



VÉDELEM TUDOMÁNY

I. évfolyam, 2. szám – 2016. június

Bogacsó Bálint

FÁZISÁTALAKULÁSOK VIZSGÁLATA A TŰZOLTÓI BEAVATKOZÁSOK BIZTONSÁGÁNAK NÖVELÉSE ÉRDEKÉBEN

Absztrakt

Bevezetés: A technológiai fejlődés következtében egyre több veszélyes anyag jelenik meg környezetünkben. A vegyi anyagok szállítása során a biztonsági előírások betartása mellett is előfordulhatnak balesetek; ilyenkor a veszélyes anyagot tartalmazó sérült tároló elemet rendszerint ki kell üríteni. Az áttejtés során a veszélyes anyag hőmérséklete és nyomása megváltozhat, ez egyes anyagoknál fázisátalakulást eredményezhet, ami viszont befolyásolhatja a kárfelszámolás taktikáját. Módszerek: A cikk feltételezett balesetet vizsgál két különböző anyag esetén. Ehhez a szerző először áttekintést ad azok tulajdonságairól, majd a megfelelő fizikai, kémiai törvények alkalmazásával fázis diagramok elemzését, valamint a fázisátalakulások energiaváltozásainak vizsgálatát végzi el. Következtetések: A fázisátalakulások jelentősen megváltoztathatják a beavatkozás taktikáját annak menete során is, ezért érdemes erre is tekintettel lenni. Egy veszélyes anyagot szállító sérült tartály esetén a szabadba jutó anyag mennyisége miatt terjedési modellek felállítása is szükségessé válhat. A teli és az üres tárolóeszköz mozgatása között is jelentős a kockázati szintkülönbség.

Kulcsszavak: veszélyes anyagok, tűzoltó beavatkozás, fázisátalakulás, biztonság

EXAMINING PHASE TRANSITIONS IN ORDER TO INCREASE THE SAFETY OF FIREFIGHTER INTERVENTIONS

Abstract

Introduction: Because of technological development higher volume of dangerous materials are in our environment. Against keeping safety rules of transportation accidents can be occurred. In these cases the damaged containers holding dangerous materials usually have to be emptied. During decantation, the temperature and pressure of the dangerous material may change, and with certain materials it might lead to phase change, which can have an influence on intervention tactics. **Methods:** The paper examines two materials in a hypothetical accident. The author starts with an overview of their characteristics, then analyses phase diagrams by applying the right laws of physics and chemistry and examines energy transfer during phase changes. **Results:** Phase changes have a significant impact on the tactics of the intervention, even in the course of it, so they are worth considering. Dangerous material spills caused by damaged containers may require spread modelling. There is a substantial difference between the levels of risk posed by moving empty and full containers.

Keywords: dangerous goods, firefighter intervention, phase changes, safety

1. BEVEZETÉS

A veszélyes anyagok széles körben elterjedtek rohamosan fejlődő világunkban. Ha körülnézünk, a környezetünkben alig találunk olyan berendezést, vagy tárgyat, aminek gyártásában, feldolgozásában nem használtak fel valamilyen egészségre vagy környezetre veszélyes vegyi anyagot. A vegyi anyagok gyártása, felhasználása és szállítása során a biztonsági előírások maradéktalan betartása mellett is előfordulhatnak balesetek [1]. Ezeknek az eseményeknek az elsődleges felszámolásáért a tűzoltóság beavatkozó állománya a felelős. A kárhelyszínen hozott döntéseknek hatalmas jelentősége van, hiszen nemcsak a tűzoltók élete foroghat kockán egy rosszul megválasztott beavatkozási taktikán, de akár a baleset

helyszínének környezetében élőknél is jelentős kockázati tényezőt jelenthet. A beavatkozás kereteit ezért szigorúan szabályozzák^{1 2}, oktatása jelentős szerepet kap a képzések során [2] [3] [4] és biztonsági szempontból is igazoltan hangsúlyos [5].

