


Pántya Péter¹ 

Műszaki fejlesztési lehetőségek a tűzoltóságok légzésvédelme terén²

Technical Development Opportunities in the Field of Respiratory Protection in Case of Fire Services

A tűzoltósági, katasztrófavédelmi beavatkozó területen a légzésvédelmet Magyarországon és a világon mindenhol hasonló műszaki megoldásokkal biztosítják. A különböző kárhelyszíneken található levegőtől szükség esetén (füst, mérgező elemek jelenléte) mindig függetleníteni kell a beavatkozó tűzoltó erőket. Ez jellemzően a sűrített levegős rendszerű, egypalackos, a tűzoltó által hordozott egyéni védőeszköz az adott káreseti környezettől független levegő biztosítására.

A cikk célja, hogy az elmúlt évek kutatási eredményeit áttekintve és a jelenleg folyó publikus és zárt, hazai és nemzetközi kutatásokat az elérhető módokon elemezve láthatóvá tegye, hogy milyen – elsősorban műszaki – lehetőségek vannak napjainkban az általánosan rendszerben tartott, sűrített levegős légzésvédelmi eszközök képesség- és kapacitásbővítésére. Megvizsgálom, hogy milyen további elemekkel bővíthetők a tűzoltó erők számára a napjainkban már rendszernek is tekinthető komplex légzésvédelmi megoldások. A cikkben a szerző bemutatja azokat az általános tűzoltósági káreseti környezeteket, kárhelyszíni veszélyforrásokat, ahol légzésvédelmet igénylő beavatkozások történnek. A hazai és nemzetközi tűzoltóságoknál rendelkezésre álló, napjainkban elérhető műszaki megoldásokat és a jelenleg még nem általános, de elérhető új légzésvédelmi kialakításokat tekintem át. Felvázolom az új fejlesztési irányokat, miszerint a következő években milyen területeken és milyen mértékben van lehetőség a tűzoltóságok számára a bevetett erők légzésvédelmét biztosítani, melyek a korlátozó, többszempontú fizikai tényezők. Bemutatom továbbá a különböző nemzetközi megoldásokat, amelyek hazai adaptációjának esetleges hasznosságát és lehetőségeit is kifejtem.

¹ Nemzeti Közszolgálati Egyetem, e-mail: pantya.peter@uni-nke.hu

² A mű TKP2020-NKA-09 számú projekt a Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból biztosított támogatással, a Tématerületi Kiválósági Program 2020 pályázati program finanszírozásában valósult meg.

A kutatási módszer elsősorban az irodalomkutatás, amelynek során elemzem a vizsgált műszaki, légzésvédelmi célú egyéni védőeszköz területen a közelmúltban született hazai és nemzetközi szerzők aktuális kutatási eredményeit, a kapcsolódó matematikai és fizikai jelenségek vizsgálatait és az azokból levonható következtetéseket. Mindezek a vonatkozó publikációk elemzésén, valamint a szakterületi szakértőkkel folytatott irányított konzultációkon alapulnak.

Kulcsszavak: tűzoltóság, katasztrófavédelem, légzésvédelem, eszközök, jövő, fejlesztés

Respiratory protection in the field of fire service and disaster management intervention is provided by similar technical solutions in Hungary and all over the world. If necessary (smoke, presence of toxic elements), the air at the various damage sites must always be kept separate from the fire-fighting forces. This is typically a compressed air system, a one-cylinder personal protective device carried by the firefighter to provide air independent of the incident environment.

The aim of this paper is to review the research results of recent years and to analyse the current public and private, national and international research in the available ways to see what possibilities, mainly technical, exist today to increase the capability and capacity of commonly used compressed air breathing apparatus. It will be investigated what additional elements can be added to the complex breathing protection solutions already considered as a system for fire-fighting forces. In the article, the author describes the circumstances and the hazards on-scene, where interventions requiring respiratory protection are carried out. The currently available technical solutions for Hungarian and international fire brigades and the new respiratory protection designs that are not yet common but are available are reviewed. New development directions are outlined, in which areas and to what extent respiratory protection for the fire brigades' deployed forces is possible in the coming years, and what are the limiting, multi-faceted physical factors. Various international solutions are also presented, and the potential usefulness and possibilities for their adaptation at home are discussed.

The research method was primarily a literature search, analysing recent research results of national and international authors in the field of technical personal protective equipment for respiratory protection, the related mathematical and physical phenomena and the conclusions to be drawn from them. This is based on an analysis of relevant publications and guided consultations with experts in the field.

Keywords: fire service, disaster management, respiratory protection, equipment, future, development

Bevezetés

A tűzoltósági, katasztrófavédelmi beavatkozó területen a légzésvédelmet Magyarországon és a világon mindenhol hasonló műszaki megoldásokkal biztosítják. A különböző kárhelyszíneken található levegőtől szükség esetén (füst, szennyező anyagok, mérgező elemek jelenléte) mindig függetleníteni kell a beavatkozó tűzoltó erőket.

Ez jellemzően a sűrített levegős, a tűzoltó által hordozott egyéni védőeszköz, az adott káreseti környezettől független levegő biztosítására. Egyes országokban készenléten, rendszerben vannak az általános egypalackos rendszerek mellett duplapalackos kivitelek is a bevetési idő növelésére, de találhatunk elvétve például a tömlővezetékes kivitelekre, ahol a szennyezett térbe behatoló erők nem hordozzák magukkal a teljes, légzésvédelmet biztosító rendszert. Külön műszaki megoldás és kategória – amelyet egyes tűzoltóságoknál is láthatunk – a zárt rendszerű, úgynevezett újralégzők, ahol a kilélegzett levegőt szűrik, megtisztítják, páratlanítják, és az oxigént visszapótolják. E komplex folyamat által, a működtető rendszernek köszönhetően a bevetési idő megsokszorozódik a gyakorlatban három, négy, esetleg öt órára, ami a sűrített levegős egypalackos kivitelek esetében 30–50 perc.

Az elmúlt évek kutatási eredményeit áttekintve és a jelenleg folyó publikus és zárt, hazai és nemzetközi kutatásokat az elérhető nyílt módokon elemezve látható, hogy milyen – a cikk témája szerint elsősorban műszaki – lehetőségek vannak napjainkban az általánosan rendszerben tartott, sűrített levegős légzésvédelmi eszközök képesség- és kapacitásbővítésére. Vizsgálható, hogy milyen további elemekkel bővíthetők a tűzoltó erők számára a múltban még egyszerűbb kivitelű, de a napjainkban már rendszernek is tekinthető komplex légzésvédelmi megoldások. A jelen cikkben a téma kapcsán a szerző bemutatja röviden azokat az általános tűzoltósági káreseti környezeteket, kárhelyszíni veszélyforrásokat, ahol légzésvédelmet igénylő beavatkozások történnek. Ezt követően a hazai és nemzetközi tűzoltóságoknál rendelkezésre álló, jelenleg elérhető műszaki megoldásokat vizsgálja, majd áttekinti a manapság még nem általános, de elérhető új légzésvédelmi műszaki kialakításokat, amelyek által több paraméterben fejlettebb rendszerekről beszélhetünk. Ismerteti a jelenlegi hazai és nemzetközi, légzésvédelmi irányú műszaki környezetet, különös tekintettel a rendszerben tartott, a hazai és a nemzetközi tűzoltóságok által a mindennapokban használt kivitelekre.

