

Bodnár László

A HELIKOPTERES T ZOLTÁS HATÉKONYSÁGÁNAK VIZSGÁLATA MAGYARORSZÁGI PÉLDÁKKAL

Absztrakt

A természeti csapások egyre hangsúlyosabb szerepet kapnak életünkben. A klímaváltozás nem csupán Magyarországot, de a világ összes országát érinti. Ennek hatására folyamatos átlagh mérséklet növekedés figyelhet meg, amely a nyári erd – és vegetáció tüzek kockázatát jelent s mértékben megnöveli. A cikkben a küls függesztménnyel való helikopteres t zoltás módszerének hatékonysága kerül bemutatásra, gazdasági elemzések és a szerz által készített elvi ábrák segítségével. A cikk megírásában óriási segítséget nyújtott a téma szakért ivel történ személyes konzultáció és adatgy jtés. Egy modern világ, modern t zoltási módszereket igényel, ezért a cikk lényege a speciális t zoltási módszerek, valamint a légi t zoltás alkalmazásának prioritása a hagyományos t zoltással szemben, illetve ennek nemzetgazdasági hatékonyságának megközelítése.

Kulcsszavak:Bambi Bucket, Smokey, hagyományos t zoltás, légi t zoltás, hatékonyság, gazdasági elemzés

STUDY OF HELICOPTERS' EFFICIENCY IN AERIAL FIREFIGHTING WITH HUNGARIAN EXAMPLES

Abstract

Day by day catastrophes gain bigger emphasis in our lives. The climate change affects not only Hungary and Europe, but every single country on Earth. By this we can expect the constant raise of the average temperature, and this greatly increases the risk of forest fires. The article shows the efficiency of the aerial firefighting in Hungary, using helicopters with hanged burden (like Bambi Bucket and Smokey). Our modern life, needs modern methods in the firefighting as well. The article is focused on the special firefighting methods, and the priority of the aerial firefighting, against the conventional firefighting. The author tries to make economic analysis as well.

Key words: Bambi Bucket, Smokey, conventional firefighting, aerial firefighting, efficiency, economic analysis,

BEVEZETÉS

A feldolgozott téma jogszabályi alapja a 2011. évi CXXVIII. törvény a katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról [1] és az 1996. évi XXXI. törvény a tűz elleni védekezésről, a műszaki mentésről és a tűzoltóságról. [2]

A témában írt releváns szakirodalmak megismerése mellett komolyabb hangsúlyt kapott a különböző beosztású tűzoltókkal való személyes konzultáció, hiszen a gyakorlattal rendelkező szakemberek tapasztalatai nagyon jól hasznosíthatóak a tudományos munkában és az oktatásban egyaránt. [3] A kutatás során idegen nyelven speciálisan helikopteres tűzoltással kapcsolatos szakirodalmat tanulmányoztam. Ezek rávilágítottak a tűzesetek oltásának taktikájára és azok nehézségeire. Ebben az évezredben egyre gyakrabban találkozhatunk erdő- és vegetációtüzekkel, amelyek a világ legkülönbözőbb pontjain pusztítanak, óriási károkat okozva és gyakran emberéleteket is követelve. Ezen tűzesetek alkalmával a média gyakran szemlélteti a tüzet a levegőből megfékezni próbáló helikoptereket illetve repülőgépeket. [4] A modern tűzoltás taktikája megköveteli a nagy kiterjedésű erdőtüzek oltása esetén a légi tűzoltás alkalmazását, hiszen használatával hatékonyabbá válik a tűzoltás. A technika világában már rendelkezésünkre állnak olyan eszközök, melyek lehetővé teszik a légi tűzoltás hatékony alkalmazását. Egyik gyakori módja a légi tűzoltásnak alkalmazásának a függesztett teherként működő eszközök használata. Cikkem ennek hatékonyságát kívánja bemutatni a hazai és nemzetközi szakirodalmak kapcsán.

