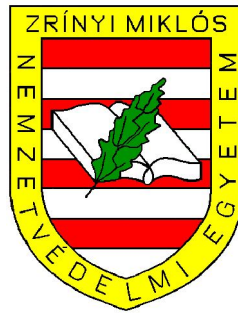


ZRÍNYI MIKLÓS NEMZETVÉDELMI EGYETEM
BOLYAI JÁNOS KATONAI MŰSZAKI KAR
KATONAI MŰSZAKI DOKTORI ISKOLA



Zólyomi Géza tüzoltó alezredes

**Mobil ventilátorok alkalmazásának lehetőségei
a zárttéri tüzek oltási folyamatában**

Doktori (PhD) értekezés

Tudományos témavezető:

Dr. habil. Cziva Oszkár
tüzoltó ezredes (PhD)

Budapest, 2009.

Tartalomjegyzék

BEVEZETÉS	4
A TÉMA AKTUALITÁSA	5
A TÉMA KÖRÜLHATÁROLÁSA	6
A KUTATÁS FŐ CÉLKITŰZÉSEI	7
KUTATÁSI MÓDSZEREK	8
1. ZÁRTTÉRI TÜZEK JELLEMZŐI	11
1.1. ÉGÉSELMÉLET	11
1.1.1. A gyulladási folyamat	11
1.1.2. Gázok, folyadékok, szilárd anyagok égése	12
1.2. OLTÁSELMÉLET	13
1.2.1. Éghető anyag eltávolítása.....	13
1.2.2. Oxigén elvonása.....	14
1.2.3. Az éghető anyag hőmérsékletének csökkentése	14
1.3. A TŰZ KÁROSÍTÓ HATÁSAI	15
1.3.1. Az égés hőmérséklete.....	15
1.3.2. A füstképződés	16
1.4. A TŰZ KIFEJLŐDÉSÉNEK SZAKASZAI ZÁRT TÉRBEN	19
1.4. A GÁZCSERE ZÁRT TÉRBEN	21
1.5. ZÁRTTÉRI TÜZEK VESZÉLYEI A BEAVATKOZÓKRA	22
1.5.1. Backdraft	23
1.5.2. Flashover	24
1.6. A FEJEZET RÉSZKÖVETKEZTETÉSEI	27
2. A TŰZ OLTÁSÁVAL EGYIDŐBEN ALKALMAZOTT MOBIL VENTILLÁCIÓ KÜLFÖLDI ÉS HAZAI TAPASZTALATAI	29
2.1. ZÁRTTÉRI TŰZ SZELLŐZTETÉSI LEHETŐSÉGEI	29
2.1.1. Elszívásos szellőztetés	33
2.1.2. Befűvásos szellőztetés.....	34
2.2. MOBIL VENTILLÁCIÓ ALKALMAZÁSÁNAK TAPASZTALATAI	34
2.3. MOBIL VENTILLÁCIÓ ALKALMAZÁSÁNAK FELTÉTELEI	36
2.3.1. Az eljárás sikeres végrehajtásához szükséges idő	36
2.3.2. Kellően megbízható, a tűz fészke felett keresztülvezető légáramlat	36
2.3.3. A ventillátor elhelyezéséhez, a működtetéséhez szükséges távolság	37
2.3.4. Be- és kiáramló nyílás aránya.....	42
2.4. TŰZOLTÁSSAL EGYIDŐBEN BEVETHETŐ MOBIL VENTILLÁTOROK TAKTIKAI ALKALMAZÁSA	43
2.4.1. Lakás szellőztetése.....	43
2.4.2. Lépcsőház szellőztetése	44
2.4.3. Pincék szellőztetése	44
2.4.4. Két mobil ventillátor egyidejű használata	45
2.5. A TŰZ OLTÁSA SORÁN ALKALMAZOTT POZITÍV NYOMÁSÚ VENTILLÁCIÓ MEGJELENÉSE HAZÁNKBAN	47
2.6. A FEJEZET RÉSZKÖVETKEZTETÉSEI	48
3. SAJÁT TŰZOLTÁSI KÍSÉRLETEK, MÉRÉSI GYAKORLATOK TAPASZTALATAI	50

3.1. TŰZOLTÁSI KÍSÉRLETEK	50
3.1.1. Egység tüzek oltásának mérési kísérletei I.....	50
3.1.2. Egység tüzek oltásának mérési kísérletei II.	62
3.2. MENEKÜLÉSI ÚTVONALAK, LÉPCSŐHÁZAK FŰSTMENTESÍTÉSÉNEK MÉRÉSI KÍSÉRLETE	64
3.3. KÜLÖNBÖZŐ ELVEN MŰKÖDŐ VENTILLÁTOROK BEÁRAMLÓ NYÍLÁSTÓL MEGFELELŐ TÁVOLSÁGRA TÖRTÉNŐ ELHELYEZÉSÉNEK MÉRÉSI KÍSÉRLETE .	66
3.4. AZ ELTÉRŐ OLTÁSI MÓDSZEREK GAZDASÁGOSSÁGÁNAK KOMPLEX ÖSSZEHASONLÍTÓ ELEMZÉSE	69
3.4.1. A kárérték csökkentése	69
3.4.2. Tűzoltási költségek csökkentése.....	72
3.4.3. Mobil ventillátorok beszerezhetősége.....	74
3.4.4. Költségcsökkentés, amely nem forintosítható	76
3.5. A FEJEZET RÉSZKÖVETKEZTETÉSEI.....	77
4. A MOBIL VENTILLÁLÁS ALKALMAZHATÓSÁGÁNAK FELADATAI	80
4.1. BEVETÉSI ÉS BIZTONSÁGI SZABÁLYZAT	80
4.2. BEAVATKOZÁSI METÓDUS.....	82
4.3. MOBIL VENTILLÁLÁS ALKALMAZHATÓSÁGÁRA, SZERELÉSI SZABÁLYÁRA VONATKOZÓ MÓDOSÍTÓ JAVASLATOK	85
4.3.1. Középmagas és magas épületek lépcsőházainak füstmentesítése	85
4.3.2. Szerelési gyakorlat végrehajtása.....	86
4.3.3. A mobil ventillátor gépjárműfecskendőkre történő málházása	87
4.4. A KÉSZENLÉTI SZOLGÁLATOT ELLÁTÓ ÁLLOMÁNY KIKÉPZÉSE	88
4.5. A FEJEZET RÉSZKÖVETKEZTETÉSEI.....	92
AZ ÉRTEKEZÉS EREDMÉNYEINEK ÖSSZEGZETT KÖVETKEZTETÉSEI	94
A KUTATÁS SORÁN ELÉRT ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK	97
AJÁNLÁSOK, JAVASLATOK	98
KUTATÁS EREDMÉNYEINEK GYAKORLATI ALKALMAZHATÓSÁGA	99
FELHASZNÁLT IRODALOM.....	100
SAJÁT PUBLIKÁCIÓK LISTÁJA	103
MELLÉKLET.....	110

BEVEZETÉS

Az ókori görög mondavilág szerint Prométheusz megszánta az embert, és ellopta neki az égből a tüzet. Mint tudjuk, Prométheusz „ajándéka” óriási távlatokat nyitott meg az ember előtt, a tűz fénye és melege végigkísérte az emberiség fejlődését.

Arisztotelész a föld, a víz, a levegő mellett a tüzet tartotta az őselemek egyikének. A tűz hasznos volta mellett azonban nagy károkat is okozott. A civilizáció térhódításával fokozódott a tűzveszély, a tűzvész pusztításának lehetősége. Időszámítás előtt 64-ben Róma nyolc napon át égett, miközben 18 kerületéből 10 teljesen elpusztult. A középkor legnagyobb tűzvésze 1666-ban Londonban történt, ahol 13 200 lakóház és 89 templom vált a tűz martalékává. Az újkorban Moszkva égésénél, 1812-ben nyolc nap alatt 9 156 épületből csak 2 626 maradt épen.

A tűz és az égés kérdése a legősibb idők óta érdekelte a kor „tudósait”. Elsőként a XVIII. század zseniális orosz tudósa, Lomonoszov magyarázta az égést tudományos megközelítésből, mint a forró anyag és a „levegő nehéz részecskéi” egyesülésének folyamatát. 1773-ban Lavoisier francia tudós, megismételve Lomonoszov kísérletét megállapította, hogy a levegő 1/5-öd része egyesül a felmelegített fémmel. Így jutott az égés „oxigén elméletének” gondolatához. A XIX. században a kohók, majd a belső égésű motorok fejlődése megkövetelte az égés mechanizmusának mind mélyebbre ható tanulmányozását. Az ipari fejlődés felgyorsulásával 1936-ban kísérleti úton fedezte fel G. M. Hess orosz tudós a termokémia alaptörvényét, amely lényegében az energiamegmaradás törvényének alkalmazása a kémiai folyamatokra.

Az égés folyamatának mind tökéletesebb megismerése, tudományos tanulmányozása napjainkban is fontos kérdés. A világ számos tudományos központja, laboratóriuma foglalkozik e téma vizsgálatával. Az égő anyagban végbemenő változások tanulmányozásával megismerhetjük a fizikai és kémiai folyamatok egyidejű sokaságát, a hőmérséklet emelkedésétől a gyulladáson keresztül az égés továbbterjedéséig.

A tűz elleni eredményes védekezés érdekében a tűzoltók számára is mindinkább szükség van az égés és a tűz tulajdonságainak, majd annak alapján az oltás alapelveinek, az oltóanyagok felhasználásának megismerésére, amely megfelelő alapot nyújthat új oltási módszerek kidolgozására. Ennek tükrében vizsgálom a mobil pozitív nyomású ventillálás tűz oltásával egyidőben történő alkalmazásának előnyeit, rávilágítva a

hatékony alkalmazásához elengedhetetlen körülményekre, valamint a beavatkozás során betartandó bevetési és biztonsági szabályokra.

A TÉMA AKTUALITÁSA

A korunkra jellemző dinamikus fejlődésnek köszönhetően az egyre bonyolultabb ipari technológiák, technikai eszközök, a használati tárgyaink, eszközeink hagyományos anyagai helyett egyre nagyobb teret hódító szintetikus anyagok, a közlekedésben egyre jobban fokozódó személy- és áruszállítás, az értékkoncentráltabb életkörülményeink mind egyre nagyobb veszélyeket rejtenek magukban.

Az ezzel párhuzamosan fejlődő biztonságtechnikai eszközök alkalmazásai, a jogszabályi előírások szigorításai sem bizonyultak elégségesnek a tűzbiztonság területén, hiszen a tüzesetek száma nem mutat csökkenő tendenciát. Ennek megfelelően elengedhetetlen a tűzoltóságok technikai eszközeinek folyamatos fejlesztése, a színvonalas képzések biztosítása, valamint kutatások eredményein alapuló új tűzoltási és műszaki mentési taktikai módszerek alkalmazása.

A zárttéri tüzek oltása esetében egy hatékony, új oltási módszer vizsgálatokor a hazai irodalomban megfogalmazottak és a tűzoltóságok körében szerzett gyakorlati tapasztalataim alapján megállapítottam, hogy hazánkban kevésbé elterjedt a **tűz oltásával egyidőben alkalmazott mobil ventillálás**. Az Amerikai Egyesült Államokban és Európa egyes nyugati országaiban ezen oltási módszer alkalmazhatóságának kutatása lényegesen előbbre tart, valamint a gyakorlati alkalmazhatóság terén is jóval több tapasztalattal rendelkeznek. Meggyőződésem, hogy Magyarországon rangján alul kezelik ezt az eljárást, megfelelő ismeretanyag híján csak néhány tűzoltóságon, ott is elsősorban tapasztalatszerzésre alkalmazzák. Célszerű tehát, hogy a külföldön végzett kutatások eredményeit a helyi sajátosságokhoz igazítva hazai körülmények között vizsgáljuk, megalapozott kutatásokat, kísérleteket végezzünk, és ennek tükrében használjuk fel, tegyük közzé az elért eredményeket a mielőbbi hazai gyakorlati alkalmazhatóság érdekében.

Az eddigi tapasztalatok leírására, azok komolyabb elemzésére, a módszer elméleti alapokon történő vizsgálatára és a későbbi felhasználók részére történő átadás feltételeinek megteremtésére ezidáig még nem került sor.

Az új tűzoltási módszerek kidolgozásánál – azok hatékonysága mellett – törekedni kell környezetünk védelmére is, hiszen a tüzek oltására alkalmazott anyagok eltérő mértékben ugyan, de környezetkárosodást okozhatnak. A Földünk védelmét biztosító ózonpajzs elvékonyodása, az üvegházhatás fokozódása, a napjainkra valósággá váló globális felmelegedés, az egyre nagyobb mértékben alkalmazott mérgező anyagok, nehézfémek, valamint a biológiailag lassan bomló vegyületek mind több környezeti kárt okoznak. Az ENSZ környezetvédelmi programja keretében 1987-ben Montrealban aláírták az ózonréteget károsító anyagok kibocsátásának beszüntetésével kapcsolatos egyezményt, majd a légkör üvegházhatású gázkoncentrációjának stabilizálása érdekében az ENSZ Klímaváltozási Konvenciójának keretében pedig 1997-ben a Kiotói Egyezményt. Az élet minden területén szükséges törekedni a környezeti károkat okozó tevékenységek csökkentésére, illetve a tevékenységek során környezetet nem károsító, vagy lehetőleg kevésbé károsító anyagok alkalmazására. Hazánkat Európai Unió tagja is kötelezi arra, hogy környezetünk védelme az élet minden területén előtérbe kerüljön [1]. Ennek megfelelően elengedhetetlen olyan környezetbarát tűzoltó anyagok, tűzoltási módszerek kiválasztása, amelyek alkalmazásuk esetén egyáltalán nem, de legalábbis a lehető legkisebb mértékben károsítják környezetünket.

Tehát az új tűzoltási módszerek kiválasztása területén azok élveznek elsőbbséget, amelyek hatékonyságuk mellett vagy hatékonyságuknál fogva környezetkímélők. Környezetünk megóvása szempontjából alapelv, hogy a tűz – amely egyébként is környezetkárosító – oltása ne járjon további negatív hatással, de legalábbis a lehető legkevésbé károsítsa a környezetünket. Minél hatékonyabb tűzoltási módszereket alkalmazunk, annál rövidebb ideig érvényesül a tűz károsító hatása [2].

Mindezeket figyelembe véve értekezésem tárgyaként olyan témát választottam, amely a jövőben minden bizonnyal előtérbe kerül, és átfogó vizsgálata előbb vagy utóbb nélkülözhetetlenné válik.

A TÉMA KÖRÜLHATÁROLÁSA

Kutatásaim kezdetén a zárttéri tüzek új, hatékonyabb oltási módszerein belül a pozitív nyomású ventilláció alkalmazhatóságának vizsgálatára fókuszáltam. Az érdeklődésemet e téma iránt az új ismeretek szerzésének szükségessége keltette fel, amely teljesen ellentmondott az égés- és oltáselméletben szerzett addigi elméleti és gyakorlati tapasztalataimnak. Ez érthető, hiszen akkoriban a hazánkban rendszeresített ventilláto-

rok nagyságrenddel kisebb levegőszállítási teljesítménnyel rendelkeztek, amelyek használatával ellenkező hatást lehetett volna elérni a tűz oltásával egyidőben történő alkalmazásuk esetén.

A hazai és külföldi szakirodalomból, valamint a Fővárosi Tűzoltó-parancsnokság néhány szakembere gyakorlati tapasztalataiból szerzett információk ösztönöztek a kutatási terület mind mélyebb feltárására. A Hatvani Hivatásos Önkormányzati Tűzoltó-parancsnokságon (továbbiakban Hatvani Tűzoltóság) rendszerbe állított, közepes szállított levegőteljesítményű turbóventillátor alkalmazásának kezdetére tisztában voltunk az alapvető használati szabályokkal. Már az első bevetések alkalmával meggyőződhattünk az eszköz hatékonyságáról. Tudományos igényességre törekedve elkezdhettem a mobil ventillálás hazai körülmények közötti mind hatékonyabb alkalmazását kutató mérési gyakorlatokat, az egységűzek segítségével végzett méréseket, továbbá a mobil ventillátorok optimális elhelyezési távolságának megállapítását.

Kutatásaim során fontosnak tartottam a hagyományos eszközökkel végrehajtott tűzoltás összehasonlítását a tűz oltásával egyidőben alkalmazott mobil ventillálással mind a hatékonyság, mind a beavatkozó állomány biztonsága, mind a gazdaságosság, mind pedig a környezetre gyakorolt hatás szempontjából.

Az értekezésem témakörének körülhatárolása során a lakóépületek, lakóházak, közösségi épületek tüzeinél bevethető ventillátorok leghatékonyabb alkalmazásának módját vizsgáltam. A veszélyes gázok terjedési irányának megváltoztatására, csarnok jellegű épületek tüzeinél történő alkalmazására – terjedelmi korlátok miatt – csak az értekezésemhez szükséges helyes értelmezés szintjének eléréséig tartottam feladatomban.

A KUTATÁS FŐ CÉLKITŰZÉSEI

- Bebizonyítani, hogy zárttéri tüzek esetében a mobil ventillálás alkalmazásával a tűzoltás gyorsabban, hatékonyabban megtörténhet, melynek megfelelően kisebb anyagi kár keletkezik kisebb beavatkozási költség mellett, valamint a tűz rövidebb ideig tartó környezetterhelésének köszönhetően kisebb környezetkárosító hatással számolhatunk.
- A külföldi és hazai kísérleti eredményeket, gyakorlati tapasztalatokat figyelembe véve célirányosan kísérleteket lefolytatni, a kapott eredmények figyelembe véte-

lével tudományosan vizsgálni a mobil ventilátor hatékony bevetethetőségének lehetőségeit.

- Hiánypótlásként egy olyan bevetési biztonsági szabályzat kidolgozása, melynek alkalmazásával a tűz oltásában és a bennrekedt személyek mentésében résztvevő erők a hatékony beavatkozás mellett biztonságosan végre tudják hajtani feladatukat.
- Javaslat tétele a 37/2003. számú BM OKF intézkedés mellékletével kiadott Szerelési Szabályzat kiegészítésére és módosítására a mobil ventilátorral történő beavatkozás lépéseinek kidolgozásával.
- Javaslat tétele a tűzoltóság tűzoltási és műszaki mentési tevékenységének szabályairól szóló 1/2003. (I. 9.) BM rendelet mellékleteként kiadott Tűzoltási és Műszaki Mentési Szabályzat kiegészítésére a középmagas és magas épületek zárt lépcsőházainak, menekülési útvonalainak mobil ventilátorral történő füstmentesítése elvégzésének lehetőségére.
- Beavatkozási módszer kidolgozása az eljárás gyors, hatékony és biztonságos végrehajthatóságának eldöntése érdekében.
- A szakemberképzésben alkalmazható oktatási témavázlat elkészítése, amely helyi szinten a napi képzések során nyújt segítséget az oktatóknak.
- Gazdasági számítások alátámasztásával felhívni a tűzoltóságok figyelmét az eszköz beszerezhetőségére.

A kutatási célkitűzések alapján hipotézisem

Zárttéri tüzek oltásánál a pozitív nyomású ventilátorok a hazai tűzoltóságok beavatkozási számára meghatározó eszközökké válhatnak. Tűzoltóságaink mind szélesebb körében történő alkalmazásával hatékonyabban, biztonságosabban, gazdaságosabban avatkozhatnak be a tüzek felszámolásánál, csökkentve ennek köszönhetően a tüzek okozta környezetkárosító hatást.

KUTATÁSI MÓDSZEREK

Kutatási céljaim elérése érdekében az alábbi, főbb kutatási módszereket alkalmaztam:

- arra törekedtem a tanulmányi és kutatási programom összeállításánál, hogy a kötelező és választott tantárgyak, kutatói szemináriumok a lehető legeredményesebben támogassák tudományos célkitűzéseimet;
- kiemelt figyelemmel tanulmányoztam a legfrissebb nemzetközi és hazai kutatások eredményeit;
- konzultációkat folytattam a téma szűkebb szakterületeit képviselő kutatókkal, szakemberekkel, továbbá potenciális hazai és nemzetközi felhasználókkal, alkalmazókkal;
- gondosan megtervezett egységtűzoltási és mérési kísérleteket hajtottam végre, eredményeit, tapasztalatait összegeztem és értékeltem.

Értekezésem felépítése

Az **első fejezetben** a zárttérben keletkezett tüzek jellemzőit mutatom be. Az alapvető égés- és oltáselmélet ismertetését követően a tűz károsító tényezőit elemzem. Feltárom az épülettüzekben keletkező magas hőmérséklet és a füst toxicitása által az élő szervezetre, valamint rámutatok az épületszerkezetekre gyakorolt károsító hatására. Bemutatom a zárttéri tüzek esetében előforduló – hazánkban kevésbé kutatott – flashover¹ és backdraft² veszélyeit, a veszély felismerésének jeleit, és a szükséges beavatkozási taktikákat.

A **második fejezetben** foglalom össze a tűz oltásával egyidőben alkalmazott mobil ventillálás külföldi és hazai tapasztalatait. A szellőztetési lehetőségek ismertetését követően mutatom be a „Positiv Pressure Ventillation”³, mint alkalmazás lényegét. Külön rámutatok a mobil ventillálás alkalmazásának feltételein keresztül a hagyományos értelemben vett pozitív nyomású ventilláció és a turbóventilláció közötti különbségre. Bemutatom a mobil ventillálás taktikai alkalmazásának lehetőségeit. Kiemelem a hazánkban végrehajtott kísérletek kedvező tapasztalatait.

A **harmadik fejezetben** a saját egységtűzes és egyéb mérési kísérleteimet mutatom be, illetve azok eredményeit elemzem. Az egységtűzes mérési kísérletek végrehajtásánál a hagyományos eszközökkel és felszerelésekkel végzett tűzoltás eredményeit hasonlítom össze a tűz oltásával egyidőben alkalmazott pozitív nyomású ventillálás

¹ **Flashover:** teljes belobbanás.

² **Backdraft:** szúróláng.

³ **Positiv Pressure Ventillation:** pozitív nyomású ventilláció.

eredményeivel. Bemutatom a füstmentes (beépített füstelszívókkal nem rendelkező) lépcsőházakban alkalmazott mobil ventilátorokkal végzett mérési kísérleteim eredményét. Összevetem mérési kísérleteim alapján az ugyanakkora szállított levegőteljesítményű hagyományos értelemben vett pozitív nyomású ventilátort a turbóventilátorral. Az alkalmazás megtérülésével kapcsolatos gazdaságossági számítást végzek. A fejezet eredményeként rámutatok az általam feltárt, az eljárással kapcsolatos hiányosságokra.

A negyedik fejezetben a feltárt hiányosságoknak megfelelően kidolgozok egy bevetési és biztonsági szabályzatot. Összeállítok a tűzoltásvezető számára egy beavatkozási metódust. Javaslatot teszek a 37/2003. számú BM OKF intézkedés mellékletével kiadott Szerelési Szabályzat, valamint az 1/2003. (I. 9.) BM rendelet mellékleteként kiadott Tűzoltási és Műszaki Mentési Szabályzat előírásai kiegészítésre, továbbá a mobil ventilátorok hazánkban leggyakoribb gépjárműfecskeendőkre történő málházásának helyére. Összeállítom a készenléti szolgálatot ellátó állomány részére a tűzoltással egyidőben alkalmazható mobil ventilálás képzésének témavázlatát.

Kutatásaim részeredményeit és eredményeit szakmai kiadványokban rendszeresen publikálom, melynek visszhangjait, reflexióit felhasználom az eredményeim értékelése során.

1. ZÁRTTÉRI TÜZEK JELLEMZŐI

A tűzoltóság számára alapvető az égés fogalmának meghatározása szempontjából, hogy az éghető anyag egyesülése a levegő oxigénjével nagy mennyiségű hőenergia felszabadulását is eredményezi, amely a tűz oltását megnehezíti. Fontos tehát a továbbiakban, hogy esetünkben tűzről akkor beszélünk, ha a kémiai reakció alkalmával lángképződést, illetve parázslást és nagy hőmennyiség keletkezését észleljük. Ugyanakkor leszögezhetjük, hogy a tűz olyan égés, amelyet nem szándékosan idéztünk elő, ellenőrizetlenül terjed, nem a hasznunkat szolgálja, és mindemellett veszteséget okozhat anyagi javakban és emberéletben egyaránt. Ebből kifolyólag a tűz ellen védekezni kell, meg kell előzni kialakulását, illetve ha már létrejött, akkor meg kell gátolni terjedését, és el kell oltani.

1.1. ÉGÉSELMÉLET

Az égés bonyolult fizikai és kémiai folyamatok láncolata, melynek során az éghető anyag kémiai reakcióba lép, miközben hő és a legtöbb esetben fény formájában energia szabadul fel [3]. Égés csak akkor jön létre és marad fenn, ha az éghető anyag az égéshez szükséges megfelelő oxigénmennyiség, valamint a gyulladási energia egy időben és térben rendelkezésre áll [4].