A környezeti hatások eredményeként bizonyos esetekben a veszélyes anyag nyomása és hőmérséklete jelentősen megváltozik, ezért a balesetek felszámolása közben fázisátalakulás is végbemehet. Ennek egyik következménye lehet, hogy a beavatkozás elején megválasztott mentési és kárelhárítási taktikán, módszeren a beavatkozást irányító parancsnoknak változtatni szükséges. A kárhely-parancsnoknak mindezt pillanatokon belül kell megtenni, sok ideje nincs a döntéshozatalra [6] [7]. A mentés közben történő kényszerű változtatás azzal a következménnyel járhat, hogy a kárhelyszínen nem áll rendelkezésre a megváltozott körülményekhez igazodó optimális humán erőforrás és eszköz állomány. Az erők és eszközök utólagos helyszínre riasztása, a kiérkezés és a beavatkozás megkezdésének késlekedése jelentősen meghosszabbíthatja a káreset felszámolásának idejét, esetenként a szükségesnél magasabb riasztási fokozatot generálhat, de akár a beavatkozás biztonságára is magasabb kockázatot jelenthet [8].

A beavatkozó állomány veszélyes anyag jelenlétében történő beavatkozása során az erre az esetre kidolgozott jogszabályokra, korábbi tapasztalataikra és a veszélyes anyag tulajdonságait leíró biztonsági adatlap által szolgáltatott elsődleges információkra támaszkodik [9]. A szerző célkitűzése elsősorban az, hogy a biztonsági adatlapban szereplő adatokból, valamint a fagyáspontcsökkenés törvényéből³ fontos információkhoz jusson a kárhely-parancsnok és az alapján legyen képes meghatározni a megfelelő beavatkozási taktikát és az ahhoz szükséges eszközöket.

2. FÁZISÁTALAKULÁSOK A FIZIKAI HÁTTERE

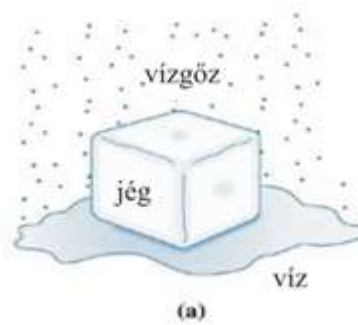
A fázis a térnek egy fizikai határokkal elválasztott része, amelyen belül fizikai, kémiai és egyéb tulajdonságai állandóak. Példaként tekintsük a víz, a jég és a vízgőz fázisait, amelyek egy adott anyag (H₂O) három különböző fázisaként létezhetnek egyidejűleg. Ezek alapján a fő

¹ 5/2014. (II.27.) BM OKF utasítás a Tűzoltás-taktikai Szabályzat kiadásáról

² 14/2014. (XII. 31.) BM OKF utasítás a Műszaki Mentési Műveleti Szabályzat kiadásáról

³ A fagyáspontcsökkenés, (vagy olvadáspont-csökkenés, dermedéspont-csökkenés) törvénye azt fejezi ki, hogy a tiszta anyag (elem, vagy vegyület) fagyás-, vagy olvadáspontja mindig magasabb, mint az oldatnak, amelynek ez az anyag az oldószere.

fázisátmenetek az olvadás – fagyás, párolgás, forrás – lecsapódás, szublimáció – gőzdepozíció. A vizsgálni kívánt fázisátmenet elsősorban a fagyás és az olvadás. Ennek oka, hogy ez a halmazállapot-változás befolyásolja a legjelentősebben a beavatkozás taktikáját, hiszen ezekben a fázisokban tudjuk legkönnyebben meggátolni az anyagok terjedését, szétszóródását valamint nem szándékolt kijutás esetén a mentesítésnek a lehetőségéről is gondolkodni lehet.



1. ábra. A fázisátalakulás szemléltetése a jég – víz – vízgőz (pára) összefüggésében.

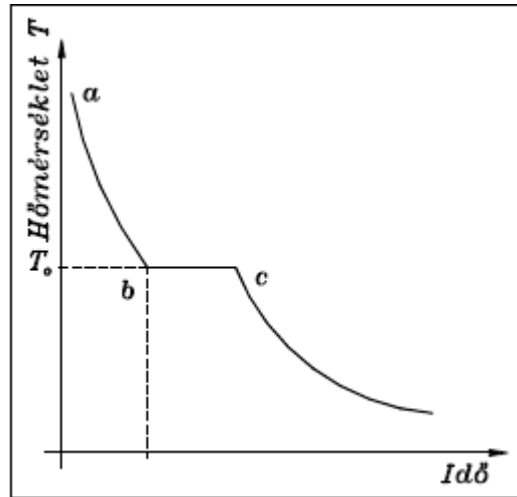
Illusztráció

Az olvadás azon a hőmérsékleten játszódik le, amikor a részecskék rezgőmozgásának akkora lesz az amplitúdója, hogy a részecskék egymáshoz ütköznek, és kilökik egymást a rácsszerkezetből. Ilyenkor a kristályrács összeomlik. Szilárd anyag melegítés vagy nagy nyomás hatására olvad meg. A folyadék hűtése közben a megdermedés a kristályosodás kezdeti hőmérsékletén – a likvidusz hőmérsékleten⁴ – kezdődik, és a fázisátalakulás végső hőmérsékletén, a szolidusz hőmérsékleten⁵ fejeződik be.