A TŰZOLTÁSHOZ HASZNÁLT KÜLSŐ FÜGGESZTMÉNY TÍPUSAI

Már az első világháború előtt is tettek kísérleteket a tűz levegőből való oltására, ám ezek még igencsak kezdetlegesek voltak. Egymotoros könnyű gépekből, dézsákból öntötték ki a vizet, viszont ez nem bizonyult hatékonynak. Azonban a kaliforniai hatóságok fantáziát láttak benne, így nagyobb léptékben kezdtek gondolkodni. Először még második világháború előtt kétfedelű gépeket szereltek fel tartályokkal, melyekből pár pillanat alatt ki lehetett engedni a felszállás előtt feltöltött vizet. [4] A kezdeti próbálkozások és tapasztalatok alapján a külső függesztménnyel történő légi tűzoltási módszerek folyamatosan javultak és fejlődtek. Napjainkban odáig jutottunk, hogy készülnek speciálisan a légi tűzoltás alkalmazására

tartályok/vödrök, melyek gyakorlati tapasztalatai hatékonyak bizonyultak. A küls függesztmény 4 típusát különbözteti meg a külföldi szakirodalom [5]

1. táblázat: A küls függesztmény típusai. Forrás:[5]

1. típus	"Rövid kötel " (a kötel hossza< 20 m)
2. típus	"Hosszú kötel " (a kötel hossza> 20 m)
3. típus	"Röngköléses" (osztályozatlan és rendezetlen, f ként a kivágott fa szállítására alkalmazzák)
4. típus	"Rögzített típusú" (A terhet egy fix ponton tartja)

Bambi Bucket modellek

Légi t zoltás alkalmazása során, küls függesztményként hazánkban leggyakrabban Bambi Bucket vödört alkalmaznak. Erre mutatnak példát hazai erd tüzekről írt esettanulmányok is. [6] [7] [8] A vödört különböző méreteken gyártják a 270 literestől egészen a 9000 literes méretig. A Bambi vödröket nem csak méretük, de típusaik szerint is megkülönböztethetjük. A három, talán legáltalánosabb modell a Bambi Bucket Modell 1012, a Bambi Bucket 2000 és a Bambi Bucket Modell 1518. [9] Az ábra ezeket a modelleket és legfontosabb adataikat kívánja szemléltetni.



1. kép: Bambi Bucket termékcsalád. Készítette: A szerző Forrás:[9]

A Bambi vödör alkalmazásának lényege, hogy a helikopter aljához kötélen rögzítenek egy tartályt. A tartály töltése a következőképpen történik. A helikopter nagy vízfelület felett a vödört függeszkedve megmeríti, majd a kárhelyre érve egy, a Bambi Bucket alján található nyíláson kiüríti. A Bambi Bucket elnye, hogy használatához a helikopter nem igényel

semmilyen átalakítást és módosítást, a küls függesztmény rögzítési pontjához kell csatlakoztatni és a helikopter azonnal bevetésre kész. Ez lehet vé teszi, hogy az egyébként más feladatra tervezett és alkalmazott bármely helikopter potenciálisan alkalmas t zoltási feladatok ellátására is.[10]

A tartály feltöltésének két alapvet módszerét különböztetik meg. Az egyik esetben az ideiglenesen kijelölt repül éren a rendelkezésre álló tartályból egy szivattyú segítségével történik a feltöltés, a másikban a helikopter egy arra alkalmas nyílt vízfelület fölött függeszked üzem módban megmeríti a tartályt. A Magyarországon használatos típusoknál a merítés helyén a vízmélységnek legalább 1,5 méter mélynek kell lennie.[10]

