

Napjainkban egyre szigorodnak az elvárások a tűzvédelemmel szemben. A tűzoltói beavatkozások esetében a legfontosabb a gyors kiérkezés, a szakszerű mentés, a tűz káros hatásainak rövid időn belüli megszüntetése és a beavatkozók biztonsága, emellett azonban ma már megkerülhetetlen tényezők a környezetvédelem, az értékvédelem és a gazdaságosság is. Utóbbi szempontok, valamint a minél nagyobb érték megmentésének igénye indokoltá teszik a tűzvédelmi berendezések és a tűzoltás során alkalmazott módszerek és technikák nem csupán szakmai, hanem komplex hatékonyságvizsgálatát. A cikk a vonatkozó szakirodalom alapján a hatékonyság két fő irányát tekinti át, valamint a magasnyomású oltórendszerek esetében közelítő számításokkal és a technikákat használók gyakorlati tapasztalataira építve a hatékonyság növelésének lehetőségeit vizsgálja. A szigorú, összetett elvárásoknak való megfelelést a gazdaságilag is hatékony módszerek, technikák és berendezések alkalmazása nyújtja. Kulcsszavak: tűzvédelem, tűzoltótechnika, magasnyomás, oltórendszer, tűzvédelmi berendezés, beavatkozás, hatékonyság

Bevezetés

Ha tűzoltásról, tűzoltói beavatkozásról van szó, az embereknek először az jut az eszébe, hogy mindenekelőtt gyors legyen a helyszínre érkezés, a veszélyben levő személyeket (lehetőleg) sérülés nélkül menekítsék ki, a tűz a lehető legkisebb mértékben terjedjen tovább, és persze, hogy el legyen oltva. A fenti szempontok prioritása vitathatatlan, de ezek leginkább azokra az esetekre, illetve a beavatkozás azon szakaszára vonatkoznak, amikor még emberélet van veszélyben. A tűzoltói beavatkozások jelentős részében azonban értékvédelem jellegű beavatkozásról van szó, amikor a lakosság, a tulajdonosok részéről jogos igényként merül fel, hogy a beavatkozás során okozott másodlagos károk helyreállításának költségei minél inkább alatta maradjanak a megmentett értéknek. Ha beépített oltóberendezésekről van szó, a létesítés költségei az épület bekerülési költségeinek egyik jelentős hányadát teszik ki. Hiábavaló a beruházás akkor, ha a beépített oltóberendezés működés közben a megmentett értékkel azonos nagyságrendű másodlagos kárt okoz. Mindemellett

Ma már megkerülhetetlen szempontok a környezetvédelem, az értékvédelem és a gazdaságosság is. Az épületekbe beépített tűzoltó rendszerek és a beavatkozásnál használt technikák felől tekintve is lényeges szempont, hogy a felhasznált oltóanyag milyen környezetkárosító hatással rendelkezik; természetesen elfogadva azt, hogy a beavatkozás nélküli tűzkár a legtöbb esetben minden más károsító hatáznál nagyobb lenne. Több oltóanyagról is megállapítást nyert annak környezetkárosító hatása, ezért a környezetet nem, vagy lényegesen kevésbé terhelő megoldásoknak ki kell váltaniuk a környezetkárosító tűzvédelmi technológiákat, eszközöket. A beavatkozás költségeinek a minimalizálása is egyre fontosabbá válik, hiszen a költséghatékonyság nem csak a versenyszférában működő cégek, hanem a költségvetési szervek, így a Katasztrófavédelem számára is alapvető elvárás.

A tűzoltási technikák hatékonysága

A tűzoltási technikák hatékonysága értelmezhető szűken, szakmai szempontok szerint, valamint ennél szélesebb körben, gazdasági szempontokat is figyelembe véve, a beavatkozás költségeinek és a másodlagos károknak (az oltás során nem a tűz és kísérőjelenségei által okozott károk) a figyelembevételével is.