Az új fejlesztési irányok, a várható kutatási eredmények alapján felvázolható, hogy a következő években milyen területeken és milyen mértékben van lehetőség a tűzoltóságok számára a bevetett erők légzésvédelmét biztosítani, melyek a korlátozó, többszempontú fizikai tényezők. Bemutatom a különböző nemzetközi megoldásokat, amelyek hazai adaptációjának esetleges hasznosságát és lehetőségeit is kifejtem. Láthatóvá válik az a képesség, amelyet a tűzoltósági, katasztrófavédelmi légzésvédelem a következő években el tud érni, valamint a középtávú, 5-10 éven belül elérhető komplex légzésvédelmi és a tűzoltósági beavatkozásokat segítő eszközök felvázolása is megtörténik, azok várható hatásának vizsgálatával.

A cikkben elemzem a vizsgált műszaki, légzésvédelmi célú egyéni védőeszköz területen a közelmúltban született hazai és nemzetközi szerzők aktuális kutatási eredményeit, a kapcsolódó matematikai és fizikai jelenségek vizsgálatait és az azokból levonható következtetéseket a vonatkozó publikációk elemzése által, valamint a szakterületi szakértőkkel folytatott irányított konzultációk segítségével.

Alkalmazott módszerek

A cikk elkészítése során alkalmazott alapvető módszerek egyike a vonatkozó hazai és nemzetközi, idegen nyelvű szakirodalom áttekintése és elemzése, egyes esetekben összehasonlítása volt. Emellett a szerző saját több évtizedes szakmai és tudományos tapasztalatait használta fel a tűzoltósági, katasztrófavédelmi szakterületen dolgozó, különböző kapcsolódó és légzésvédelmi területeken tevékenységeket ellátó szakemberekkel készített irányított konzultációk mellett. Felhasználta továbbá a nagyobb műszaki fejlesztő és gyártó vállalatok publikusan elérhető gyártói információit és a termékeik képviselőit ellátó szakértőkkel folytatott célzott konzultációkat.

Eredmények

A kutatás során elért eredmények ismertetésére a bevezetésben lefektetett szempontok szerinti bontás alapján kerül sor.

A tűzoltósági beavatkozást igénylő káreseti környezet és a légzésvédelem igénye

A tűzoltók jogállásuktól függetlenül (hivatásos, önkormányzati, létesítményi, önkéntes) változatos környezetben látnak el különböző életmentési, tűzoltási, műszaki mentési feladatokat. A változatos környezet tartalmazza a közutakon, erdőkben, épületekben, magasban, természetes vizekben és talajszint alatti beavatkozási környezetet is. A különböző említett tűzoltói feladatok környezetében – a tűzoltóság igénybevétele okán – jellemzően számos veszélyforrás jelenlétével kell számolni. A jelen cikk témakörében kiemelendők a környezeti levegőben lévő veszélyes anyagok, úgymint füst, mérgező gázok vagy akár csökkent oxigéntartalom fennállásában érintett káresetek. E környezetek részletes tűzoltói és különösen tűzoltás-, mentésvezetői feladataival foglalkozik Cziva Oszkár is írásában.³

Ilyen káresetek során – a szükséges mértékben – a védendő beavatkozó tűzoltó légzőkészüléket visel, de ennek segítségével és mentőálarccal kiegészítve más személyek mentését is meg tudja oldani a szennyezett légtéren keresztül.

A tüzesetek során természetesen nagy mennyiségű káros anyag kerül a füst által a levegőbe, de a műszaki mentések során, a különböző veszélyes anyagok szállítását, tárolását, feldolgozását érintő balesetknél történő beavatkozások esetében is elsődlegesen merül fel a légzésvédelem szüksége.

Ide kapcsolódó kérdéskör, amely az elmúlt években egyre nagyobb szerepet kap a légzésvédelem területe az utómunkálatok során. A káresetek ezen szakaszában a beavatkozás fő része már megvalósult, a helyszín közvetlen balesetveszélyének kizárása megtörténik, és a szennyezett levegő aránya nagymértékben lecsökkent.

³ Cziva 2010.

Változó mértékben azonban ez még kimutatható, és igényelheti az utómunkálatok vagy a tűzvizsgálat ideje alatt is a különböző szintű légzésvédelmi eszközök használatát.

A tűzoltósági légzésvédelem jelenlegi általános lehetőségei

Napjainkban Magyarországon, de a világ más országaiban is a tűzoltósági légzésvédelem a sűrített levegős megoldásokon alapul. Ennek oka, hogy viszonylag egyszerű a felépítése, más megoldásokhoz képest könnyen és gazdaságos módon megoldható a rendszerben és készenléletben tartása, emellett a fő cél, a káreseti környezetben való magas védelmi szint elérhető a viselő és alkalmazó tűzoltó és az esetleges mentendő személy számára egyaránt.

A világon valószínűleg elsőnek tekinthető sűrített levegős légzőkészüléket Kőszegi-Mártony Károly fejlesztette ki. Berki Imre írásában⁴ kifejtett módon, a készülék mindössze 20 bar nyomással működött. A következő évszázadban sikerült a különböző fejlesztők, kutatók által ezt a képességet 150, majd 200 bar nyomásra növelni.

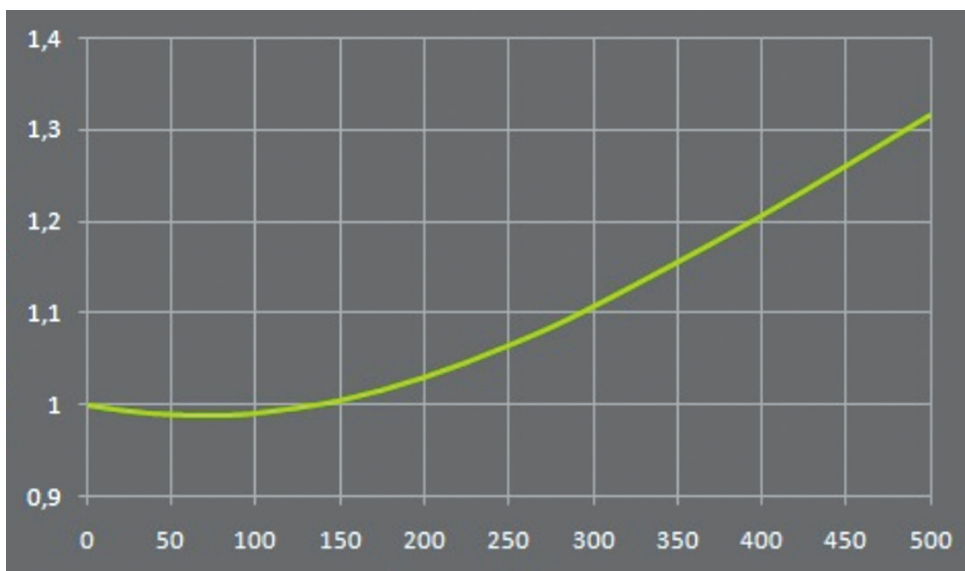
Felépítésében számos gyártó számos különböző típusa is azonos alapokon áll. Ez jelenti a változatos kivitelű és anyagú sűrített levegős palackot (acél, félkompozit, teljes kompozit), a hátra rögzíthető hordkeretet annak szükséges hevedereivel, a palackot a légzőálarccal összekötő nyomáscsökkentő egységet és nagy-középnomású tömlőket, valamint magát a légzőálarcot a tudóautomatával együttesen. Az alapvető lényeges elemeket kisebb változtatásokkal mindegyik sűrített levegős légzőkészülék tartalmazza, különbség lehet az egyes elemek anyagában, komfortosságában, tartósságában és egyéb, a tűzoltósági célú használhatóságot pozitív irányban javító hozzáadott megoldásokban. Ilyenek lehetnek a passzív láthatóságot növelő fényvisszaverő varrások, párnázott felületek, széles körű személyre szabhatóságot adó állítási lehetőségek.