1.1.1. A gyulladási folyamat

Az égés vagy önmagától fejlődik ki, vagy gyújtás hatására indul, és önfenntartó folyamatként zajlik tovább. Az anyagok égését a gyulladási folyamat előzi meg.

Az égésre, mint elsősorban kémiai reakcióra jellemző, hogy igen nagy az aktiválási energia szükséglete, amelyet valamilyen hőtermelő folyamatból, azaz gyújtóforrásból vesz a rendszer. Minél kevesebb aktiválási energiára van szükség, annál könnyebben és gyorsabban megy végbe a reakció. Általában elmondható, hogy az aktiválási energia a reagáló molekulák kötésének fellazítására, szabad atomok, gyökök keletkezésére fordítódik. Exoterm folyamatoknál a reakciótermékek a fellazított molekulákból, atomokból, gyökökből nagyobb energia-felszabadulással keletkeznek, mint az aktiválás energiája, így az átmenetileg befektetett aktiválási energia visszatérül, legtöbbször égéshő formájában. A gyökök alkalmasak arra, hogy jelentősebb aktiválási energia nélkül továbbvigyék a reakciót, mivel egy gyökütközéses reakcióban újabb gyök, vagy

gyökök keletkezését váltja ki. Ennek hatására igen gyors a reakció, és az aktiválási energia, amely a reakció indulásához szükséges (égés esetében a gyulladási folyamat energiája) jóval jelentősebb lehet, mint a reakció többi szakaszában [5].

Az éghető anyagok döntő többsége szénhidrogén tartalmú, amelyek égésére is a gyökös a jellemző. A keletkező gyökök, mint energiadús atomok vagy atomcsoportok adják tovább az energiájukat, ezáltal terjesztve ki a kémiai reakciót.

Az oxidáció tehát összetett folyamat, amely láncreakciók formájában zajlik le. A szabadgyökök keletkezési sebessége és az átmeneti aktív képződmények (peroxid, aldehid, stb.) kialakulása az anyagok oxidációra és lángalobbanásra való hajlamától függ. A láncreakciók sebességét az elágazások gyorsítják, ugyanakkor minden olyan anyag vagy körülmény csökkenti, amely a láncvívőket eltávolítja a rendszerből. Ennek megfelelően láncvégződéshez vezethet minden olyan idegen molekula (antikatalizátor) jelenléte, mely a láncvívővel inaktív molekulává egyesülhet. Ilyen lehet például oltógázok és oltóporok bejuttatása, ami az égés láncolatának megszakadása következményeként a lánggal való égés megszűnését eredményezi („vegyi” tűzoltás).

1.1.2. Gázok, folyadékok, szilárd anyagok égése

Az előzőekben tárgyaltak alapján az anyagok égését gyulladási folyamat előzi meg, amely tulajdonképpen hőfelszabadulással járó lassú oxidáció, függetlenül attól, hogy az éghető anyag gáz, folyadék gőze, vagy a szilárd anyag bomlásterméke. A felszabaduló éghető elegy meggyulladásához szikra, láng, nyomásnövekedés, stb. szükséges. Ha a gyújtóforrás megszűnésével az égés továbbterjed, az ezt követő hősugárzásnak köszönhetően az égési felület és a friss gázréteg felmelegedésével az égés folyamatosá válik.

a) Gázok égése

A gázok égésének legfontosabb jellemzője, hogy elengedhetetlen a levegővel megfelelő arányban történő keveredés, mivel a gáz–levegő elegy csak bizonyos koncentrációtartományban, azaz az alsó és felső határérték között ég. Az éghető gázok és a levegő (oxigén) elegyének égése nagy hőfejlődés mellett, igen rövid idő alatt, robbanásszerűen történik, amelyet kinetikai égésnek vagy robbanásnak nevezünk. Ugyancsak kinetikai égésnek definiáljuk az éghető, por alakú anyagok levegővel történő keverékének robbanásszerű égését (porrobbanás).

b) Folyadékok égése

A tűzveszélyes folyadékok esetében párolgás hatására a folyadékból kilépő molekulák a gőztérbe kerülnek, a levegővel robbanásveszélyes keveréket alkotva elegyednek. Amennyiben a folyadékfelszín fölött kialakultak az égés feltételei, az égés a folyadék teljes felületére kiterjed. A folyamatos égés alkalmával a felületi réteg hőmérséklete emelkedik, ennek köszönhetően növekedik a párolgási sebesség, növekedő lángmagasság mellett. A folyadék párolgásához szükséges hőmennyiséget a láng sugárzás útján juttatja a felületre. Az oxigéntartalom csökkenése mellett a láng a folyadék felületétől eltávolodik, elégtelen oxigénmennyiség esetén pedig a láng „leszakad”, azaz megszűnik az égés.

c) Szilárd anyagok égése

Melegítés hatására a szilár anyagok termikus bomlástermékeire legjellemzőbb a gáz halmazállapot, amelyek fontos szerepet játszanak a szilárd anyagok gyulladásában és égésében, alapvetően nem különböznek a folyadékok gőzeinek, gázainak égésétől. A különbség csupán az anyagban végbemenő termodinamikai folyamatok, a bomlástermékek minősége, és a hőmérséklet eloszlás hely és idő szerinti változásában van. A szilárd éghető anyagok gyulladási hőmérséklete elsősorban az anyag vegyi összetételétől függ. Minél több égési gázt, gőzt főként oxigént és hidrogént tartalmaz, annál alacsonyabb a gyulladási hőmérséklete, annál tűzveszélyesebb az adott anyag [6].

1.2. OLTÁSELMÉLET

Az alkalmazott tűzoltás gyakorlati tapasztalatokkal alátámasztott tudományos alapokon nyugszik. A tüzesetek sokszínűsége ellenére az égés feltételeiből kiindulva azok legalább egyikét vagy azok bármely kombinációját figyelembe véve az éghető anyag eltávolításán, az oxigén elvonásán, vagy a hőmérséklet csökkentésén alapul minden oltási taktika.

1.2.1. Éghető anyag eltávolítása

a) Az éghető anyag tűzhöz jutásának megakadályozása

Előfordulhat, hogy éghető anyag jut cső-, vagy csatornarendszeren keresztül, szállítószalagon a kialakult tűzhöz. Ebben az esetben a tűz észlelésekor ezeket kell elzárni, illetve szállítószalag esetében leállítani. Ha az elzárt csatornavezetékben ég-

hető anyag maradt, azt haladék nélkül le kell csapolni, és biztonságos helyre kell szállítani.

b) *Az éghető anyag eltávolítása a veszélyeztetett környezetből*

Lehetőség szerint lakástüzek esetén kivisszük a helyiségből az égő berendezési tárgyat (pl.: televízió, égő bútor, stb.), a közút területén történt tüzesetnél pedig a veszélyeztetett gépjárműveket, tartályokat, vagonokat eltávolítjuk a helyszíntől biztonságos távolságba.

c) *Az éghető anyag eltávolítása a tűz területéről*

A tűz felületéről eltávolítjuk az éghető, de még nem égő anyagot, amely valamilyen terület vagy szerkezet megszakításával történik (pl.: erdőtűznél → védőszántás).

1.2.2. Oxigén elvonása

a) *Helyiség elárasztása, feltöltése*

A helyiségeket oltóhabbal, oltógázzal, vagy oltóvízzel árasztjuk el.

Vízzel történő feltöltést csak a legvégső esetben szabad alkalmazni a nagyfokú vízkár miatt, és az oltást követően a vizet a lehető legrövidebb időn belül el kell távolítani a helyiségből.

Az oltóhab alkalmazásánál helyiségek elárasztására nagy, illetve közép habkiadósságú habokat alkalmaznak (pl.: alagutak, kábelcsatornák oltása).

Oltógázok (N₂, CO₂, Inergen) segítségével az égéshez szükséges O₂ koncentráció felhígul, ezáltal az anyagok égése megszűnik.

b) *Helyiség teljes lezárása*

Az O₂ csökkentése az égés intenzitásának csökkenését eredményezi. Ennek alapvető feltétele, hogy teljesen lezárjuk az égő helyiséget, amelyet nagyon kevés esetben tudunk megtenni. Zárható helyiségben, illetve bányatüzek esetében jól alkalmazható tűzoltási mód lehet.

Ha a levegő O₂ tartalma 14% alá csökken, akkor az égés megszűnik.

1.2.3. Az éghető anyag hőmérsékletének csökkentése

Az éghető anyagot a gyulladáspont alá hűtjük.

- Szilárd anyagoknál a lángolás, izzás megszüntetését jelenti.
- Égő folyadékoknál feladat a lángolás megszüntetése, amely a környezet és az égő anyag lobbanáspont alá hűtésével érhető el.
- A gázok égésénél a környezetet a lobbanáspont alá kell hűteni. [4]

1.3. A TŰZ KÁROSÍTÓ HATÁSAI

A tűz károsító hatásait figyelemmel kísérve megállapítható, hogy a tűz helyszínén együttesen vannak jelen a tűz hatásai a környezetre, és a környezet által a tűzre gyakorolt hatások. A veszélyt alapvetően az éghető anyagok tulajdonságai és mennyiségük, valamint az égés körülményei határozzák meg. A tűzhelyszínnek alapvető szerepe van a kialakuló veszélyt illetően. Két egyforma tűzhelyszín nehezen képzelhető el, az egészen egyszerűtől az igen bonyolultig bármilyen előfordulhat, így azokat növekvő komplexitás szerint lehet rangsorolni.

Egy lakószobában az éghető anyagok mennyisége a $10 - 60 \text{ kg/m}^2$. Ha túl akarunk élni egy tipikus lakásban keletkezett tüzet, akkor arra két lehetőség kínálkozik: vagy meg kell gátolni az égést, vagy el kell hagyni a lakást. A tűz károsító tényezői ugyanis, a hőmérsékletemelkedés és a keletkező füst toxikussága élettani funkcióinkra végzetesek lehetnek [7].

1.3.1. Az égés hőmérséklete

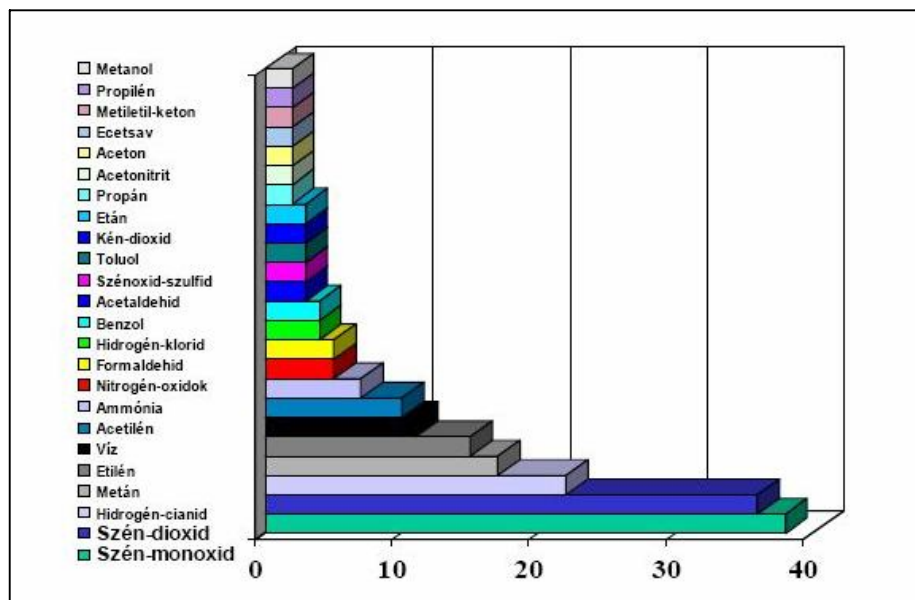
A lakások kisebb térfogatú helyiségében a gyorsan fejlődő tűz jól definiált felső réteget hoz létre, amely a mennyezet irányából lefelé terjeszkedik. A veszteségekhez képest ez a réteg relatíve gyors hőfejlődés miatt melegszik. Függetlenül a zóna kémiai összetételétől, amint a meleg réteg egy bizonyos mélységig leereszkedett, igen magas hőmérséklete miatt közvetlen veszélyt jelent a bent tartózkodókra, jelentősen túllépve az emberi tűrés határát. Bőrünk $42 - 46^\circ\text{C}$ -ra való felmelegedése égető érzést kelt, ugyanakkor a környezeti hőmérséklet $60 - 70^\circ\text{C}$ -ra emelkedése már közvetlen életveszélyt jelent. A forró égéstermékek belégzésével a veszély fokozódik.

Kísérletek alapján bizonyították, hogy a $18 - 20 \text{ m}^2$ területű tűz esetén a lakások közötti folyosón a hőmérséklet eléri a $280 - 300^\circ\text{C}$ -t. A lépcsőházban a tűz szintjétől számítva kettő-három emeletmagasságig $100 - 150^\circ\text{C}$ hőmérséklettel hópárna alakult ki, amelyet védőeszközök nélkül leküzdeni lehetetlen [8].

1.3.2. A füstképződés

Az éghető anyag égése során keletkező szilárd, cseppfolyós és gáznemű anyagokat égésterméknek nevezzük, amelynek összetétele a kiinduló anyag kémiai összetételétől, az égéshez rendelkezésre állt oxigén mennyiségétől és az égés körülményeitől függ. A gáznemű oxidok képezik az égési gázok (füst) fő alkotórészeit [4]. Az 1. ábra grafikonja a különböző tüzek vizsgálatokor keletkezett gázok relatív gyakoriságának százalékos eloszlását mutatja [9].

Amennyiben az éghető anyag szenet, nitrogént és oxigént tartalmaz, úgy többségében szénhidrogének, alkoholok, aldehidek, ketonok és szerves savak képződnek a hőbomlásos oxidáció eredményeként. Ha azonban az éghető anyag a felsoroltakon kívül klórt vagy nitrogént is tartalmaz, akkor a füstben megtalálható lesz többek között a hidrogénklorid (sósav), vagy a ciánklorid, az ammónia, amelyek a légzőszervre igen káros anyagok. Szerves anyagok égésekor, legfőképpen amikor nem áll rendelkezésre az égéshez elegendő oxigén, a szén veszélyes égésterméké, szén-monoxid keletkezik. A 0,4 tf%-os szén-monoxid tartalmú levegő 5 percen keresztül történő belégzése halálos.⁴

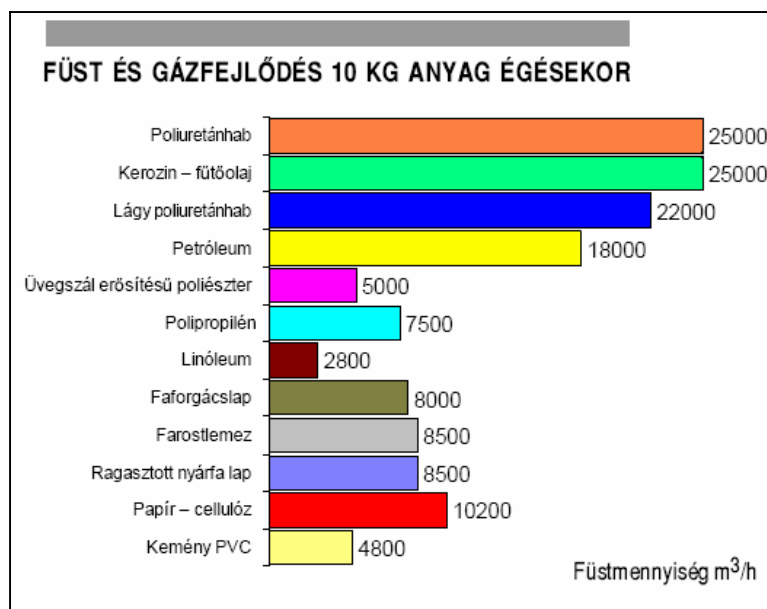


1. ábra. A tüzek során keletkezett gázok relatív gyakoriságának százalékos eloszlása.
(Forrás: Védelem 2002/4 25. p.)

⁴ A szén-monoxid belélegezve a tüdőn keresztül gyorsan a vérkeringésbe kerül, és körülbelül százszor erősebben kötődik a vörösvértest oxigént szállító részéhez, a hemoglobinhoz, mint az oxigén. Így a szén-monoxid az oxigénmolekulák helyébe lép a vörösvértestekben, és a sejtek oxigénhiányos állapotát okozza.

Eszméletvesztést és halált okoz a szén-dioxid túlzott jelenléte is, mivel az oxigén koncentrációját 10 tf% alá csökkentheti. Figyelemmel a toxikus gázok valószínűségére, valamint az oxigénhiányos állapot kialakulására, zártterekben a beavatkozásoknál kötelező a légzőkészülékek alkalmazása.

A 2. ábra az azonos mennyiségű, de különböző fajtájú éghető anyagok égése során keletkező füst mennyiségét mutatja. A füstfejlődés mennyiségileg és minőségileg is új veszélyt hozott a szintetikus anyagok elterjedésével.



2. ábra. Keletkezett füst mennyisége.
(Forrás: Védelem, 2004/3. 22. p. felhasználása alapján Saját.)

Az egyre jobb hőszigetelésű nyílászárók alkalmazásával fellépő oxigénhiány miatti tökéletlen égés pedig tovább fokozza a füst mennyiségének keletkezését. Zárttéri körülmények között előforduló tökéletlen égés esetén azonban az égéstermék további éghető anyagot tartalmaz mind szilárd (korom), mind pedig gázhalmazállapotban (szén-monoxidot, szénhidrogéneket, esetenként hidrogént).

A tűzoltásnál nagy segítséget nyújthat az égéstermék ismerete. A felderítés alkalmával általában már a füst színéből lehet következtetni arra, hogy mi ég, segítve ezzel a gyorsabb beavatkozást. A szín alapján továbbá információt kapunk arról is, hogy a füstben milyen mérgező elemek találhatóak az alábbiakban felsoroltak szerint.

- *Világos füstgázok:* A víztartalmú anyagok égése során a víz gőzzé válik, így az ilyen füst nedves anyagra és rövid égési időre utal. Fő veszélyei: szén-monoxid, szén-dioxid.

- *Fehér füstgázok:* A sűrű fehér füst foszforra utal, amihez lúgszerű szag társul. Nagyon mérgező.
- *Fekete füstfelhők:* Kormot tartalmaznak. Éghető folyadékok és műanyagok tüzeinél keletkeznek. Veszélyes anyag összetételük nagyon komplex.
- *Vörösesbarna füstgázok:* Nitrózus gázokra utal. Pl. NOx. Akut életveszély!
- *Sárga füstgázok:* Kén vagy kéntartalmú anyagok égésre utal.

A koncentrációtól függően minden tűz füstje halálos lehet.

A füst a gáz halmazállapotú közegben lévő nagyon kicsi szilárd részecskék eloszlása. Ezen szilárd részecskék mérete 10^{-9} m és 10^{-6} m között mozog. A szilárd részecskék koncentrációja kg/m^3 -ben vagy az adott egységnyi füst részecskeszámával jellemezhető. A széles határok között mozgó súlykoncentráció, amely a tizedrésztől ($0,1 \text{ kg/m}^3$) a $(6-7) \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3$ ($0,006 \text{ kg/m}^3$) határig terjed, amely $1 \times 10^{-6} \text{ m}^3$ (1 cm^3) füstben néhány milliónyi szilárd részecskét jelent. A füstfelhő helyzetváltoztatását alapvetően a szél szabályozza, ennek hiányában pedig kizárólag a hőáramok befolyásolják [10].

A diszperz rendszerben lévő szilárd részecskék milyensége és mérete határozza meg a füst átláthatóságát. A zárt helyiségekben keletkező tüzekre jellemzően a füstképződés jelentősen megnehezíti a tűzoltók munkáját, és jelentősen csökkenti a bennrekedt személyek túlélési esélyeit. A forró füstgázok égési sérüléseket okozhatnak, diszperz rendszerük jelentősen rontja a látási viszonyokat, toxikus és maró hatású alkotóelemeik egészségkárosodást okozhatnak. Ilyen körülmények között komoly nehézséget okoz a mentésben és az oltásban résztvevőknek a bajbajutott személyek kimenekítése, a tűzterjedés irányának megállapítása, továbbá a tűzfészek pontos helyének meghatározása.

Nagyobb térben vagy lassú égésnél (esetleg parázslásnál) a felső réteg relatíve hideg, esetleg felső réteg nem is alakul ki (hiszen éppen a nagy hőmérsékletkülönbség az, ami a sűrűség szerinti rétegződést eredményezi). Ilyen esetben az égéstermékek toxikussága, és nem a magas hőmérséklet lesz az a tényező, amelyik a zárt tér elviselhetetlenségét okozza. A toxikus hatással egyébként számolni kell olyan zártterekben is, ahol bár égés nincs, de a füst odaterjedése lehetséges [7].

A gyakorlati tapasztalat egyértelműen igazolja, hogy épülettüzek esetében az emberi életre legnagyobb veszéllyel a füstképződés jár. A füst terjedési sebessége a lépcsőházakban igen gyors. A megfigyelések alapján középmagas és magas épületekben az

alsó szinteken keletkezett tüzek esetében a keletkezés idejétől számítva 15–20 perc elteltével a lépcsőház teljes magasságban füsttel telítődött, melynek következtében az ott tartózkodás légzőkészülék nélkül lehetetlen.

Az alagsorban, pincékben keletkezett tűz jellemzője, hogy az első időszakban viszonylag gyorsan terjed, mert az egymással összeköttetésben lévő tágas helyiségekben bőven van oxigén. A tűz kifejlődésének szakaszában fokozódik a füstfejlődés, az égés tökéletlenné válik, melynek következtében sok szén-monoxid keletkezik. Az alagsorból, pincehelyiségből intenzívebbé válik a füst kiáramlása, amely behatol a csatlakozó lépcsőházba, egyéb helyiségekbe [8].

A padlástűz jellemzője a tűz gyors terjedése mellett az erős füstképződés. Bonyolulttá válik a tűzhelyszín, amennyiben a födémszerkezet átégését követően a kialakult légáramlás következtében a tetőszerkezetre terjed a tűz. A tetőfedő elemeket tartó lécezés átégésével a tetőzet beszakad. A kialakult levegőáram következményeként állandóan változnak a körülmények. A keletkezett forró füstgázokat a természetes módon létrejött levegőáram alulról fölfelé emelkedve magával ragadja a tetőtér irányába, és azok az átégett tetőzeten keresztül távoznak [11].

Amennyiben a füstképződéssel összefüggő veszélyt elemezzük, akkor azt tapasztaljuk, hogy a helyzet kissé eltér a magas hőmérséklet okozta veszélytől. A hőmérséklet behatárolt, ugyanis soha nem emelkedik egy bizonyos maximális érték fölé, de füst mindaddig képződik, amíg az égés tart. Az, hogy mekkora füstkoncentrációt képes az adott élő szervezet elviselni, az égési körülményektől és attól függ, hogy milyen anyag ég.

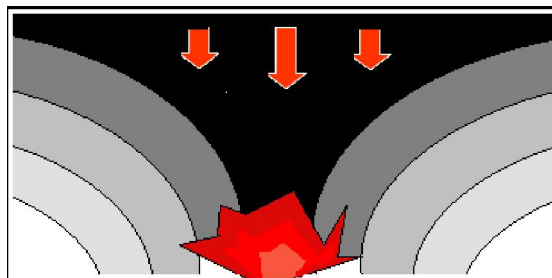
A fő veszély az épületben maradtak számára a tűzből származó füst. A tűzeseteknél a halálesetek kb. 80%-a és még számos egyéb sérülés vezethető vissza a füst hatásaira [7].

1.4. A TŰZ KIFEJLŐDÉSÉNEK SZAKASZAI ZÁRT TÉRBEN

A jó néhány évvel azelőtti tűzkeletkezési helyek jelentősen különböztek a mai helyszínektől, hiszen az épületbelső berendezési tárgyai túlnyomórészt hagyományos anyagokból tevődtek össze, amelyek tökéletlen égése esetén további éghető anyagokat tartalmazó füstgázai közel 800°C-on gyulladtak meg. A napjainkban használatos, főképp szintetikus alapanyagú berendezési tárgyak tökéletlen égése következtében kelet-

kező, további éghető anyagokat tartalmazó füstgázok akár 420–540°C között lángra lobbannak [12].

Kutatások igazolják, hogy az éghető anyagok zárt térben gyorsabban égnek, mint a szabadban [13]. A mennyezet és a falak felső része, valamint a mennyezet alatti forró füstgázok hőszugárzása (3. ábra) jelentősen elősegíti az éghető anyagok termikus bomlását, az égés terjedését, ezzel egyidőben a hő- és füstfejlődést. A folyamat hajtóereje a hőfejlődés, amely elősegíti az oxigén utánpótlását azzal, hogy hőturbulenciát kelt a tűzhelyszínen levegőáramot indukálva. A növekvő hőtermelés ugyanakkor növelheti a párolgás vagy a bomlás sebességét, megteremtve ezzel a tűznövekedés egy másik szükséges feltételét is [14].