A Bambi Bucket tartályhoz opcióként a Sacksafoam készülékcsaládot lehet alkalmazni, amely a fedélzetr l irányítva képes 0,5-1 % közötti habképz anyagot a tartályba injektálni. A hatékonyabb kijuttatás érdekében a tartály aljára szintén opcióként rendelni lehet FireSock kever zsákokat, amely az oldat leveg vel való hatékonyabb keveredését segíti el . A fenti felszerelések el segítik az oltóanyag habosodását, a víz felületi feszültségének csökkentésével a hatékonyabb oltóhatás kifejtését. [10]

A módszer hatékonyan alkalmazható bármely erd t z alkalmával, azonban az alkalmazás nehézségeit is meg kell említeni. A küls függ teher miatt nehézkessé válhat a helikopter man verezése. Problémát jelent ezen kívül, hogy a megtöltéséhez kell kiterjedés és megfelelő mélység vízre van szükség. Hazánkban számos vízfelület található, köszönhet en az ország medence jellegének, azonban egyes országokban a vízszerezés nehézségeket jelenthet (Spanyolország, Délszláv-térség) még akkor is, ha a vízpótláshoz elegend egy-egy kisebb tó vagy csatorna.

Smokey modellek

A Bambi Bucketen kívül, más tartályokat is használnak légi t zoltás alkalmával küls függesztményként. Ilyenek többek között a Smokey – modellek, melyek szintén hatékonynak bizonyulnak.

Els ránézésre is látszik, hogy súlyuk és kapacitásuk is nagyobb a Bambi Bucketnél. Hazánkban a Bambi Bucket használata élvez prioritást, de Németországban például gyakran

Smokey III		Smokey I	
legnagyobb átmérő	kb. 124 cm	legnagyobb átmérő	kb. 225 cm
magasság	kb. 137 cm	magasság	kb. 197 cm
súly	1020 kg	súly	5540 kg
kapacitás	860 l	kapacitás	5000 l



2. ábra. Smokey termékcsalád: Készítette a szerz , Forrás [9]

használnak Smokey tartályt légi t zoltás során. [9] Ahogyan a Bambi Bucketet, úgy a Smokey modelleket is különböző méretben gyártanak a néhány száz literest l egészen a több ezer literes nagyságig. Ezek az eszközök nagymértékben hozzájárulnak egy nagy kiterjedés erd t z sikeres oltásához, hiszen használatukkal nem csak a lángfront, hanem a t z fészke is oltható. [6] [10]

A KÜLS FÜGGESZTMÉNYHASZNÁLATAMAGYARORSZÁGON

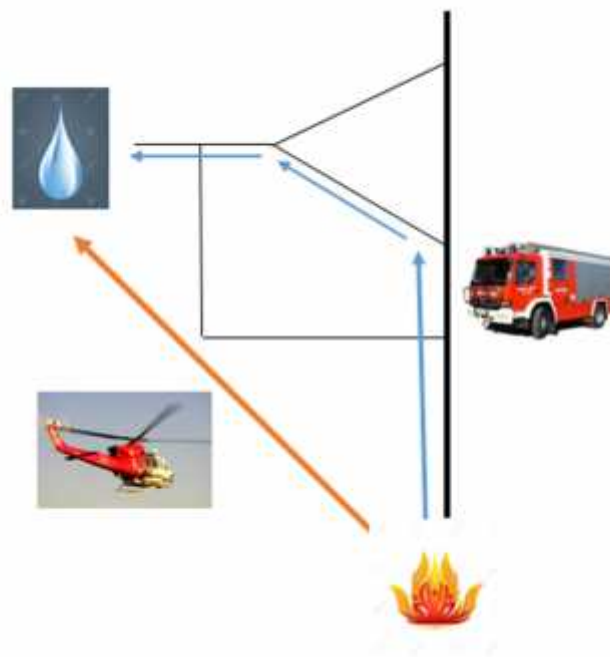
Bár Magyarország erd tüzek szempontjából nem tartozik a kiemelten veszélyeztetett országok közé, mégis találunk a múltból olyan példákat, amikor a t z nagy kiterjedése a légi t zoltás alkalmazását igényelte. Egyik ilyen eset a 2002-es Hortobágyi vegetációt z, melynek során 2 db Mi-8-as honvédségi helikopter segítségével valósult meg a légi t zoltás, Bambi Bucket tartályokból ledobott vízfüggöny segítségével. [7] A hagyományos t zoltást 13 darab gépjárm fecskend és 4 darab vízszállító segítette. Egy korábbi téves riasztási fokozat meghatározása eredményezte azt, hogy a káresethez a szükségesnél kevesebb t zoltó er lett riasztva. Ez megnehezítette a t zoltás hatékonyságát. A vízzel való oltás C és D sugarak segítségével, illetve a 2db Mi 8-as katonai helikopterekr l leengedett vízfüggönyökkel valósult meg. Az oltási intenzitás már a t zeset kezdetén sem volt megfelelő , a nagy területen