A légzőálarcokban kisebb, 1-4 mbar túlnyomást biztosítanak, így tömítetlenség esetén a kiáramló levegő okán nem tud a szennyezett levegő az álarc belsejébe kerülni, ez által az eszközt viselő tűzoltó nem tudja azt belélegezni. Egy, a légzőkészüléken kialakított külön csatlakozó segítségével és egy viszonylag rövid tömlőn keresztül mentőálarc is csatlakozhat, így a mentendő személy a tűzoltó saját palackjának levegőmennyiségét használva tud friss levegőt kapni folyamatosan. Ez a helyzet természetesen az immár vezetékös összeköttetésbe került páros teljes védelmi idejét arányosan korlátozza.

Az általánosan alkalmazott tűzoltósági sűrített levegős védőeszközök 300 bar rendszerűek, megközelítőleg ilyen levegőnyomásra kompresszálják a tiszta, friss levegőt. A palack belső űrtartalmától függően (például 6 literes acélpalackok vagy 6,8 literes kompozit palackok) kiszámítható literben a teljes és elérhető sűrített levegő-mennyiség. A hétköznapi számítása egyszerű szorzattal szokott megtörténni (például 300 bar \times 6,8 liter űrtartalom = 2040 liter), azonban jelen kérdéskörben a sűrítendő levegő és a nyomás növekedése közötti fizikai jelenség egy korrekciós tényezőt igényel. Egyre magasabb sűrítési nyomásértéknél egyre kevesebb az elérhető levegő mennyisége,

⁴ Berki 2018.

tekintettel a gázok összenyomhatósági tényezőjére.⁵ 300 bar-nál már mintegy 1,1-es korrekciós tényezővel kell számolni, míg 400 bar esetében közel 1,2-del az erre alkotott számítás alapján és az 1. ábrán szemléltetve.⁶ A vízszintes tengelyen látható a palacknyomás (bar) és a függőleges tengelyen a kompresszálhatósági tényező. 25 °C-os környezetet és az előző adatokat alapul véve az egypalackos kompozit sűrített levegős palackok valós levegőmennyisége 2040 liter helyett 1840 liter, ami 200 liter különbséget jelent. Ezt a különbséget tovább hasznosítva, mintegy 2–5 perc lehet a több tényezőtől függő bevetési idő különbsége.



1. ábra: A nyomás változásának hatása a korrekciós értékre

Forrás: a szerző szerkesztése sye.dk/airgun/description.php alapján

A teljes védelmi idő aktívan használt egypalackos sűrített levegős készülékeknél mintegy 30–40 perc lehet, függően a tűzoltó kondíciójától, az általa végzett fizikai tevékenységektől. Az általános tűzoltó levegőfogyasztási kalkulációk mintegy 50 liter/perces fogyasztást feltételeznek. A védelmi idő növelhető a duplapalackos megoldásokkal, kismértékű méret és súlyteher növekedése mellett. A gyakorlati használatok során és elhúzódó káreseteknél az elhasznált, kiürült palackok akár a káreset helyszínén is percek alatt, gyorsan cserélhetők, majd újratölthetők.

A vezetékes tömlőn keresztüli sűrített levegő biztosítása a hosszú időt igénybe vevő, de jellemzően helyhez kötött feladatok ellátásánál lehet hasznos, gyakori az alkalmazása ipari területen (2. ábra).

⁵ Lásd: www.engineeringtoolbox.com/ideal-gas-law-d_157.html

⁶ Palacktöltési kalkulátor weboldal, lásd: <https://sye.dk/airgun/description.php>



2. ábra: Mobil, többpalackos, levegőtömlős légzésvédelmi megoldások

Forrás: a szerző felvételei 2022, 2016

Más irányú és rendszerű légzésvédelmi lehetőségek is léteznek, amelyek az egyes tűzoltóságok által jellemzően nem alkalmazottak. Amint egy szakterületi szakértő ismerteti, rendszerbe állítható és elérhető⁷ a beavatkozó tűzoltó vezetékcsatlakozású levegőtömlőkön keresztüli táplálása, vagy a kémiai elven működő zárt rendszerű, oxigénregenerációs úgynevezett újralégzők.

A kémiai, oxigénes légzőkészülékek a sűrített levegős társaikhoz viszonyítottan alacsonyabb légzési és viselési komfortot nyújtanak magasabb fenntartási költségek mellett, azonban jelentősen hosszabb védelmi időt biztosítanak. Bérczi László doktori értekezésében számol be részletesen a tűzoltók által végrehajtott gyakorlati kísérletekről és annak konkrét tapasztalatairól.⁸ Eredményeit azok részletessége és hiánypótló jellege okán is fel lehet használni a légzésvédelmi terület kutatásakor.

Az oxigénes újralégző használata során a kilelegzett levegőt zárt rendszerben megtisztítja, páratlanítja és visszapótolja oxigénnel. Ez kétszer vagy akár négyszer több teljes légzésvédelmet lefedő időtartamot jelent, ami nem váltható ki számos káreseti környezetben, mint például alagutak, kiterjedt föld alatti, zárt téri területek. Az ilyen légzőkészülékek karbantartása és újratöltése káreseti körülmények között már bonyolultabban oldható meg, jellemzően műhelyt igényel.

Maguk a légzőálcok védik a közvetlen hőtől, hőszugárzástól is a tűzoltó arcát a légzés biztosítása mellett, azonban nem korlátlan hőállósággal rendelkeznek, amint arra Paul Grimwood is felhívja a figyelmet a tűzoltói beavatkozásokat kifejezetten részletesen elemző művében.⁹

⁷ Adorján 2015.

⁸ Bérczi 2014.

