzál sínleerősítései között), ugyanis a két sínleerősítés között 900 mm távolság van, és a közöttük lévő terület sík. Így a közlekedés számukra biztosított. Azonban mikor eléri a következő állomást, a peronszintre történő feljutás kizárólag csak segítséggel lehetséges, főként a mozgássérültnek. Minimum kettő fő szükséges egy mozgássérült felemeléséhez. Nehezíti a helyzetet az, hogy a már korábban említett életmentő árok a peron kezdete vonalában elkezdődik. Az életmentő árok elejétől kezdve képtelenek közlekedni. Már innen szükséges számukra a segítség.

Mire az utasok elérkeznek az állomásra, addigra a személyzet már a peronszinten tartózkodik. Ők segítik majd fel a peronszintre az utasokat. Még ha pánik is van, mire az utasok eléri az állomást, addigra nagy valószínűséggel lenyugszanak – ugyanis eltávolodtak a közvetlen veszélytől. Ebben az esetben is 10 perc alatt kell elhagyniuk az utasoknak a veszélyzónát, ez vagy a peronszintig, vagy pedig az összekötő folyosóig tart.

A 20 fős osztály bármilyen módon is hagyja el a szerelvényt, mivel libasorban tehetik ezt meg, ezért nem valószínű, hogy a csoport szétszéled. Megfelelő odafigyeléssel a kísérők részéről ez gond nélkül végrehajtható.

Az utasok a menekülési lehetőségek adottságai miatt folyamatosan érkeznek a peronra, és így az addigra már felfelé üzembe állított ML-ek torlódás nélkül el tudják az utasokat szállítani.

A másik verzió lehet, amikor a szerelvény még az összekötő alagút előtt mondjuk 121 m-re áll meg. A szituáció majdnem ugyanaz. A II. János Pál pápa tér felé ugyan rövidebb lenne a távolság, mint a KPU felé, de mivel a vonat végén van a tűz, ezért az

utasok csak a KPU irányába indulhatnak el. Így az összekötő alagutat elérve az utasok – a tűzveszély szempontjából – biztonságba érnek, továbbá a személyzet utasítására, adott irányba folytathatják útjukat. Tehát jelen állás szerint vagy a II. János Pál pápa tér felé, vagy pedig a KPU felé mennek majd az utasok (utasítás szerint). Az összekötő alagúton áthaladva átérnek a szomszédos – jobb – vágányra, ami nem érintett a tűzesetben. Mire az utasok ide érkeznek, addigra a metró forgalmát leállítják. Amennyiben az utasok hamarabb érkeznének az összekötő alagúthoz, mint ahogy a helyzet reagálása történik (és így a szomszédos vágányon még közlekedhet szerelvény), akkor az összekötő alagút ajtaját távvezérléssel zárva tartják, és majd tájékoztatják az utasokat, amikor már biztonságos a jobb vágány alagútjába belépni. Itt is további nehézséget, és problémát jelent a babakocsi, és a mozgássérült feljuttatása az összekötő alagútba, majd pedig újra a vágányok közé lejuttatása. Ehhez mindenképp segítség szükséges, és itt nem valószínű, hogy a metró kirendelt személyzete odaér az alatt az idő alatt, amíg az utasok. Így gyakorlatilag ők a többi utas segítségére szorulnak.

A menekítés ezek után a már fentebb leírtak szerint folytatódik.

7.) Pánik kialakulása az egyént és a tömeget tekintve

A pánik a következőképpen alakul ki: Bekövetkezik egy váratlan, nem megszokott esemény, amit az egyén nem tud uralni, emiatt tehetetlennek érzi magát. Ez pedig a helyzettel való megküzdésének, a menekülésének, és a szembefordulásának lehetőségét gátolja. Amennyiben a stressz helyzet fennáll, illetve fokozódik, továbbá az egyén nem talál megoldást a helyzetre, (adott esetben nem tud elmenekülni) akkor szorongás lép fel. Ekkor a szervezet készenléti állapotba kerül, növekszik az levegővétel gyorsasága, felgyorsul a pulzus – ez mind automatikusan megy végbe a szervezetben, nem tudatos folyamat.

Viszont amint adottak a menekülés feltételei, akkor az egyén (és persze a csoportban mindenki más is) a lehető leggyorsabban igyekszik elmenekülni, biztonságba kerülni. Ez maga a pánik. Ilyen helyzetekben (tragédia, krízishelyzetek) az embernek ez egy természetes, ősi reakciója. A pánik kialakulása következtében csökken az emberek tudatossági szintje, önkontrollja, és a racionális gondolkodás a háttérbe szorul. Ugyanakkor szélsőséges érzelmi reakciók is történhetnek a bepánikolt személy(ek)től. A pánik fontos jellemzője, hogy az adott helyzet gyakorlatilag egy csapdahelyzet, ahonnan nem mindenki számára biztosított az azonnali menekülés, és a csoportban/ tömegben jelen lévő személyek akadályozó tényezőt jelentenek egymás számára. Mivel a tömeg nem képes egyszerre haladni a biztonságos terület felé, így tolongás, tülekedés, majd végső esetben az egymást nem kímélő lökdösődés, eltiprás lesz a jellemző viselkedés. Ebben a helyzetben nem lehet együttműködésre számítani. Csökkenhet az utasok tudatossági szintje, tehát tudattalan cselekvések is történhetnek. Általánosan véve a pánikot a csoportban csökkenhet az egyén felelősségérzete, az egyén feszültsége és ereje megsokszorozódhat. A pánikhangulat gyorsan elterjed a tömegben, és akik esetleg meg tudják őrizni a hidegvérüket, nem tudnak ez ellen érdemben fellépni. Sokszor elég egy ember egy ember, aki befolyásolni tudja a többi embert, akár irracionális cselekvések végrehajtására is. A pánik látványa is pánikot gerjeszthet azokban is, akik nem érintettek közvetlen a veszélyben. Leginkább azoknál a személyeknél alakulhat ki a pánik könnyen, akik már korábban átéltek valamilyen tragédiát, vagy hasonló pánik helyzeteket. [16].