Szakmai hatékonyság

„Az oltóanyag hatékonysága azt mutatja meg, hogy a tüzet hogyan tudja eloltani, vagyis a tűz terjedési sebességét (v_o) hogyan képes lecsökkenteni, szélső esetben megállítani ($v_x; v_x < v_o$ vagy $v_x = 0$). Amennyiben elfogadjuk, azt, hogy nem csak a tűz teljes eloltása hatékony, de a terjedési sebességének lecsökkentése is, úgy a szakmai hatékonyság kérdése a sebesség lecsökkentésének mértékétől függ. A fentiekből az következik, hogy a tűz terjedési sebességét különböző mértékben csökkentő oltóanyagok hatékonysága is különböző mértékű; logikus, hogy annak nagyobb az oltási hatékonysága, amelyik nagyobb mértékben csökkenti a terjedési sebességet.” [1] Szakmailag tehát ugyanolyan hatékonyak lehetnek a tűz terjedési sebességét azonos mértékben csökkentő oltóanyagok; függetlenül attól, hogy alkalmazásuk mekkora költséggel jár, illetve a felhasználásukkal történő beavatkozás során milyen mértékű másodlagos károk keletkeznek.

Gazdasági hatékonyság

„A közgazdasági szempontú hatékonyság azonban többet jelent a fentiektől; ekkor nem csak a terjedési sebesség csökkentésének mértékét, de az arra fordított költségeket is figyelembe kell venni. Amennyiben a költségeket is figyelembe vesszük, úgy az azonos sebességcsökkentő hatást eredményező, de fajlagosan olcsóbb oltóanyag közgazdasági szempontból nyilvánvalóan hatékonyabb.” [1] Komplexen vizsgálva figyelembe kell venni az oltás során keletkező másodlagos károkat is, tekintettel arra, hogy közgazdasági szempontból ezek veszteségként jelentkeznek.

A költséghatékonyság és a takarékoság a tűzoltói beavatkozás esetében értelemszerűen nem mehet a biztonság rovására, de gyakran adódnak olyan esetek, amikor a megmentett érték alacsony, a beavatkozáshoz használt eszközök száma és mennyisége pedig ugyanaz, mint egy nagy értéket képviselő épülettűz esetében. Számos vidéki tűzoltóság vonulásainak egy jelentős hányadát a vegetációtűzek teszik ki, amelyek esetében az oltáshoz felhasznált víz, illetve annak helyszínre szállítása több ponton befolyásolja a beavatkozás költségeit. Nagyobb tűzek esetében – vezetékes vízellátás hiányát feltételezve – a jellemzően nehéz tömegosztályú vízszállító szer mozgása (üzemanyag felhasználása, amortizációja) képez jelentős költséghányadot; kisebb tűzek esetében pedig lehet, hogy egy közepes tömegosztályú gépjárműfecskendő vonulása sem feltétlenül indokolt, ha rendelkezésre áll kisebb tömegű, hatékonyabb oltóvíz-felhasználású szer. Vegetációtűzek esetén is célszerű szórt, porlasztott sugár alkalmazása. Törekedni kell a takarékos vízfelhasználásra, helyi tűzek oltására pedig hatékony lehet az impulzusoltó készülék is. [2]

A beépített oltórendszerek esetében a működéshez (tűzoltáshoz) felhasznált víz mennyiségével arányos a vízkár mértéke. Sok példa bizonyítja a beépített vízzel oltó rendszerek hasznosságát, amelyek esetében, még ha számottevő is a vízkár, a megmentett érték sokszorosan meghaladja azt.

Számos esetben azonban, például kulturális örökség elhelyezésére szolgáló épületekben (múzeumok, könyvtárak, művészeti galériák stb.), nagy értékű berendezéseket tartalmazó helyiségekben, épületekben (orvosi műszerek, kommunikációs kapcsolóközpontok, villamos elosztók stb.), illetve nagy mennyiségű, fontos adatot tároló helyiségeknél (adatbankok, szerverközpontok, levéltárak stb.) az oltóvíz által okozott másodlagos károk pénzben kifejezhető része mellett pótolhatatlan értékek és adatok is elveszhetnek. Az ilyen és hasonló helyzetekben a tűzoltásvezető is nagyon összetett, komplex feladat előtt áll, rengeteg információt kell feldolgoznia, és gyors, a lehető legkisebb kárértéket eredményező döntést kell hoznia. [9] A beépített oltórendszerek jelentősen egyszerűsíthetik a beavatkozást, segítve a tűzoltásvezető döntéshozói tevékenységét.