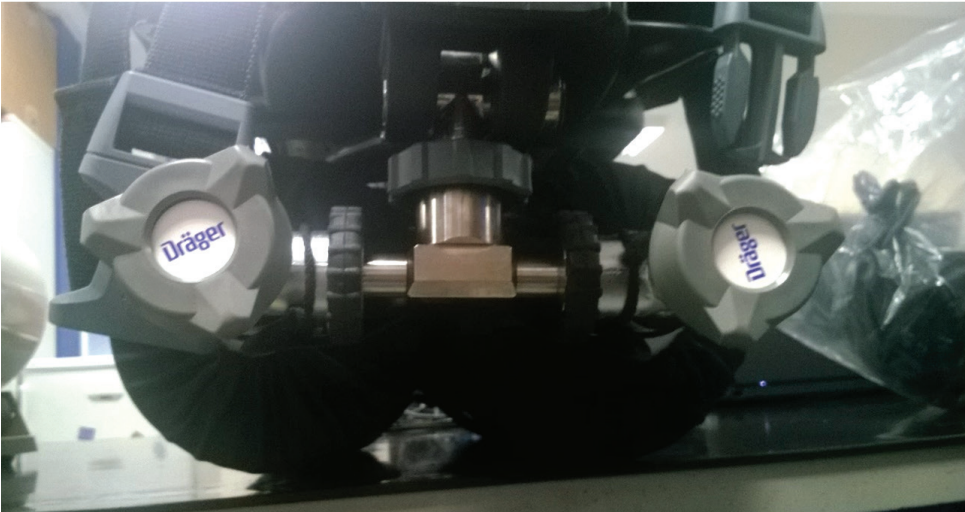
⁹ Grimwood 2017.

Napjaink kiegészítő, képességbővítő megoldásai a légzésvédelmi eszközökhöz

Látható az elmúlt évtizedek kutatási és fejlesztési eredményei során, hogy a légzőkészülékek általános, alapvető képességein jelentős módosítások nem történtek. Nagy hangsúly van a különböző kiegészítő elemek integrálásán, így a káreseti légtérben való biztonság növelése és a tűzoltói beavatkozás hatékonysága növelhető.

Számos különböző lehetőség sorolható fel:

- **Hőkamera:** Néhány gyártó (például 3M Scott Safety, Dräger) hőkamerát épít a légzőálarcra vagy annak közelébe, és ennek képét továbbítja az álarc belsejébe vagy az elé helyezett kijelzőre. Ez magával vonzza a füstben való gyorsabb személykeresést, közlekedést és a tűzoltó két kezének szabadabbá válását.
- **Kommunikáció:** A légzőkészülékek álarcába épített elektronikus kommunikációs lehetőségek számos előnnyel járnak. Az egyszerű beszédmembránokhoz viszonyítottan gyakorlatilag kihangosítóként működve az álarcon belüli beszédhangot jól érthető módon továbbítja a közelben állók számára. Több gyártó a rádiókommunikációt is támogatja (például MSA, Dräger vagy 3M Scott Safety). Az egyik gyártói mód alapján a tűzoltó erők által használt rádióeszközök (URH, EDR-Tetra) az álarc belső mikrofonját használják adásra, a fülek közelében elhelyezett hangszórókat pedig a vétel kihangosítására. Emellett találunk olyan megoldást (Dräger), ahol egy közeli és a kárhelyszíni rádióktól független rádióháló épül fel az azonos álarcot használók között automatikus módon, gyors egymás közötti (csak néhány tíz méteren belüli esetben) duplex és adásváltó gomb nélküli kommunikációs megoldással, valamint a szintén legalább az egyik eszközhöz csatlakoztatott EDR, Tetra rádiók adásának minden további álarcba továbbításával (így csak vételi üzemben).
- **Telemetria:** A külső felügyelet (tűzoltásvezető, biztonsági tiszt) számára rádió-kommunikáció által egy megfelelő eszközön, táblán vagy tableten megjeleníthető a vezetési ponton a bevetett erők létszáma, felhasznált levegőmennyisége, a várható védelmi idő, az esetleges pánikriasztás állapota, de adható további információ vagy visszavonulási parancs is ezen keresztül.
- **Dupla palack:** Az általános tűzoltósági beavatkozások során, ahol a sűrített levegős légzésvédelmi eszközöket is alkalmazzák, a készenlétben tartott hagyományos, egypalackos kivitelek használják. Mindazonáltal azokban a létesítményekben (például ipari vagy talajszint alatti területek, metróhálózat), ahol számítani kell a hosszabb bevetési időre, nagyobb a feltehetőleg szennyezett levegővel érintett zárt tér, készenlétben tartható és több helyen tartott is a sűrített levegős védőeszközök mindössze a palackok számában különböző (kettő) kivitele. Kisebb súlyteher növekedése mellett a gyakorlati védelmi idő megduplázódik.



3. ábra: Egy duplapalackos rendszer és annak összekötő eleme

Forrás: a szerző felvétele, 2017

Palacktípus: A különböző palackok az elmúlt több évtized során jelentős változásokon mentek keresztül. A korábbi – egyébként kifejezetten strapabíró – acélpalackok mellett megjelentek a könnyebb, nagyobb belső űrtartalmú, kisebb belső fémtartályt és ezen szénzál erősítést tartalmazó, azonban némileg sérülékenyebb kompozit palackok. Kezdetben ezek a modernebb palackok csökkentett készenlétben tartási időtartammal rendelkeztek, de ez folyamatosan kitolódott a manapság már elérhető korlátlan felhasználható kivitelekig, amelyekből a teljesen kompozit, belső fémtartályt már nem is tartalmazó változatok is elérhetők az elmúlt évektől kezdődően.

A palackok űrtartalma, ennek növelése is lehet a bevetetőségi idő növelésének egyik iránya, azonban a nagyobb súlyteher és méret kismértékben okozhat ellenkező hatásokat.

Megnövelt palacknyomás: Európában, de távolabbi kontinenseken is a hagyományos 300 bar palacknyomás megemelésére irányuló előrelépések történtek az elmúlt években. Az egyik gyártó által forgalmazott termék¹⁰ a napjainkban általánosan alkalmazott 300 bar-os rendszerek átlépését, a 379 bar palacknyomású szint folyamatos készenlétben, rendszerben tartás elérését mutatja, ami által a gyakorlati területen a bevetési idő körülbelül 20%-kal növelhető. Ennél a kérdéskörnél tekintettel kell lenni a cikk elején említett és felvázolt fizikai törvényszerűsége, a levegő összenyomhatósági indexeire, a levegő kompresszálassal szembeni belső ellenállására is, amire tekintettel nem növelhető korlátlan mértékben a besűrítendő levegő. Egyre magasabb nyomásértékek mellett egyre alacsonyabb hasznosság, azaz besűrítendő levegőmennyiség érhető el. Az előzőekben bemutatott példa legnagyobb nyomásértékkel rendelkező és készenlétben tartható tűzoltósági célú eszköze 5500 PSI képes,

¹⁰ A Keison Products vállalat weboldala: www.keison.co.uk/scottsafety_379barcylinders.shtml

azaz mintegy 379 bar. Ez egyben a nagyobb mennyiségű sűrített levegőmennyiség hordozhatóságát jelenti, vagy a nagyobb nyomás és mennyiség okán kisebb méretű vagy tömegű eszközök is használhatók. Újra érdemes visszatérni a levegőnyomást érintő korrekciós tényezőkre, azaz a növelt kompresszióérték nem egyenesen arányosan növeli a besűríthető levegőmennyiséget, azonban a védelmi idő viszonylag egyszerűbb növelése elérhető általa.