Ha az anyag a környezeti hőmérséklethez képest magasabb hőmérsékleten van jelen és az esetleges kiáramlás során a vegyi anyag folyamatos lehűlése várható, akkor számolni lehet a vegyi anyag halmazállapot változásának lehetséges következményeivel.

⁴ A likvidusz az adott ötvözet kristályosodásának kezdeti hőmérsékletét jelöli. A homogén olvadékterületet választja el a heterogén olvadék+szilárd fázis területtől.

⁵ A szolidusz az adott ötvözet kristályosodásának befejező hőmérsékletét jelöli.



2. ábra. Példa egy tiszta anyag hűlésére. Forrás: [10]

A szabadon hűlő anyag hőmérséklete az idő függvényében bizonyíthatóan exponenciálisan (a – b) csökken. T_0 a dermedéspont, ill. az olvadáspont. Ezen a hőmérsékleten a görbén egy vízszintes szakasz (b – c) jelenik meg, melynek kezdőpontja lehűlésnél az első szilárd kristályok megjelenését jelzik, míg a végpontjánál a teljes megszilárdulást jelenti. A lehülési görbén a töréspont fázisváltozást jelent. Amikor egyetlen fázis megdermedése a többtől különállóan történik meg, akkor a lehülési görbén vízszintes egyenes vonal található. Több komponensű rendszer esetén, amikor a rendszerben szerkezet átalakulás megy végbe a lehülési görbe eltér az exponenciális jellegtől. Vízszintes szakasz jelenik meg a görbén, ha a rendszerszabadsági fokainak a száma nulla. A vízszintes szakasz addig tart, amíg a rendszerből legalább egy fázis el nem tűnik.

A fentiekből az a következtetés vonható le, hogy az anyagok fázisainak megjelenése bizonyos időhöz kötött. Ezért előfordulhat az is, hogy technológiai meghibásodás esetén mind a 3 fázissal egyidejűleg találkozunk a beavatkozó állomány, viszont az idő előrehaladtával ez lecsökken és csak a szilárd fázis marad jelen. Ha ez a folyamat gyorsan játszódik le, akkor elhanyagolhatóvá válik a gáz fázisban megjelenő veszélyes anyag mennyisége, ezáltal a terjedési modellek felállítása okafogyottá válik, valamint a folyékony fázis mentesítésének lehetőségén is gondolkodni kell, hiszen, ha újabb anyagot viszünk a folyamatba, jelentősen változhat az anyag fizikai – kémiai tulajdonsága, ezért nem tudjuk kihasználni a szilárd fázisban történő beavatkozás előnyeit.

Ha a folyamatba valamilyen oldószert juttatunk, akkor azzal jelentősen befolyásolhatjuk az olvadáspontot. Ennek oka, hogy a dermedés folyamata során a rendezetlen részecskék rendezett formába, azaz kristály szerkezetbe rendeződnek. Oldat esetében az állapotbeli rendezettség csak valamivel kisebb hőmérsékleten tud kialakulni az oldott részecskék „zavaró” hatása miatt.

Ezt az értéket számítással is meghatározhatjuk. Az alapot a Clausius–Clapeyron-egyenlet adja, majd a Raoult-törvényben kifejezzük a fagyáspontcsökkenést, végül megkapjuk a fagyáspontcsökkenési törvényt, ami az alábbi összefüggésre egyszerűsödik:

$$\Delta_m T = \Delta_m T_m m_B$$

ahol:

- $\Delta_m T$ Fagyáspontcsökkenés, K
- $\Delta_m T_m$ A molális fagyáspontcsökkenés, K·kg/mol
- m_B Az oldott anyag molalitása, mol/kg

A fentiekből kikövetkeztethető, hogy a káreset felszámolásának ideje jelentősen meghosszabbodhat, ha a baleset közúton vagy vasúton történő szállítás során következik be és az adott anyag dokumentációjából nem derül ki, hogy az milyen fázisban van jelen. A közúti és a vasúti szállítás ilyen és hasonló problémáiról más szerző műveiből pontos információk szerezhetők [11].