terjedés rendkívül gyorsasága miatt. A másik probléma a tüzészet téves minősítéséből adódó tüzoltóerők hiánya volt. Ezek a nehézségek végül elvezettek a légitüzoltás igénybevételéhez, ami rendkívül hatékonynak bizonyult. Ezt a hatékonyságot az alábbi tényezők tették lehetővé:

- a vízfelvétel helyének megfelelő távolsága
- a pilóták tapasztalata, és alkalmazkodásuk a terepviszonyokhoz
- a megfelelő időjárási körülmények
- a közvetlen hírszekötetés

A légitüzoltás tehát egyértelműen hatékonynak bizonyult, ami megkönnyítette a későbbi nagy kiterjedésű erdőtüzek (Kunfehértó 2007) oltásának taktikáját. [7][11]

A LÉGITÜZOLTÁS HATÉKONYSÁGA AZ OLTÓANYAGELLÁTÁS FÜGGVÉNYÉBEN



3. ábra: A légitüzoltás hatékonyságának elvi ábrája. Forrás: [11]

Legrövidebb távolság légvonalban (narancssárganyíl): 3 km

Legrövidebb távolság földúton (kék nyilak): 6 km

Az oltóanyag ellátás a t zcsapok hiánya miatt az erd tüzek egyik legjelent sebb problémája. Ilyenkor válik szükségessé a természetes vízforrások igénybevétele. A vízszállítás általában vízszállító gépjárm vek segítségével valósul meg. Ez a rossz min ség erdei utak miatt igen id igényes. A légi t zoltás alkalmazásával viszont sok id t lehet megtakarítani, még ha az költségeit tekintve jelent sen drágább is. Ezt bizonyítja a 2007-es Kunfehértói t z eset alapján elkészített fenti ábra. Az ábrán bejelöltem a t z helyszínét, a vízforrást (kék csepp), a két helyszín közötti földutakat (fekete vonalak), amelyen a t zoltó gépjárm haladhat. Két pont távolságát, a két pontot összeköt szakasz hossza adja meg. Ebb l következik, hogy két pont között legrövidebb út az egyenes. [12] Mivel a helikopter légvonalban közlekedik, ezért képes a két pont közötti legrövidebb szakaszon haladni, ellentétben a vízszállító fecskendővel, amely a földi úton haladva kitérésekkel tudja csak elérni a kívánt pontot. A legrövidebb földi útvonalat a kék nyilak jelzik. A vastag narancssárganyíl a helikopter légi útvonalát mutatja meg. Szemmel is jól kivehető, hogy a távolság légvonalban sokkal rövidebb, mint az úton. A földi utakon a távolság 6 km, légvonalban pedig csak 3 km. A t zoltó gépjárm feltételezett sebessége az erdei úton 20 km/h. Ez a 6 km-es szakaszon 18 percnyi id t vesz igénybe, amíg eléri a vízforrást. Mire onnan visszaér, a t z eset helyszínére ez az id 36 percre ugrik. Ezzel szemben a helikopter 2 perc 10 másodperc alatt ér a helyszínre, ahonnan egy gyors vízszállítás után kb. 4 perc 20 másodperc alatt vissza is ér a kiindulópontra. Ez többszörös hatékonyságot jelent! A számok bebizonyítják, hogy a légi t zoltás oltóanyag szállítása jóval hatékonyabb, mint a vízszállító fecskendőké, hiszen a vonulásukat semmi nem akadályozza. [11] Egy káresethez történ vonulási és szállítási id tehát meghatározza a t zoltás hatékonyságát. Ennek fontosságával korábban más szakirodalom is foglalkozott. [13]