Komplex módon vizsgálva az oltás költségeit, a másodlagos károk, illetve a beavatkozás során a környezetben okozott, pénzben kifejezhető károk szintén az oltás költségeihez sorolhatók.

A beépített oltórendszerek működése során és a tűzoltói beavatkozások esetében is a megmentett érték a tűz és a beavatkozás időtartamával fordított arányban áll. Minél rövidebb időt vesz igénybe a beavatkozás, annál kisebb a tűz (és a másodlagos hatások) okozta kár is.

Értékvédelem jellegű beavatkozások esetében a megmentett érték és a beavatkozás komplex költségeinek (a készenléttel és vonulással kapcsolatos állandó és változó költségek, illetve a másodlagos károk helyreállítási költségeinek) különbsége képezik a beavatkozás valós hasznát.

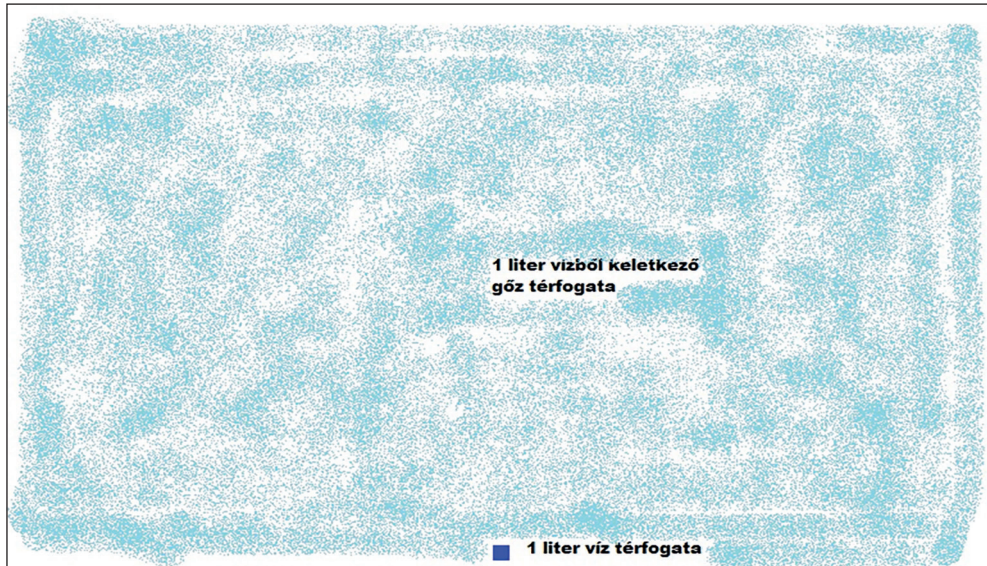
Életvédelem jellegű beavatkozások esetén természetesen a legfontosabb az élet és a testi épség megóvása, ami minden egyéb szempont felett áll.

Fentiek alapján fontosnak tartom a beépített tűzoltó berendezések és a tűzoltói beavatkozások során alkalmazott eszközök szakmai és közgazdasági hatékonyságvizsgálatát, ezzel elősegítve a megfelelő berendezések és eszközök kiválasztását a különböző tűzoltási feladatokra.

A legelterjedtebb oltóanyag: a víz

A víz ideális oltóanyagnak tekinthető abból a szempontból, hogy (az alkáli fémek, alkáli földfémek és karbidok kivételével) a legtöbb anyaggal nem lép veszélyes reakcióba, nem mérgező, valamint a környezetet nem szennyezi.