Bizonyos anyagok olvadáspontja magasabb, mint a környezet hőmérséklete, amiből arra lehet következtetni, hogy a beavatkozáskor az anyag szilárd fázisban jelenik meg és nem a biztonsági adatlapon szereplő folyadék fázisban. A fentiek alapján két anyagot, az ecetsav és a cikloát lehetőségét vettem alapul.

3. AZ ECETSAV ÉS A CIKLOÁT PÉLDÁJA

Az ecetsav fontos kémiai reagens és ipari nyersanyag. Főként a polietilén-tereftalát (pl. szénsavas italok palackjai), cellulóz-acetát (pl. fényképészeti film), polivinil-acetát (pl. ragasztó) valamint mesterséges szálanyagok (pl. acetátszál) gyártásában, a textiliparban mint kikészítési segédanyagot (pl. pH-beállításra) használják.

5. SZAKASZ: TŰZVÉDELMI INTÉZKEDÉSEK

Általános leírás:	Tűzveszélyes folyadék
Tűzveszélyességi osztály:	C - TŰZVESZÉLYES
5.1. Oltóanyag	
Alkalmazható tűzoltó anyagok:	víz, szén-dioxid, hab, oltópor
NEM alkalmazható tűzoltó anyagok:	nincs korlátozás
5.2. Az anyagból vagy a keverékből származó különleges veszélyek	
Különleges veszélyek:	Éghető, gőzei a levegőnél nehezebbek. Szobahőfokon levegővel robbanóelegyet képez, gyújtóforrástól távol kell tartani.
5.3. Tűzoltóknak szóló javaslat	
Egyéni védőfelszerelés tűzoltáskor:	Ne tartózkodjunk a veszélyes zónában megfelelő kémiai védőöltözék és friss levegős légzőkészülék nélkül.


3. *ábra. Az ecetsav 98-100% biztonsági adatlapja, amely alapján ez tűzveszélyes folyadéknak számít. Forrás: GHS - Veszélyes anyagok biztonsági adatlapja*

Egy tűzoltói beavatkozásnál a folyékony halmazállapotban lévő anyagot az adott szállító eszköztől le kell üríteni és a tartány mozgatását csak üres állapotban szabad megkezdeni. Ha nem tudjuk, hogy az anyag csak a tartány megtöltésekor volt folyékony, utána viszont szilárd fázisba ment át, akkor nyilvánvaló, hogy feleslegesen próbálkozunk az átfajtással. A helyszínrre rendelt daru teherbírásával is problémák adódhatnak, hiszen egy teli tartány biztonságos pozícióba történő állítását egy daru valószínűleg nem képes kivitelezni. Mindehhez persze lényeglátásra, a helyzet gyors értékelésére van szükség, amely igazoltan több évnnyi vezetői tapasztalatot és gyakorlást igényel [12]. Ezen problémákat az adott anyag tulajdonságának helyes meghatározásával ki lehet küszöbölni, így az adott út, illetve vasúti pálya lezárásának időtartama jelentős mértékben csökkenhet.

9. SZAKASZ: FIZIKAI ÉS KÉMIAI TULAJDONSÁGOK

9.1. Az alapvető fizikai és kémiai tulajdonságokra vonatkozó információ	
Külső jellemzők:	színtelen maró szúrós szagú folyadék
Szag:	szúrós szagú
Szagküszöb érték:	10 ppm
Olvadáspont/fagyáspont [°C]:	16,6°C
Forráspont [°C]:	118°C

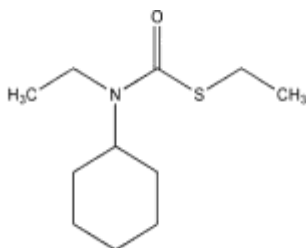
4. *ábra. Az ecetsav olvadáspontja 16,6 °C, vagyis alatta szilárd fázisú, alacsonyabb kockázattal. Forrás: GHS - Veszélyes anyagok biztonsági adatlapja*