Egy ilyen általános rendszeresítési lépés egy teljes tűzoltósági szervezet számára természetesen igen költséges, a teljes országos (vagy szervezeti) légzőkészülék-, palack- és kompresszorrendszer lecserélendő vagy átszerelendő.

Belső kijelzők: A tűzoltó rossz látási körülmények közötti, stressz alatti tevékenysége során segítséget nyújthatnak a légzőálarcba vagy arra épített különböző kijelzők, állapot-visszajelzők (általánosan ismert HUD, Head Up Display néven is). Ezek csupán alapvető információkat közölnek, mint a működés normál módja, a hátralévő levegőmennyiség negyed vagy harmadmennyiségben, az általános hibák, azonban a tűzoltó kárhelyszíni mozgását folytatva egy pillantással meggyőződhet a fontosabb ismeretekről.

Mozdulatlanságérzékelők (más megnevezésekkel: PASS, Bodyguard): A tűzoltók kiemelten kockázatos környezetben való felügyeletének egyik módja az Amerikai Egyesült Államokban is kötelező eszköz alkalmazása. Egy ilyen tűzoltó által hordozott vagy a légzőkészülék egyik elemére épített (például a nyomásmérő órába) eszköz egy bizonyos ideig tartó mozdulatlanság esetén egy előjelzést követően riasztást aktivál, erős hang és fényjelzés mellett. Ez pánikgomb segítségével azonnal is elindítható, ha a tűzoltó bajba kerül.

Használhatósági kiegészítők: Több olyan külön szerelhető elemet is alkalmazni lehet, amelyek által légzésvédelmi eszközök napi karbantartási vagy kárhelyszíni használata könnyebbé és biztonságosabbá tehető. Ilyenek a gyorskuplung-csatlakozók (a menetes felületek kiváltására), amelyek által egy mozdulattal lehet oldani vagy rögzíteni a palackokat a nyomáscsökkentő egységhez, vagy a különböző láng- és fizikai védőkámszák a palackokhoz, egyes esetekben tépőzáras jelöléssel a teli/üres állapotról, továbbá a viselő személy méretére állítható hordkeretek vagy a láthatóságot segítő aktív (például LED-es) fényjelzések.

Hazánkban ritka, de nem új keletű, így hagyományosnak tekinthető a légzőbázisok rendszerben tartása, ahol a nagyszámú készenlétben tartott palack érhető el. A kárhelyszínre kitelepülve így a folyamatos palackutántöltés is biztosított.

Magyarországra adaptálható nemzetközi megoldások

Több olyan nemzetközi példa, jó gyakorlat található a tűzoltósági, katasztrófavédelmi légzésvédelmet érintően, amelyek magyarországi adaptálási lehetőségét érdemes figyelembe venni. Elsősorban a hasonló társadalmi, földrajzi, időjárási és gazdasági környezet okán elsősorban az Európán belüli megoldások áttekintése fontos. A konkrét eszközök vagy műszaki megoldások valós hazai rendszerbeállítási vizsgálatát meg kell hogy előzze egy célzott káreseti statisztikai, gazdasági és a kárfelszámolások

hatékonyságát és biztonságát érintő hasznosulási felmérés és kutatás. Ezeket jelen cikk keretei nem teszik lehetővé, azonban a figyelemfelhívás az egyes megoldásokra megtehető.

A 4 órásnak is nevezett kémiai alapon működő oxigénes újralégzők több nemzet részéről, például romániai hivatásos tűzoltó erők általi készenlétként tartására hozható példa. Magyarországon is rendelkezünk ez irányú tapasztalatokkal, a cikkben már említettem vonatkozó kutatásokat. Ezen eszközök előnye a sűrített levegős társaihoz viszonyított huzamosabb védelmi idő. Tekintettel arra, hogy az ilyen igényű tűzesetek, műszaki mentések száma alacsony, a magasabb költségű, az alkalmazást követő karbantartási igények nem okoznak nagy terhet a fenntartó szervezet számára. Az eszközök magasabb ára, készenlétként tartása kiegyenlíthető az általuk nyújtott és más megoldással nehezebben kiváltható hosszú zárt téri beavatkozási képességgel. Az általuk nyújtott valós védelmi idő, mint más légzésvédelmi eszközök esetében, itt is függ az alkalmazó tűzoltó fizikai kondíciójától, az általa végzett feladatoktól. Ahogyan az egyik légzésvédelmi eszközgyártó vállalat szakértője is ismerteti:¹¹ ebben a típusú légzőkészülékben végzett közepes munkaintenzitás mellett körülbelül 200 perces, nehéz tevékenységnél 160 perces, míg nagyon nehéz esetében 110 perces védelmi időt biztosít az eszköz. Ez a számításuk alapján még a duplapalackos sűrített levegős rendszerek védelmi idejének is több mint kétszerese (ugyanilyen fizikai terhelések mellett 96, 76 és 50 percek).



4. ábra: Egy oxigénes újralégző készülék nyitott állapotban

Forrás: a szerző felvétele, 2016

¹¹ Adorján 2016.

Van példa svéd termékként a tűzoltó védőruházatba vagy légzésvédelemben épített egészség-, testhőmérséklet-monitorozó és külső megjelenítő eszközre is, elkerülendő a hősokkot, keringésösszeomlást a védőruházatot és légzőkészüléket magas hőmérsékletű környezetben viselő és/vagy nagy fizikai aktivitást végző tűzoltóknál. Egy kutatásban Randy W. Dreger és szerzőtársai a légzőkészüléket és védőruházatot használó tűzoltókat vizsgálták a VO2 MAX, a test által felvehető és szállítható oxigénmennyiség szempontjából.¹² Hasonló céllal, a légzőkészüléket viselő tűzoltók feladatvégzési teljesítőképességének meghatározására folytattak konkrét kísérleteket V. Louhevaara és szerzőtársai.¹³ Ezen adatok alapján kalkulálható a valós teljesítőképessége az ilyen körülmények között különböző életmentési, tűzoltási, műszaki mentési tevékenységet végző tűzoltóknak, akár magyarországi esetekre vonatkoztatva is.

A tűzoltó gépjárműbe, akár gépjárműfecskeendőbe építetten kialakítható olyan gyorsított rendszer a jármű által hordozott nagy mennyiségű tartályokon alapulva, amire a sűrített levegős légzőkészülékek akár a háton viselt módon is rácsatlakoztathatók. Ezen keresztül a tűzoltók palackjai igen gyorsan, a káreset helyszínén és a bevetési ponthoz, zárt vagy szennyezett térhez kifejezetten közel újratölthetők másodpercek alatt, de még más kivitelek esetén is egy percen belül. Ilyen tűzoltó gépjárműfecskeendőre a közúti alagutak mentő tűzvédelmének biztosítása céljából láthatunk példát Pozsonyban (Szlovákia), de kialakíthatók töltőbázis vagy sziget jelleggel nagyobb zárt térrel, talajszint alatti területtel rendelkező létesítményekben is.