A LÉGI T ZOLTÁS HATÉKONYSÁGÁNAK NEMZETGAZDASÁGI MEGKÖZELÍTÉSE

T zoltás alkalmával meg kell különböztetnünk a légi illetve a hagyományos t zoltás költségeit. Elemzésem alapjául a már el bb említett 2002-es hortobágyi t z esetet veszem alapul. [7]

A hagyományos t zoltás üzemanyag költségei

A t z oltása során 13 gépjármű fecskendő és 4 db vízszállító vett részt, 1 db t zoltókocsi átlagos fogyasztása: 20 liter/100 km. A t z és Hortobágy település t zcsapjainak távolsága 10 km. Egy – egy vízszállító 1 nap akár 20 alkalommal is fordulhatott, így kb. 400 km távolságot járt meg (20 x 10 km oda és 10 km vissza = 400 km), ami 4 db vízszállítóra nézve 1600 km-t jelent (4 x 400 km = 1600 km). Mivel a jármű járó motor mellett állva is fogyaszt, ezért az 1600-at 1700-ra kerekíthetjük. A szükséges m veletek elvégzése után megkapjuk, hogy a vízszállító fecskendők 340 liternyi üzemanyagot fogyasztottak, ez pedig az akkori gázolaj ár (2002-ben gázolaj ár = 193 Ft / liter [15] alapján **65.620 Ft-t** jelent.

A légi t zoltás költségei

A Mi - 8 helikopter átlagos fogyasztása kb. 900 liter / óra és a kerozin 2002-es becsült ára 300 Ft/liter. A felszállások száma kb. 75 volt és 1 fordulás nagyjából 10 percet vett igénybe [16]. A matematikai számítás elvégzése után megkapjuk az egy helikopterre irányadó üzemidőt, ami kb. 12,5 óra, vagyis két Mi - 8-as helikopter esetén 25 óra. A fogyasztás tehát két helikopterre 25 óra alatt 22.500 liter kerozin (25 x 900 = 22.500), ez a 300 Ft-os árral besorozva **6.750.000 Ft** költséget jelent.

A leégett terület kárértéke

A leégett terület nagysága 4.755 ha (nem erdő!), amelyet ha beszorozunk 100.000 Ft-tal (1 ha terület becsült ára 2002-ben itt 100.000 Ft), akkor összesen 475.500.000 Ft (4.755 x 100.000 = 475.500.000) kárérték nagysággal számolhatunk.

A költségek összegzése

A fenti költség tételeket összeadva a következő értéket kapjuk:

- Az üzemanyag költségei: 65. 620 Ft
- A légi t zoltás költségei: 6. 750.000 Ft
- A keletkezett kárérték: kb. 475. 500. 000 Ft.
- **Összesen: 482.315.620 Ft**

A fentiek alapján a Hortobágyi Nemzeti Park területén 2002-ben keletkezett t zeset költsége több, mint 482 millió Ft és látható, hogy annak legnagyobb részét itt is a leégett terület értéke tette ki. A leégett terület sokkal nagyobb lett volna, ha nem alkalmaztak volna a légi t zoltási módszereket. A légi t zoltás megvalósításával jelent s területeket sikerült megóvni a t ztl, sokkal többet, mint amennyibe a költségei kerültek. Összességében azt mondhatjuk, hogy a légi t zoltás alkalmazása drágább, mint a hagyományos t zoltásé, viszont a leégett területek megmentésének figyelembe vételével megállapítható, hogy nemzetgazdasági szempontból sokkal hatékonyabb. Lehet, hogy a t zoltás költsége drágább, de a leégett területek költségeinek megmentésével nemzetgazdasági szinten nagyobb költség takarítható meg! [11]