„A krízis és katasztrófa hatására, annak I. közvetlen stádiumában az emberek pszichés reakciója a következőképpen alakul:

- **kb. 10-25%** megőrzi higgadtságát
- **kb. 70-75%** zavarodott lesz, figyelme beszűkül, automatikusan, szinte gondolkodás nélkül cselekszik
- **kb. 10-15%** irracionális cselekvésre képes (üvölt, sír, össze-vissza szaladgál, lemerevedik, bepánikol)”²¹

8.) Evakuációs modell kerete²²

Többféle evakuációs modell létezik már, de a pánikot és annak következményeit lemodellezni a komplexitása és a kiszámíthatatlansága miatt gyakorlatilag lehetetlen. Csak közelíteni tudjuk a valóságot, úgy hogy az alkalmazott modelleken a számíthatóság végett egyszerűsítünk, általánosításokat vezetünk be, vagy feltételezésekből indulunk ki. A 3. sz. táblázatban láthatók a már alkalmazott evakuációs modellek.

Modell típus	Evakuációs modell
Statikus modellek	Legrövidebb út
	Minimális tömeg áramlás
	Leggyorsabb út
Időben folyamatos, dinamikus modellek	Állandó kapacitás és utazási/ menet idő
	Időtől függő kapacitás (maximális áramlás)
	Általános maximum áramlás adott pillanatban
Diszkrét idejű dinamikus modellek	Minimális forgóajtó áteresztés
	Leggyorsabb áramlás
	Általános maximum áramlás
	Minimális terhelésű út
	Szótártanilag minimális költség
	Áramlástól függő kijárat kapacitás

3. táblázat – Létező főbb evakuációs modellek – szerző által szerkesztett táblázat

A fizikai rendszerek alapvetően nemlineárisak, paramétereik az idővel változnak. A gyakorlatban a fizikai rendszereket állandó paraméterűnek és lineárisnak tekintjük. A nemlineáris rendszerekre csak kevés általános érvényű szabály fogalmazható meg, ugyanis

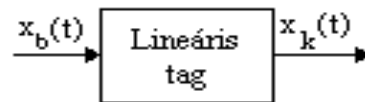
²¹ [21] – L. Margittai Andrea t.ú. fhdgy. – Pánikjelenségek katasztrófahelyzetben – 3. oldal, 1. bekezdés

²² Csáki Frigyes: Szabályozások dinamikája. Lineáris szabályozáselmélet. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1974. 23-26., 352-366., 227-284. old.

Csáki Frigyes-Bars Ruth: Automatika. Tankönyvkiadó, Budapest, 1985. – 129-137., 635-654., 655-662. old.
Szabolcsi Róbert: Korszerű szabályozási rendszerek számítógépes tervezése. ZMNE, ISBN 978-615-5057-26-7, p415, 2011. 71-80. old.

a nemlineáris és a változó paraméterű szabályozási rendszerek analízise és szintézise bonyolult feladat, ezért a gyakorlatban igyekeznek ezeket állandó paraméterű, lineáris rendszerekkel helyettesíteni. A nemlineáris rendszerek linearizálását időben és frekvenciatartományban egyaránt elvégezhetjük.

A tisztán lineáris, állandó paraméterű fizikai rendszer gyakorlatilag egy matematikai absztrakció, és a gyakorlatban, ebben a formában sohasem fordulnak elő.



8. ábra - A lineáris tag hatásvázlata

Az állandó paraméterű lineáris tag vagy rendszer minden elemét állandó együtthatójú lineáris egyenlet, vagy lineáris differenciálegyenlet írja le. Az 8. sz. ábrán látható tag kimeneti és bemeneti jele között a következő egyenlet írható fel [10], [11]:

$$x_k(t) = Ax_b(t) \quad (1.1)$$

ahol „A”, a tag állandó értékű átviteli tényezője. Ha a bementi és a kimeneti jelek között állandó együtthatójú differenciálegyenlet teremt kapcsolatot, akkor

$$a_n \frac{d^n x_k(t)}{dt^n} + a_{n-1} \frac{d^{n-1} x_k(t)}{dt^{n-1}} + \dots + a_1 \frac{dx_k(t)}{dt} + a_0 x_k(t) = x_b(t) \quad (1.2)$$

ahol $a_n \dots a_0$ állandó együtthatók.

Az állandó együtthatójú lineáris rendszerek tárgyalásához általában a Laplace transzformációt alkalmazzuk, amely segítségével az időtartománybeli integro-differenciálegyenletek algebrai egyenletekké alakíthatóak. A rendszer kimeneti jelének időfüggvényét az inverz Laplace-transzformáció segítségével határozzuk meg.

Ha az „A” átviteli tényező, vagy az $a_n \dots a_0$ együtthatók közül akár egy is függ az időtől, akkor a tag – vagy a rendszer – változó paraméterű azaz nemoautonóm. A tag vagy a rendszer (1.1) és az (1.2) egyenlete a következő [10]:

$$x_k(t) = A(t)x_b(t) \quad (1.3)$$

$$a_n(t) \frac{d^n x_k(t)}{dt^n} + \dots + a_1(t) \frac{dx_k(t)}{dt} + a_0(t)x_k(t) = x_b(t) \quad (1.4)$$

A változó paraméterű rendszerek is lehetnek lineárisak, ezért rájuk is érvényes a szuperpozíció elve. A változó paraméterű rendszerek analízise bonyolultabb, mint a lineáris rendszereké. Ezért a változó paraméterű algebrai és a differenciálegyenleteket inkább az időtartományban szokás megoldani.