Jellemzően rendőrségi területen, de Angliában (Egyesült Királyság) is láthatunk olyan sűrített levegős légzőkészüléket (például a 3M Scott Safety által), amely a védelmi időt jelentősen meg tudja növelni oly módon, hogy a használó bevetés közben szabadon válthat a sűrített levegős és a beépített ventilációs rásegítéses, de szűrőbetétes üzemmódok között, a változatos kárhelyszíni körülmények függvényében. Hasonló alkalmazási lehetőségekről ír Lukácsi Lőrinc, a légzésvédelem katonai lehetőségeit vizsgáló TDK-munkájában, megemlítve, hogy aktuális kutatások és fejlesztések alapján zárt rendszerű oxigénes légzőkészülékek ilyen módú, szűrő rendszerű hibrid bemutatása is várható.¹⁴

Ezt a kérdéskört bővíthetjük a kárhelyszíni szűrőbetétes álarcok vagy a könnyebben készenlétben tartható maszkok figyelembevételével, amelyek ki tudják egészíteni a légzésvédelmet, hiszen nem minden helyzetben lehet szükség a drágább és eszközigényesebben újratölthető, de egyben rövidebb védelmi időt kínáló és súlyterhet jelentő készülékes légzésvédelemre. Ide sorolhatók a cikk elején említett utómunkálatok, tűzvizsgálatok egyes szakaszai.

Az Amerikai Egyesült Államokban a tűzvédelmi szabályozási kérdések felelőse a Nemzeti Tűzvédelmi Szövetség (National Fire Protection Association, NFPA), amely szervezet gondoskodik a szabályozások nyomon követéséről és aktualizálásáról is. A 2013-tól hatályos változások a tűzoltósági légzőkészülékeket érintően hasznos ismereteket és elveket adnak európai, magyarországi kutatók és szakemberek számára is. Amint Jeffrey O. és Grace G. Stull írásában ismerteti, öt nagyobb változás

¹² Dreger–Jones–Petersen 2006.

¹³ Louhevaara et al. 1986.

¹⁴ Lukácsi 2014.

következett be ezen a területen.¹⁵ A hazai szempontból legfontosabb, hogy az alacsony levegőnyomásra vonatkozó automatikus figyelmeztető jelzést 25%-os szintről megemelték 33%-ra. Mindemellett az állapotjelző egységeknek (HUD) részletesebben kell visszajelzést adniuk a hátralévő levegő mennyiségéről, 100, 75, 50 és 33%-os szintenként. A tűzoltó társlelegeztetési csatlakozójának szabványos és egységes kialakítása mellett a sugárzó hő elleni védelem szintjével is foglalkozik, a változás a légzőálarc deformációjának elkerülése, valamint annak integritása, a levegővesztéssel szembeni szigetelése okán. Mindezek mellett a légzőálarcot viselő kommunikálási képességének javítását és ennek szabványosított tesztelési folyamatát is meghatározták.

Új légzésvédelmi kutatási és fejlesztési irányok

A műszaki fejlesztések, így ezen belül a légzőkészülékek területe is elsősorban gazdasági kérdés a gyártói oldalon. A már jelenleg is hosszú évtizedes, évszázados múlttal rendelkező egyes gyártók a megtérülési szempontok szerint tervezik meg a jövő fejlesztéseit, mindenekelőtt profitot kell realizálniuk a befektetett fejlesztési forrásaikra (kutatói és mérnöki órák, vizsgálatok és előkészítések költségei stb.) ha nem is egy-két éven belül, de belátható időtáv alatt. A Covid-19-világjárvány erősen visszavetette a világ minden nemzetének gazdaságát, így a tűzoltósági területre, azon belül természetesen a védőeszközökre is kisebb figyelem jutott. Több nagy gyártó elhalasztotta a futó új kutatásainak piacra hozatalát, hogy egy kedvezőbb gazdasági környezetben, megfelelő számú és erejű vevői érdeklődés mellett mutathassa be azt.

Ugyanide kapcsolódva, a háborús környezetek jellemzően negatív hatással vannak az általános gazdasági lehetőségekre egyes kivételektől eltekintve (például katonai megoldások), jelen cikk írásakor ezt az elhúzódó negatív hatást is tapasztalhatjuk a vizsgált téma szempontjából. Mivel az egyes nemzetek jellemzően nem rendelkeznek önellátást biztosító tűzoltósági védőeszközgyártó és fejlesztő nemzeti, állami vállalatokkal, ezt a két fenti korlátozó hatást figyelembe kell venni a jövő eszközfejlesztéseinek kutatása során.

Ami a jelenlegi helyzetben látható a célzott hazai és nemzetközi irodalomkutatások, valamint a szakmai konzultációk során, a rövid (1-3 év) és középtávú (5-10 év) légzőeszköz-fejlesztések nagyobb hatékonyságnövekedési hatással a következő irányokban várhatók.

Ahogy már pár évvel ezelőtt bemutatta a gyártó, szabadon elérhető, megvásárolható és készenlétben tartható akár 379 bar-os légzőkészülék-rendszer is.¹⁶ Ma még nem látható markáns változás az e megnövelt palacknyomású eszközökre való általános áttérésre, azonban a következő évek kutatásai során az egyes érintett gyártók nagy valószínűséggel figyelembe fogják venni ezt a fejlesztési irányt. A cikkben már említett fizikai tényezők, az egyre magasabb korrekciós értékek tudnak felső határt szabni az elérhető palacknyomásoknak a jelenkor műszaki és gazdasági lehetőségei mellett.

¹⁵ Stull–Stull 2012.

¹⁶ 3M Scott Safety 379 bar palackok: www.keison.co.uk/scottssafety_379barcylinders.shtml

Másik várható fejlődési irány a napjainkban egyre szélesebb körűen felhasználásra kerülő informatikai háttértámogatás, azon belül a kiterjesztett valóság lehetősége. Több olyan koncepció is látható az elmúlt években, ahol a tűzoltóságokat próbálják a légzőálarccal egyesíteni, mindegyik pedig hőkamera és többirányú távérzékelés segítségével egy füstben való tájékozódást segítő rendszert építenek. Az egyik megoldási lehetőség, az úgynevezett C-Thru Smoke Diving Helmet (füstön áttekintő behatoló sisak) koncepciója már évtizedes,¹⁷ ennek további különböző kutatási és fejlesztési irányai láthatók. A szerzőt is bevonták néhány évvel ezelőtt egy hasonló kivitelű komplex hőkamerás, légzőálarccal tűzoltóságok fejlesztésébe, valamint más területről is érkeztek hírek a célzott szakmai konzultációk során hasonló, de további, a környezetet folyamatosan monitorozó kiegészítőkről. Ez a lehetőség a hőkamera által nem pontosan mutatott környezetben az épület főbb elemeit, a bútort és egyéb kialakítást a LIDAR (light detection and ranging, gyakorlatilag lézeren alapuló távérzékelés) vagy hasonló folyamatos szkennelési, térfeldolgozási módszerrel pontosan megrajzolja az egységbe beépített informatikai feldolgozó egység segítségével a légzőálarccal belső felületére. Egy hőkamera képénél ez nemcsak pontosabb, élesebb, de további információkat is meg tud jeleníteni az elérhető további háttéradatok alapján (távolságok, beérkezett további információk, az épületelemek anyaga, a helyiségek szerepe, menekülési irányok stb.) (5. ábra).