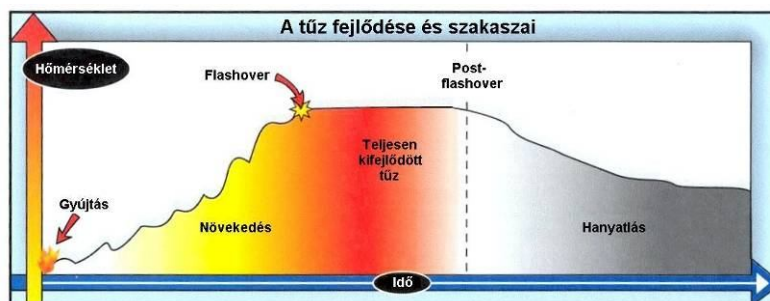
3. ábra. A forró füstgázok hőszugárzása.
(Forrás: Védelem 1996/1. 5. p. felhasználása alapján Saját.)

A folyamat előrehaladtával a tűz egy határméretet ér el, vagy annak következtében, hogy már az összes éghető anyagra kiterjedt, vagy avégett, hogy már korlátozott az égéshez szükséges oxigén mennyisége.

A tűz fejlődésének szakaszai (4. ábra)

- a) **Meggyulladás:** az az állapot, ahol az égés önfenntartóvá válik.
- b) **Növekedés:** az éghető anyagok gőzei, gázai felszabadulnak, és a lánggal égés szétterjed a helyiségben, a zárttéri hatás kevésbé érvényesül. A tűz növekedésének sebessége az égő anyag minőségétől és mennyiségétől függ.
- c) **Flashover:** teljes belobbanás, átmenet a fejlett szakaszba, gyors változások a zárttérben. Ennek során a füstzóna alsó rétegében a még meg nem gyulladt gőzök és gázok, illetve szilárd éghető anyagok egyszerre belobbannak, és a tűz a helyiség minden berendezésére kiterjed.
- d) **Kifejlett tűz:** az egész tűzhelyszín ég, a hőtermelés maximális. Több légnemű bomlástermék keletkezik, mint amennyi a rendelkezésre álló levegőben el tudna égni, az el nem égett éghető gázok kiáramolva meggyulladnak. A zárttér befolyásolja az égés sebességét.

- e) **Hanyatlás szakasz:** az éghető anyagok mennyisége csökken, a hőtermelés lelassul, az égés lassan megszűnik [15].



4. ábra. A tűz fejlődésének szakaszai. (Forrás: Tűzoltási- és Katasztrófavédelmi ismeretek; tanintézeti jegyzet a tűzoltó szakképzés résztvevői számára, BM KOK 2003)

Zárt térben keletkezett tüzeseteknél az életmentés, a tűz oltása, és egyéb feladatok végrehajtása folyamán a bennrekedt személyek menekülését, valamint a beavatkozó egységek tevékenységét jelentősen akadályozza a nagy mennyiségű hő és füst képződése. Az oxigén térfogatszázaléka, láthatóság jelentősen csökken, a toxicitás és a hőmérséklet pedig jelentősen növekszik. A forró füst és a toxikus gázok menekülési illetve felvonulási útvonalakon történő telítődése lehetetlenné teszi a menekülést, nehezíti az életmentést, valamint késlelteti a tűzoltói beavatkozást.

1.4. A GÁZCSERE ZÁRT TÉRBEN

A tűz terjedésének meghatározott sajátosságai vannak zárt helyiségekben. Ahhoz, hogy ezekről a sajátosságokról beszélni tudjunk, meg kell ismernünk a gázcsere lényegét. A gázcsere a tűz során létrejövő fizikai jelenség, amely a tüzet körülvevő és tápláló hűvösebb levegő, valamint az égés során felszabaduló – égéstermékkel szennyezett –, hőtől felhevült levegő sűrűségkülönbségének hatására létrejövő légáramlás.

A gázok térfogata a melegítés helyén növekszik, azaz kitágulnak, s így kisebb sűrűségű gázként – a felhajtóerő miatt – felemelkednek. A felszálló melegebb levegő helyére alul hidegebb levegő áramlanak. Az így létrejövő gázáramlás (hőáram) terjedésének irányával legtöbb esetben megegyezik a tűz terjedési iránya. A tűz közvetlen környezetében lévő levegő mozgása – a gázcsere révén – az égéstér alsó részébe áramló nehezebb, hideg levegő biztosítja az égéshez szükséges további oxigént, azaz a tűz folyamatoságát [4].

Amennyiben a nyílászáró szerkezetek zárva vannak, a gázcsere törvényeinek megfelelően a magas hőmérsékletű levegő a helyiség felső részén helyezkedik el, a he-

lyiség alsó részén pedig a hidegebb levegő áramlik az égéstérhez. Egy idő után a levegő, illetve az oxigén-utánpótlás elfogy, megszűnik az égés.

Valójában kevés ilyen tűz van, mert a nyílászárók a tűz következtében megsérülnek (például az ablak üvegezése, amely a legtöbb esetben már 500°C-on, a hőtágulás okozta feszültség következtében kitörik). Ekkor a felhalmozódott meleg levegő az ablak felső részén nagy sebességgel kifelé, helyére az ablak alsó részén pedig a hideg levegő befelé (oxigén-utánpótlás) áramlik.

Ha a tűz során a nyílászárók, így például az ajtó is sérül, akkor az ajtó alsó részén befelé, felső részén kifelé történik a levegő, illetve az égéstermék áramlása. Behatolás alkalmával ezért ajánlatos lehajolni, kúszni, kihasználva a befelé áramló hűvös levegő hőtől védő hatását, így megközelíteni a tűz fészket, felderíteni és oltani.

A gázcsere intenzitása nagymértékben függ a nyílászáró szerkezetek nagyságától és szintkülönbségétől. Magas házak tüzeinél további veszélyként a huzat – kéményhatásként – fokozott mértékű gázcserét idézhet elő, amely akár kisebb–nagyobb égő tárgyakat is magával ragadhat.

A belső, füsttel terített térben a hőmérséklet különbség a gázcsere körülményeit a következőképpen befolyásolja:

- amennyiben a belső térben magasabb a hőmérséklet, mint a külső térben, akkor a nyílás felső részén a meleg levegő kifelé áramlik. A külső és belső nyomás azonossága esetén a hideg levegőt az égéstér beszívja, táplálva az égést, növelve az intenzitást és a tűz terjedését;
- amennyiben a külső és belső hőmérséklet megegyezik, gázcsere nem tud kialakulni, ilyen esetben az égés meg is szűnhet [8].

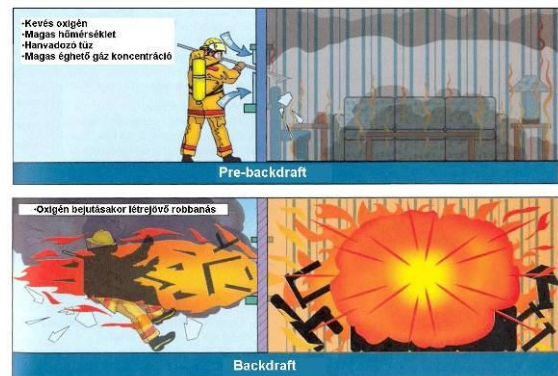
1.5. ZÁRTTÉRI TÜZEK VESZÉLYEI A BEAVATKOZÓKRA

A zárt térben zajló tökéletlen égés következtében keletkező égéstermékek további éghető anyagokat tartalmaznak, amelyek megfelelő körülmények között a levegő oxigénjével az égési hő hatására belobbanhatnak. Az alábbiakban a két legveszélyesebb jelenséget, a backdraft és a flashover veszélyeit elemzem.

1.5.1. Backdraft

Zárt térben, tökéletlen égésnél kialakuló oxigénhiány mellett nagy mennyiségű éghető füstgáz szabadul fel, amelyek főként szén-monoxidot tartalmaznak. A szintetikus anyagok füstgázai viszonylag alacsony hőmérsékleten lobbannak lángra. A lakásokban egyre nagyobb mennyiségben található műanyagok miatt (matracok, ülőgarnitúrák, szőnyegek, függönyök) az elmúlt időszakban a lakástüzek jellege alapvetően megváltozott.

5. ábra. A szűrőláng kialakulása.
(Forrás: Tűzoltási- és Katasztrófavédelmi ismeretek;
tanintézeti jegyzet a tűzoltó szakképzés résztvevői
számára, BM KOK 2003)



Ennek következtében tűz esetén a teljes belső tér éghető gázokkal telítődik, amelyek – a modern, jól szigetelő, légzáró nyílászáróknak köszönhetően lassan zártteret biztosítva – lehűlnek. A gázok lehűléskor összehúzódnak, negatív nyomást (vákuumot) indukálva. A tűz az oxigénhiány miatt nem tud továbbterjedni, parázsló égésbe megy át. Robbanóképes gáz–levegő elegy nem keletkezhet, mert az éghető gázok mennyisége meghaladja a felső robbanási határértéket [16]. Ez az állapot mindaddig fennállhat, amíg a helyiségbe oxigén nem jut. Az ajtó nyitásával a negatív nyomás miatt karakterisztikus levegő beáramlás jön létre, amely néhány másodperctől néhány percig tarthat. Az így beáramlott friss levegő keveredve az éghető gázokkal robbanásveszélyes elegyet alkot, amely kellő hőmérséklet hatására meggyulladhat (5. ábra), és a lángok a behatolás irányába csapnak. **Ezt a jelenséget nevezzük backdraft-nak vagy füstrobbanásnak.** A levegő belépési helyén rendszerint szűrőláng képződik, ami nagyon magas hőmérsékletet (1700 – 2200°C-t) érhet el, és a helyiség térfogatától függően több percig tarthat [17].

A backdraft tipikus ismertető jelei:

- az égő helyiség nyílászárói csukott állapotban vannak, jelentős füstkiáramlás nem tapasztalható;

- a tűztérben (helyiségben) lángolás nem észlelhető;
- forróak az ajtó- és ablakfelületek.

A backdraft azonban mindezen ismertetőjegyek nélkül is kialakulhat. Teljes biztonságról csak akkor beszélhetünk, amikor minden tűzzel érintett helyiséget kiszellőztettünk.

A beavatkozók biztonsága (élete) érdekében célszerű:

- a tűz helyszínének fedezékéből (ajtólap mögül) történő megközelítése;
- bejárati nyílás kinyitása sugár biztosítása mellett;
- az ajtó nyitása után a környezetben lévő forró füstgázokat szórt sugárral lehűteni.
(A forró vízgőzképződés veszélyére figyelni!);
- célszerű a túlnyomásos szellőztetés (be- és kilépő nyílás képzésével) alkalmazása.

1.5.2. Flashover

Számos esetben félreértelmezve ezt a jelenséget backdraft-ként kezelik. A nehezen fordítható angol kifejezésre véleményem szerint leginkább a teljes belobbanás a legkifejezőbb magyarosítás [18].

A flashover az egyik legveszélyesebb jelenség a tüzeset folyamán. A zárttérben tökéletlen égés következtében keletkező füstgázok nagy mennyiségben tartalmaznak még további éghető anyagokat. A főként szén-monoxidból álló füstgázok az érintett helyiségek mennyezetén szétterjednek, egyre lejjebb ereszkednek, és az égés során felszabaduló hő hatására körülbelül 550°C-on [19], a kellő oxigénmennyiség jelenlétében megtörténik a flashover, azaz a teljes belobbanás (1. kép). A bennrekedt emberek mentése már ezt megelőzően lehetetlenné válik, az anyagi javak pedig ezt követően semmiülnek meg.

A rendkívül veszélyes jelenség során közel 1000°C-os hőfejlődés hatására akár több helyiséget érintő, gyors tűzkiteljesedés következik be, gyakorlatilag minden éghető anyag lángra kap. Következésképp a veszélybe kerülők – legyen az tűzoltó vagy bennrekedt személy – halálát is okozhatja.

Az 4. ábra a flashover a tűz fejlődési szakaszának csúcsát jelzi. A flashover bekövetkezését követően a felhasznált oltóanyag adagolásának intenzitását növelni szükséges.

A tűzoltásvezetőnek azonban van lehetősége a flashover késleltetésére, elsősorban a bennrekedt személy mentése érdekében. A flashover késleltetésével a tűzoltók néhány perc előnyhöz juthatnak, amely esetben a mentés végrehajtható.



1. kép. A flashover bekövetkezése.
(Forrás: Zólyomi Géza: Flashover;
<http://www.langlovagok.hu/html/tuzor/20.shtml>, 2006.)

A flashover késleltetésére háromféle lehetőség létezik.

- a.) **Szellőztetés:** szellőztetéssel az ablakon keresztül kiengedjük a felhevült helyiségben képződött hőt. Ezzel lassítjuk a flashover kialakulását, redukáljuk romboló hatását, ráadásul ez a füsttel telített helyiség látási viszonyainak javulásához is vezet.
- b.) **Szellőztetés lehetőségének kizárása:** nyílás hiányában nincs szellőztetés, és ha az ajtót is csukva tartjuk, ezzel ugyancsak késleltetjük a flashover kialakulását. Szellőztetés hiányában ugyanis oxigénhiányos állapotot hozunk létre, amely lassítja a termikus bomlás mértékét, csökkentve ezzel a hőmérséklet emelkedését a helyiségben.
- c.) **Hordozható tűzoltó készülék alkalmazása:** tűzoltó készülék használatával (szén-dioxiddal oltó) ideiglenesen tudjuk csökkenteni a helyiség hőmérsékletét, késleltetve ezzel a flashover kialakulását.

A flashover veszélyének felismerése

Annak érdekében, hogy a tűzoltók el tudják kerülni a flashover kialakulását, elengedhetetlen a megelőző, figyelmeztető jelek ismerete, melyek az alábbiak:

- erős, fekete füstképződés;

- pulzáló füstkiáramlás;
- rollover, azaz kavargó, szórványos lángra lobbanás.

A rollover a flashover bekövetkezésének előjele. Rolloverről akkor beszélünk, amikor az égéstermékek kavargó, szórványos lángra lobbanását látjuk közvetlen a helyiség mennyezete alatt. A rollover elősegíti az égéstermékekben található gyúlékony anyagok felmelegedését, amelyek lángra kapnak az oxigénnel történő keveredés hatására. A rollover akkor is a flashover figyelmeztető jele lehet, amikor az ajtó vagy az ablaknyíláson kifelé tóduló füstben figyelünk fel a kavargó, szórványos lángra lobbanásra.

A flashover kialakulásának veszélyére utaló jel a magas hőmérséklet is. Amikor a tűzoltók a felderítés és mentés céljából a helyiségbe történő behatolás közben le kell, hogy hajoljanak, és esetenként csak négykézláb tudnak továbbhaladni, fel kell ismernünk a veszélyt, ugyanis a magas hőmérséklet az előidézője a flashovernek.

Ha a tűzfészek helyének felderítése közben nem észlelhető magas hőmérséklet és a rollover jele sem, a tűzoltók beléphetnek, és haladhatnak a tovább a tűz irányába. Ha azonban a figyelmeztető jelek közül egyet is észlelnek, szükségessé válik a védekező felderítési mód alkalmazása. A helyes taktikai beavatkozás ebben az esetben tehát a korlátozó és védekező felderítés és mentés.

A védekező felderítési módok

Kétféle védekezési eljárási mód létezik, amellyel csökkenthetjük a flashover által okozott sérüléseket:

- ajtónyílásnál:** ebben az esetben a tűzoltó ellenőrzi az ajtó mögött az esetleges sérült jelenlétét, majd ezt követően behatol – de semmi esetre sem távolabb másfél méternél – a folyosóra vagy az adott helyiségbe, tapogatva kutatja a sérült személyt, miközben hangosan szólítgatja, majd figyel az esetleges válasz irányára. Ha a keresésnek nincs eredménye, és válasz sem érkezik, forduljunk vissza, húzzuk be az ajtót, és álljunk készen a sugarak bevetésére.
- ablaknyílásnál:** ebben az esetben vagy a magas hőmérséklettől törik ki az üveg, vagy pedig a létrán keresztül felhatoló tűzoltó töri be az ablakot. Lehúzóva tapogatózzon, ha szükséges, akkor valamilyen segédeszköz alkalmazásával. Néhány esetben ugyanis eszméletlen személy tartózkodhat az ablakpárkány alatt a helyiségben. Ha a sérültre rátalál, kellően védekezve képes lehet biztonságosan kimenteni őt.

A szintetikus anyagok, szigetelő ablakok, légzáró ajtók elterjedésével és egyéb más változások következtében a flashover és a backdraft, mint jelenségek egyre gyakoribbá váltak. Ahogy a backdraft esetében, úgy a flashover során is a mennyezet alatt gyűlnek össze a forró és éghető füstgázok. Ennek következtében néhány perc alatt sűrű éghető gágréteg alakul ki az égő tér felső harmadában. A különbség a flashover és a backdraft között, hogy az utóbbi esetében a tűz nem kap elegendő oxigént. A helyiségben lévő oxigént a tűz az égéshez használja fel, s a tökéletlen égés során további éghető füstgázok keletkeznek. A folyamat következtében a helyiség levegőjének oxigéntartalma olyannyira lecsökken, hogy a tűz elalszik és parázsló égésbe megy át.

1. 6. A FEJEZET RÉSZKÖVETKEZTETÉSEI

Napjainkban a zárttéri tüzek sajátossága – többek között a jól szigetelő nyílászáróknak, használati és berendezési tárgyaink szintetikus alapanyagának köszönhetően – hogy a tűz során fellépő oxigénhiányos állapot intenzív füstképződést okoz.

A tűzhelyszínen beavatkozók, vagy a bennrekedt személyek élettani funkcióira a tűz károsító tényezői közül a magas hőmérséklet és az égéstermék toxikussága jelenti a legnagyobb veszélyt. A beavatkozó állományt az egyre biztonságosabb egyéni védőfelszerelések bizonyos határok között képesek megvédeni a lángoktól, sugárzó hőtől, légzésvédelmi felszereléseik pedig a keletkezett toxikus gázoktól. Ennek megfelelően a legnagyobb veszélynek a bennrekedt személyek vannak kitéve. A füst a látótávolságot rövid idő alatt annyira lecsökkenti, hogy az emberek elveszítik a tájékozódási képességüket. Tovább súlyosbítja a helyzetet az oxigénhiány, valamint a füst mérgező alkotóelemeinek, mint például a szén-monoxid, sósav, cianid vegyületek magas koncentrációja, melyek károsodásokat okoznak a légutakban, a sejtekben, valamint a keringésben, amely végül halálhoz is vezethet. A bennrekedt személyek mentését a lehető legrövidebb időn belül kell végrehajtani.

Mindezek mellett a beavatkozóknak figyelemmel kell lenniük a zárttéri tüzek esetében előforduló, pusztító erejű backdraft és flashover esetleges kialakulásának lehetőségére, illetve annak késleltetésére, „erejének” csökkentésére.

Nem utolsó sorban fontos a tűz káros hatásainak kitett épületszerkezeti elemek védelme, óvása a további omlásveszély elkerülése végett.

Mindezeket figyelembe véve már az épületek tervezési fázisában olyan számítási határértékeket kell kidolgozni, amelyek biztosítják a túlélést tűz esetén. Mindemeltett a már meglévő épületek vonatkozásában pedig gyors és hatékony tűzoltási módszerek folyamatos fejlesztésével lehet a kialakult veszélyhelyzeteket mind eredményesebben felszámolni. A zárttéri tüzek sajátosságainak jellemzéséből kitűnik, hogy az egyik ilyen hatékonyságot növelő irány kell, hogy legyen a tűzhelyszínnek a mind gyorsabb és eredményesebb szellőztetése. Ennek megfelelően a következő fejezetben a zárttérben keletkezett tüzek szellőztetése területén elért külföldi és hazai kutatási eredményeket, gyakorlati tapasztalatokat fogom áttekinteni.

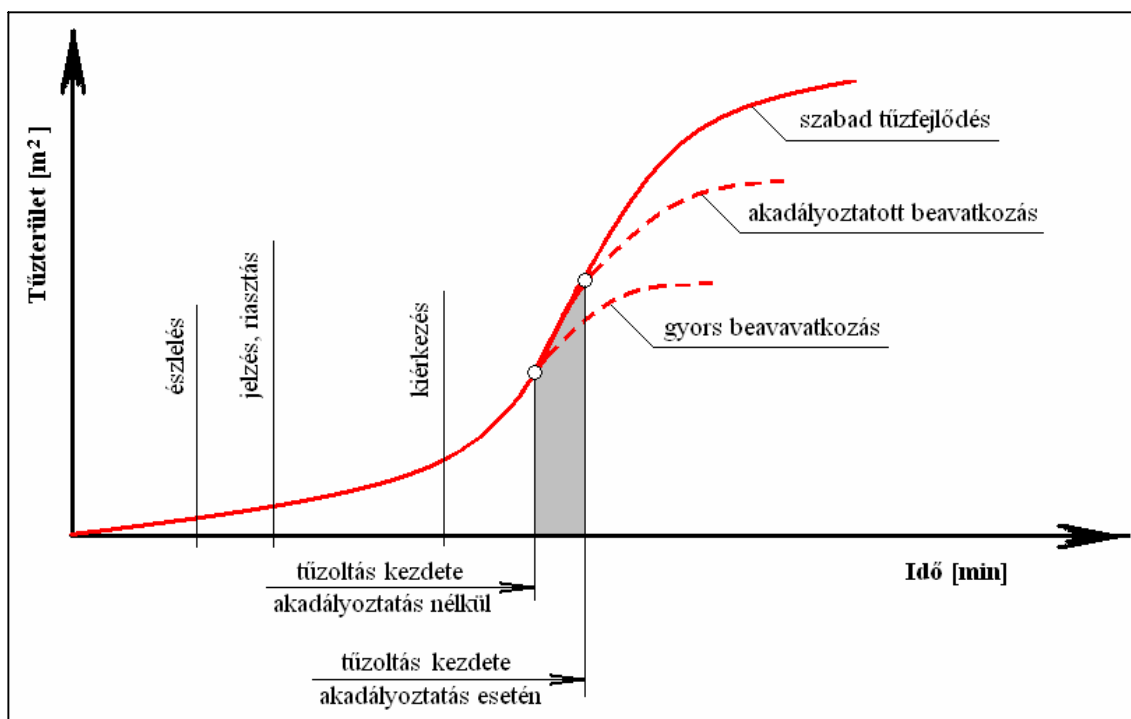
2. A TŰZ OLTÁSÁVAL EGYIDŐBEN ALKALMAZOTT MOBIL VENTILLÁCIÓ KÜLFÖLDI ÉS HAZAI TAPASZTALATAI

A zárttéri tüzek oltására kikerkező tűzoltókat nemcsak a füstgázok magas hőmérséklete akadályozza, hanem annak toxicitása, valamint a sűrű, átláthatatlan, diszperz rendszere.

2.1. ZÁRTTÉRI TŰZ SZELLŐZTETÉSI LEHETŐSÉGEI

Természetes folyamatnak tekinthető, hogy a régi, bevált módszerek mellett egyre újabb, sokszor a tűzoltás területén sokat látott, tapasztalt szakemberek számára is meglepő tűzoltási módok, oltóanyagok, eszközök kerülnek alkalmazásra.

A tűzoltás hatékonyságának növelése érdekében folyamatos kutatásokat, fejlesztéseket végeznek a szakemberek, melynek célja a keletkezett tűz lehető legrövidebb időn belül történő eloltása. Ennek megfelelően fejlesztik többek között a tűzjelző rendszereket, a gépjárműtechnikát, a beavatkozás eszközeit, az oltóanyagokat, de ide sorolhatjuk az új oltási módszerek kidolgozását, vagy a riasztási és segítségnyújtási tervek készítését is.



6. ábra. A beavatkozás nehezen megközelíthető, füsttel telített zárttér esetén kevésbé hatékony.
(Forrás: Védelem 1996/1. 4. p. felhasználásával Saját.)

A zárttéri tüzek keletkezésére és fejlődésére jellemző tűzfejlődési görbe (6. ábra) tanulmányozásával megállapítható, hogy a tűzoltás kezdetének ideje jelentősen csökkenthető, amennyiben a beavatkozást kevésbé akadályozzák az átláthatatlan, toxikus anyagokkal telített forró füstgázok.

A tűzoltók légzésvédelmi felszerelései kellő védelmet nyújtanak a beavatkozást akadályozó tényezők közül az égés közben felszabaduló mérgező gázok és gőzök ellen, de az egyéni védőfelszerelések már csak bizonyos határig nyújtanak hatékony védelmet a magas hőmérséklettel⁵, mint a másik jelentős akadályozó tényezővel szemben. Ami pedig a tájékozódásukat, gyors beavatkozásukat akadályozó sűrű, átláthatatlan füstképződés csökkenthetőségét illeti megállapítható, hogy a zárttér gyors kiszellőztetése nagyban növelheti a tűzoltás eredményességét [13].