Ha a rendszer viselkedését leíró egyenletet nem lehet az (1.4) alakra hozni, akkor nemlineáris taggal vagy rendszerről beszélünk. Nemlineáris például a rendszert leíró algebrai egyenlet, ha a kimeneti jel hatványon, vagy törthatványon szerepel:

$$[x_k(t)]^n = Ax_b(t), [x_k(t)]^{\frac{1}{n}} = Ax_b(t) \quad (1.5)$$

és $n \neq 1$ esetén a rendszer nemlineáris. Nemlineáris továbbá a rendszer, ha a (differenciál)egyenlete trigonometrikus függvényt is tartalmaz, úgymint:

$$x_k(t) + \cos x_k(t) = A(t)x_b(t), \frac{dx_k(t)}{dt} + \sin x_k(t) = Ax_b(t) \quad (1.6)$$

A nemlineáris egyenletek megoldása a másodrendű egyenletektől kezdődően meglehetősen nehéz. A nemlineáris kapcsolatot gyakran nem is lehet matematikailag leírni, vagy csak bizonyos mértékig érvényesek az egyes kifejezések. Ilyenkor a bemeneti és a kimeneti jelek között a kapcsolatot grafikus formában adjuk meg görbék vagy görbeseregek segítségével. A szuperpozíció elve a nemlineáris rendszerekben nem alkalmazható. Nincsenek olyan, a lineáris rendszerekben megszokott fogalmakról, mint az állandósult (stacionárius) összetevő és az átmeneti (tranziens) összetevő. A nemlineáris rendszerek jeleit nem lehet felbontani, és azokat mindig teljes alakkal kell figyelembe venni [10], [11].

Ha több bemenetű és többkimenetű, azaz többváltozós szabályozási rendszerrel van dolgunk, akkor a nemautonóm, nemlineáris rendszer egyenletei a következők:

$$\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{f}(\mathbf{x}, \mathbf{u}, t), \mathbf{x}_k = \mathbf{g}(\mathbf{x}, \mathbf{u}, t) \quad (1.7)$$

ahol: $\mathbf{x} = \mathbf{x}(t)$ állapotvektor ($(n \times 1)$ dimenziójú oszlopvektor), $\mathbf{u} = \mathbf{u}(t)$ bemeneti (irányítási) vektor ($(r \times 1)$ dimenziójú oszlopvektor), $\mathbf{x}_k = \mathbf{x}_k(t)$ kimeneti vektor ($(q \times 1)$ dimenziójú oszlopvektor).

Az (1.7) egyenlet első egyenlete vektor-differenciálegyenlet, a második egyenlet egy közösleges vektoregyenlet, és „t” az idő. Általánosan igaz, hogy úgy az „ $\mathbf{f}$ ” függvény ($(n \times 1)$ dimenziójú oszlopvektor), mint a „ $\mathbf{g}$ ” függvény ($(q \times 1)$ dimenziójú oszlopvektor) nemlineáris függvénykapcsolatot fejez ki a bemeneti és a kimeneti vektor rendezői között. Az (1.7) egyenletet kifejtve kapjuk, hogy:

$$\dot{x}_i(t) = f_i(x_1, \dots, x_n; u_1, \dots, u_r; t), i = (1, 2, \dots, n) \quad (1.8)$$

$$x_{kj}(t) = g_j(x_1, \dots, x_n; u_1, \dots, u_r; t), j = (1, 2, \dots, q) \quad (1.9)$$

Az autonóm nemlineáris tag, vagy rendszer állapotegyenleteit az alábbi alakban is felírhatjuk:

$$\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{f}(\mathbf{x}, \mathbf{u}), \mathbf{x}_k = \mathbf{g}(\mathbf{x}, \mathbf{u}) \quad (1.10)$$

A nemautonóm lineáris tag, vagy rendszer állapotegyenlete:

$$\begin{aligned}\dot{\mathbf{x}} &= \mathbf{A}(t)\mathbf{x}(t) + \mathbf{B}(t)\mathbf{u}(t) \\ \mathbf{x}_k(t) &= \mathbf{C}(t)\mathbf{x}(t) + \mathbf{D}(t)\mathbf{u}(t)\end{aligned}\quad (1.11)$$

A lineáris, autonóm rendszer állapotegyenlete:

$$\begin{aligned}\dot{\mathbf{x}} &= \mathbf{A}\mathbf{x}(t) + \mathbf{B}\mathbf{u}(t) \\ \mathbf{x}_k(t) &= \mathbf{C}\mathbf{x}(t) + \mathbf{D}\mathbf{u}(t)\end{aligned}\quad (1.12)$$

Az (1.11) és az (1.12) egyenletekben $\mathbf{A}$ ($n \times n$) méretű állapotmátrix, $\mathbf{B}$ ($n \times r$) méretű bemeneti mátrix, $\mathbf{C}$ ($q \times n$) méretű kimeneti mátrix és $\mathbf{D}$ ($q \times r$) méretű segédmátrix [11].

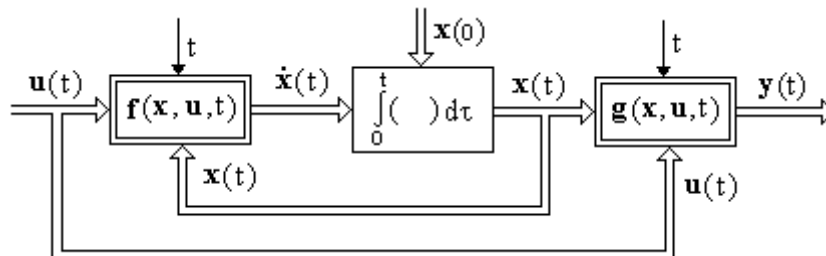
A továbbiakban csak a koncentrált paraméterű, holtidőt nem tartalmazó dinamikus rendszereket elemzem.