Magas fajlagos hőkapacitásából¹ adódóan jó a hőelvonó képessége, oltás közben – ideális esetben – gőzzé alakul, ennek során további energiát (2256 kJ/kg) von el a környezetétől. A keletkezett gőz térfogata a vízhez képest jelentősen, kb. 1700-szorosára² megnövekszik; valamint, amíg az égés hőhatásának kitett térrészben van jelen, további hő elvonására képes³ (fajlagos hőkapacitása 2,08 kJ/kgK). [8]



1. ábra: A víz és a vízgőz térfogata (Forrás: szerző)

Ebből adódik a víz két fő oltóhatása:

- *Hűtőhatás*, amelynek során az égés, mint láncreakció fenntartásához szükséges energia elnyelésével lassul, illetve leáll a folyamat. A hűtőhatást két részre bonthatjuk. Az egyik az égő anyag lángjának hűtése, a másik az égő anyag felületének hű-

1 A víz fajlagos hőkapacitása 4,18 kJ/kgK.

2 A keletkezett gőz térfogata egységnyi térfogatú víz 1675-szerese. [4]

3 A gőz fajlagos hőkapacitása 2,08 kJ/kgK.

tése. Az első rész a vízcseppeknek a lángzónába való behatolása alatti hő lekötésből áll. Ennek következtében a gyúlékony gázok lehűlnek, a hőszugárzás csökken, a tűz továbbterjedése erősen korlátozódik. Így megkönnyíti az utána következő vízcseppek tűzfészkekhez való jutását. Az oltóhatás második része az égő anyag hőjének elvonásából áll. Ezt csak úgy tudja megvalósítani, ha a teljes felületet vízcseppekkel fedi le. A víz hőelvonó képességét növelni lehet, ha a zárt víztömeg helyett kisebb vízcseppecskék felhőjét juttatjuk az égő anyagokra. [4]

- *Kiszorító hatás*, amelynek során az égéshez, mint kémiai átalakuláshoz szükséges egyik összetevő (oxigén) koncentrációja csökken, ezzel akadályozva a kémiai reakciót. A hő hatására a vízből fejlődő vízgőz az éghető vagy égő anyagot gőzfelhőbe burkolja, és ezáltal csökkenti a tűzhez áramló oxigén mennyiségét, az ott lévő pedig kiszorítja. Ha a vízgőz mennyisége a kb. 35%-ot eléri, az égés megszűnik. [4]

Egységnyi tömegű víz oltóhatását megvizsgálva, miközben 10 °C-ról 100 °C-ra melegszik, azt tapasztaljuk, hogy $Q_{\text{víz}} = 376 \text{ kJ/kg}$.

Az egységnyi tömegű víz (teljes mértékű) elpárolgása során kifejtett oltóhatás viszont $Q_{\text{víz-gőz}} = 2256 \text{ kJ/kg}$.

Figyelembe véve, hogy a víz tökéletes elpárolgásának hűtőhatása a víz hűtőhatásának hatszorosa, valamint azt, hogy oxigénkiszorító hatása is csak a gőznek van; kijelenthető, hogy a víz mint oltóanyag kedvező hatásai csak akkor érvényesülnek igazán, ha a víz az oltás során minél nagyobb mértékben elpárolog.

Más megközelítésben kijelenthető, hogy az a vízmennyiség, amely az oltás során nem párolgott el, az nem is igazán járult hozzá a tűz eloltásához; viszont egyúttal a másodlagos károk legfőbb okozójává válik.

A fentiekén túlmenően a víz alkalmazására egyéb módon is lehetőség van, a tűzoltók habképző anyag hozzáadásával különböző oltóhabokat készítenek. A habok szintén számos kedvező oltótulajdonsággal rendelkeznek, a legújabb kutatások ezeket vízgyenyértékben is képesek kifejezni. [10]

A vízzel oltás hatékonyságának növelése

Magasnyomású tűzoltó technikák

A víz műszaki szempontból hatékony felhasználását teszik lehetővé a hazánkban is ismert, de mégis kevésbé elterjedt vízköddel oltó berendezések. Ezek a berendezések azt használják ki, hogy a lángtérbe juttatott oltóvíz párolgási sebessége nagymértékben függ az egységnyi térfogatú vízre eső felület nagyságától. Minél több és minél apróbb cseppekben kerül a lángtérbe az oltóvíz, annál gyorsabb a párolgása és annál nagyobb a hűtőhatás és a kiszorító hatás mértéke. A vízködképzéshez szükséges méretű vízcseppeket nagynyomású szivattyúk és speciális fúvókák alkalmazásával állítják elő.