A zárttéri tüzek oltásánál szinte a kezdetek óta folyamatosan arra törekszenek a tűzoltók, hogy biztosítsák az érintett terület megfelelő szellőztetését. Ennek a törekvésnek az okai a mai napig sem változtak:

- A tűzhelyszínen kialakult hőmérséklet csökkentése.
- Az égéstermékek, illetve a kiszabadult toxikus anyagok eltávolítása az épületből a lehető legrövidebb idő alatt.

Miután kezdetben a mesterséges szellőztetés semmilyen lehetősége nem állt rendelkezésre, a tűzhelyszínek a természetes adottságok hasznosításával megoldott szellőztetése volt az alapvető szabály.

A beavatkozó állomány az esemény helyét megközelítve alapesetben minden lehetőséget kihasznál annak biztosítására, hogy megteremtse a közvetlen kapcsolatot a környezettel (a szabadba nyíló ajtók, ablakok kinyitásával, amennyiben szükséges kitörésével) a szellőztetés végrehajtására. A tűzoltásvezetőnek a hatékony szellőztetés érdekében figyelembe kell venni az uralkodó szélirányt, hogy lehetőség szerint ezzel is csökkentse a kiszellőztetés idejét [20].

Tűz következtében forró füstgázokkal elárasztott teljes épület füstmentesítésének a leghatékonyabb módja, ha legalább egy nyílást hoznak létre az épület legmaga-

⁵ A tűzoltók hővédő és lángálló egyéni védőfelszerelése alig 70 °C –os hőmérsékletben is csak néhány perces beavatkozást tesz lehetővé.

sabb részében, kihasználva ezzel a meleg füstgázok felfelé áramlásának természetes folyamatát.

Természetes szellőztetés eljárási módjainak alapján két esetet különböztetünk meg.

- Az első esetben az épületben történő tűzoltás megkezdése idején még a teljes tűzoltási terület zárt, vagyis a tűzzel érintett helyiségben az erős füstképződés mellett további éghető gázok is jelen lehetnek. Ebben az esetben a beavatkozók számára már a levegő beáramlását biztosító nyílás létrehozása is olyan teendő, amely a backdraft, illetve a flashover kialakulásának veszélyével járhat. A készenléti szolgálatot ellátó állomány kiképzése és továbbképzése során mindenképpen figyelembe kell venni az ezen veszélyek elleni taktikai beavatkozások lehetőségeit. Az eljárás további része a tűzhelyszínen uralkodó hőmérséklettől és a füstképződés mértékétől függ, melynek folyamán mindvégig figyelemmel kell lenni a veszélyek bekövetkezhetőségére.
- A második esetben a bevetés kezdetén már rendelkezésre áll a szellőztetésre szolgáló nyílás, amely létrejöhetett az ablaküvegek hőtágulás okozta feszültség következtében történő kitörésével, vagy egyéb, más okból. Ez esetben abból kell kiindulnunk, hogy a helyiségben uralkodó hőmérséklet és a füstképződés alacsonyabb mértékű, mint az előzőekben leírt zárt körülmények között. A backdraft kialakulásának veszélye ugyancsak kisebb, mivel a folyamat elejétől rendelkezésre áll a levegő oxigénje, de kisebb a valószínűsége a flashover bekövetkezésének is, mivel a helyiségekben uralkodó hőmérséklet is alacsonyabb. Az ily módon létrejött szellőztetés kevesebb veszéllyel jár, mint az első esetben.

A természetes szellőztetési lehetőségek összefoglalásaként mindazonáltal nyomatékosan hangsúlyozni szükséges, hogy ezek hatékonysága mindig a bevetési épület adott helyiségében fennálló körülményektől, és a bevetés helyén uralkodó időjárási viszonyoktól függ, amelyekre figyelemmel kell lenni, hiszen a szellőztetés megtervezése mindig magában hordja a hibás döntés lehetőségét.

A tűz keletkezését követően területe kezdetben lassan növekszik, majd a felfelé áramló forró füstgázokkal telített helyiség felső rétegei növelik a lefelé irányuló hőszárazást, növelve a tűz terjedési sebességét és ezzel a hő- és füstfejlődés ütemét. A természetes szellőztetés lényege, hogy a zárttér helyiségeit betöltő forró füstgázok a nyo-

máskiegyenlítődés vonalánál⁶ magasabban elhelyezkedő nyílásokon kiáramlanak, a kiáramló levegő helyébe a nyomáskiegyenlítődés vonala alatt elhelyezkedő nyílászárókon hűvös levegő áramlik be [21]. A forró füstgázok helyére áramló hűvös levegő jelentősen javítja a bennrekedtek túlélési esélyeit, és segíti a beavatkozók tevékenységét. A nyílászárók elhelyezése szempontjából leghatékonyabb hő- és füstelvezetés a (fentebb már említett) helyiség mennyezetén kialakított nyíláson keresztül valósul meg. Mivel azonban a nyílászárók döntően a helyiség oldalfalán találhatóak, a szellőztetés kevésbé hatékonyan hajtható végre. A természetes szellőztetés hatékonyságát nagyban befolyásolják:

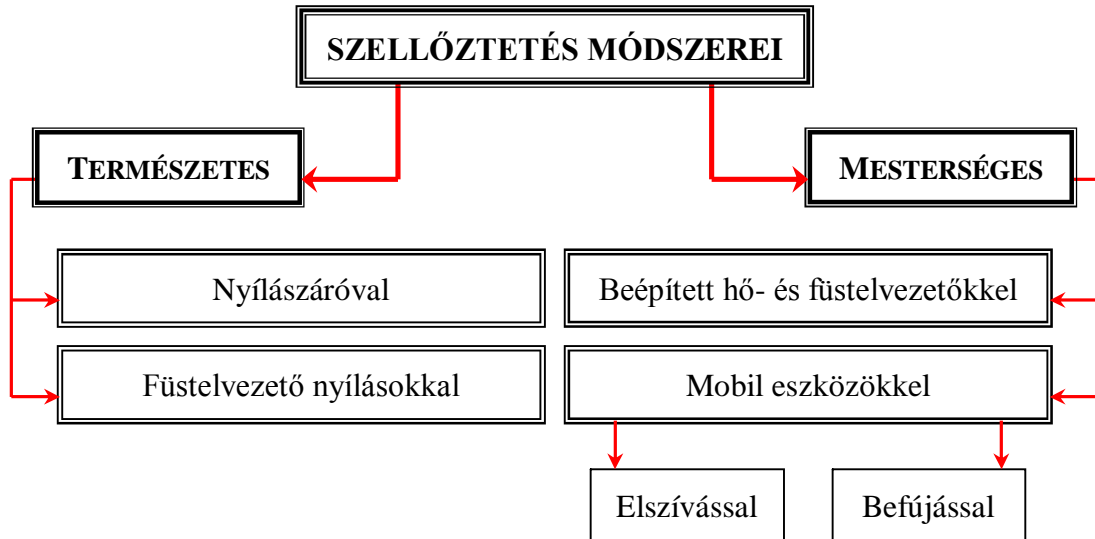
- épületszerkezeti tényezők
 - a) a nyílások mérete, elhelyezkedése
 - b) a helyiség magassága
 - c) a keletkezett füstgázok és a nyílások közötti távolság
 - d) a levegőáramlási útjába eső akadályok
- időjárási tényezők
 - a) a levegő nedvességtartalma
 - b) a külső és belső hőmérséklet különbsége
 - c) a szélirány [22]

Felismerve a tűzoltás folyamatában a zártterek szellőztetésében rejlő lehetőségeket, a szakemberek kutatásai a hatékonyság növelése irányába fordultak. Egyértelművé vált a kutatások végzésének szüksége a mesterséges szellőztetés területén. A beépített gépi füstelvezetéssel kellő hatékonyságot biztosítottak a kezdetektől, kivitelezésük az épületek többségénél azonban nem megvalósítható.

A '80-as években mobil eszközöknél két irányt vett az alkalmazás: füstelszívás és friss levegő befűvás [21].

A zártterek helyiségei szellőztetésének (füstgázok eltávolításának) alapvető módszereinek csoportosítását az alábbiakban láthatjuk (7. ábra).

⁶ A füst betöltve a helyiség légterét onnan a nyomáskiegyenlítődés vonalánál magasabban elhelyezkedő nyílásokon keresztül távozik. A friss levegő beáramlását a nyomáskiegyenlítődési vonal alatt elhelyezkedő nyílászárók biztosítják.

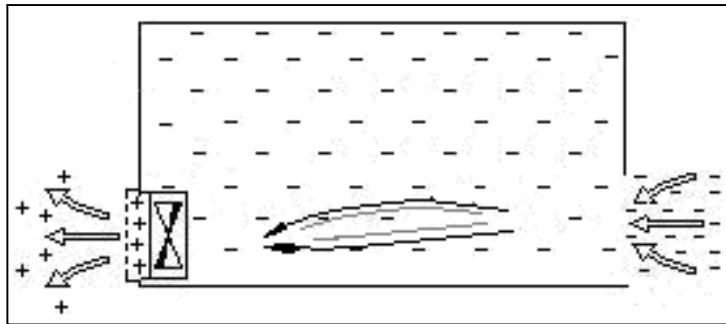


7. ábra. Szellőztetési módszerek csoportosítása.

(Forrás: Bleszity János, Zelenák Mihály: Tűzoltástaktikai alapismeretek; BM Könyvkiadó, 1989 53 – 56. p. alapján Saját.)

2.1.1. Elszívásos szellőztetés

Az elszívó ventilátort vagy annak elszívó csövét a szellőztetendő helyiségbe helyezve működtetjük (8. ábra), melynek hatására a füstgázok a szabadba távoznak depressziót, azaz negatív nyomást létrehozva.



8. ábra. Negatív nyomású ventiláció.

(Forrás John W. Mittendorf: PPV on the fireground. Fire Engineering, August 1992, 13. p. alapján Saját.)

Az eljárás hatékonysága a természetes szellőztetéssel szemben vitathatatlan, de jelentős hátrányok lépnek fel alkalmazása esetén a következők szerint:

- a) a helyiség felső részén elhelyezkedő füstgázok eltávolítása kevésbé hatékony, mivel a mobil ventilátor a padlószinten helyezkedik el, és így az elszívás folyamán nagy mennyiségű beáramló frisslevegőt is magával szív;

- b) a ventilátor telepítése, működtetése a füsttel telt térben körülményes, a behatolási útvonalakon akadályozza a közlekedést [22].

2.1.2. Befúvásos szellőztetés

Az eljárást lényegében kiküszöböli az elszívásos ventilálás hatékonyságot csökkentő hátrányát azzal, hogy a helyiségbe befúvott levegő a kiáramló nyíláson át távozva magával ragadja az égési gázokat, hűvös levegőt juttatva a helyiségbe.

Kezdetben a szellőztető ventilátorokat általános szellőzési feladatok ellátására alkalmazták, taktikai bevetetőségük korlátai miatt a tűzoltóságok a műszaki mentő szerre máhálták. Ugyan szívó és nyomó üzemmódban is alkalmazhatóak, az effektív szállított levegőtérfogatjuk azonban mindössze 5 000 – 7 000 m³/h. Szintén a hátrányai közé sorolható, hogy a máházási helyéből adódó szerelési ideje igen hosszú, hiszen nem minden esetben kerül riasztásra⁷ a helyszínre a műszaki mentő szer, de amennyiben rendelkezésre állna sem lenne minden esetben létszám a mobil ventilátor felállítására [23].

Az eddig ismertetett szellőztetési módszerek közül kétségtelenül a levegőbefúvás bizonyult a leghatékonyabbnak. Az igazi áttörés azonban – a füstgázok hatékony eltávolítása téren – a tengerentúlról érkezett.

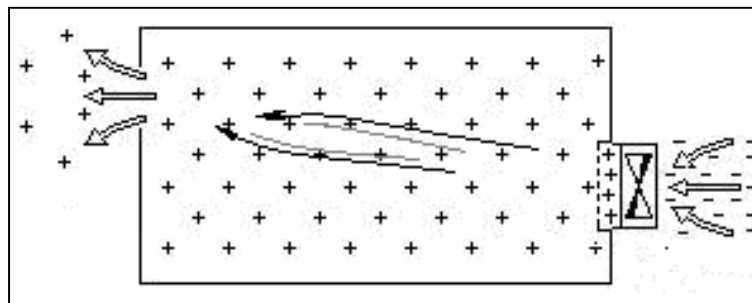
2.2. MOBIL VENTILLÁCIÓ ALKALMAZÁSÁNAK TAPASZTALATAI

Kutatások igazolták, hogy zárttérben a mennyezet alatt összegyűlt forró füstgázok által keltett hőszugárzás következtében a tűzterjedés gyorsabb, mindemellett a kialakult magas hőmérséklet veszélyezteti a bennrekedt embereket, az épületszerkezeteket és anyagi javakat. A menekülési illetve behatolási útvonalak füsttel történő telítődése pedig nagyban késlelteti a menekülést és a tűzoltói beavatkozást. A hagyományos felfogás, ismereteink és gyakorlati tapasztalataink szerint amennyiben tűzhöz frisslevegőt vezetünk, az fokozza az égést, fokozza a tűz terjedését, de a fentebb vázoltak (2./ 1.) alapján már a természetes szellőztetéssel is jelentős eredmények érhetők el. A szellőztetés hatékonyságát a beépített és mobil ventilátorokkal tovább lehetett fokozni. Nyilvánvalóvá vált a mesterséges szellőztetésben rejlő lehetőség. Az eljárás hatékonyságá-

⁷ A műszaki mentő gépjármű csak a különleges gépjárművek riasztására szolgáló kiemelt riasztási fokozatok esetében vonul a káreset helyszínére.

nak fokozására új típusú, nagyságrenddel nagyobb szállított levegőteljesítményű ventilátor adott lehetőséget, amelynek alkalmazásával már nem egyszerűen az eltávolítás a cél, hanem egy irányított, rendezett áramlás létrehozása.

A tűzoltás során füsteltávolításra alkalmazott gépi szellőztetéssel kapcsolatban hagyományosan a füstelszívós ventilációra gondolunk [24]. Egy Amerikai Egyesült Államokban végzett kutatás eredményei mutattak rá a zártéri tüzek oltásánál egyszerű elvek alapján alkalmazható, „Positiv Pressure Ventillation”⁸ (PPV), azaz **pozitív nyomású ventiláció** (9. ábra) előnyeire. Az épület bejáratához (beáramló nyílás) telepített ventilátor a zárttérben magasabb nyomást hoz létre, mint a külső atmoszférikus nyomás. A szellőztetendő helyiségben a környezetéhez képest átlagosan 4–5 mbar között mozog a túlnyomás nagyságrendje. A nyomáskülönbség hatására levegőáram jön létre a be- és kiáramló nyílás között, amely az égő helyiségen keresztülhaladva arra kényszeríti a keletkező forró levegőt, a toxikus gázokat és más égéstermékeket, hogy a levegőárammal együtt hagyják el az épületet [22]. A forró levegő, a füst és az égési gázok hűvös levegővel pótlódnak, segítve az elsődleges és másodlagos menekülési útvonalak fenntartását, ezzel a bajba jutott személyek, valamint a tűz fészékének felkutatását, és a tűzoltói beavatkozást.



9. ábra. Pozitív nyomású ventiláció.

(Forrás John W. Mittendorf: PPV on the fireground. Fire Engineering, August 1992, 13. p. alapján Saját.)

Kísérletek és gyakorlati tapasztalatok bizonyították, hogy a pozitív nyomású ventiláció nem gyorsítja és nem növeli a tűzterjedést. A hideg levegő enyhe áramlásával csökken a tűz hőmérséklete. Jelentős levegőáramlási sebesség kizárólag csak a be- és kiáramló nyílásnál lép fel. Az épület más részein az áramlás nagyon alacsony szintű, ezért a tűz terjedésére kifejtett hatása minimális. Bár a pozitív nyomású ventiláció kez-

⁸ Az angol nyelvből levezetett kifejezés mellett használatos még a túlnyomásos szellőztetés, a ventilátoros szellőztetés, a nagyteljesítményű szellőztetés, vagy turbószellőztetés is.

deti szakaszában megváltoztathatja a tűz terjedési irányát, a tűz elhajlik a nagyobb nyomású levegő útja szerinti irányba. A tűz nem képes az elzárt és rejtett terek, üregek felé terjedni, mivel ezeknek a tereknek nincs kiáramló nyílásuk, így nem jön létre áramló levegő sem. Amennyiben viszont megfelelő kiáramló nyílást alakítunk ki, akkor a túlnyomásos levegő az ellenállás hiányának köszönhetően a kiáramló nyílás irányába áramlik [24].

A túlnyomásos szellőztetés megfelelő helyen és időben történő alkalmazása biztosítja:

- a helyiségben uralkodó hőmérséklet jelentős csökkenését, akadályozva az égési folyamatot a pirolízis hátráltatásával;
- az égéstermékek, köztük a toxikus gázok jelentős részének eltávolítását, növelve ezzel a bennrekedt személyek túlélési esélyeit;
- a látási viszonyok javítását, növelve ezzel az oltásban résztvevők beavatkozásának hatékonyságát;
- a füst áramlásának taktikai szempontoknak megfelelő, meghatározott irányba történő terelését [25].

2.3. MOBIL VENTILLÁCIÓ ALKALMAZÁSÁNAK FELTÉTELEI

A mobil ventilláció tűzoltásnál történő alkalmazásával rövid idő alatt látványos eredmény érhető el, azonban az eljárás alkalmazása előtt elengedhetetlen a körültekintő felderítés. Ennek során meg kell állapítanunk, hogy a szükséges feltételek fennállnak-e [26].

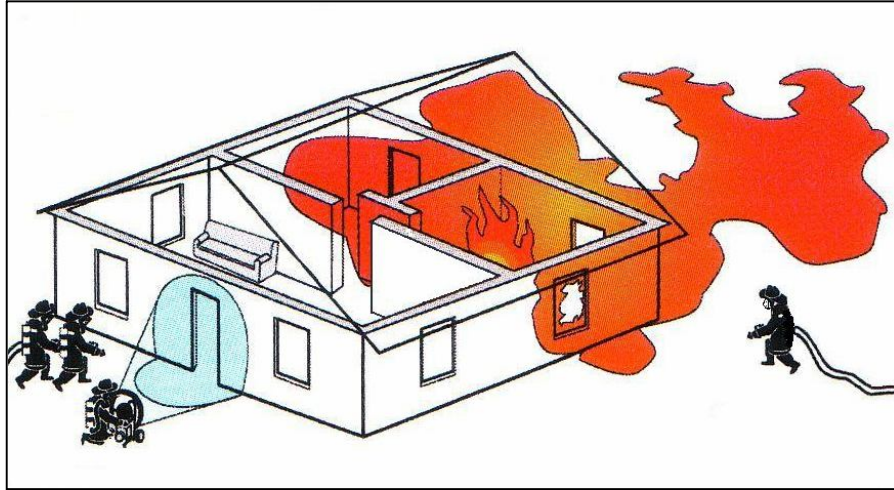
2.3.1. Az eljárás sikeres végrehajtásához szükséges idő

Alapvetően zárttéri körülmények fenntartása szükséges. Ha rövid időn belül a körülmények változása (jelentős összfelületű nyílászárók kitörése, átégése) várható, más taktikai beavatkozás választása szükséges.

2.3.2. Kellően megbízható, a tűz fészke felett keresztülvezető légáramlat

Fontos a tűz helyének megállapítása, hiszen a levegőáram útvonalát úgy kell megállapítani, hogy az a be- és kiáramló nyílások közötti szellőztetendő területen helyezkedjen el a 10. ábra alapján. Minden, ami a levegőáram útjába kerülve szűkületet vagy elterelést okoz, csökkentheti a teljesítményt, valamint örvénylés alakíthat ki, nö-

velve a forró füstgáz meggyulladásának veszélyét. Az esetleges akadályok eltávolításának lehetőségét meg kell vizsgálni.



10. ábra. A ventilátor működtetése a kiáramló nyílás környezetének sugárvédelme mellett
(Forrás: Védelem 2003/6 30. p. felhasználásával Saját.)

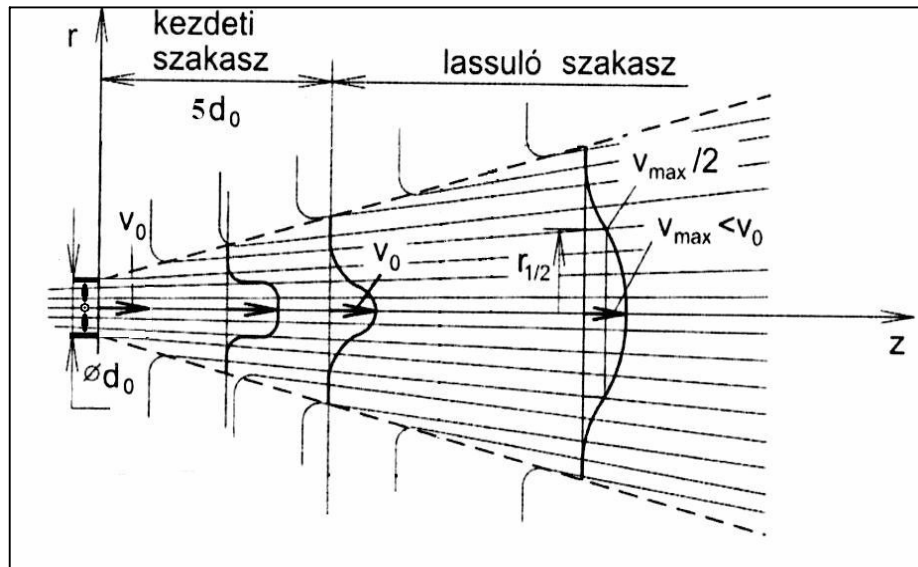
2.3.3. A ventilátor elhelyezéséhez, a működtetéséhez szükséges távolság

Az optimális elhelyezési távolságot illetően attól függően kell eljárunk, hogy milyen működési elvű mobil ventilátorral rendelkezünk. Eszerint két típust különböztünk meg:

a) **A hagyományos értelemben vett pozitív nyomású ventilátor** az egész szellőztendő területet úgynevezett légkamrává változtatja, ahol a környezethez képest megemelkedett nyomás gondoskodik arról, hogy a helyiségben uralkodó atmoszféra egyenletesen, örvényléstől mentesen távozzon a szabadba [27].

Az eljárás lényegi elemét a speciális kialakítású propellerlapát adja. A kerék és a ház együttes hatása teszi lehetővé a legnagyobb légáramlást a levegőáram központjában, azaz a központosított légáramlást [28].

A ventilátorból kilépő levegősugár palástja mentén érintkezik az állóréteggel, kölcsönhatásba lép vele, impulzusa egy része átadódik (11. ábra). Az álló levegő egyre nagyobb részét mozdítja meg, miközben a szabadsugár állandó, v_0 kifúvási sebességgel jellemzett részének átmérője a külső levegőtömeg fékező hatásának (lamináris áramlás) következtében a távolsággal közelítően arányosan csökken. A kilépő keresztmetszettől mintegy $5 d_0$ távolságban, a sugár z-nek nevezett tengelyén mérve, már csak a tengelyen egyezik meg a sebesség a kifúvási sebességgel [29].



11. ábra. Szabadsugár szakaszai.

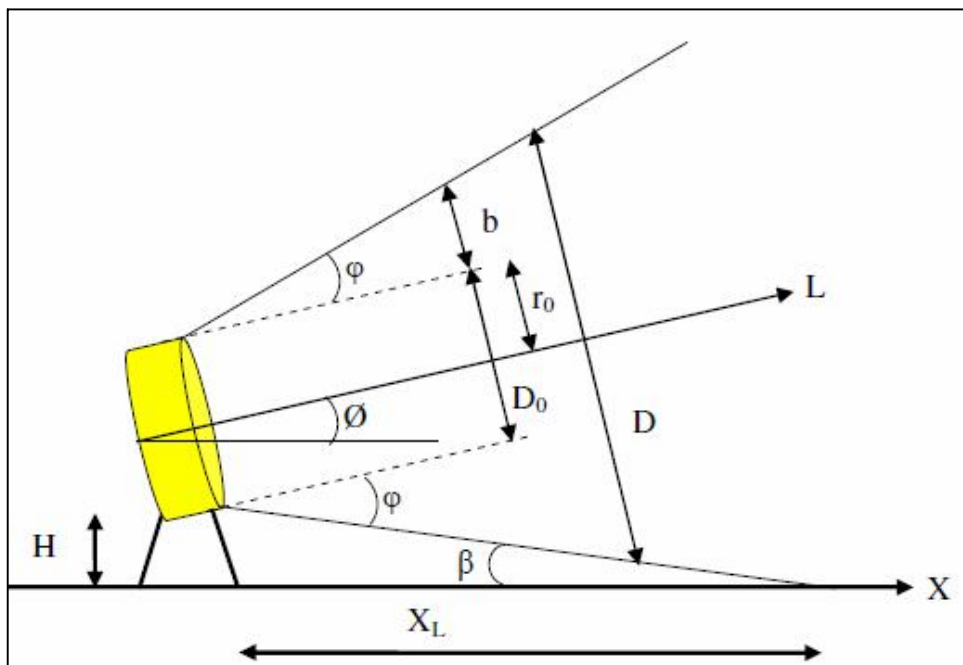
(Forrás: Lajos Tamás. Lajos Tamás: *Az áramlástan alapjai*, Műegyetemi Kiadó, Budapest (2004) *Szabadsugarak* 296. p.)