A többváltozós dinamikus rendszerek állapotér reprezentációs alakjai [10], [11], [12]

A folytonos-folyamatos működésű, többváltozós, nemlineáris dinamikus rendszer állapotegyenlet-rendszere a következő általános alakban írható fel:

$$\dot{\mathbf{x}}(t) = \mathbf{f}(\mathbf{x}(t), \mathbf{u}(t), t); \mathbf{y}(t) = \mathbf{g}(\mathbf{x}(t), \mathbf{u}(t), t) \quad (1.13)$$

Az (1.13) egyenletrendszer első egyenlete a differenciál-, vagy főegyenlet, a második egyenlet a kimeneti-, kiegészítő (vagy segédegyenlet). A differenciálegyenlet megoldásához természetesen szükséges az $\mathbf{x}(t_0)$ kezdeti feltétel ismerete. A továbbiakban feltételezzük, hogy a kezdeti feltétel $\mathbf{x}(t_0)$ vektort ismerjük. Az (1.13) egyenletrendszerben a következő jelöléseket alkalmaztuk: „ $\mathbf{x}$ ” egy $n \times 1$ méretű állapot-vektor; „ $\mathbf{u}$ ” egy $r \times 1$ méretű bemeneti vektor, „ $\mathbf{y}$ ” egy $q \times 1$ méretű kimeneti vektor, „ $\mathbf{f}$ ” egy $n \times 1$ méretű oszlopvektor, „ $\mathbf{g}$ ” egy $q \times 1$ méretű oszlopvektor. Az (1.13) egyenletrendszer alapján a folytonos-folyamatos működésű, többváltozós, nemlineáris dinamikus rendszer hatásvázlata a 9. sz. ábrán látható:

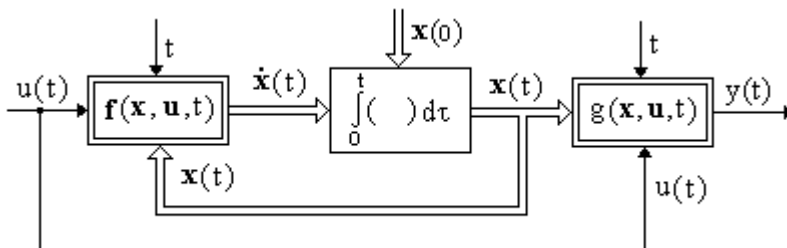


9. ábra A nemlineáris, többváltozós rendszer hatásvázlata

Ha az általunk vizsgált dinamikus rendszer egyváltozós, tehát csak egy bemeneti és egy kimeneti jele van, akkor az (1.13) egyenletrendszer a következő alakban írható fel:

$$\dot{\mathbf{x}}(t) = \mathbf{f}(\mathbf{x}(t), \mathbf{u}(t), t); \mathbf{y}(t) = \mathbf{g}(\mathbf{x}(t), \mathbf{u}(t), t) \quad (1.14)$$

tehát az $\mathbf{u}$, $\mathbf{y}$ és a $\mathbf{g}$ vektorok az u , y és g skalárrá változnak. Az egyváltozós szabályozási rendszer hatásvázlata az 10. sz. ábrán látható.

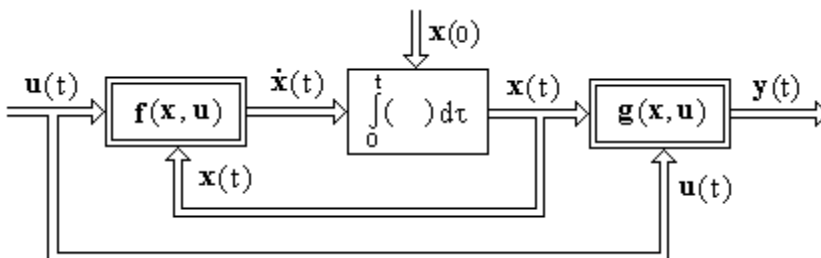


10. ábra - A nemlineáris, egyváltozós rendszer hatásvázlata

Ha a dinamikus rendszer állandó paraméterű, akkor az állapot-egyenletrendszer a következő alakban is felírható:

$$\dot{\mathbf{x}}(t) = \mathbf{f}(\mathbf{x}(t), \mathbf{u}(t)); \mathbf{y}(t) = \mathbf{g}(\mathbf{x}(t), \mathbf{u}(t)) \quad (1.15)$$

Az (1.15) egyenlet alapján a többváltozós, autonóm rendszer hatásvázlata a 11. sz. ábrán látható.

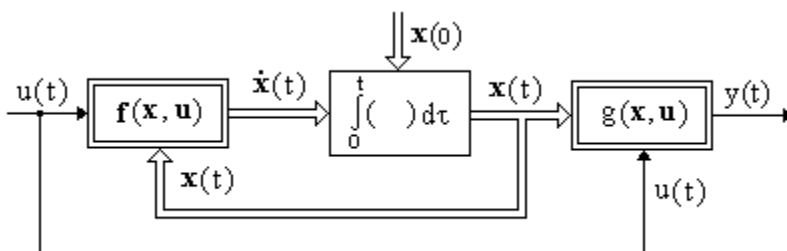


11. ábra - A nemlineáris, többváltozós autonóm rendszer hatásvázlata

Egyváltozós esetben az (1.15) egyenlet az alábbi alakra fajul:

$$\dot{\mathbf{x}}(t) = \mathbf{f}(\mathbf{x}(t), \mathbf{u}(t)); \mathbf{y}(t) = \mathbf{g}(\mathbf{x}(t), \mathbf{u}(t)) \quad (1.16)$$

Az (1.16) egyenletek alapján a nemlineáris, egyváltozós, autonóm rendszer hatásvázlata az 12. ábrán látható.