5. ábra: Új fejlesztési irányok és képességek a tűzoltói légzésvédelemhez

Forrás: www.coroflot.com/OmerHaciomeroglu/C-Thru-smoke-Diving-Helmet

Maradva ugyanezen a területen, a kárhelyszínen keletkező vagy a háttértámogatás által biztosított adatok alkalmazása, feldolgozása és megosztása több szereplő között szintén erősödni fog a közeljövőben. A gyakorlati szintre ezt kifejtve, az egyes bevetett tűzoltók által viselt eszközök mérési adatai (levegőnyomás, kalkulált védelmi

¹⁷ C-Thru Smoke Diving Helmet, lásd: www.idsa.org/awards/idea/graduate-student-designs/c-thru-smoke-diving-helmet

idő, állapotjelzők stb.) már jelenleg is elérhetők tudnak lenni különböző eszközökkel az így felszerelt tűzoltásvezető, mentésvezető számára. Ezeknek továbbítására már jelenleg is láthatók megoldások helyi, területi vagy országos, nemzeti szakmai szintekre is a káreset vezetői nyomon követése, de tapasztalatszerzés és statisztika készítése kapcsán is, kihasználva a nagy sebességű mobilhálózatokat, de ennek további bővülése is várható a párhuzamos informatikai fejlődés kapcsán. Nemcsak a tűzoltósági szervezetrendszeren belül, de az érintett és együttműködő társszervezetek számára vagy általuk (például rendőrség, mentőszolgálat) biztosítottan is bővül a jövőben az adatfelhasználások köre és mennyisége.

Már láthatók egyes gyártóknál a közeljövőt érintő konkrét kutatási és fejlesztési tevékenységek. Ezek közül megemlíthető néhány megoldás, mint például a hőkamerák képének légzőkészülékbe integrált megjelenítése. Tekintettel az ilyen eszközöket érintő és jelenleg jelentősebbnek tekinthető beszerzési költségekre, a tűzoltó erőknek csupán korlátozott mértékű, ilyen eszközökkel való ellátása várható. Ez magával vonzza a műszaki eszközök csak minimálisan szükséges mértékű biztosítását, a konkrétan zárt térbe behatoló tűzoltó ilyen eszközzel való felszerelését. Ezt figyelembe véve láthatók olyan, a praktikumot érintő fejlesztések, amelyek a napi karbantartást vagy a kárhelyszíni körülmények közötti gyors cserélhetőséget, másik tűzoltónak való átadhatóságot könnyítik meg. Másik megoldás egy kapcsolódó területet érint, ez a bevetett tűzoltók telemetriás távfelügyelete, testfunkcióik (például testhőmérséklet, pulzus stb.) folyamatos monitorozása és ezen adatok eljuttatása a káreset felszámolásának irányítását és biztosítását végzők felé, gyakorlatilag a tűzoltás-/mentésvezető és a biztonsági tiszt számára.

Az Amerikai Egyesült Államok Belbiztonsági Minisztériumának (United States Department of Homeland Security) Tudományos és Technológiai szervezete meghatározta¹⁸ a következő generációs tűzoltó-légzésvédelmi eszközökkel szembeni követelményeket, együttműködve a Nemzetközi Tűzoltó Szövetséggel (International Association of Fire Fighters). Ezen összefoglaló anyag alapján az elvárások, hogy a légzőkészülékek a jövőben legyenek könnyebbek, kisebbek, segítsék a beavatkozók mozgását, csökkentsék a kimerülést, fáradást érintő hatásokat és rendelkezzenek karcsúbb formával a szűk helyeken való tevékenységeket elősegítendő, csökkentve az elakadás, beakadás veszélyét. A jövőben általuk a teljesen kompozit palackok alkalmazása javasolt, valamint továbbiak mellett a gyors és egyszerű palackcserére és az egységesített légzőkészülék töltőcsatlakozó kialakításának megoldására hívják fel a figyelmet.

Következtetések

A légzésvédelmi készülékek beszerzése, rendszerben tartása költséges tétel a tűzoltósági, katasztrófavédelmi szervezetek számára. Az újabb, nagyobb védelmi idővel rendelkező vagy több funkciót kínáló kivitelek lehetőleg egységesen kell beszerezni és készenlétbe helyezni. A régebbi vagy eltérő változatoktól a speciális és kockázatos

¹⁸ Lásd: <https://bit.ly/3Hb8X55>

tűzoltósági feladatok okán célszerű külön alkalmazni őket a más típusú eszközöktől, egy káreseti környezetben nem lehet kérdéses, hogy a tűzoltó teljes bizalommal ismeri-e az eszköz minden funkciójának működését.

Minden nagyobb mértékű módosítás esetén a jelenleg használt tűzoltósági szakfelszereléseknek és védőeszközöknek, de a járműveknek is a fenti okokból alapos hatékonysági vizsgálaton kell átesniük, figyelemmel a várható szakmai előnyökre, hátrányokra, a beszerzést és a fenntartást is érintő gazdasági kérdésekre. A cikkben több olyan nemzetközi megoldást is bemutatam, amelyeknél ezekkel a szempontokkal érdemes kezdeni a jövő esetleges adaptálási vizsgálatait.

Látható, hogy az elmúlt évtizedek során nem történt nagyobb ugrás a sűrített levegős légzőkészülékek alapvető működésében és felépítésében. Ugyanolyan elven és elemekkel működnek 300 bar-os sűrítési nyomással a ma jellemzően alkalmazott eszközök, mint a 30-40 évvel ezelőtti változataik. A változások és így egyben a fejlesztések az egyre bővülő kiegészítőkre, a modernebb és könnyebb palackokra, a komfortosabb és állítható hordozóelemekre irányultak.

A cikk témakörén belül érdemes megvizsgálni a jövőben a légzésvédelmi eszközök alkalmazása mellett, azokat kiegészítve a különböző káresetek helyszínén a további kapcsolódó területeket. A tűzoltók egészségvédelme terén az elmúlt években egyre erősödik a légzőkészülék használatát megelőző és azt követő káreseti környezet hatása a jelen lévő személyekre, különösen a tűzoltókra. Érdemes megfontolni a szűrő jellegű légzésvédelem, akár FFP2-es vagy hasonló kategóriájú maszkok biztosítását és alkalmazását az utómunkálatok egyes fázisai során. Magyarországi tanulmányt is találhatunk ilyen kérdéskörben a Belügyminisztérium Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóságra beérkezett pályázatokban.