Eddig a keresztmetszetig, amíg legalább egy pontban megegyezik a sebesség a kifúvással, a szabad sugár kezdeti szakaszának tekintjük. Ezt követően, $z > 5 d_0$ szakaszt lassuló szakasznak nevezünk, miután itt az áramlási sebességek kisebbek a v_0 kifúvási sebességnél, és a sugár hossza mentén csökkennek.

A szabadsugárba bekeveredő, a sugár által magával ragadott környezeti levegő helyére külső levegő áramlik a sugár irányába, közelítően merőlegesen a sugár tengelyére. A szabadsugár határa úgy definiálható, hogy ahol a sebesség kifúvási irányú komponense nullává válik, az tekinthető a határfelületnek. A szabadsugár határfelülete közelítően kúppalást felületű, mivel a sugár keresztmetszetek átmérője közelítően egyenes arányosságban van a távolsággal.

A szabadsugár tágulásával az áramvonalak csak kissé válnak széttartókká, kevésbé görbültek, miután a közeg lassulása csak mérsékelt ütemű. Ebből adódik, hogy a nyomás változása az áramvonalakra merőlegesen elhanyagolható. Ez kísérleti tapasztalat, hogy szabadsugárban a nyomás közelítően állandó.

Ahhoz, hogy a ventilátor beáramló nyílástól való optimális elhelyezési távolságát (X_L) meghatározzuk (12. ábra), meg kell állapítanunk a levegőkúp szögét (φ), amelyet úgy definiálhatunk, hogy az a levegőkúp kiterjedése a ventilátor középvonal tengelyétől [30].



12. ábra. A levegőkúp geometriai paramétere.⁹
 (Forrás: Kumm–Ingasson. M. Kumm and H. Ingasson: *Entrainment in a free jet generated by a Positive Pressure Ventilator. Fire Technology, (in press)*)

A kúpkitérés távolságának (b) kiszámításával tudjuk meghatározni a kúpszöget (φ) {2.1} és {2.2} képlet segítségével.

$$b = \frac{D - D_0}{2} \quad \{2.1\}$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{b}{L} \quad \{2.2\}$$

Behelyettesítem a {2.1} képletbe a becsült távolság $L=3$ m-re lévő kúpátmérő táblázati értékét (3,2), valamint a lapátkerék átmérőjének méretét ($D_0 = 0,61$ m). A kapott eredmény {2.2} képletbe történő behelyettesítésével a kúpszög (φ) értékét kapjuk.

$$b = \frac{3,2 - 0,61}{2} = \frac{2,59}{2}$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\frac{2,59}{2}}{3} = 0,4316 \quad \rightarrow \quad \varphi = 23,21^\circ$$

A kiszámított levegő kúpszög (φ), valamint az adott rögzítési szög (O) segítségével a levegőkúp talajjal bezárt szöge (β) az alábbiak szerint képlettel {2.3} számítható ki:

⁹ Ahol: φ – levegőkúp szöge; O – ventilátor rögzítési szöge; β – a levegőkúp talajjal bezárt szöge.

$$\beta = \varphi - \theta \quad \{2.3\}$$

Ennek megfelelően:

$$\beta = 23,35 - 20 = 3,55^\circ \quad \rightarrow \quad \operatorname{tg}\beta = 0,0685$$

A lapátkerék talajtól mért távolsága ($H = 0,245$) ismeretével a levegőkúp talajt érintő távolsága (X_L) meghatározható az alábbi képlettel:

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{H}{X_L} \quad \{2.4\}$$

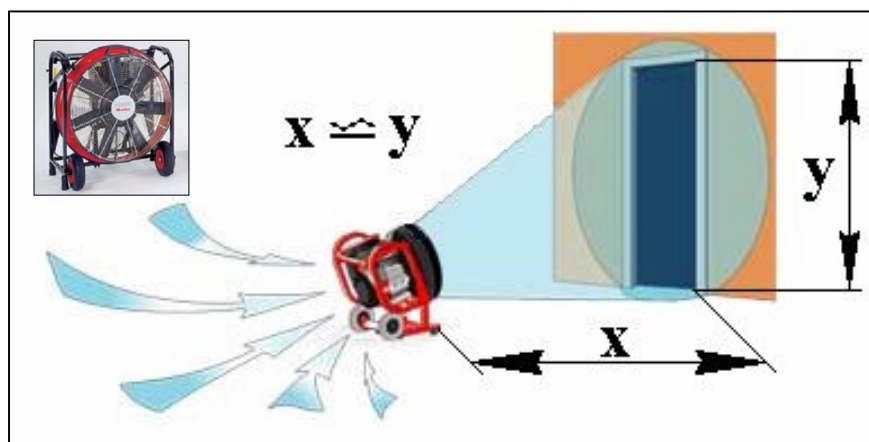
Behelyettesítve:

$$X_L = \frac{0,245}{0,0685} = 3,57 \text{ m}$$

A kutatások alkalmával történő megfigyelések alapján a levegőkúp körülbelül 3 m-es távolságban találkozik a talajjal, amely jól egybeesik a számított távolság értékével és a kúpszög $23,5^\circ$ -os mértékével.

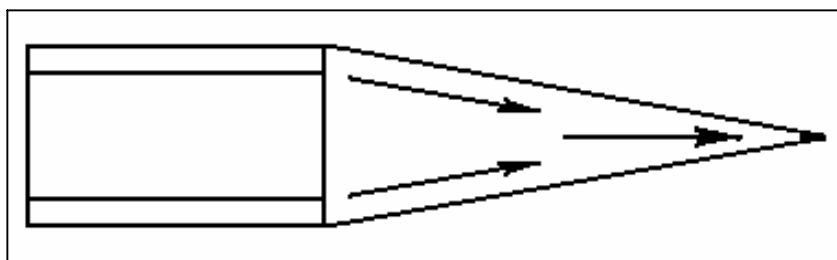
A bemeneti nyílást a kialakult levegőkúppal teljes egészében le kell fedni (13. ábra), hogy a füstgázok ne áramolhassanak visszafelé a ventilátor irányába, ennek eredményeként azonban sok szállított levegő kárba vész [24].

Előfordulhat, hogy a beáramló nyílás levegőárammal történő lefedése a szűk helyiségek (pl. folyosók) végéig nem lehetséges, a ventilátort ez esetben a lehető legtávolabb kell elhelyezni a bejáratától. Ezáltal azonban számolnunk kell a forró égéstermékek visszaáramlásával, amely veszélyt jelent a beavatkozókra, valamint az eljárás hatékonyságát csökkentve hosszabb ideig fog tartani a beavatkozás.



13. ábra. Hagyományos értelemben vett PPV elhelyezése.
(Forrás: Védelem 2003/6. 31. p. felhasználásával Saját.)

b.) Amennyiben azonban turbóventillátorral rendelkezünk, másképp kell eljárunk az elhelyezését illetően. Turbóventillátor esetében a ventillátorlapátok valamint az elhelyezésüket szolgáló szellőzőház speciális kialakításával az axiális irányba kilépő levegő sebességét megnövelték. Ennek eredményeként – ellentétben a hagyományos értelemben vett pozitív nyomású ventillátor kúp formájú áramlási képével – a turbina áramlási képe „tű” formát mutat (14. ábra) mivel a turbina által felgyorsított egyes levegőrészecskéknek eltérő a kiáramlási sebességük és a kiáramlási sugaruk megvezetése.



14. ábra. A turbina áramlási képe. (Forrás: Védelem 2003/5. 7. p.)

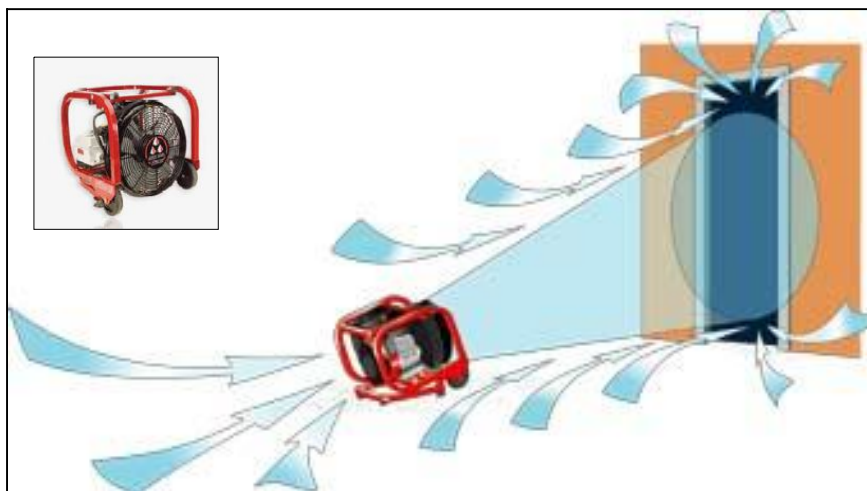
Amennyiben az áramlási sebesség növekszik, akkor az áramló közeg peremterületein mérhető nyomásesés jön létre, mivel a levegőrészecskék a turbinaátmérőn keresztül különböző sebességre gyorsulnak fel, és ez a nyomásesés az áramlási sugár mentén is különböző nagyságú. A nyomásesést a környező levegő kiegyenlíti, azaz a turbinaárammal elszállítódik henger alakú sugárkép formájában. Amennyiben a ventillátor megfelelő távolságban van elhelyezve a beáramló nyílástól, akkor a ventillátor szállított összlevegő-mennyisége a sugárszivattyú elve alapján még tovább emelhető.

Mindennek köszönhetően megfelelő mennyiségű levegő áramlik a szellőztendő helyiségbe. Ennél az eljárásnál azonban minden akadály, szűk keresztmetszet nem kívánt örvényléseket okozhat [31].

Turbóventillátor alkalmazásánál nem szükséges a keletkezett levegőárammal lefedni a beáramló nyílást (15. ábra), így a beáramló nyílás magasságánál közelebb is elhelyezhető [32] anélkül, hogy a forró füstgázok visszaáramlását okozná. Ebből fakadó előnye, hogy folyosókon, szűk helyiségekben működtetve is hatékonyan alkalmazható.

Mobil ventillálás alkalmával a ventillátorok típusától függetlenül minden esetben figyelembe kell venni a szél irányát és erősségét. A telepítés folyamán törekedjünk

a beáramló nyílás nyomásoldalán, valamint a kiáramló nyílás azzal ellentétes oldalon történő kiválasztására.



15. ábra Turbventillátor elhelyezése. (Forrás: Védelem 2003/5. 8. p. felhasználásával Saját.)

A mobil ventillátorok kialakításukból adódóan **felügyelet nélkül**, teljes terheléssel üzemeltethetők [24].

2.3.4. Be- és kiáramló nyílás aránya

A pozitív nyomású ventilláció esetében a siker kulcsa a beáramló nyílás, a belteri levegőáram és a kiáramló nyílás kontrolja. Az alkalmazás akkor a leghatékonyabb, ha a be- és kiáramló nyílások arányát a ventillátor számával és teljesítményével arányosan vesszük figyelembe az 1. és 2. táblázat szerint úgy, hogy a kiáramló nyílás 0,75 – 1,75-ször nagyobb a beáramló nyílásnál [24].

A készülék teljesítménye	Be- és kiáramló nyílások aránya
2,2 – 3,7 kW-ig	1,5 – 1,75

1. táblázat. A be- és kiáramló nyílások aránya egy ventillátor esetében. (Forrás John W. Mittendorf: PPV on the fireground. Fire Engineering, August 1992. alapján Saját.)

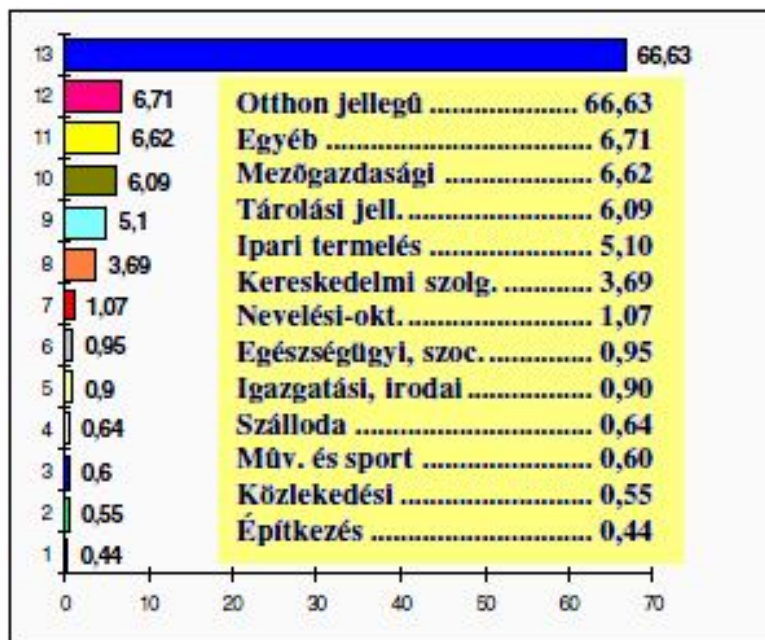
A készülék teljesítménye	Be- és kiáramló nyílások aránya
0,75 – 1,5 kW-ig	0,75 – 1,0
2,2 – 3,7 kW-ig	1,1 – 1,5

2. táblázat. A be- és kiáramló nyílások aránya kettő, vagy több ventillátor esetében. (Forrás John W. Mittendorf: PPV on the fireground. Fire Engineering, August 1992. alapján Saját.)

2.4. TŰZOLTÁSSAL EGYIDŐBEN BEVETHETŐ MOBIL VENTILLÁTOROK TAKTIKAI ALKALMAZÁSA

Mobil ventillátorok alkalmazása beépített hő- és füstelvezetéssel nem rendelkező, zárttér feltételeinek megfelelő, kislégtérű épületek tüzeinek oltásánál jellemző. Az utóbbi időben épült középmagas és magas épületek (iroda- és lakóépületek) már rendelkeznek beépített hő- és füstelvezetéssel, ahol már a menekülési utak füstmentessége biztosított. Családi házaknál és panelházaknál nem találkozunk beépített gépi berendezésekkel, ahol a meglévő természetes szellőztetési lehetőségek szinte biztos, hogy nem kielégítőek tűz esetén. Ennek megfelelően alkalmazása elsősorban a lakó- és közösségi épületeknél jöhet számításba.

Egy felmérés szerint 10 év leforgása alatt az épülettüzek megoszlására figyelemmel az otthon jellegű épületekben keletkezett tüzek mutatnak kiemelkedően nagy értéket (16. ábra). Ez alátámasztja a hatékonyan bevethető mobil ventillátorok alkalmazásának szükségességét.

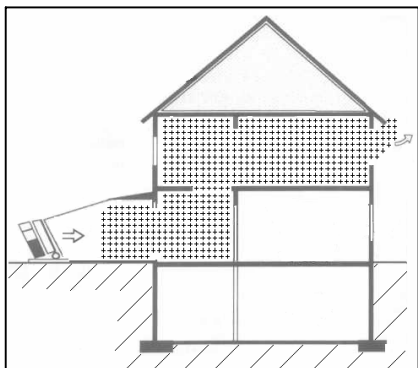


16. ábra. Tüzek megoszlása a létesítmények jellege szerint.

(Forrás: Védelem 1996/2. 20. p.)

2.4.1. Lakás szellőztetése

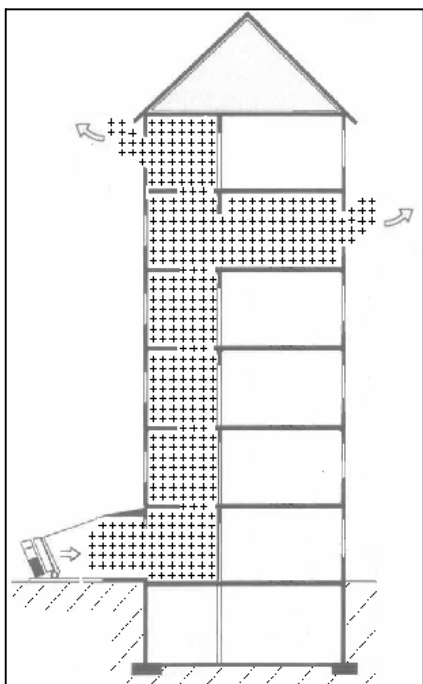
Mobil ventillátorok alkalmazása **lakás szellőztetése** esetén arra kell ügyelni, hogy csak a kiáramló nyílásnak kiválasztott ablak (beáramló nyílás nagyságának és a ventillátor teljesítményének arányában) legyen nyitva [33].



17. ábra. Lakás szellőztetése.
(Forrás: Jürgen Bader: Hochleistungslüfter für das Überdruck-Belüftungs-Verfahren. D-89429 Bachhangel, 1997, 14. p. alapján Saját)

2.4.2. Lépcsőház szellőztetése

Mobil ventilátor alkalmazása esetén **lépcsőházi szellőztetésre** hasonlóan csak az égő helyiség ablaka legyen nyitva a szabályozott levegőáramlás létrehozása érdekében.

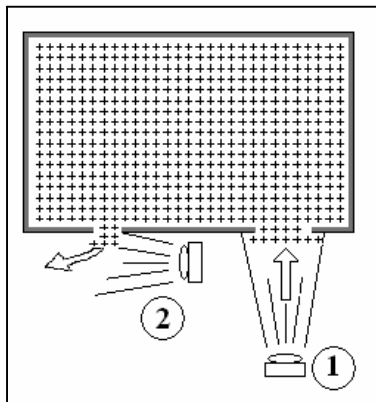


18. ábra. Lépcsőház és az égő helyiség kiszellőztetése.
(Forrás: Jürgen Bader: Hochleistungslüfter für das Überdruck-Belüftungs-Verfahren. D-89429 Bachhangel, 1997, 12. p. alapján Saját)

2.4.3. Pincék szellőztetése

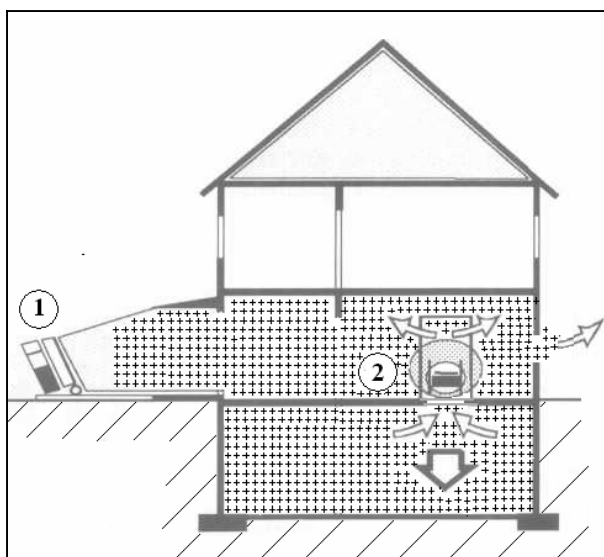
Pincékben a tűzfészek megtalálása szellőztetés nélkül nagyon nehéz, szinte lehetetlen feladat. Mobil ventilátorok alkalmazásakor **pince szellőztetéséhez** két ventilátor működtetése célszerű, mivel a kiáramló nyílásra merőlegesen telepített ventilátorral megakadályozhatjuk a kiáramló égéstermékek újbóli befújását. Taktikai szempontból két alapesetet különböztetünk meg az alábbiak szerint.

- a.) Amennyiben a pince **rendelkezik ablakkal** (kiáramló nyílás), akkor az első ventilátort a bejáratnál (beáramló nyílás), a másodikat az ablakra merőlegesen szükséges telepíteni úgy, hogy a forró füstgázokat a bejáratról elfújja.



19. ábra. Pince szellőztetése.
(Forrás: Saját.)

- b.) Amennyiben a *pince nem rendelkezik* ablakkal (kiáramló nyílás) vagy egyéb más nyílással, akkor az első ventilátort ugyancsak a bejáratnál (beáramló nyílás), a másodikat pedig a pince bejárata elé kell telepíteni úgy, hogy a levegőkúp ne fedje a bejárat teljes felületét. Ennek megfelelően a forró füstgázok a levegőkúp felett az előtérbe áramolhatnak, ahonnan az első ventilátor által keltett légáramlat a szabadba vezeti azokat.



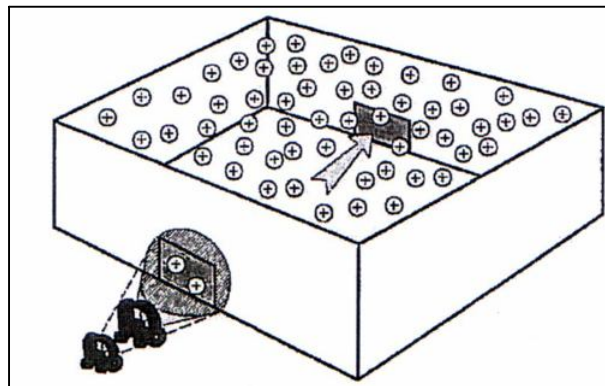
20. ábra. Pince szellőztetése.
(Forrás: Saját.)

2.4.4. Két mobil ventilátor egyidejű használata

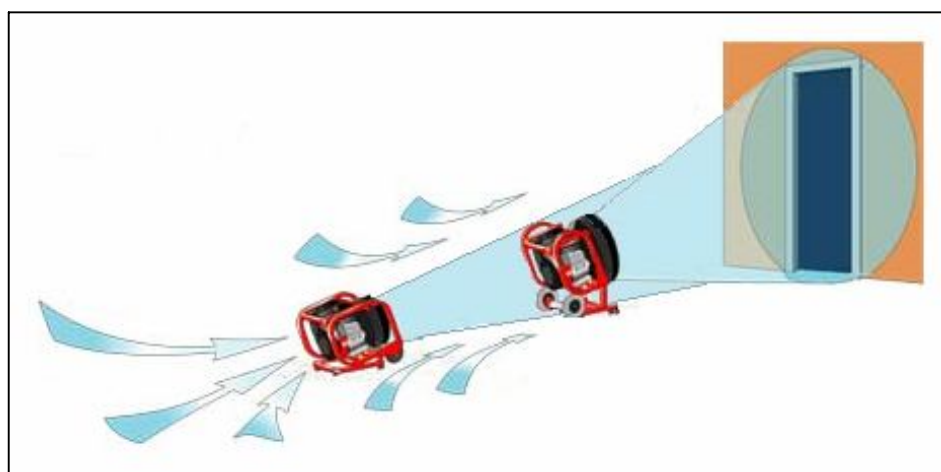
Két mobil ventilátor egyidejű használata megnöveli a szállított levegőmennyiséget, csökkentve ezzel a kiszellőztetés idejét.

- a) **Két ventilátor soros elhelyezése** esetén a nagyobb szállított levegőteljesítményű ventilátort a beáramló nyíláshoz közelebb szükséges elhelyezni úgy, hogy az általa képzett levegőkúp a beáramló nyílás kétharmad részét fedje le. A kisebb szállított levegőteljesítményű ventilátort mögéje helyezzük, ügyelve arra, hogy az általa képzett levegőkúp a beáramló nyílást teljesen lefedje [33].

21. ábra. Két ventilátor egymás mögött.
(Forrás: Jürgen Bader: Hochleistungslüfter für das Überdruck-Belüftungs-Verfahren. D-89429 Bachhangel, 1997, 19. p. alapján Saját)



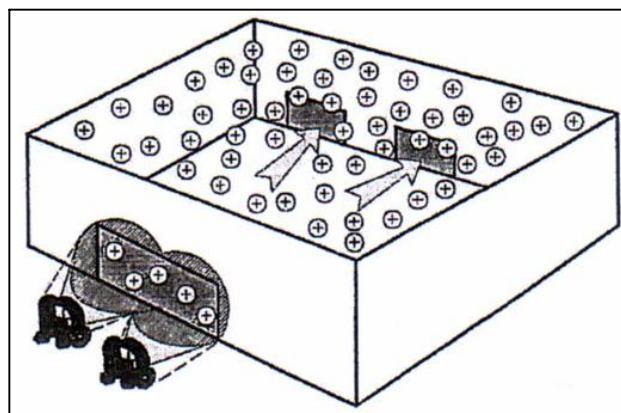
Az előbbi alkalmazás speciális változata, amikor egy turbóventillátor támogatja a beáramló nyílás elé felállított hagyományos értelemben vett pozitív nyomású ventilátort [31].



22. ábra. Két ventilátor egymás mögött.
(Forrás: Védelem 2003/5. 15. p. alapján Saját)

- b. Két ventilátor párhuzamos elhelyezése** abban az esetben célszerű, amikor az ajtók túl szélesek. Ebben az esetben szükségszerűen több készüléket helyezünk el egymás mellett, párhuzamosan a bemeneti nyílás előtt [33].