12. ábra - A nemlineáris, egyváltozós autonóm rendszer hatásvázlata

Ha a vizsgált dinamikus rendszerek gerjesztetlenek ($u(t)=0$) és autonómak, akkor az állapot-egyenletrendszer a következő alakban írható fel:

$$\dot{\mathbf{x}}(t) = \mathbf{f}(\mathbf{x}(t)), \mathbf{y}(t) = \mathbf{g}(\mathbf{x}(t)) \quad (1.17)$$

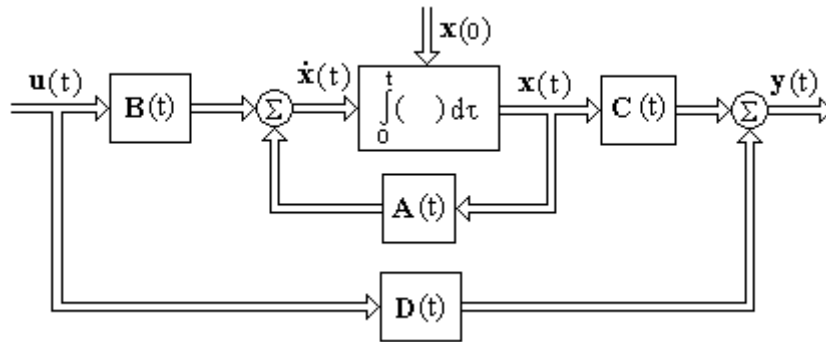
Ha a dinamikus rendszer egyváltozós, akkor:

$$\dot{x}(t) = f(x(t)), y(t) = g(x(t)) \quad (1.18)$$

A lineáris, vagy linearizált dinamikus rendszer állapot-egyenletrendszere a következő alakban adható meg:

$$\begin{aligned} \dot{\mathbf{x}} &= \mathbf{A}(t)\mathbf{x}(t) + \mathbf{B}(t)\mathbf{u}(t), \\ \mathbf{y} &= \mathbf{C}(t)\mathbf{x}(t) + \mathbf{D}(t)\mathbf{u}(t) \end{aligned} \quad (1.19)$$

ahol: $\mathbf{A}(t)$ az $(n \times n)$ méretű rendszer mátrix (állapotmátrix), $\mathbf{B}(t)$ az $(n \times r)$ méretű bemeneti mátrix, $\mathbf{C}(t)$ a $(q \times n)$ méretű kimeneti mátrix és $\mathbf{D}(t)$ a $(q \times r)$ méretű segédmátrix, vagy közvetlen előrevezetési mátrix. A többváltozós, lineáris, dinamikus rendszer hatásvázlata az 13. sz. ábrán látható.

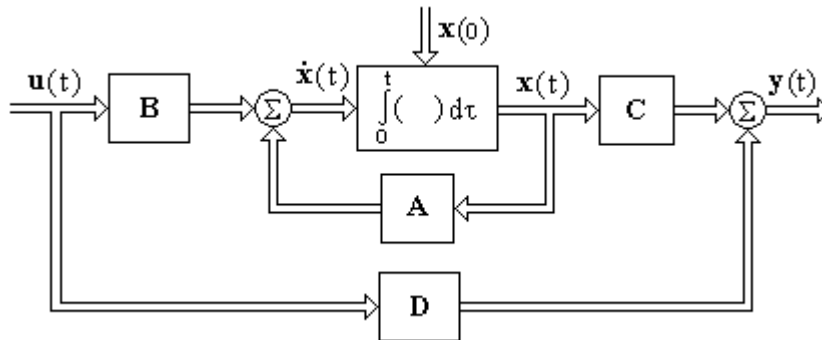


13. ábra - A lineáris, többváltozós rendszer hatásvázlata

A többváltozós, lineáris, autonóm (állandó paraméterű) dinamikus rendszer állapot-egyenletrendszere a következő egyenletekkel adhatóak meg:

$$\begin{aligned} \dot{\mathbf{x}} &= \mathbf{A} \mathbf{x}(t) + \mathbf{B} \mathbf{u}(t) \\ \mathbf{y} &= \mathbf{C} \mathbf{x}(t) + \mathbf{D} \mathbf{u}(t) \end{aligned} \quad (1.20)$$

A többváltozós, lineáris, autonóm (állandó paraméterű) dinamikus rendszer hatásvázlata az 14. sz. ábrán látható.



14. ábra - A lineáris, többváltozós, autonóm rendszer hatásvázlata

A gerjesztetlen ($u(t)=0$), lineáris, állandó paraméterű, többváltozós rendszer állapot-egyenletrendszere az alábbi alakban is felírható:

$$\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{A} \mathbf{x}(t), \mathbf{y} = \mathbf{C} \mathbf{x}(t) \quad (1.21)$$

A lineáris, egyváltozós dinamikus rendszer állapot-egyenletrendszere a következő lesz:

$$\begin{aligned} \dot{\mathbf{x}} &= \mathbf{A} \mathbf{x}(t) + \mathbf{b} u(t) \\ \mathbf{y} &= \mathbf{c}^T \mathbf{x}(t) + d u(t) \end{aligned} \quad (1.21)$$

Ha a rendszer nem gerjesztett, akkor az (1.21) egyenletrendszer a következő alakban is felírható:

$$\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{A} \mathbf{x}(t), \mathbf{y} = \mathbf{c}^T \mathbf{x}(t) \quad (5.16)$$

A leírt modellekből jól látható, hogy minél több tényezővel próbáljuk a valóságot lemodellezni, a modell annál bonyolultabb, nehezebben számíthatóvá válik. Ezért mindenképpen kompromisszum(oka)t kell kötnünk, feltételezéseket, és átlagolt számításokat kell alkalmaznunk a modell számíthatósága érdekében. Amennyiben feltételezünk egy olyan modellt, ami számolja, megközelíti a pánik által bekövetkezett eseményeket, úgy ennek a modellnek a váza a következőképpen épül fel:

- Ez egy dinamikus rendszer;
- Több bemenetű, zajokkal terhelt;
- Időben változó, tehát nemautonóm;
- Bemenetek lehetnek: hang és kép információ (többbemenetű);
- Kimenetek (1 főre vetítve): a tömegben történő mozgás, megtett út, gyorsulás, sebesség.
- Fontos jelentőséggel bír a zajok hatása a rendszerre.