A vízköd MSZE CEN/TS 14972 szerinti definíciója: a szórófejből annak a legkisebb nyomásán kibocsátott olyan vízpermet, amelynek $Dv_{0,90}$ szemcseátmérője a szórófejtől 1 m-es távolságban lévő síkban mérve 1 mm-nél kisebb.

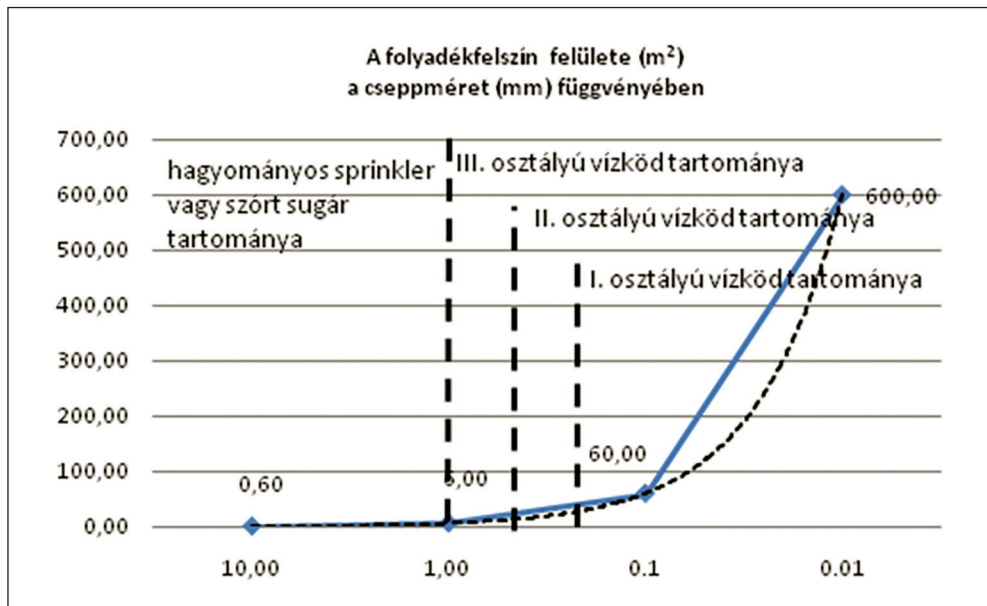
A cseppméretet tovább vizsgálva [3]:

- az I. osztályú vízköd legalább 90%-ának az átlagos cseppmérete, $\phi < 200 \mu\text{m}$;
- a II. osztályú vízköd legalább 90%-ának átlagos cseppmérete $200 < \phi < 400 \mu\text{m}$;
- a III. osztályú vízköd legalább 90%-ának átlagos cseppmérete $400 < \phi < 1000 \mu\text{m}$.

A magasnyomású technikák üzemi nyomás szerinti felosztása MSZE CEN/TS 14972 szerint:

- kisnyomású rendszerek: legfeljebb 12,5 bar;
- középnyomású rendszerek: legalább 12,5 bar, de legfeljebb 35 bar;
- nagynyomású rendszerek: legalább 35 bar.

A közép- és kisnyomású vízködöknél jellemzően 200 és 1000 μm közötti cseppmérettel találkozunk. A napjainkban használatos mobil vízköddel oltók és a beépített vízköddel oltók is jellemzően 100–150 bar nyomáson működnek, messze az I. osztályú vízköd tartományon belül, 100 μm alatti cseppmérettel. A folyadékfelszín felülete az oltóhatással arányos.



2. ábra: A vízködök osztályozása (Forrás: szerző)

Cseppméret (mm)	Cseppek száma (db)	A folyadékfelszín felülete (m ²)
10	1 900	0,6
1	1 900 000	6
0,1	1 900 000 000	60
0,01	1 900 000 000 000	600

1. táblázat: Az egységnyi oltóvízből előállított cseppek mérete, mennyisége és az általuk képzett folyadékfelszín felülete [5]

A nagy folyadékfelszín által biztosított gyors párolgás miatt mind a hűtőhatás, mind a kiszorító hatás jól érvényesül, miközben másodlagos kárt okozó víz ideális esetben nem keletkezik. A túl kicsi cseppméret hátránya, hogy kis tömege miatt lebeg, illetve az intenzív égéskor létrejövő termiksugár elragadja, és kivezeti a lángtérből, mielőtt elpárologna és kifejtené oltóhatásait. A vízköddel oltó berendezések fúvókája ezért úgy van kialakítva, hogy a szivattyú által előállított nyomás egy részét a vízpermet nagy sebességre történő felgyorsítására használják fel, és a megnövelt mozgási energiájú folyadékrezecskék így elérik a lángteret.