23. ábra. Két készülék párhuzamos elhelyezése. (Forrás: Jürgen Bader: Hochleistungslüfter für das Überdruck-Belüftungs-Verfahren. D-89429 Bachhangel, 1997, 20. p. alapján Saját)



2.5. A TŰZ OLTÁSA SORÁN ALKALMAZOTT POZITÍV NYOMÁSÚ VENTILLÁCIÓ MEGJELENÉSE HAZÁNKBAN

Az irodalmi kitekintésből következik, hogy az új eljárásnak köszönhetően a keletkezett égéstermékek optikai sűrűségének és hőmérsékletének csökkentésével a tűzoltás hatékonysága egyértelműen növelhető. Ennek a felismerésnek köszönhető, hogy a beavatkozások alkalmával megfelelő feltételek mellett eredményesen végrehajtható a túlnyomásos szellőztetés.

Zárttéri tüzek oltásánál a tűzoltás megkezdésével egyidőben alkalmazható mobil ventillációs tűzoltásra hazánkban ma még kevés helyen alkalmazzák a nagy szállított levegőteljesítményű PPV ventillátorokat.

A nyugati országokban a gyártók és a tűzoltók által folytatott kísérletek tapasztalataira alapozva a Fővárosi Tűzoltó-parancsnokság a beszerzésre kerülő, pozitív nyomás előállítására alkalmas, könnyen mobilizálható ventillátorokkal kezdte meg tapasztalatszerzés céljából a kísérleteit [34].

Egy használaton kívüli lakóépület földszinti lakásának szobája előzetesen éghető anyagokkal, használaton kívüli bútorokkal került berendezésre. A helyiség begyűjtését követően rögzítésre került az idő függvényében változó hőmérséklet, valamint a ventillátor működtetésének kezdete. A kísérletnél alkalmazott ventillátor légszállítási teljesítménye 36 000 m³/óra, a be- és kiáramló nyílások aránya ennek megfelelően került kialakításra.

Ezeknek megfelelően a mérési adatok a következőképpen alakultak:

Kiindulási hőmérséklet 14oC;

- 3. perc elteltével a helyiség hőmérséklete elérte a 180oC-t;
- 4. perc végére a hőmérséklet már 430oC;
- 5. perc végén 490oC a hőmérséklet;
- 6. percben a hőmérséklet már nem emelkedett, ezért a beáramló nyílástól 2,5 m-re elhelyezett ventillátor indításra került 5 másodpercenkénti hosszú, szórt sugárképpel történő víz injektálása mellett;
- 7. percben a helyiség 430oC hőmérséklete 60 mp elteltével drasztikusan 70oC-ra csökkent;
- 9. perc elteltével 55oC-t, majd újabb 60 mp-t követően 40oC-t mutatott a hőmérő.

A felhevült falak végett a hőmérséklet még egy ideig nem csökkent tovább, de a ventilátornak ez már nem is volt feladata, hiszen a beavatkozást jelentősen megkönnyítette a nagyságrenddel kisebb hőmérséklet, valamint az, hogy láthatóvá vált a tűzfészek, aminek köszönhetően az oltást effektíven lehetett végrehajtani. Az oltás végeztével, az utómunkálatok során alkalmazott ventilálás azonban károsnak bizonyult, hiszen a parázsló részeket újra lángra lobbantotta. Fontos megállapítás továbbá, hogy jelentősen csökkent a másodlagos, azaz az oltóvíz által okozott kár, hiszen az oltandó felület jól látható volt, és nem került sor felesleges oltóanyag kijuttatásra [35].

Kísérletek alapján összegzett hazai tapasztalatok egyértelműen alátámasztják, hogy a mobil ventiláció segítségével a megfelelő körülmények mellett a beavatkozások hatékonysága növelhető. Megállapításra került továbbá, hogy megfelelő körülmények között porlasztott víz injektálása növelheti az eljárás hatékonyságát.

2.6. A FEJEZET RÉSZKÖVETKEZTETÉSEI

Magyarországon a létesítmények esetében a tüzek többsége az otthon jellegű épületekben keletkezik. A tűz során a bennrekedt személyek életének mentése, az épület szerkezetének, berendezési tárgyainak védelme, valamint a tűz oltása tekintetében különösen fontos, hogy a beavatkozó állomány legyen felkészült, és a hatékony tűzoltás feltételrendszere is rendelkezésre álljon. Ehhez elengedhetetlen, hogy a jelenlegi rendszer statikus (diszlokáció) és dinamikus részeit (oltástaktika) egészítsük ki hatékonyan működő módszerekkel.

Ennek érdekében a fejezeten belül rávilágítottam a zárttéri tüzek oltásával egyidőben történő szellőztetési módszerek hatékonyságára, és a hatékonyság növelése érdekében a nyugati országokban már alkalmazott pozitív nyomású ventiláció előnyeire. Az alkalmazás bevezethetőségének szabályait, taktikai lehetőségeit figyelembe véve eddig még nem alkalmazott módon rendszereztem.

A hazai körülmények között a Fővárosi Tűzoltó-parancsnokság által végzett oltási kísérletek és bevetések egyértelműen alátámasztották az egyszerű elvek alapján működő ventiláció hatékonyságát.

A fejezet eredményeként:

- megállapítottam a zárttéri tüzekre jellemző tűzfejlődési görbe alapján, hogy gyors és hatékony beavatkozások legfőbb akadályát a sűrű füstgázok jelentik. A

késlekedés és az elhúzódó oltás az állampolgárok potenciálisan magasabb veszélyeztetettségét és a kárérték indokolatlan növekedését eredményezi;

- összegeztem az eszköz alkalmazásának feltételeit, megkülönböztetve a hagyományos értelemben vett pozitív nyomású ventilátort és a turbóventilátort, taktikai alkalmazási lehetőségeiket.

Az eddig elért nemzetközi és hazai kutatási eredmények, gyakorlati tapasztalatok saját kísérletek végzésére ösztönöznek. Az értekezésem további részében mérési kísérleteim elemzéséből levonható következtetések felhasználásával fogom a mobil ventilátorok hazai környezetben történő alkalmazási lehetőségeit feltárni, figyelembe véve a hatékony és biztonságos taktikai alkalmazását.

3. SAJÁT TŰZOLTÁSI KÍSÉRLETEK, MÉRÉSI GYAKORLATOK TAPASZTALATAI

Elképzelésem szerint összeállított tűzoltási kísérleteket, mérési gyakorlatokat az alábbiak szerint szükséges végrehajtani:

- meg kell állapítani, hogyan változik a szellőztetendő helyiség hőmérséklete különböző magasságaiban. A hagyományos eszközökkel történő tűzoltás alkalmazásával szemben hogyan változnak a tűz élettani szempontból meghatározó paraméterei (oxigén, szén-monoxid térfogatszázaléka), végül hogyan változik az oltások során felhasznált víz mennyisége a PPV alkalmazása esetén;
- vizsgálni szükséges a menekülési útvonalak, lépcsőházak füstmentesítésének hatékonyságát PPV alkalmazásával;
- meg kell állapítani a hazánkban kapható, azonos szállított levegőteljesítményű hagyományos értelemben vett mobil ventilátor, valamint a turbóventillátor hatékonyságát az optimális elhelyezési távolságuk alapján.

A felsorolt feladatok több időpontban, más–más helyszínen az alábbiakban leírtak alapján kerültek végrehajtásra.

3.1. TŰZOLTÁSI KÍSÉRLETEK

3.1.1. Egységtűzek oltásának mérési kísérletei I.

Mivel az egységtűzek oltásának mérési kísérletei végrehajtására több szervezet összehangolt munkája vált szükségessé, mérési gyakorlatterv került elfogadásra, amelyben a feladat végrehajtása érdekében minden lényeges körülmény rögzítésre került az alábbiak szerint:

MÉRÉSI GYAKORLATTERV¹⁰

Gyakorlat helye:

Katasztrófavédelmi Oktatási Központ (KOK) Hatvan–nagyombosi gyakorlópálya, téglapünet.

A helyszín leírása:

¹⁰ Fellelhető: a Hatvani Tűzoltóság irattárában.

Az épület fő- és válaszfalai téglából, a mennyezet és a padozat vasbeton gerendák közötti betonkefni felhasználásával készült. A kísérleti helyiségekben (38 m²-es, 105 m³-es) a várhatóan legalacsonyabb (kiinduló) hőmérséklet 10oC, várható maximális hőmérséklet 250oC.

Gyakorlat ideje: 2008. október 21.

A gyakorlaton résztvevő szervek:

- Hatvani Tűzoltóság parancsnoka, mint szervező, és a Hatvan/2 beosztott tűzoltói;
- Fővárosi Tűzoltó-parancsnokság témában jártas szakemberei;
- KOK két tanára, valamint a tűzoltó technikus szak hallgatói;
- Magyar Honvédség Havária Laborjának munkatársai.

A mérési gyakorlat célja:

Zárttéri körülmények közötti a mobil ventillációs tűzoltás alkalmazásának megismerése, valamint több társszerv igénybevételével az alkalmazás hatásainak megfigyelése, mérése, dokumentálása.

Szükséges mérőeszközök:

- hőmérők (különböző magasságokban elhelyezve);
- füstgázösszetétel analizátor;
- légnyomásmérő;
- felhasznált vízmennyiséget mérő eszköz;
- szélesebbesség-mérő;
- távhőmérő;
- stopperórák.

Egyéb szükséges eszközök, anyagok:

- LEADER GmbH gyártmányú, MT 260 típusú turbóventillátor;
- hőkamera;
- videokamera;
- fényképezőgép;
- füstgenerátor;
- gépjárműfecskendő;
- éghető anyag (raklap, ágybetét, faforgács);

- gázolaj, gyújtópálca;
- fúrógép csigafúróval;

Szükséges mérések

Az égetési gyakorlat végrehajtása előtt füstgenerátor és levegőáramlási sebességmérő segítségével meg kell határozni a ventilátor beáramló nyílástól való optimális elhelyezési távolságát, figyelemmel a szellőztetendő helyiségben uralkodó légnyomás változására. A kiáramló nyílás fémlemez spalettáinak meghatározott időben történő nyitására intézkedni szükséges.

Mind a hagyományos felszerelésekkel végrehajtott oltási mód, mind pedig a PPV alkalmazása esetén egységűz alkalmazásával a tűz fejlődése és oltása közben folyamatosan mérni és rögzíteni kell a tűz paramétereit. Ennek megfelelően az idő függvényében rögzítésre kerül az égő helyiség hőmérsékletváltozása (0,3 és 2,6 m magasságban), az oxigén és a szén-monoxid térfogatszázalékának változása (0,3 m magasságban). Mérni és rögzíteni kell továbbá a különböző tűzoltási módszerek esetén a felhasznált oltóanyag mennyiségét is. Ezen kívül figyelemmel kell kísérni a PPV tűz terjedésére gyakorolt hatását, meg kell becsülni szemrevételezéssel a keletkezett égéstermék eltávolításának arányát (milyen a láthatóság).

A kísérletek körülményei:

- A hőmérsékletmérő és rögzítő telepítése, valamint a mérési adatok figyelemmel kísérése az FTP szakembereinek feladata;
- A füstgázösszetétel analízátor telepítése, működtetése és a mért adatok rögzítése a Hatvan HÖT parancsnokának feladata;
- A tűzoltást, a PPV tűz terjedésére gyakorolt hatásának szemrevételezését, a keletkezett égéstermék eltávolítása arányának megbecsülését (milyen a láthatóság), a hőkamera és a távhőmérő működtetését, a mozgó- és fényképek készítését, a felhasznált vízmennyiség mérését és rögzítését a KOK tűzoltó technikus szak hallgatói végzik;
- A légnyomásmérő telepítése, valamint a szélesség mérése és az adatrögzítés az MH Havária Labor munkatársainak feladata;
- Az alkalmazott 60 000 m³/h szállított levegőmennyiségű ventilátor működtetését a Hatvan/2-es beosztottai végzik.

A gyakorlatot követően kerülhet sor a mért eredmények analizálására és a következtetések elvégzésére.

Budapest, 2008. október 09.

(résztevő szervezetek vezetőinek aláírása)

A mérési kísérletnél alkalmazott eszközök (részletes ismertetését az 1. melléklet tartalmazza):

- 1.) Turbóventillátor
- 2.) Hőmérsékletmérő
- 3.) Füstgázösszetétel analízátor
- 4.) Légnyomásmérő
- 5.) Szélsebesség-mérő
- 6.) Hőkamera
- 7.) Távhőmérő
- 8.) Vízátfolyás-mérő
- 9.) Hidegfüst-generátor
- 10.) Sugárcső

A tűzoltási kísérletek leírása

Tűzoltási kísérlet végrehajtása előtt a helyszínen ismertettem a tűzoltó technikus szak hallgatóival a PPV alkalmazás lehetőségeit, mivel az ország minden részéről érkezők közül nagyon kevesen hallottak erről a tűzoltást kiegészítő, segítő módszerről.

Minden résztvevő egység részére részletesen ismertettem a végrehajtandó feladatokat, amelyet követően megkezdődhettek a kísérletek.

Első kísérlet

A két szakaszból álló kísérlet lényege, hogy megállapítsam a gyakorlat során alkalmazott turbóventillátor (2. kép.) beáramló nyílástól történő optimális elhelyezési távolságát és döntési fokát.



*2. kép. LEADER GmbH gyártmányú MT 260 típusú turbóventillátor elhelyezése a beáramló nyílás előtt.
(Forrás: Saját.)*

Ennek megfelelően a kiáramló nyílás nyitott spalettájánál a levegőáramlási sebesség (3. kép) folyamatos mérése mellett működtettük a ventilátort:

- a beáramló nyílástól 3 m távolságra,
- a beáramló nyílásban,
- e két távolság közötti különböző távolságokban elhelyezve.

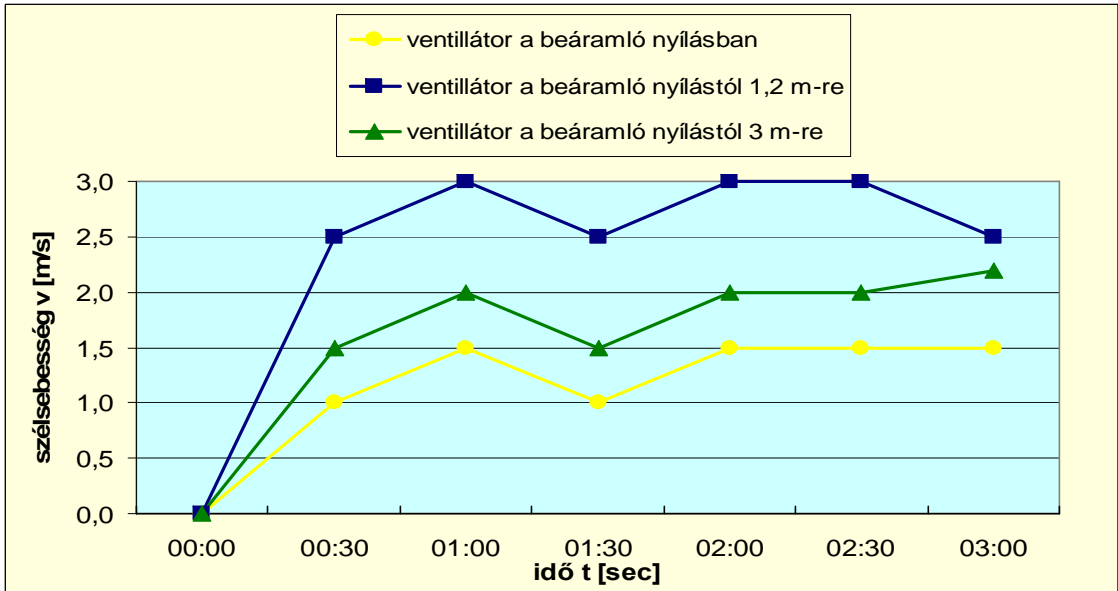


3. kép. A levegő áramlási sebességének mérése.
(Forrás: Saját.)

A mérések eredményei, a 3. táblázat alapján megállapítottam, hogy az adott esetben a legmagasabb áramlási sebességet (3,0 m/s) a beáramló nyílástól mért 1,2 m távolságra elhelyezett, maximálisan megdöntött (20o) turbóventillátor esetében mértük (1. diagram).

A ventilátora beáramló nyílástól 1,2 m-re			A ventilátor a beáramló nyílás vonalában			A ventilátor a beáramló nyílástól 3,0 m-re		
t [sec]	v [m/s]	p [mbar]	t [sec]	v [m/s]	p [mbar]	t [sec]	v [m/s]	p [mbar]
00:00	0,0	35,00	00:00	0,0	17,00	00:00	0,0	14,00
00:30	2,5	8,00	00:30	1,0	6,00	00:30	1,5	6,00
01:00	3,0	7,00	01:00	1,5	8,00	01:00	2,0	5,00
01:30	2,5	9,00	01:30	1,0	6,00	01:30	1,5	6,00
02:00	3,0	8,00	02:00	1,5	7,00	02:00	2,0	6,00
02:30	3,0	6,00	02:30	1,5	6,00	02:30	2,0	5,00
03:00	2,5	7,00	03:00	1,5	7,00	03:00	2,2	6,00

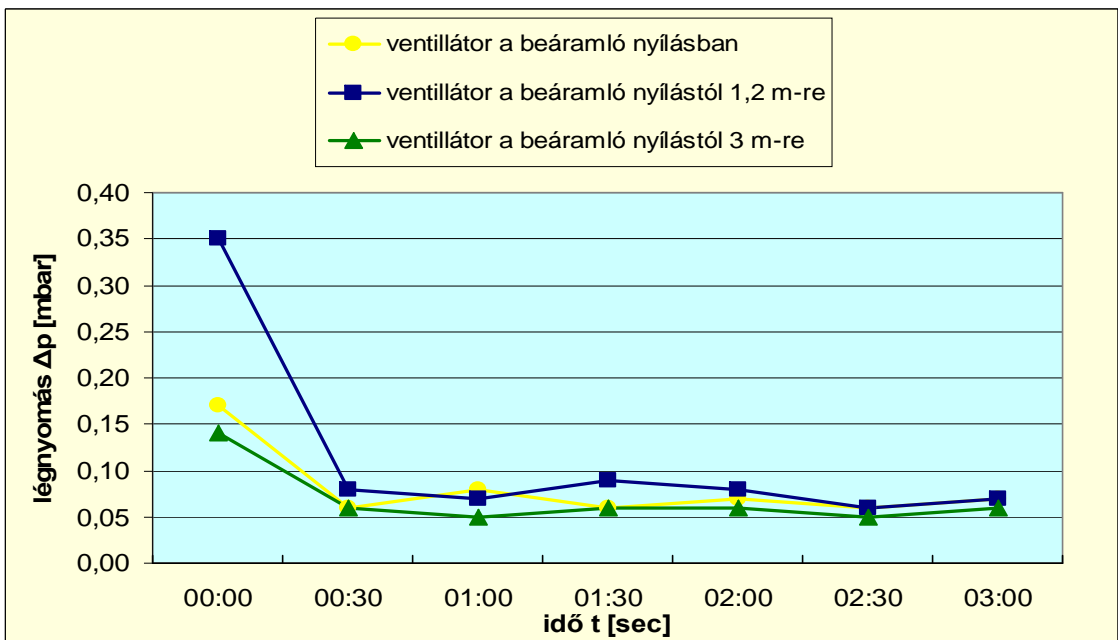
3. táblázat. Szélsebesség és a légnyomás változásának mérési eredményei.
(Forrás: Saját.)



1. diagram. A szélsebesség változása a kiáramló nyílásnál a ventillátor elhelyezésétől függően. (Forrás: Saját.)

A vizsgált helyiségben a légnyomás változásának mérését is elvégeztem (3. táblázat). A mért eredmények alapján megállapítottam, hogy a légnyomás legmagasabb mértékét (a kiáramló nyílás spalettájának nyitását követően) a turbóventillátornak az ajtó vonala és a 3-m elhelyezési távolság között ugyancsak 1,2 m távolságnál mértem, 9 mbar értéket (2. diagram).

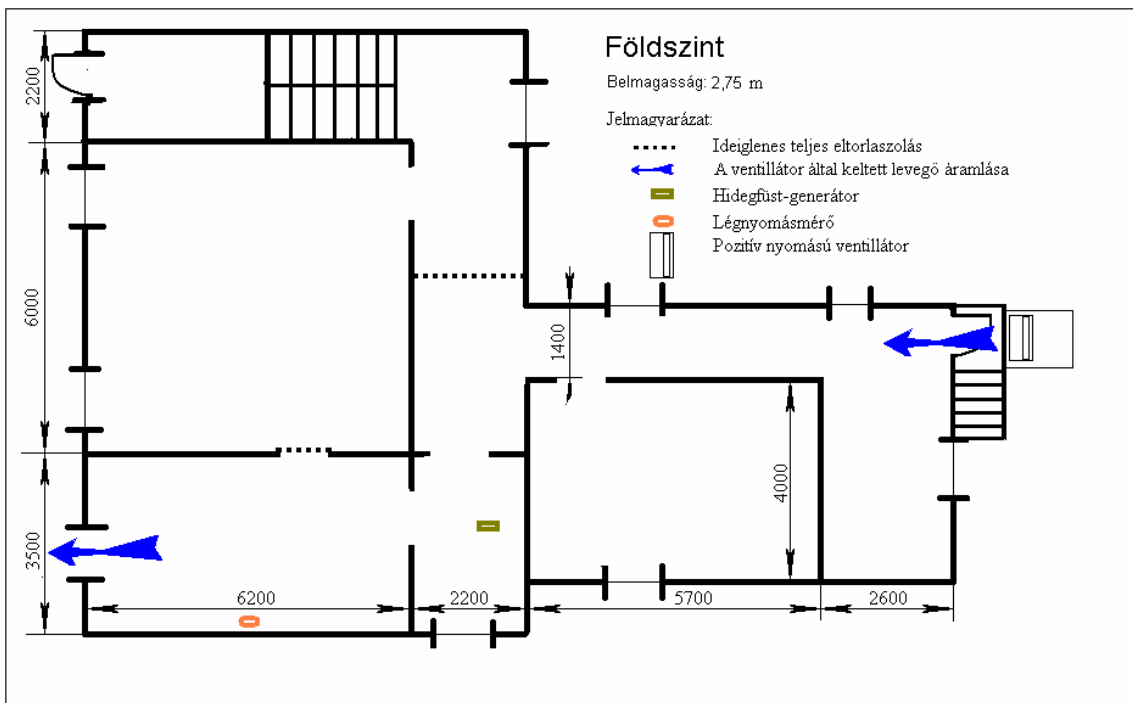
A mérések eredményeivel elősegítettem a turbóventillátor következő mérésekhez szükséges optimális elhelyezési távolságának megállapítását.



2. diagram. A túlnyomás változása a szellőztetendő helyiségben a ventillátor elhelyezésétől függően. (Forrás: Saját.)

Az ide vonatkozó részletes mérési eredményeket és diagramokat a 2. melléklet tartalmazza.

Füstgenerátor használatával néhány perc alatt feltöltöttük a kísérlet helyszínét (24. ábra) hideg füsttel, melynek következtében a látási viszonyok 1–2 méterre csökkentek.



24. ábra. Az épület földszinti alaprajza hidegfüst beavatkozással.
(Forrás: Saját.)

Az utasításomra nyitották ki a helyiség ablakainak spalettáit, a bejárati ajtót, és indították a ventilátort. Szemrevételezéssel megállapítottam, hogy a nagy szállított levegőteljesítményű turbóventillátor ($60\,000\text{ m}^3/\text{h}$) által keltett levegőáramnak köszönhetően kevesebb, mint 1 perc alatt a látási viszonyok nagyban javultak, a helyiségekben a tájékozódást alig akadályozta a füst, amely az ablakon keresztül a szabadba távozott. A teljes kiszellőztetés rövid idő alatt megtörtént.

Ezzel alátámasztottam azon feltételezésemet, hogy a turbóventillátor alkalmazásával a füsttel telített helyiségekben a látási viszonyok már az első percben jelentősen javulnak, elősegítve ezzel a beavatkozó tűzoltók tájékozódását, a tűzfészekhez, a bennrekedt személyekhez történő mielőbbi odajutását.

Az ezt követő kísérleteknél a hő- és füstképződést egységtűzek (4. kép) biztosították. Az elvárt reális mérési eredmények érdekében az egységtűzek oltása azonos metodika szerint került végrehajtásra, melynek érdekében a tűzoltását végrehajtók, a mérési eredményeket, a beavatkozás menetét rögzítők minden esetben ugyanazok a személyek voltak.

Második kísérlet

Ennél a kísérletnél a turbóventillátor nem került alkalmazásra. Az egységtűz oltása hagyományos oltási módszerrel, 1 db „C” vízszugár alkalmazásával történt összehasonlítási alapot biztosítva.



4. kép Az egységtűz raklapokból, ágybetétből, forgácsból és rájuk locsolt gázolajból tevődött össze. (Forrás: Saját.)