9.) Összegzés

A teljes képet nézve, összességében megállapítottam, hogy a M4 metró biztonságos, a kor követelményeknek megfelel, és abban biztos vagyok, hogy a közeljövőben nem fordul elő semmilyen a biztonságot komolyan veszélyeztető rendkívüli esemény. Persze azért 20- esetleg 30 évnyi üzem után valószínűsíthető, hogy szükséges lesz egy mindenre kiterjedő felújítás.

A problémák, amikre rámutattam viszonylag csekély mértékűek és csak rendkívüli helyzetben fordulhatnak elő, bár még akkor is minimális a bekövetkezés valószínűsége. Gondolok itt a fent taglalt mozgássérült és babakocsis személy menekítésére, a peronszintre. Véleményem szerint legalább az életmentő árok áthidalása könnyíthet a közlekedésen, ezt esetleg egy mobil áthidaló lemezzel, ami erre az esetre van tartva, egyszerű megoldást jelenthet.

Egy rámpa, vagy egy emelő szerkezet beépítése nem lehetséges – gondolva itt a mozgássérült és a babakocsis személy peronra juttatására –, és ezek kialakítása nem lenne olcsó figyelembe véve azt, hogy az alagútban történő menekítések valószínűsége nagyon kicsi.

Megállapítottam, hogy a homlokajtón történő menekítésnél valamilyen megoldást kell találni a mozgássérültek és a babakocsival utazóknak, ugyanis így a gördülékeny kiürítés nem biztosított. Célszerű lenne átalakítani a homlokajtót a megfelelő méretekre, hogy a fent említett személyek gond nélkül kiférjenek.

Megállapítottam, hogy egy kiürítés alkalmával a pánik, és annak előre nehezen megbecsülhető következményei miatt jelen helyzetben nem lehet megállapítani, hogy a kiszámolt időkeret elegendő-e a kiürítés végrehajtásához.

javaslatot tettem a kiürítésre és a pánikra alkalmazható modell közelítésére, de ez még további kutatásokat igényel. A modelleket tekintve célszerűbb lenne valamilyen realiztikusabb – és „metróspecifikus” kiürítési számítást alkalmazni. Véleményem szerint egy szociológián és pszichológián alapuló modellszámítást lehetne alkalmazni, amelyet akár a már említett Dirk Helbing – Farkas Illés – Vicsek Tamás által elkészített matematikai modellel is össze lehetne fűsülni. A probléma az, hogy már egy személyen belül is rengeteg úgymond „változó paraméter” van (kor, testfelépítés, személyiség, pánikra való hajlam, mentális betegségek, stb.). Pszichológiai részről ezeket kellene kategorizálni. Szociológiai részről ezeket a betegséget kellene statisztikán kimutatni, például, hogy 100 emberből, vagy az ország lakosságán belül hány fő rendelkezik a fent

említett betegséggel, vagy jellemzőkkel. Az így kapott értékeket egy időszorozóknak – melyek lehetnek pozitív és negatív irányúak – lehetne alkalmazni. Ezeket az adatokat évente, esetleg félévente lehetne frissíteni. Azonban jól látható, hogy egy ilyen számítás-sorozat borzasztó nagy munkát jelentene, továbbá a mai informatikai háttér sem megfelelő ezen számítások elvégzéséhez. Ugyanis ehhez egy hatalmas központi adatbázisra lenne szükség, ahol minden egyes embernek nyilván vannak tartva a testi és mentális adottságai, és – továbbmenve a fantáziálásban – a személyben/ személyen elhelyezett érzékelő, vagy chip naprakészen frissíti ezt az adatállományt. Nyilvánvaló, hogy ettől még technikailag nagyon messze vagyunk, továbbá egy ilyen rendszer kiépítése és alkalmazása felvet személyiségi-jogi kérdéseket is. Mivel a modell gyakorlatilag csak matematikai alapú lehet, ezért ezt a típust kell olyan szintre fejleszteni, hogy a lehető legjobban közelítse a valóságot. A fent leírt modell nem más, mint egy hatalmas egyenlet, amely tele van ismeretlennel. Minél több ismeretlen van egy egyenletben, amit csak közelíteni tudunk, annál valószínűbb a pontatlanság. De mivel az adott problémát csak statisztikai alapokkal lehet megoldani, ezért szerintem a távoli jövőben ez egy elfogadható modell lehet. Dolgozatom a jövőben felhasználható új kiürítési modell(ek) készítésénél. Fontos szem előtt tartani, hogy a KPU állomás, a vonalalagút, és az összekötő alagút jellemzői nem általánosak, más állomásoknál külön vizsgálat szükséges és célszerű az általam leírtak megállapítására.

Visszatérve a jelenbe, véleményem szerint elegendőek a korábbi fejezetben leírt szimuláció típusok, közelítik a valóságot, de mint említettem sok (egyelőre számolhatatlan) tényező hiányzik belőlük, ezért nem adnak, és persze nem is adhatnak teljes képet. Az eddigi szakemberekkel történt konzultációim, a felkutatott szakirodalmak elemzése, és a személyes tapasztalataim alapján úgy gondolom, hogy a M4 metró mindenképpen egy remek mérnöki munka, ami a jövőbe mutat.