Hazánkban is ismert magasnyomású technikák:

- ♦ impulzusoltók
- ♦ mobil vízköddel oltó gépek
- ♦ beépített vízköddel oltó rendszerek

Különleges technikák [6]:

- ♦ ABC MacIntosh F.A.S. Fire Attack System (Ultra készlet)
 - kétlánczás kivitel (egyszerre két fő tud hatékonyan beavatkozni)
 - alapesetben 30 méteres nagynyomású tömlők, amelyek szükség szerint 90 méterre hosszabbíthatók
 - 450 literes víztartály
 - többféle láncza eltérő tűzesetekhez (gépjármű vagy avartüzek)
- ♦ GS Hi-Tec One-Fog Gun
 - keretes hordozórendszer, kerekkel mozgatható
 - masszív lánczák, a láncza fején pontosan megtervezett pontokon lép ki a porlasztott víz a legnagyobb oltóhatás elérésért
 - alapesetben 50 méteres tömlők, hosszabbítva pedig 100 méteresek



3. ábra: ABC MacIntosh F.A.S. Ultra (Forrás: www.gshitec.co.kr/eng/products/eng_products03.asp)[6]



4. ábra: GS Hi-Tec One-Fog Gun [6](Forrás: www.abcmacintosh.com/equipment.html)

A jelenleg folytatott kiképzések, továbbképzések és gyakorlatok dacára, valamint a rendszerített, máházott, személyre kiadott védőeszközök használatakor is kimutathatóan előfordulnak a tűzoltói állományt érintő sérülések. A tűz és káresetek során bizonyos állandóan változó mértékű veszély jelenlétében történnek a beavatkozások. [7] Nem szabad megfeledkezni a magasnyomású technikák esetében a hagyományos oltótechnikák jól ismert veszélyforrásain túl a 100–150 bar nyomásból adódó, járulékos veszélyekről:

- A vízködsugarat tilos közvetlenül emberre irányítani.
- A nagynyomású rendszerelemek (tömlőn, szivattyún, szelepeken, sugárcsővön stb.) észlelt mindennemű sérülés észlelése esetén a berendezést azonnal le kell kapcsolni. A javítás csak szakműhelyben végezhető. Meghibásodás után biztonsági felülvizsgálatot kell végeztetni.
- Ha öt percnél több ideig nem történik vízelvétel, a szivattyú túlmelegedését elkerülendő a berendezést le kell állítani.
- Téli üzemeltetésnél ügyelni kell a fagyveszélyre.

Összegzés

Az épületekbe beépített tűzoltó rendszereknél és a beavatkozás során használt technikáknál is fontos szemponttá vált a környezetvédelem, az értékvédelem és a gazdaságosság. A tűz minél gyorsabb körülhatárolása, lefeketítése és eloltása – vagyis a szakmai hatékonyság – mellett egyre fontosabbá válik a beavatkozás (felhasznált oltóanyag mennyisége, minősége, felhasznált üzemanyag) és az esetleges másodlagos károkozás (vízkár vagy a környezet károsítása) költsége, vagyis a közzgazdasági hatékonyság is. Kiváló fizikai és kémiai tulajdonságai miatt a víz a leggyakoribb oltóanyag, viszont hagyományos technológiával használva a másodlagos vízkárokért is a leginkább felelős. A megoldást a magasnyomású

rendszerek jelenthetik, amelyek a környezetbarát oltóanyagot nagy hatékonysággal használják fel, miközben minimális másodlagos kár (vízkár) keletkezik. Ezek az oltóvíz nélküli területek oltásának eredményességét is növelik, mert kevesebb oltóvizet és a víz tengelyen történő biztosításához kevesebb üzemanyagot használ fel a vízszállító szer. A megfelelő vízköd képzéséhez a jelenlegi gépjárműfecskendők szivattyúinak nyomásviszonyai nem alkalmasak. A könnyű tömegosztályú tűzoltó szerekre is mállázható, speciális kialakítású, magasnyomású kompakt oltóegységek alkalmazásával várhatóan jelentős költség takarítható meg.