<u>Név</u>	ec. ecetsav jégecet	<u>Moláris tömeg</u>	60,05 g/mol
<u>Képlet</u>	CH ₃ COOH	<u>Sűrűség (25 °C)</u>	1,05 g/cm ³
<u>CAS szám</u>	64-19-7	<u>Forráspont</u>	117–118 °C
<u>R</u>	10-35	<u>Olvadáspont</u>	16,2 °C
<u>S</u>	23-26-45	<u>Koncentráció</u>	99 (m/m)%
		<u>Veszélyjel</u>	

5. ábra. Egyéb, beavatkozáshoz információt nyújtó adatok az ecetsavról. Forrás:
GHS - Veszélyes anyagok biztonsági adatlapja

A beavatkozások során számos egyéb dologra is figyelnie kell, illetve számításba kell vennie a kárhely-parancsnoknak. A fenti anyag jellemzői a különböző fázisokban eltérőek, így pl. az egészségkárosító hatásai: színtelen, szúrós szagú folyadék. Szembe és bőrre került jégecet égési sérüléseket, vakságot okozhat. Gőzei viszont megtámadják a nyálkahártyát, köhögésre ingerelnek, károsíthatják a tüdőt, illetve irritálják a szemet. Lenyelve torokfájás, hasi fájdalom, hányás, súlyosabb esetben halál léphet fel. (Már 1 ml jégecet lenyelése is okozhat nyelőcső perforációt.) Az anyaggal való érintkezés során mindig gumikesztyűben, jól szellőző fülkében dolgozzunk. A kiömlött savat azonnal töröljük fel. Sérülés esetén elsősegélynyújtásnál a következőkre kell figyelni: A bőrre került jégecetet bő vízzel mossuk le a bőrfelületről. Szembe jutott jégecetet bő vízzel mossuk ki, majd hívjunk orvosi segítséget. Ha a jégecet a gyomorba kerül, tejet vagy vizet kell itatni a beteggel. A beteget ne hánytassuk. Belégzésnél vigyünk a sérültet friss levegőre, ha a légzése nehézkes, oxigén belélegeztetés alkalmazható. A fenti hatások töredékével találkozunk a tűzoltó, ha az anyag szilárd fázisban van, de az olvadáspontja közelében ez rövid idő alatt gyökeresen megváltozhat.

Hasonló összefüggéseket találhatunk a cikloát esetében is. Ez az anyag növény védőszerek hatóanyagaként jelenik meg a mindennapokban. Jelenleg az EU területén csak a gyártása engedélyezett. A növényvédelem területén nyújtott kimagasló hatásfoka miatt azonban jelentős mennyiségben történik az előállítása és főként Ázsiába és Ausztráliába történik az exportálása. Elsődleges hatása, hogy gátolja a lipidek anyagcseréjét. A cikloát, vagy más néven S-etil-ciklohexil(etil)tiokarbamát, képlete: C₁₁H₂₁NOS. CAS száma: 1134-23-2. Az anyag emberre gyakorolt hatásai tekintetében súlyosan mutagén és karcinogén, így a vele való találkozás mindenképp kerülendő.



6. ábra. A cikloát szerkezeti felépítése. Forrás: BME [13]

A beavatkozás szempontjából fontos tulajdonsága, hogy az olvadáspontja: 11,5 °C. Az ecetsavhoz hasonlóan ez olyan érték, hogy az év nagy részében normál körülmények között is fázisátalakulás mehet végbe. Ezért esetleges szállítása közben bekövetkező káreset felszámolásánál a környezeti hatások jelentősen befolyásolják az anyag fizikai tulajdonságait.

A tavaszi, vagy az őszi időszakban gyakran találkozhatunk a fenti anyagok olvadáspontja körüli hőmérséklettel, ami azt jelenti, hogy akár szilárd, akár folyékony állapotban van az anyag, az a körülmények változásának hatására megváltoztathatja a beavatkozás menetét. Hőmérsékletemelkedés hatására az első esetben tűzveszélyessé válik az anyag és tűzoltással is számolnunk kell, míg a másodikban jelentős karcinogén hatással állunk szemben és az egyéni védőfelszerelések alkalmazása kitüntetett szerepet kell, hogy kapjon. Bár a kárfelszámolás során mindig számítani kell a taktika módosításának lehetőségével, a két fenti esetben ez elsődleges szemponttá válhat.