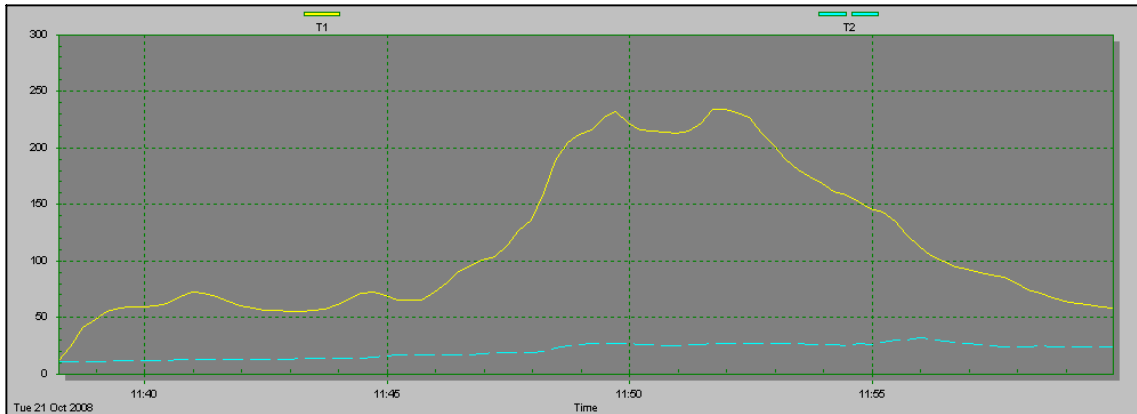
Az egységtűz a kísérleti helyiséget gyorsan telítette füsttel. A maximális hőmérséklet 2 perces előégetést követően 2,6 m magasságban elérte a 2320Ct.

Utasításra nyílt az ablak, és az ajtón keresztül megkezdődött a behatolás. Természetesen figyelembe kell venni, hogy a tűz fészkének viszonylag gyors megközelítése a sugárvezető előzetes helyismeretének volt köszönhető, hiszen ismeretlen területen a sűrű, füsttel telített helyiségekben nehezebb tájékozódni, a tüzet megtalálni.

A füst telítettsége azonban a nyitott ablak ellenére sem változott, sőt a látási viszonyok a füst és a keletkezett gőz miatt minimálisra (1,5 méterről 0,5 méterre) csökkentek. A helyiség a tűzoltás végén mért hőmérséklete 2,6 m magasságban még mindig 180oC, 0,3 m-en viszont mindvégig jóval 50oC alattmaradt (3. diagram).

Az ide vonatkozó részletes mérési eredményeket a 3. és 4. melléklet tartalmazza.

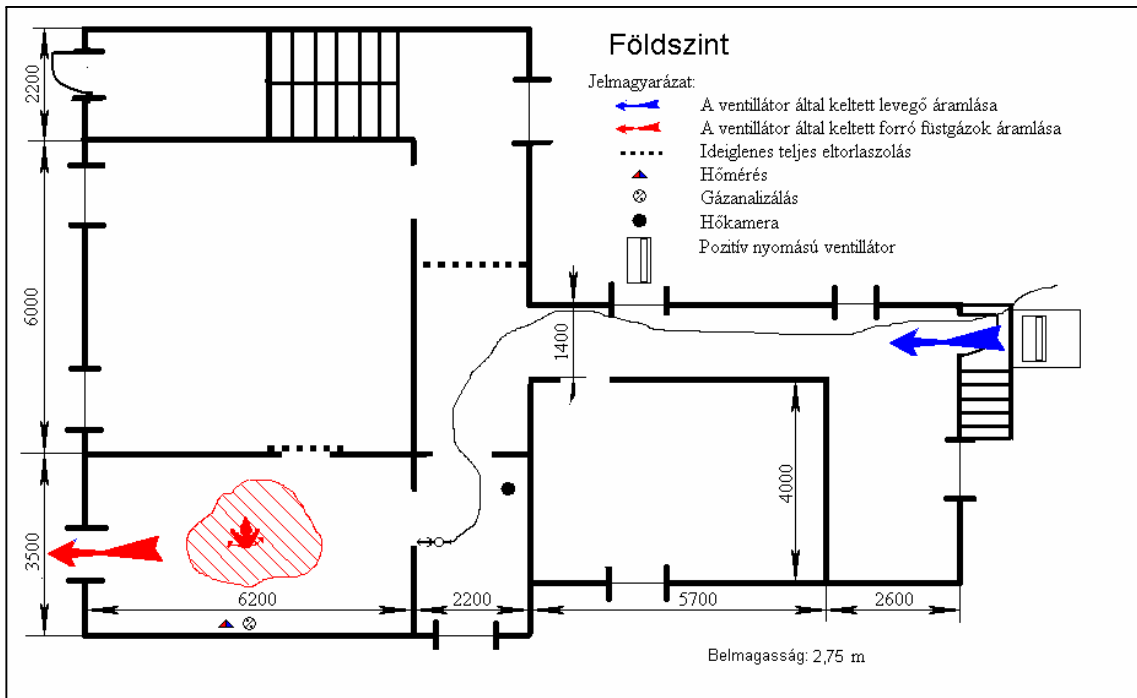
A helyiségből a füst csak nagyon lassan kezdett oszlani. Az oltást követően több, mint 10 percet vett igénybe a látási viszonyok jelentős javulása, és a 2,6 m magasan mért hőmérséklet 50oC alá csökkenése.



3. diagram. Hőmérséklet változása hagyományos eszközökkel történő tűzoltás esetében. (Forrás: Saját.)

Harmadik kísérlet

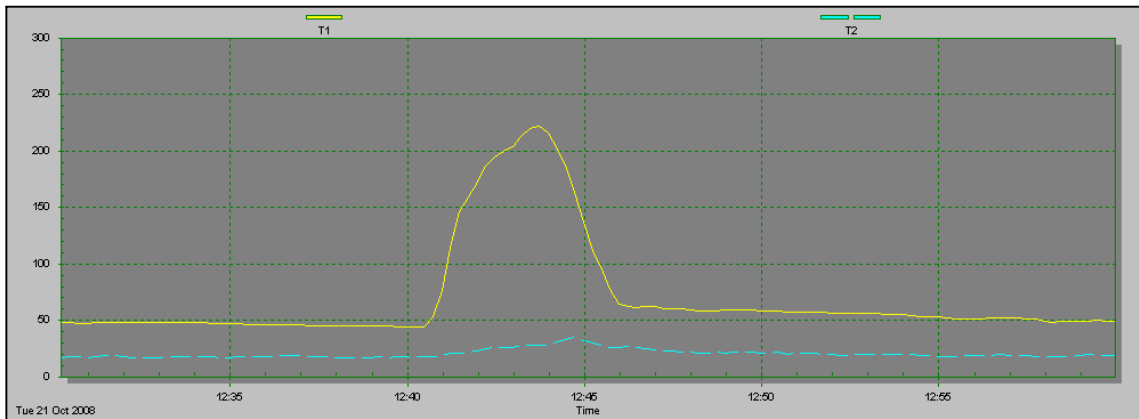
A körülmények azonosak voltak, mint a második kísérletnél. Az egységűz gyújtást és előégetést követően utasításomra kívülről kinyitották a helyiségen lévő fém-spalettát és a bejárati ajtót, és beindították a turbóventillátort. 10 másodperc elteltével elkezdődött a behatolás (25. ábra).



25. ábra. Az épület földszinti alaprajza és a beavatkozás. (Forrás: Saját.)

A látási viszonyok a szellőztetés hatására gyorsan javultak, a füst és a hő az ablakon keresztül kifelé áramolt. A sugárvezető azonnal megtalálta a viszonylag jól látható tűzfészket, és megkezdte a tűz oltását.

A mérőműszerek szerint a helyiség hőmérséklete a ventilátor indítása után 2 perccel drasztikusan (220°C-ról 70°C alá) csökkent (4. diagram).



4. diagram. Tűzoltás mobil ventilálás mellett.
(Forrás: Saját.)

Az ide vonatkozó részletes mérési eredményeket a 3. és 5. melléklet tartalmazza.

A jobb tájékozódási körülmények, a jóval alacsonyabb hőmérséklet sokkal könnyebbé, biztonságosabbá tette a beavatkozást.

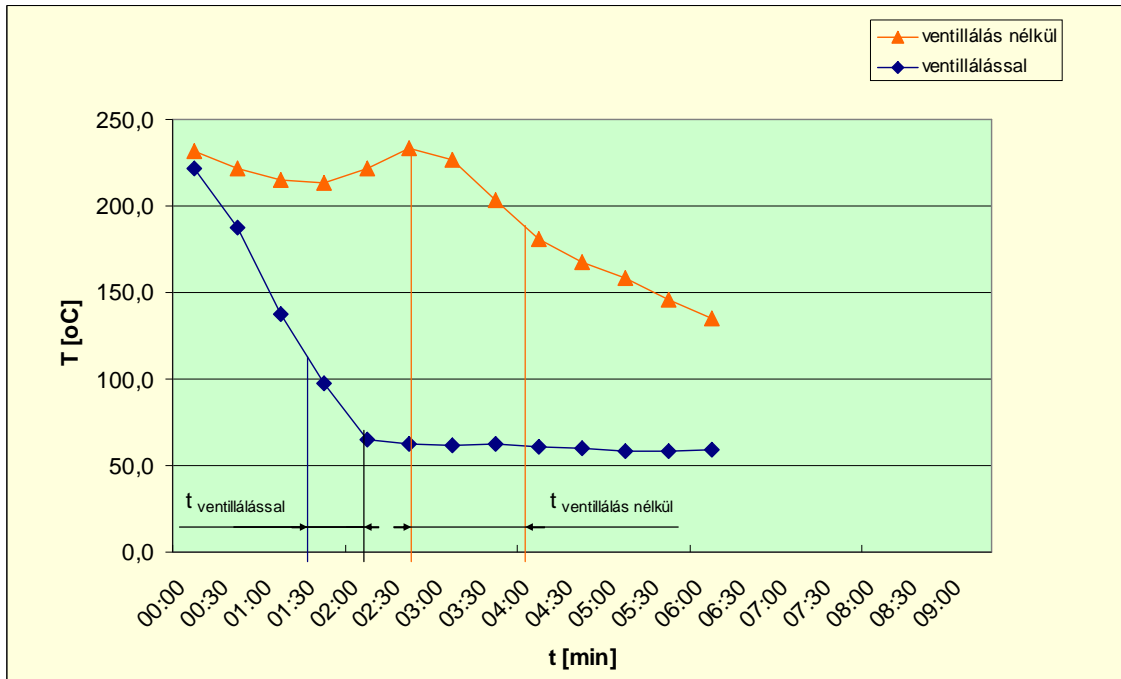
A Hatvan–Nagyombos Gyakorló pályán mért egységtűz mérési kísérletek eredményei, következtetései

Levegőáramlási sebesség, valamint a légnyomás mérése alapján megállapítottam az adott helyszínen alkalmazandó turbóventilátor optimális elhelyezési távolságát.

Bizonyítottam azon feltételezésemet, hogy a behatolás, azaz a tűz fészkének megközelítése mobil ventilálás mellett jóval gyorsabban végrehajtható.

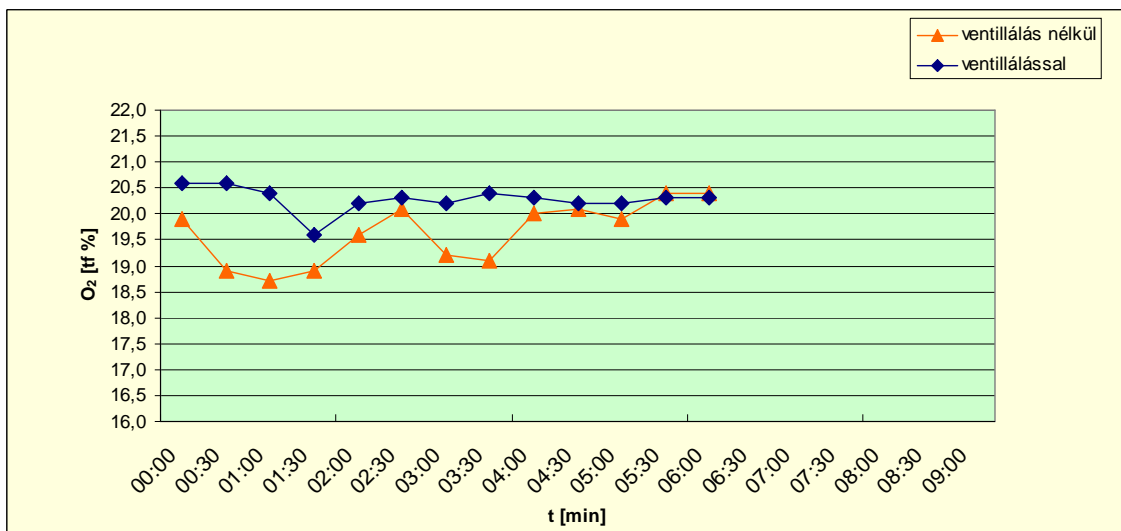
Az egységtűzek felszámolására alkalmazott kétféle oltási módszer során mért *hőmérsékletváltozás* alapján (5. diagram) egyértelmű következtetéseket vontam le. Az ide vonatkozó részletes mérési eredményeket a 3. melléklet tartalmazza.

Bizonyítottam azon feltételezésemet, hogy a PPV alkalmazása mellett történő tűzoltás a jobb láthatóságnak és az alacsonyabb hőmérsékletnek köszönhetően gyorsabban és biztonságosabban végrehajtható ($t_{\text{ventilálás nélkül}} > t_{\text{ventilálással}}$).

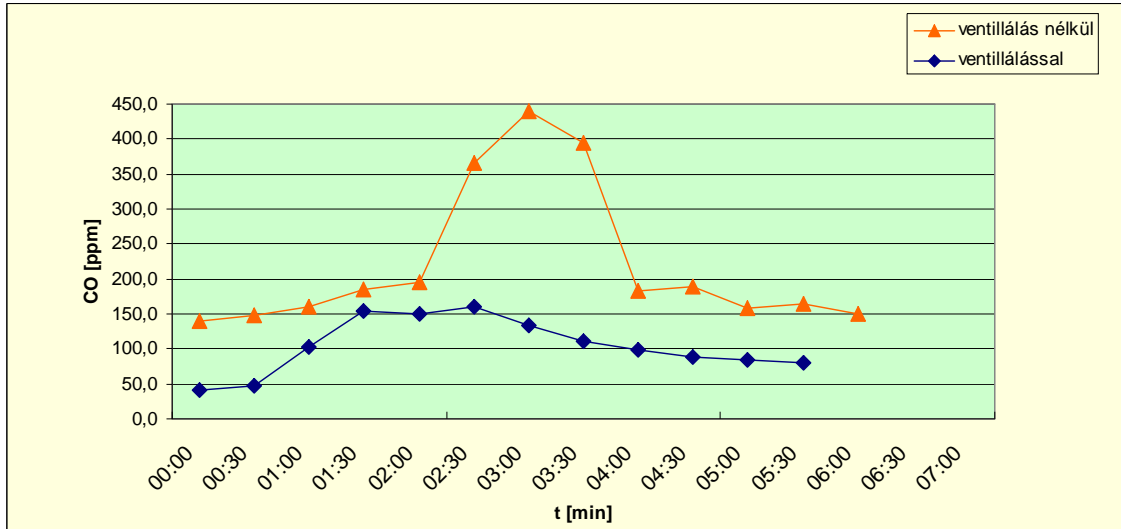


5. diagram. Hőmérsékletváltozását és a tűzoltási időt összehasonlító mérési eredmények. (Forrás: Saját.)

A 6. diagram és 7. diagram összehasonlítását elvégezve alátámasztottam – a 0,3 m-en elhelyezett hőmérsékletmérő, az oxigén térfogatszázalékát mérő és a szén-monoxid koncentrációt mérő műszerek segítségével –, hogy az adott körülmények között, amennyiben a bennrekedt személy padlószint közelében marad, gyakorlatilag életani funkciói nem károsodnak. A hőmérséklet ugyanis mindvégig jóval 50°C alatt maradt, biztosított volt a levegő oxigéntartalmának a minimálisan szükséges 15 tf.%-os szintje. A szén-monoxid koncentrációja ugyan meghaladta a megengedett értéket, de a bennrekedt személy egészségi állapotától függően akár 1–2 órát is kibírna.



6. diagram. Az oxigén térfogatszázalék-változását összehasonlító mérési eredmények. (Forrás: Saját.)



7. diagram. Szén-monoxid koncentrációja változásának mérési eredményei. (Forrás: Saját.)

Mind az oxigén tf.%-a, mind pedig a szén-monoxid koncentrációja tekintetében megállapítottam, hogy ventillálás esetében élettani szempontból kedvezőbb feltételek biztosítottak. Megállapításom természetesen a beavatkozó tűzoltókra is vonatkozik. Alátámasztottam, hogy zárttéri tüzek esetében célszerű lehajolva, guggolva, ha szükséges kúszva előrehaladni, mivel a padlószinthez közel a hőmérséklet nagyságrenddel alacsonyabb lehet. Az oxigén és a szén-monoxid az ő tekintetükben többnyire indifferens, mivel benn csak sűrített levegős légzőkészülék használata mellett avatkozhatnak be.

A beavatkozásban résztvevők szakmai tudására, tapasztalatára alapozva, megfigyeléseik alapján szintén értékes információhoz jutottam a két oltási módszer összehasonlítása területén. A sugárvezető kétséget kizáróan állította, hogy a turbóventillátor oltással egyidőben történő alkalmazása esetén jóval konszolidáltabb körülmények között tudtak beavatkozni. Már a behatolás, a tűz fészkének felkutatása során tapasztalta az eltérő körülményeket, hiszen a füst átláthatóvá vált, aminek köszönhetően idővesztés nélkül juthattak el az egységűz helyiségéig. Az oltás nem sűrű füsttel telítet helyiségben, vaktában történt, hanem már az oltás kezdetekor azonnal felmérhetővé vált a tűz nagysága, így a beavatkozás a vízsugár megfelelő sugárképeinek megválasztásával hatékonyabban, kisebb másodlagos kár okozásával történhetett. Szembetűnő volt számukra, hogy nem érezték ez előző tűzoltási kísérlethez képest hőterhelést, és a tűz lángja is másképp „viselkedett” a nagyságrenddel alacsonyabb hőmérsékletnek köszönhetően.

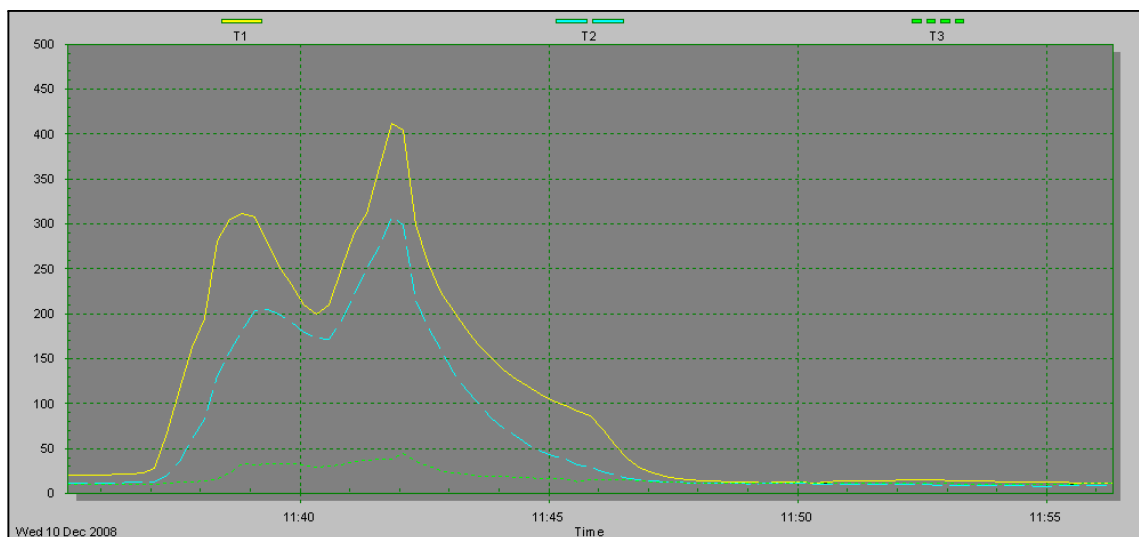
3.1.2. Egységtüzek oltásának mérési kísérletei II.

A Hatvan–Nagyombos Gyakorlópályán végzett kísérleteknek köszönhetően nagyon sok mérési adathoz jutottam, amelyekből a szükséges következtetéseket levontam, mindemellett további tűzoltási kísérletek folytatásához kellő alapot nyújtottak.

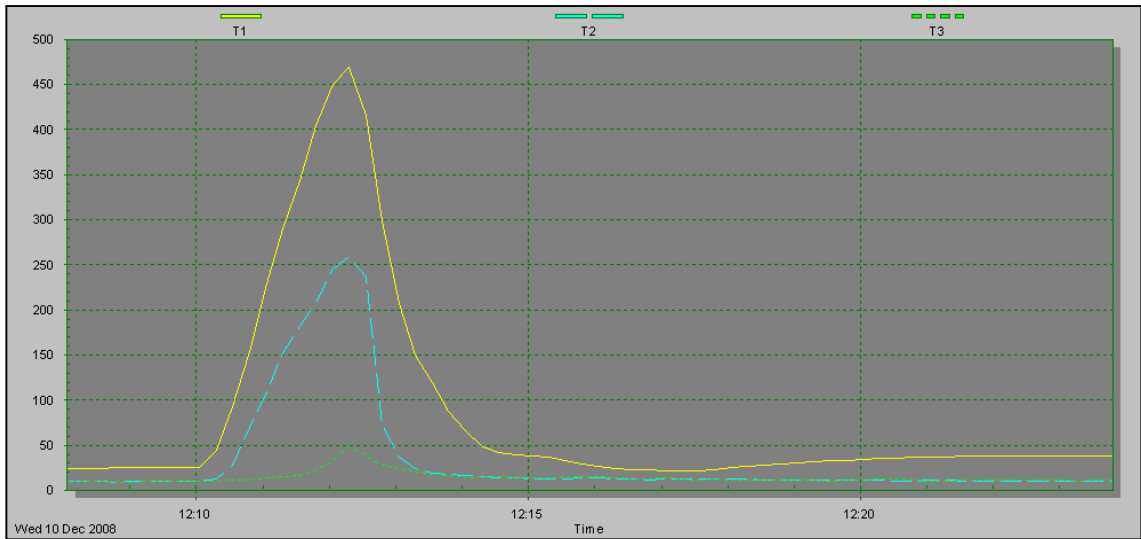
Az egységtüzek oltási kísérletének folytatását azért tartottam fontosnak, mert a gyakorlópálya használat alatt lévő épületében a kísérletet csak annak károsodása nélkül lehetett végezni, így a keletkezett hőmérséklet nem haladhatta meg a 250°C-t, azonban a gyakorlatban zárttéri tüzek esetében ettől jóval magasabb hőmérséklettel is számolni kell.

A felmerült igénynek megfelelően a folytatásra Budapesten, egy volt honvédségi laktanya épületének helyiségében került sor, melynek ablakát az ajtóval szemben, faltól falig alakították ki. A kísérleteim célirányosan három egységtűz oltására irányultak. Minden esetben az égő helyiség idő függvényében történő hőmérséklet változása, valamint a levegő oxigéntartalma térfogatszázalékának változása, és az égés folyamán keletkezett szén-monoxid koncentráció változás került rögzítésre. A hőmérséklet változását az előző gyakorlathoz képest három magasságban mértem (0,3 m, 1,5 m és 2,6 m). Nem mértem azonban az oltásoknál felhasznált vízmennyiséget.

Az első két kísérlet metodikája szerint ugyan úgy zajlott le, mint a nagyombosi gyakorlópályán. A mérési eredmények az egységtüzek 470°C-ot is elérő hőmérséklete ellenére alátámasztották a Nagyomboson szerzett tapasztalatokat (8. diagram, 9. diagram).



8. diagram. Tűzoltás hagyományos eszközökkel. (Forrás: Saját.)