Felhasznált irodalom/ források

- [1] Különleges Feltételek A DB-R Metróvonal tervezési irányelveihez – 1998.
- [2] Metrószerelvények Beszerzése – Ajánlatkérési dokumentáció – 3. Kötet – Vevő követelményei/ 1. rész – Műszaki követelmények – 2005.
- [3] BKK Zrt.: DBR Metróvonal – Tűzriadó Terv – Keleti pályaudvar metróállomás – 2013.
- [4] Budapesti 4.sz. Metróvonal II. szakasz Vasúthatósági Engedélyezési Terv – A Metró Utasbiztonságának Elvei
- [5] Főmterv Zrt.: Keleti pályaudvar állomás kiürítés számítása – 2013.
- [6] Metropol 2014. augusztus 26-ai (kedd) száma 9. oldal. – Tarlós: indulhat a 3-as metró szerelvényeinek felújítása
- [7] Dél-Buda – Rákospalota Metróvonal – DBR Metróvonal vonali végrehajtási utasítása – 2014
- [8] DBR Metróvonal – Vonalismeret v01. verzió – 2014
- [9] Dél-Buda – Rákospalota M4 Metróvonal F.2. Forgalmi Utasítás – 2014.03.31.
- [10] Csáki Frigyes: Szabályozások dinamikája. Lineáris szabályozáselmélet. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1974.
- [11] Csáki Frigyes-Bars Ruth: Automatika. Tankönyvkiadó, Budapest, 1985.
- [12] Szabolcsi Róbert: Korszerű szabályozási rendszerek számítógépes tervezése. ZMNE, ISBN 978-615-5057-26-7, p415, 2011.

Jogszabályok:

- [13] 18/1998 (VII. 3.) KVHM rendelet az Országos Vasúti Szabályzat II. kötetének kiadásáról
- [14] 2/2002 BM rendelet a tűzvédelem és a polgári védelem műszaki követelményeinek megállapításáról – hatályon kívül helyezett jogszabály

Internetes források:

- [15] A 4-es metró nyomvonala –
http://www.metro4.hu/nyomvonal_allomasok_10_keleti.php –
feldolgozva: 2014.03.19.
- [16] Zoltán Ferenc tű. alezredes: Csarnok jellegű bevásárlóközpontokban keletkezett
tűzesetek pszichológiája
http://www.zmne.hu/tanszekek/vegyl/docs/fiatkut/pdf/Zoltan_05_01.pdf –
letöltve: 2014.08.25
- [17] Dirk Helbing, Farkas Illés, Vicsek Tamás – A menekülési pánik dinamikai
tulajdonságainak szimulációja – 2000.
<http://angel.elte.hu/~panic/download/FizSzemle/panik.pdf> – letöltve: 2014.08.25.
- [18] A Budapesti Közlekedési Központ Zártkörűen Működő Részvénytársaság
Üzletszabályzata
http://www.bkk.hu/apps/docs/kozerdeku/20140214_02.pdf – letöltve: 2014.03.19.
- [19] Rail Accident Investigation Branch 2008/3 Report - Derailment of a London
Underground Central Line train near Mile End station 5 July 2007
http://www.raib.gov.uk/cms_resources.cfm?file=/080131_R032008_Mile_End.pdf
feldolgozva: 2014.11.12. - 19
- [20] London Underground – Station Planning Standards and Guidelines – 2012 edition -
http://www.persona.uk.com/nle/B-Core_docs/G/NLE-G1.pdf
feldolgozva: 2014.11.12. - 20
- [21] L. Margittai Andrea tű. fhdgy. – Pánikjelenségek katasztrófahelyzetben –
<http://www.vedelem.hu/files/UserFiles/File/mue/panik.pdf>
feldolgozva: 2014.12.15. - 21
- [22] Mathematical Modelling of Evacuation Problems: A State of Art – H. W. Hamacher,
S. A. Tjandra – Berichte des Fraunhofer ITWM, Nr. 24 (2001)
<https://kluedo.ub.uni-kl.de/files/1477/bericht24.pdf>
feldolgozva: 2014.12.15. - 22

Metró füst- és tüzekkel kapcsolatos cikkek:

- [23] Népszava Online: Megint füstölt a metró - 2014.03.11.
<http://nepszava.hu/cikk/1013440-megint-fustolt-a-metro/>
feldolgozva: 2014.03.13.
- [24] Origo: Kigyulladt a 3-as metró - 2013.11.22.
<http://www.origo.hu/itthon/20131122-az-arpad-hidi-megallot-lezartak-tart-a-mentes.html> feldolgozva: 2014.03.13.
- [25] Hír24: Füst és tűz a metróban Újpesten - 2013.09.10.
<http://www.hir24.hu/baleset-bunugy/2013/09/10/fustbe-borult-a-metro-ujpesten/>
feldolgozva: 2014.03.13.
- [26] Index: Tűz miatt nem járt a 3-as metró - 2013.08.06.
http://index.hu/belfold/2013/08/06/nem_jar_a_3-as_metro/
feldolgozva: 2014.03.13.
- [27] Hír24: Megint füstölt a 3-as metró - 2013.06.17.
<http://www.hir24.hu/baleset-bunugy/2013/06/17/megint-fustolt-a-3-as-metro/>
feldolgozva: 2014.03.13.
- [28] Hír24: Füstriasztás miatt nem járt a 3-as metró 2013.10.28.
<http://www.hir24.hu/belfold/2013/10/28/fustrisaztas-miatt-nem-jart-a-3-as-metro/>
feldolgozva: 2014.03.13.
- [29] 2011.04.19.
Index: Kigyulladt egy üres metró a 3-as vonalán -
http://index.hu/bulvar/2011/04/19/kiuritettek_az_arpad_hidi_metroallomast/
BKV figyelő: Teljesen kiégett egy metrókocsi a délutáni tűzben -
<http://bkvfigyelo.postr.hu/teljesen-kiegett-egy-metrokocsi-a-delutani-tuzben>
BKV figyelő (blog): Kigyulladt egy szerelvény a 3-as metró alagútjában -
http://bkvfigyelo.blog.hu/2011/04/19/kigyulladt_egy_szerelveny_a_3_as_metro_alagutjaban mind a három forrás feldolgozva: 2014.03.13.
- [30] Index: Ennyiszer rohadt le a hármas metró 2014.06.20. -
http://index.hu/belfold/2014/06/20/ennyiszer_rohadt_le_a_harmas_metro/
feldolgozva: 2014.03.13.
- [31] Fővárosi Tűzoltóparancsnokság – Metrótűz a 3-as vonalon Budapesten videó:
<http://supersan.net/videos/tr/video/om47GO7BmH0/T%C5%B1z-a-3-as-metr%C3%B3-vonal%C3%A1n> feldolgozva: 2014.03.13.