Különböz t zeseteknél érvényes, hogy a költségek szempontjából elengedhetetlen az ún. gazdaságosság els dleges kritériumának teljesülése. Ennek lényege az, hogy a t zoltás során felhasznált él er , eszköz és anyagok költségei kisebbek legyenek, mint a nemzetgazdasági szinten vett megmentett érték. Ellenkez esetben, pusztán gazdaságossági értelemben az oltás ráfizetéses. [14] T zoltás hatékonyságának elemzésekor meg kell jegyezni, hogy a t zoltás vezet knek egy-egy erd t z során komoly döntéseket kell meghozniuk, viszont erre a körülmények miatt nagyon kevés idejük van, ez pedig szintén befolyásolhatja a t zoltás hatékonyságát. [17]

ÖSSZEGZÉS

A cikkben a légi t zoltás hatékonyságát igyekeztem bemutatni a küls függesztmények alkalmazásával. A mai világban egy t zoltás sikerességéhez elengedhetetlen a megfelelő t zoltási taktikai mód megválasztása mellett, a nemzetgazdasági költségek minimalizálása. Ez pedig csak hatékony t zoltói beavatkozással valósítható meg. A cikkben szemléltetni kívántam a t zoltás nehézségeit, a t zoltás során meghozott döntések fontosságát, illetve a

t zoltás taktikájának helyes megválasztását. Nagy kiterjedés erd tüzek esetén hatékony megoldás jelentett a légi t zoltás alkalmazása, hiszen ennek segítségével az el z ekben bemutatottak alapján, nemzetgazdasági szinten nagy költségek takaríthatóak meg. Egy t zoltás során óriási költségekkel kell számolni. Nemzetgazdasági szinten természetesen a t z megel zés a leghatékonyabb, ám ezt egy erd t z esetén igen nehéz megvalósítani, jó megoldás lehet viszont új technológiai módszerek alkalmazása t z esetek detektálására. A cikk megírásakor célul t ztem ki a hazai és nemzetközi irodalom megismerését. Ennek vizsgálata alapján megállapítható, hogy külföldön a légi t zoltás és a küls függesztmények alkalmazása is általánosabb, mint hazánkban. Magyarországon honvédségi helikoptereket (Mi- 2 és Mi- 8) használnak t zoltási célra, pedig ezek a helikopterek nem erre készültek. A külföldi szakirodalmak gyakrabban említenek speciálisan t zoltási célra készített légi járm veket, mint a hazaiak. A különbség a küls függesztmény használatánál is megmutatkozott. Nálunk els sorban a Bambi Bucket termékcsaládot használják, t zoltási célra, míg például Németországban lehet nagyobb kapacitással rendelkező küls függesztmény is. (Smokey, Somat) Mindent összevetve megállapítható, hogy az erd t z, mint az emberei élet és anyagi javakat veszélyeztető tényező, a klímaváltozás hatására egyre hangsúlyosabb szerepet kap a hazai és nemzetközi katasztrófavédelemben. Az erd t zoltás körülményei a világ egyes részein fejlettebbek, mint hazánkban, de Magyarország is egyre gyorsabban halad a hatékony t zoltás útján.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] 2011. évi CXXVIII. törvény a katasztrófavédeleml és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról.
- [2] 1996. évi XXXI. törvény a t z elleni védekezésről, a m szakimentésről és a t zoltásról.
- [3] PÁNTYA P., RÁCZ S.: A vízben végrehajtott mentés oktatása és annak tapasztalatai a Katasztrófavédelmi Oktatási Központban, valamint a Nemzeti Közsolgálati Egyetemen. *Bólyai Szemle*, 23.3. (2014) 51.-61.
- [4] *Informatika és tudomány*: <https://sg.hu/cikkek/39094/tuzoltas-a-levegobol> (Letöltés ideje: 2016.11.07.)
- [5] Bayerische Staatsregierung: *Richtlinie für die Zusammenarbeit von Feuerwehr und Luftfahrzeugbetreibern in Bayern*, München, Bayerische Staatsregierung, 2013.