Irodalomjegyzék

- [1] Restás Ágoston: *Kézikönyv. Az erdőtüzek oltásának hatékonyabbá tétele a légi felderítés, a légi tűzoltás, és az oltóanyagok megválasztásának vizsgálatával.* Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katasztrófavédelmi Intézet, Budapest, 2015.
- [2] Bartovics Attila: *Nagy kiterjedésű hosszantartó erdőtüzek oltásának tapasztalatai a beavatkozás és a tűzkár környezeti hatásainak elemzése.* 2004.
- [3] Benedek András: *Beépített tűzoltó berendezések oltóanyagai és alkalmazási lehetőségei.* 20154, www.vedelem.hu/files/UserFiles/File/aktualis/20140915-lakitelek-eloadasok/benedek.pdf.
- [4] Kuti Rajmund: *A vízköddel oltás gyakorlati lehetőségeinek elemzése, különös tekintettel a mobil vízköddel oltó berendezésekre.* 2005. <http://www.vedelem.hu/letoltes/anyagok/11-a-vizkoddal-oltas-gyakorlati-lehetosegeinek-elemzese.pdf> (Letöltés: 2016. 03. 12.)
- [5] Bot Péter: *Vízködös oltástechnológia a korszerű tűzvédelem fontos eszköze.* Ventor Tűzvédelmi Kft., 2014. http://www.vedelem.hu/files/UserFiles/File/aktualis/20140607-vektorkonf/Bot_Peter.pdf (Letöltés: 2016. 03. 12.)
- [6] Pántya Péter: *Modern fejlesztések tűzoltóknak – nagynyomású oltóberendezések.* 2010. <http://www.vedelem.hu/letoltes/anyagok/330-modern-fejlesztések-tuzoltoknak-nagynyomasu-oltoberendezesek.pdf> (Letöltés: 2016. 03. 12.)
- [7] Pántya Péter: *Füsttel telített, zárt terekben történő tűzoltói beavatkozások vizsgálata a biztonság szempontjából.* *Bolyai Szemle*, 22/3, 2013, 41–58. o. <http://uni-nke.hu/downloads/bsz/bszemle2013/3/5.pdf> (Letöltés: 2016. 03. 12.)
- [8] Restás Ágoston: *Égés- és oltáselmélet.* Egyetemi jegyzet, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Budapest, 2014, 69–72., 76–79. o.
- [9] Restás Ágoston: *A tűzoltásvezetők döntései – elméleti szempontból.* *Védelem Katasztrófavédelmi Szemle*, 20/3, 2013, 5–10. o.
- [10] Restás Ágoston: *R-20F Method: An approach for measuring the isolation effect of foams used fighting forest fires.* *AARMS Academic and Applied Research in Military Science*, 11/2, pp. 233–247.

The benefits of high pressure techniques in fire protection

HALASSY GÁBOR

Today, the requirements for fire protection have become more and more strict. The most important being for fire service interventions to reach the location of the fire fast, professional rescue, elimination of the harmful effects of the fire within a short period of time and the safety of the participants of the intervention. In addition, there are also unavoidable factors such as the environment, the protection of values and the economy. These aspects, as well as the higher rescued value motivates not only a pro-

fessional, but a complex analysis of the efficiency of fire-fighting equipment, methods and techniques in practice.

The article based on the processing of relevant literature, reviews the two main directions of effectiveness and examines possibilities to increase efficiency, through approximate calculations and practical experience in case of the high-pressure fire extinguishing systems.

The application of economically efficient methods, techniques and equipment provides the compliance for the strict, complex requirements.

Keywords: fire protection, firefighting technics, high pressure, fire protection system, intervention, effectiveness