Képek forrásai:

- [32] Millfav kocsik kép: <http://hirek.logportal.hu/ismet-metrotuz> letöltve: 2014.04.16.
- [33] Ev3 szerelvény kép: <http://varosikozlekedes.hostzi.com/?p=746> letöltve: 2014.04.20.
- [34] Kiegészített Ev3 szerelvény kép:
http://images.postr.hu/uploads/blogs/120/30462/post_30462_20110419183503.jpg
letöltve: 2014.04.21.
- [35] FKI-től kapott fotók – Nagy László tű alezredes – feldolgozva: 2014.04.24.
- [36] Szerző által készített fotó
- Továbbá a Metróért Egyesület, és a BKK Facebook oldala.
- Az irodalomjegyzéket lezártam 2014.12.17.-én.

Függelékek/ Mellékletek

Ábrajegyzék

- | | |
|--|-------------------|
| 1. ábra: Millfav: http://hirek.logportal.hu/ismet-metrotuz | 2014. április 16. |
| 2. ábra:Ev3: http://varosikozlekedes.hostzi.com/?p=746 | 2014. április 20. |
| 3. ábra: Kiegészített szerelvény:
http://images.postr.hu/uploads/blogs/120/30462/post_30462_20110419183503.jpg | 2014. április 21. |
| 4. ábra: Életmentő árok: saját készítésű fotó | 2014. június 17. |
| 5. ábra: Összekötő alagút: Tűzoltóság (FKI); Nagy László tű alez. | 2014. április 24. |
| 6. ábra: A vonalalagút: Tűzoltóság (FKI); Nagy László tű alez. | 2014. április 24. |
| 7. ábra: Kinyitott homlokajtó és a menekülőjárdák:
Tűzoltóság (FKI); Nagy László tű alez. | 2014. április 24. |

Táblázatok jegyzéke

1. táblázat: KPU állomás egyes méretadatai – Forrás: [1]
2. Szolgáltatások feladatai vonattűz, alagútban rekedt szerelvény esetén – Forrás: [3]
3. Létező evakuációs modellek – Forrás: [22]

Rövidítések jegyzéke

Rövidítés	Angol	Magyar
ATC	Automatic Train Control	Automatikus vonatvezérlés
ATO	Automatic Train Operation	Automatikus vonat üzemeltetés
ATP	Automatic Train Protection	Automatikus vonatvédelem
ÁDI		állomási utasforgalom irányító diszpécser
CBTC	Communication Based Train Control	Kommunikáció alapú automatikus vonatvezérlés
EDI		Energia diszpécser
EDR		Egységes Digitális Rádiórendszer
KFM		Központi forgalmi menetirányító
KFO		Központi forgalmi operátor
KPU		M4 metró Keleti pályaudvar állomás
KUD		Központi utasforgalom- irányító diszpécser
MJV		Metró járművezető (/kísérő)
ML		Mozgólépcső
MTO	Automatikus járművezető nélküli üzemmód	Menless Train Operation
MÜDI		műszaki diszpécser
OVSZ II.		Országos Vasúti Szabályzat II. kötet
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition	Intelligens épület felügyeleti rendszer
TJK		Tűzjelző központ

Jognyilatkozat:

Kijelentem, hogy a TDK dolgozat saját munkám eredménye, a felhasznált szakirodalmat és eszközöket azonosíthatóan közöltem. Az elkészült TDK dolgozatban található eredményeket az egyetem és a feladatot kiíró kar saját céljára térítés nélkül felhasználhatja, a titkosításra vonatkozó esetleges megkötések mellett.

Kijelentem, hogy a feltöltött dokumentum megegyezik a nyomtatásban beadott TDK dolgozatommal. Tudomásul veszem, hogy a TDK dolgozatom plágium ellenőrzésen esik át, az egyetem könyvtára elektronikusan tárolja és archiválja azt, az általa működtetett digitális adattárban (ÓDA).

Mellékletek jegyzéke

I. számú melléklet: Definíciók

II. számú melléklet: KPU peronszint kiürítése

Mellékletek

I. számú melléklet: Definíciók [1]

- 1.) Járмű: A legkisebb üzemképes egység. Ez villamos hajtás nélkül egy kocsi, villamos hajtással ikerkocsi.
- 2.) Járмűszerelvény: Több járмű összekapcsolva, amely nem osztható, forgalmi és üzemeltetési szempontból mindig együtt kell kezelni.
- 3.) Prototípus járмű: Az előzetes típusengedélyek alapján gyártott járмű.
- 4.) Sorozatjárмű: A végleges típusengedélyek alapján gyártott járмű.
- 5.) Járмűvezető: Amikor a járмű kézi vezérléssel üzemel, felügyeli az utasforgalmat, állomásról indítja a járмűvet (ATO, ATP).
- 6.) Járмűkísérő: Amikor a járмű vezérlését automatika biztosítja (ATC), felügyeli az utasforgalmat, hiba esetén korlátozott kézi vezérlésre tér át. (ATPR)
- 7.) Egyterűség: A járмűvek és a belőlük képzett járмűszerelvények az utasok számára is teljes hosszukban akadály nélkül átjárhatók.

II. számú melléklet: KPU peronszint kiürítése [3]

Keleti pályaudvar peronszint