4. ÖSSZEFOGLALÁS

A veszélyes anyag tulajdonságainak meghatározása döntően befolyásolják egy adott beavatkozás sikerét vagy kudarcát. A biztonsági adatlapon szereplő bizonyos információk jelentős segítséget nyújtanak a sikeres beavatkozáshoz, azonban lehetnek rajta olyan adatok is, amelyek megfelelő háttértudás nélkül nem szolgáltatnak iránymutatást a beavatkozás menetére. Ilyen lehet a fázisátalakulások szempontjából fontos olvadás – fagyás, párolgás, forrás – lecsapódás, szublimáció – gőzdepozíció. A beavatkozások szempontjából a cikk két anyag tekintetében a fázisátmenetek közül a fagyásra – olvadásra koncentrált. Ennek oka, hogy a szerző szerint ez a halmazállapot-változás befolyásolja a legjelentősebben a beavatkozás taktikáját, ezekben a fázisokban tudjuk legkönnyebben meggátolni az anyagok

terjedését, szétszóródását. A fentiek megfelelő szintű ismerete növelheti a tűzoltói beavatkozások biztonsági szintjét.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Horváth H., Kátai-Urbán L.,: A vasúti áruszállítás környezetbiztonsági aspektusainak értékelése I. rész HADTUDOMÁNY; XXVI.: pp. 51-58. (2016)
- [2] Beda L., Kerekes Zs.,: Égés- és oltásmélelet II. Budapest: Szent István Egyetem Ybl Miklós Főiskolai Kar, 2006.
- [3] Bleszity J., Grósz Z., Krizsán Z., Restás Á.: New Training for Disaster Management at University Level in Hungary; NISPACEE, Budapest, 2014.05.22-24. ISBN:ISBN 978-80-89013-72-2
- [4] Restás Á.: Alkalmazott tűzoltás; Egyetemi jegyzet, Nemzeti Közszolgálati Egyetem; ISBN 978-615-5527-23-4
- [5] Pántya P.: Lehetőségek a katasztrófavédelmi, tűzoltói beavatkozó biztonság növelésére; In: Pokorádi L.: Műszaki Tudomány az Észak-kelet Magyarországi Régióban. 435 p., pp. 214-222. Elektronikus Műszaki Füzetek; 14, ISBN:978-963-508-752-5
- [6] Restás Á.: A tűzoltásvezető döntéshozatali mechanizmusa; Védelem 8:(2) pp. 28-30. (2001) ISSN: 1218-2958
- [7] Restás Á.: A tűzoltásvezetők döntéseit elősegítő mechanizmusok; Védelem 20:(5) pp. 11-14. (2013) ISSN: 1218-2958
- [8] Pántya P.: A tűzoltói beavatkozás veszélyes üzem? Bolyai szemle 23:(3) pp. 36-42. ISSN 1416-1443
- [9] Safety Data Sheet of acetic acid 98-100%
<http://www.sciencelab.com/msds.php?msdsId=9922769> (letöltés: 2016.03.22)
- [10] Cooling curve of a phase transition
<http://www.sze.hu/~hargitai/2013%20Femtan%20anyagvizsgalat%20%20Anyagszerkezet%20es%20vizsgalat/Eloadasok%20%20tantermi%20gyakorlatok/3%20ea%202013.pdf>
(letöltés: 2016.03.22.)

[11] Horváth H., Kátai-Urbán L.: A vasúti áruszállítás környezetbiztonsági aspektusainak értékelése II. rész; Hadtudomány; XXVI: pp. 59-69. (2016)

[12] Restás Á.: A tűzoltásvezetők döntéseit elősegítő praktikák; Bolyai szemle 22:(3) pp. 75-89. (2013) ISSN 1416-1443

[13] BME - <http://enfo.agt.bme.hu/drupal/node/11523> (letöltés: 2016.03.22)

Bogacsó Bálint

MSc hallgató, Védelmi igazgatási szak, Nemzeti Közsolgálati Egyetem, Katasztrófavédelmi Intézet, Budapest, Email: Balint.Bogacsko@gmail.com;

Bálint Bogacsó

MSc student of Defence Administration, Institute of Disaster Management, National University of Public Service, Budapest, Hungary, Email: Balint.Bogacsko@gmail.com;
Orcid: orcid.org/0000-0002-8960-1886

Orcid: orcid.org/0000-0002-8960-1886

A kézirat benyújtása: 2016.05.10.

A kézirat elfogadása: 2016.06.08.

Lektorálta: Restás Ágoston