A közeljövő vonatkozó fejlesztései között több irány is javasolt. A szerző által további megfontolásra érdemes terület az egyre bővülő elektronikus funkciók mellett azok tápellátásának kérdésköre. Az olyan speciális tűzoltósági szakfelszereléseket vagy védőeszközöket, mint a légzőkészülékek nem minden tűzoltóságon vetik be nap mint nap. Előfordulhat, hogy akár több mint egy héten keresztül is csak a folyamatos rendelkezésre állás valósul meg tényleges alkalmazás nélkül. Ezeknek az eszközöknek a maximális teljesítményt kell nyújtaniuk minden helyzetben, függetlenül attól, hogy tíz perccel azelőtt lett beszerezve, karbantartva vagy két-három héttel korábban. A cikkben is bemutatott telemetriás, hőkamerával és álarcon belüli kijelzővel is rendelkező vagy rádiókommunikációt is biztosító kiegészítők mind-mind önálló tápellátást igényelnek. Ezek napjainkban és jellemzően ceruzaelemes (AA vagy AAA méretű alkáli elem) kivitelben valósulnak meg, és a működési idő is az eszköz energiaigényétől függően korlátozott, néhány órától akár néhány hónapig is terjedhet. A fenti szempontok okán ez is egy fontos kutatási részterület lehet, tehát a minél kisebb energiafogyasztás, valamint a lehetőleg egy vagy legfeljebb két központi tápforrásból megvalósuló működtetése minden, a légzésvédelmi eszközön található kiegészítőnek. Találhatunk olyan hőkamerás álarcot, amelynél külön figyelemmel kell lenni az álarc külső részén lévő kamerás egység és külön az álarcon belüli, ahhoz csatlakozó kijelző ceruzaelemes töltöttségére is, egy rendszeren belül. A káreseti fokozott koncentrációt igénylő helyzetek mellett a napi készenlétben tartást és a folyamatos karbantartást érintően is további feladatokat generál a tűzoltóságok számára ez a tényező, a teljes

tűzoltósági szervezet működtetése mellett megjelenő feladat, amely kiváltható vagy mérsékelhető a fentiek alapján.

Összefoglalva, a jelen kutatásban megszerzett ismeretek alapján a közeljövő légzésvédelmi eszközöket érintő fejlesztési a megnövelt palacknyomásra és az eszközök további elektronikai fejlesztésére irányulhatnak. Ezek általános tűzoltósági megjelenése a közvetlen beavatkozási területen középtávon valósulhat meg.

A magyarországi tűzoltó-légzésvédelem területének fejlesztése láthatóan jelentős anyagi költséget jelenthet. A különféle típusú hőkamerával bővített vagy rádiókommunikációs képességgel rendelkező kivitelek valószínűsíthetően közvetlen hatékonyság- és biztonság-növekedési szintet jelenthetnek a készenléti tűzoltóság tagjai számára, azonban ennek mértékét konkrét, célzott kísérleteknek kell megelőznie. A jelenleg látható beszerzési, esetleg rendszerben tartási költségek azt mutatják, Magyarországon kezdetben csak kiválasztott területek ellátását lehet tervezni. Ilyen lehet a tűzoltás-vezetők, kárhelyszíni irányítók és a sugárvezetők támogatása, különösen az egymás között káreseti körülmények között cserélhető eszközök esetében.

A megnövelt palacknyomású rendszerekre átállás a jelenleg alkalmazott teljes országos megoldások cseréjét, felújítását jelentené, itt szintén szükséges vizsgálni a jelenleg elérhető mintegy 20% körüli kapacitás-növekedés konkrét hatását a beavatkozási területen, valamint ennek költségei arányos megtérülését.

Egyes jelenleg is elérhető és külföldi tűzoltóságokon már alkalmazott kisebb költségű kiegészítések vagy nagyobb méretű, de egyedi, a légzésvédelmet támogató műszaki eszközök vagy megoldások előzetes hatékonysági vizsgálatokat követően szintén figyelembe vehetők a magyarországi adaptációk során.

Ezeknek a magyar katasztrófavédelmi, tűzoltósági szervezetet érintő költségvetési kihatása a teljes rendszerek cseréjéhez viszonyítottan alacsonyabbra tehető, közvetlen kárhelyszíni hatékonyság- és biztonság-növekedés mellett.

Felhasznált irodalom

Adorján Attila (2015): Mélyből és szűk terekből történő mentés, légzésvédelemmel. *Védelem online*, 2015. január 30.

Adorján Attila (2016): Légzésvédelem 4 órára – Dräger PSS BG4 plus oxigénes készülék. *Védelem Online*, 2016. október 14. Online: www.vedelem.hu/hirek/0/2182-legzes-vedelem-4-orara-%E2%80%93-dr%C3%A4ger-pss-bg4-plus-oxigenes-keszulek

Bérczi László (2014): *Az extrém körülmények közötti tűzoltói beavatkozások biztonságát növelő eszkörendszer fejlesztések az integrált katasztrófavédelem rendszerében*, PhD-értekezés. Budapest: Nemzeti Közszolgálati Egyetem. Online: <https://doi.org/10.17625/NKE.2014.010>

Berki Imre (2018): „Az ötlet” – Kőszeghi-Mártony Károly találmánya – a sűrített levegős légzőkészülék. *Védelem Tudomány*, 3(4), 200–224. Online: www.vedelemtudomany.hu/articles/III/4/2018-03-04-11-berki.pdf

Cziva, Oszkár (2010): Task of IC with Hazardous Materials. *Védelem – Katasztrófa-Tűz- és Polgári Védelmi Szemle*, 1–5. Online: <http://vedelem.hu/letoltes/anyagok/240-task-of-ic-with-hazardous-materials.pdf>

- Dreger, Randy W. – Jones, Richard L. – Petersen, Stewart R. (2006): Effects of the Self-Contained Breathing Apparatus and Fire Protective Clothing on Maximal Oxygen Uptake. *Ergonomics*, 49(10), 911–920. Online: <https://doi.org/10.1080/00140130600667451>
- Grimwood, Paul (2017): *Euro Firefighter 2. Firefighting Tactics and Fire Engineer's Handbook*. Huddersfield: D&M Heritage Press.
- Louhevaara, Veikko – Smolander, J. – Korhonen, O. – Tuomi, T. (1986): Maximal Working Times with a Self-Contained Breathing Apparatus. *Ergonomics*, 29(1), 77–85. Online: <https://doi.org/10.1080/00140138608968242>
- Lukácsi Lőrinc (2014): *Az izolációs légzőkészülékek katonai alkalmazásának lehetőségei*. Tudományos diákköri dolgozat. Óbudai Egyetem.
- Stull, Jeffrey O. – Stull, Grace G. (2012): 5 Critical Changes for New SCBA. *FireRescue1*, 2012. július 20. Online: <https://bit.ly/3LtZZCm>