[6] KÓS Gy., KOMJÁTHY L.: Erd tüzek helikopteres oltása. *Repüléstudományi közlemények*, 24. 2, (2012), 471.–482.

http://epa.oszk.hu/02600/02694/00059/pdf/EPA02694_rtk_2012_2_0471-0482.pdf

[7] TÓTHI: *Tanulmány a Hortobágyi Nemzeti Park területén bekövetkezett tüzeset oltási tevékenységéről*. Budapest: BM Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság, 2002.

[8] GERNER J.: *Összefoglaló a 2007. július 25–30 közötti időszakban bekövetkezett Kéleshalom–Kunfehértó, és a Kiskunhalas–Imrehegy közötti Kakas-hegyi V-ös kiemelt erdőtüzekről*. Kiskunhalas: (Szerzői kézirat), 2007.

[9] Staatliche Feuerweherschule Würzburg: *Lehrunterlage für den Flughelfer – Lehrgang Technik*. Würzburg: SFSW, 2014

[10] RESTÁS Á: *Az erdőtüzek légi felderítésének és oltásának kutatás-fejlesztése*. Budapest, ZMNE, 2008

[11] BODNÁR L: Az erdőtüzek oltásának logisztikai problémái valós példák alapján. *Bolyai Szemle* 24. 4. (2015) 86. – 99

http://uni-nke.hu/uploads/media_items/bolyai-szemle-2015-04.original.pdf

[12] Áltusli: <http://www.altusli.hu/matf/keretgalapism3.html> (A letöltés ideje: 2015.07.08.)

[13] PÁNTYA P: A tüszoltói beavatkozás veszélyes üzem? *Bolyai Szemle*, 23. 3 (2014) 36.–42.

[14] RESTÁS Á: A légi tüszoltás hatékonyságának közgazdasági megközelítése. *Repüléstudományi Közlemények*, 24. 2, (2012) 805–813. <http://www.vedelem.hu/letoltes/anyagok/395-az-erdotuzoltas-hatekonysaganak-kozgazdasagi-megkozelitese.pdf> (A letöltés ideje: 2016. 03.12.)

[15] *Újra 200 forint fölött a benzin ára.*

<http://www.origo.hu/gazdasag/hirek/20020128ujra.html> (A letöltés ideje: 2014. 03. 18.)

[16] KOMJÁTHY L., KOZÁK A., RESTÁS Á.: *Developing a Technology for Making Aerial Firefighting more Effective in Hungary*. XI : . Lvov, Ukrajna, 2013. 10. 23–25. University of Lviv, 27–31.

[17] RESTÁS Á: A tüszoltásvezeték döntéseinek modellezése és működése a gyakorlatban. *Védelem Katasztrófavédelmi Szemle*, 20. 4, (2013) 9–12.

<http://www.vedelem.hu/letoltes/ujsag/v201304.pdf> (A letöltés ideje: 2016. 03. 12)

Bodnár László

nappali tagozatos doktorandusz

Nemzeti Közsolgálati Egyetem, Katonai Műszaki Doktori Iskola

1101 Budapest, Hungária körút 9-11

bodnar.laszlo@uni-nke.hu

Orcid: 0000-0001-9196-8030

A kézirat benyújtása: 2016.11.11.

A kézirat elfogadása: 2016.11.30.

Lektorálta: Dr. Komjáthy László, ny. t. tanár