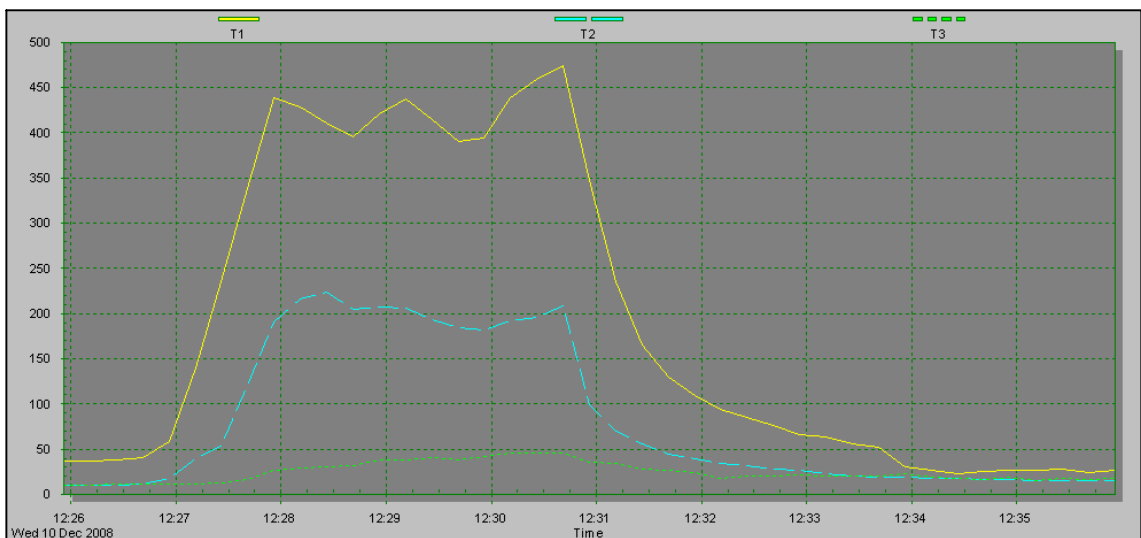


9. diagram. Tűzoltás mobil ventillálás mellett. (Forrás: Saját.)

Változás abban állt elő, hogy a 1,5 m magasan is mért hőmérséklet (250 – 300°C) még jobban megerősített abban, hogy elengedhetetlen a behatolás és az oltás során a beavatkozókat ért kisebb hőterhelés érdekében lehajolni, leguggolni, esetenként kúszva haladni.

Az ide vonatkozó részletes mérési eredményeket a 6. és 7. melléklet tartalmazza.

A harmadik egységtüzes kísérlet során 1 perces előventillálást követően terveztem a behatolást és az oltás megkezdését. Az egység tűz 439°C elérését követően nyitottuk az ablakot és kezdődött meg a mobil ventillálás. Azonban arra lettünk figyelmesek, hogy a 2,6 m magasságban mért hőmérséklet a csökkenést követően emelkedni kezdett (10. diagram).



10. diagram. Tűzoltás közbeni mobil ventillátorral történő alulventillálás. (Forrás: Saját.)

A jelenség okát vizsgálva megállapítottam, hogy a vizsgált helyiség ablakai hőtágulás okozta feszültség következtében kitörtek, így a kiáramló nyílás aránya a beáramló nyíláshoz képest jóval nagyobb lett. A mobil ventilláláshoz szükséges túlnyomás nem jöhetett létre, így a ventilláció nem keltett jelentős légáramlatot, amely a forró füstgázokat a kiáramló nyíláson kikényszerítette volna.

A sugárvezető határozottan állította, hogy a ventillálás táplálta az égést, szította a lángokat, és ennek megfelelően a hőmérséklet emelkedett.

A jelenséget **alulventillálásnak** neveztem el. Ilyen körülmények között a pozitív nyomású ventilláció nem alkalmazható. Elméletileg a be- és kiáramló nyílás arányának megfelelő PPV alkalmazásával ez esetben is ventillálhatunk hatékonyan, de elképzelhető, hogy az ehhez szükséges szállított levegőteljesítményű mobil ventillátort már nem áll rendelkezésre.

Az alulventillálás részletes mérési eredményeit a 8. melléklet tartalmazza.

3.2. MENEKÜLÉSI ÚTVONALAK, LÉPCSŐHÁZAK FÜSTMENTESÍTÉSÉNEK MÉRÉSI KÍSÉRLETE

A mérési kísérlet végrehajtására 2007. 07. 17-én a Hatvani Albert Schweitzer Kórház déli lépcsőházában került sor.

A nyolcemeletes épület lépcsőházában már több alkalommal tartottunk begyakorló és ellenőrző gyakorlatot, ahol a hangsúlyt többnyire a betegek (járóbeteg, mozgáskorlátozottak) mentésére fektettük. Az épület két füstmentes lépcsőházzal rendelkezik ugyan, gyakorlatilag azonban ezek a lépcsőházak nem rendelkeznek beépített túlnyomásos szellőztetésű rendszerrel. Mivel az épületben bármelyik emeleten keletkező tüzeset következtében a központi lépcsőházon keresztül minden emelet füsttel telítődne, a mentő egységek feladata lenne a lépcsőház füstmentesítésének biztosítása.

A mérési kísérlet célja annak megállapítása, hogy a rendelkezésünkre álló mobil pozitív nyomású turbóventillátorokkal a feladatnak meg tudunk-e felelni [36]?

A mérési kísérletnél alkalmazott eszközök (részletes ismertetést az 1. melléklet tartalmazza):

- 1.) Nagy szállított levegőteljesítményű turbóventillátor
- 2.) Közepes szállított levegőteljesítményű turbóventillátor
- 3.) Szélsebességmérő

4.) Légnyomásmérő

A mérési kísérlet leírása

Első kísérlet

Feltételezésem szerint az adott lépcsőház füstmentesítése – menekülési irányba nyíló, automatikus csukószerkezettel ellátott ajtókkal rendelkezik – beépített ventilátorok hiányában mobil ventilátorokkal elvégezhető. Ennek megfelelően a lépcsőház bejárati ajtajától optimális távolságban telepített turbóventilátorok egyenkénti működtetésével állapítottam meg a túlnyomás mértékét.

A mérési kísérletek végrehajtása során a lépcsőház folyosókra nyíló ajtó és nyolcadik emelet kiáramló nyílása becsukott állapotban volt.

Első mérési kísérlet eredményei, következtetései

A túlnyomás mértéke csukott ablakban (kiáramló nyílás) az MT 260 turbóventilátor esetében 36 Pa, kisebb szállított levegőteljesítményű MT 224 turbóventilátor esetében 17 Pa.

Figyelembe véve a vonatkozó jogszabályban, füstmentes lépcsőházakban a túlnyomás mértékére előírtakat (25 Pa – 75 Pa)¹¹ megállapítottam, hogy az általam mobil eszközzel előállított levegő túlnyomása a mérések alapján, az adott helyszínen az MT 260-as esetében megfelel. Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy a lépcsőházban akkor sem tud behatolni a füst, amikor a füsttel telített folyosók ajtóit a menekülők használják, így a füstmentes lépcsőházon keresztül biztonsággal a szabadba juthatnak.

Második kísérlet

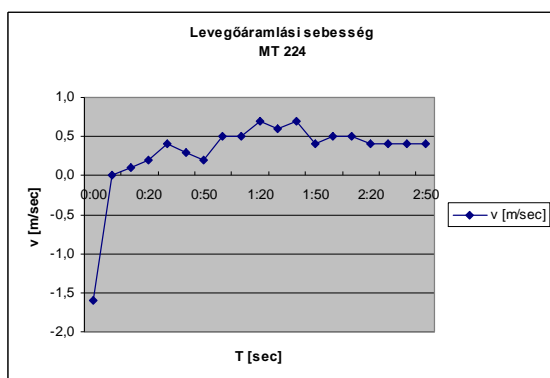
Feltételezésem szerint, amennyiben a menekítést a szintenként csukható ajtóval ellátott, már füsttel telített lépcsőházon keresztül kell megoldani, a mobil ventilátorok biztosította levegőáram kellő mértékben füstmentesíti a lépcsőházat a lépcsőház 8. emeletének ablakán (kiáramló nyílás) keresztül. Ennek megfelelően a lépcsőház bejárati ajtajától optimális távolságban telepített turbóventilátorok egyenkénti működtetésével állapítottam meg a kiáramló nyílásnál mért levegőáramlási sebességet.

Második mérési kísérlet eredményei, következtetései

¹¹ 9/2008. ÖTM rendelet az OTSZ kiadásáról: Építmények tűzvédelme; 1/9. fejezet, 508.p. 3.2

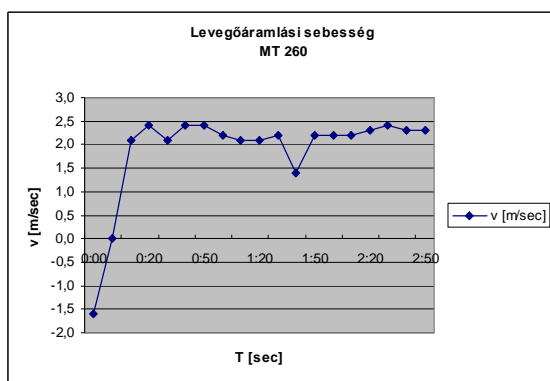
A 11. diagram és a 12. diagram összehasonlítását elvégezve megállapítottam, hogy az MT 260-as turbóventillátor a szélnyomás ellenére meggyőző, egyenletes teljesítménnyel biztosította a gyakorlati tapasztalataim alapján szükséges levegőáramlási sebességet.

Az ide vonatkozó részletes mérési eredményeket a 9. és 10. melléklet tartalmazza.



11. diagram. Levegőáramlási sebesség változásának mérési eredményei az MT 224-as turbóventillátor alkalmazása esetében (Forrás: Saját.)

Ugyanakkor egy ajtó nyitásával (1 perc 45 másodperc) a levegőáramlási sebesség 2,2 m/sec-ről 1,4 m/sec-ra esett vissza. Az ajtó csukását követően helyreállt a már tapasztalt levegőáramlás. A füst kiáramló nyíláson történő eltávolításának elengedhetetlen feltétele, hogy a használaton kívüli ajtók csukott állapotban legyenek.



12. diagram. Levegőáramlási sebesség változásának mérési eredményei az MT 260-as turbóventillátor alkalmazása esetében (Forrás: Saját.)

A kisebb szállított levegőteljesítményű turbóventillátor alig győzte le a szél levegőnyomását, és a túlnyomás mértékét sem biztosította kielégítően.

3.3. KÜLÖNBÖZŐ ELVEN MŰKÖDŐ VENTILLÁTOROK BEÁRAMLÓ NYÍLÁSTÓL MEGFELELŐ TÁVOLSÁGRA TÖRTÉNŐ ELHELYEZÉSÉNEK MÉRÉSI KÍSÉRLETE

A különböző gyártmányú kereskedelmi forgalomban kapható ventillátorok lapátkerekeinek formája, száma, az elhelyezésüket szolgáló ház kialakítása, a meghajtásukat biztosító erőforrás típusa alapján igen széles paletta figyelhető meg. Ebből adódó-

an a céljainknak megfelelő gyártmányú és típusú ventilátort kiválasztani megfelelő ismeretanyag hiányában igen nehéz.

Mindemellett személyes tapasztalataim alapján a hazai vásárló nem jut kellő információhoz a megfelelő ventilátor kiválasztásához. A pozitív nyomású mobil ventilátorok hazai disztribútorai által az értékesített ventilátorok mellé adott használati utasítások és az e témában közzétett leírások döntő többségükben igen tárgyilagosak, nyelvezetük alig alkalmazkodik a hazai szakmai nyelvezethez, kevésbé életszerűek a tűzoltói beavatkozások tekintetében. A használati utasításokban, az eljárás leírásokban a legfeltűnőbb hiányosságként az eszköz bevezethetőségének feltételeiről történő tájékoztatást, különösen az alkalmazás veszélyeire figyelmeztetőt hiányoltam.

Érdeklődésemre egyik hazai disztribútor sem tudott tájékoztatni arról, hogy mi a különbség a hagyományos értelemben vett mobil ventilátorok és a turbóventilátorok között. Így arról sem kaphattam tájékoztatást, hogy a különböző elven működő ventilátor típusok esetében melyek az alkalmazási különbségek.

Meggyőződésem, hogy nekünk, felhasználóknak a legfontosabb különbség a két ventilátortípus között a beáramló nyílástól (az esetek döntő többségében ez a bejáratú ajtó) való elhelyezési távolságban rejlik. Kérdésként merült fel számomra, hogy két azonos szállított levegőteljesítményű (a gyártók által megadott adatok alapján), de különböző elven működő túlnyomásos ventilátor közül melyik típusú kelt nagyobb levegőáramot a kiáramló nyílásnál?

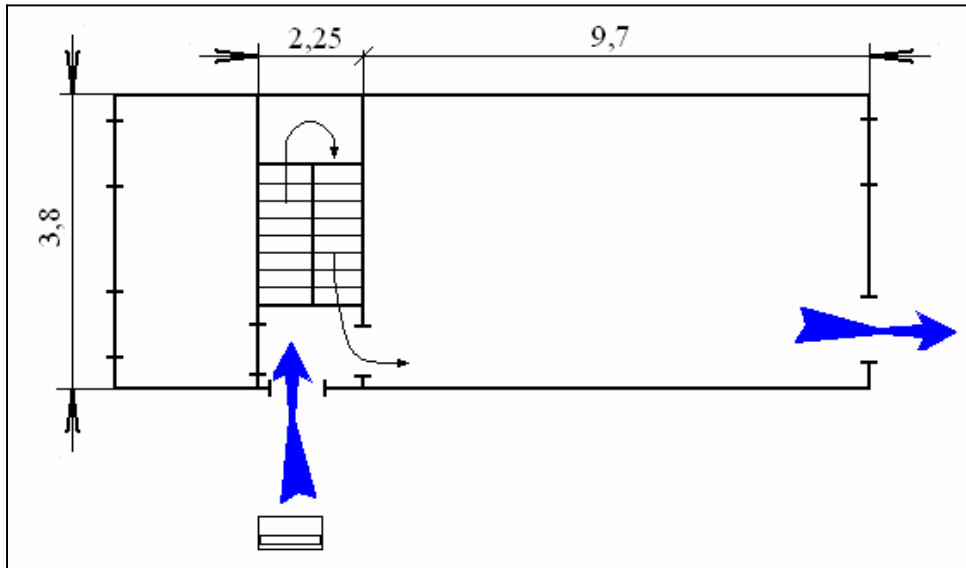
Ennek vizsgálatára az alábbiak szerinti mérési kísérletet végeztem.

A mérési kísérletnél alkalmazott eszközök (a részletes ismertetést a 2. melléklet tartalmazza):

- 1.) Turbóventilátor
- 2.) Hagyományos értelemben vett PPV
- 3.) Szélsebesség-mérő

A mérési kísérlet leírása

A mérési kísérlet során két eltérő működési elvű túlnyomásos ventilátor által keltett levegőáram sebességét mértem úgy, hogy az keresztülhaladjon (26. ábra) egy 2,1 x 0,75 méteres beáramló nyíláson, egy 22 légköbméteres lépcsőházon, egy 83 légköbméteres helyiségen és egy 0,8 x 0,37 méteres kiáramló nyíláson.



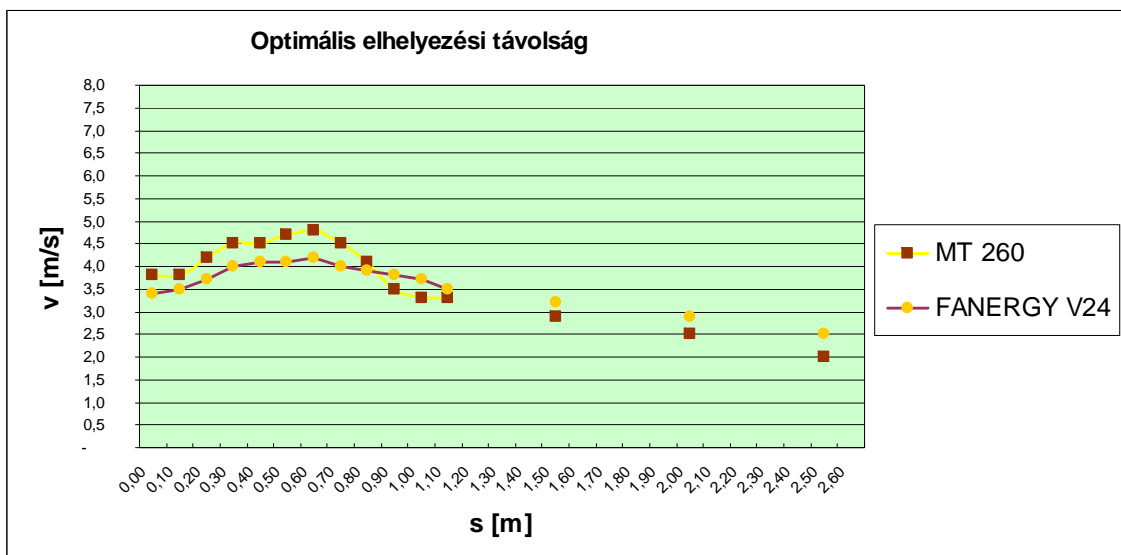
26. ábra. Különböző elven működő ventilátorok által keltett levegőáram mérésének helyszínrajza. (Forrás: Saját.)

A mérések folyamán a ventilátorokat a beáramló nyílástól adott távolságokra helyeztem el. A levegőáram sebességét a kiáramló nyílásnál mértem.

Mérési kísérletek eredményei, következtetései

A mérési eredmények (13. diagram) alapján megállapítottam, hogy a vizsgált ventilátorok által keltett légáramlat sebességének mért értékei arányban vannak a gyártók által megadott effektív levegőteljesítménnyel.

Az ide vonatkozó részletes mérési eredményeket a 11. melléklet tartalmazza.



13. diagram. Különböző elven működő mobil ventilátorok beáramló nyílástól való optimális elhelyezési távolsága. (Forrás: Saját.)

Ugyanakkor figyelembe kell venni, hogy a FANERGY hagyományos értelemben vett mobil ventilátorát a mérés során alkalmazott beáramló nyílás esetében 2 m-re kell elhelyezni, mivel csak ebben az esetben fedi be a levegőáram a beáramló nyílást. Az MT 260 típusú turbóventilátor esetében nincs ilyen megkötés.

Ennek alapján megállapítottam, hogy a két, egymástól eltérő működési elvű (közel) azonos effektív szállított levegőteljesítményű mobil ventilátor közül a turbóventilátor hatékonyabb levegőáramlást hoz létre. A turbóventilátor alkalmazásának másik nagy előnye a gyakorlati alkalmazások során mutatkozik. A beáramló nyílástól való kis elhelyezési távolságnak köszönhetően ugyanis keskeny folyosókon, függőfolyosókon, szűk helyiségekben is hatékonyan üzemeltethető.

Ugyanakkor a hagyományos értelemben vett mobil ventilátornak a turbóventilátorral szemben kisebb a mérete, ennél fogva kisebb málházási helyet foglal el, kisebb súlyánál fogva pedig könnyebben mozgatató.

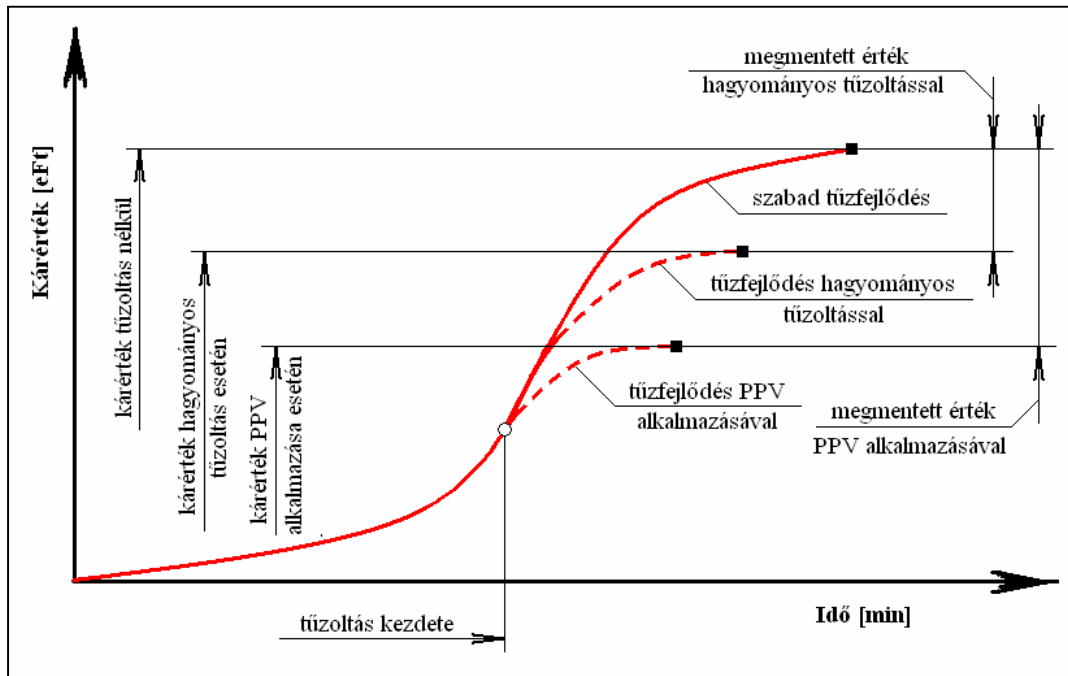
3.4. AZ ELTÉRŐ OLTÁSI MÓDSZEREK GAZDASÁGOSSÁGÁNAK KOMPLEX ÖSSZEHASONLÍTÓ ELEMZÉSE

3.4.1. A kárérték csökkentése

A hagyományos eszközökkel, felszerelésekkel történő tűzoltás gazdaságosságának összehasonlítása a tűz oltásával egyidőben történő mobil ventilálás alkalmazásának gazdaságosságával komplex összehasonlító elemzést igényel. A szabad tűzfejlődést követő tűzoltás kezdetétől a kárérték nagysága a tűzoltás hatékonyságának függvényében eltérő mértékben változhat. A következőkben az égés hőmérsékletének változásából származtatott kárérték – idő függvény [21] alapján vizsgálom a kárérték nagyságának változását a két, általam vizsgált oltási módszer esetében.

Zárt térben végbemenő szabad tűzfejlődés görbéje (27. ábra) az éghető anyag mennyiségének és a levegő kellő térfogatszázalékban jelenlévő oxigénjének köszönhetően kezdetben alig, majd pedig egyre meredekebben emelkedik. Ahogy azonban fogy az égéshez szükséges oxigén és/vagy az éghető anyag, hanyatlani kezd a tűz a görbe változása alapján. A görbe szakadásával a tűz elalszik.

Az „x” tengely tetszőleges időpontjából merőlegesen húzott egyenes tűzgörbét metsző pontját az „y” tengelyre vetítve kapjuk meg a kárérték nagyságát.



27. ábra. Kárérték tűzoltás módszerének függvényében.

(Forrás: Bleszty János, Zelenák Mihály: Tűzoltástaktikai alapismeretek; BM Könyvkiadó 1989. 14. p., felhasználása alapján Saját.)

A tűzoltók hagyományos eszközökkel történő beavatkozásával a tűzoltás kezdetétől a görbe hanyatlani kezd, majd szakadásával megtörténik a tűz oltása. Abban az esetben azonban, ha a tűz oltásával egyidőben mobil ventilálást alkalmazunk, a görbe vonalának megfelelően az oltás hamarabb megtörténik a hatékonyabb beavatkozásnak köszönhetően. A kisebb oltási idő pedig egyértelműen kisebb kárértéket eredményez.

A két tűzoltási módszer közötti tűzoltási időkülönbség mértékét az egységűz oltáskísérlet mérései alapján bizonyítottam be, ahol a

$$t_{\text{mobil ventilálással}} < t_{\text{hagyományos eszközökkel}} \text{ (lásd:5. diagram).}$$

Zárttéri tüzek lefolyására jellemző tűzgörbe alapján bizonyítottam, hogy a tűzoltással egyidőben alkalmazott mobil ventiláció hatékonyabb beavatkozást tesz lehetővé a hagyományos oltási móddal szemben. Ennek eredményeként a tűz oltása hamarabb megtörténik, az okozott kárérték kisebb, amelynek megfelelően a megmentett érték nagyobb lesz.

a) A hagyományos felszerelésekkel, eszközökkel végzett tűzoltás gazdaságossági elemzése

Abban az esetben, ha a tűzoltásvezető a hagyományos eszközökkel, felszerelésekkel történő a tűzoltás mellett dönt, a tűzoltásra fordított idő „ $t_{\text{hagy. eszk.}}$ ” alatt meghatá-

rozott „A_{hagy.olt.}” tűzterület égését követően került sor a tűz eloltására [37]. A tűz során keletkezett kár értékéből és az oltás költségéből adódó összköltséget a következőképpen határozom meg:

$$\Sigma K_{\text{hagy. eszk.}} = k_0 + k_{\text{hagy. eszk.}} + O_{\text{költ.hagy. eszk.}} \quad \{4.1\}$$

- k_0 – a beavatkozás megkezdéséig keletkezett kárérték,
 $k_{\text{hagy. eszk.}}$ – a beavatkozás kezdetétől keletkezett kárérték,
 $O_{\text{költ.hagy. eszk.}}$ – az oltás költségei,
 $\Sigma K_{\text{hagy. eszk.}}$ – a kárértékek és oltási költségek összege hagyományos eszközökkel történő tűzoltás esetén.

A fentiekből kiindulva a megmentett érték:

$$M_{\text{hagy. eszk.}} = M_{\text{épület}} - (k_0 + k_{\text{hagy. eszk.}}) \quad \{4.2\}$$

- $M_{\text{épület}}$ – az épület és berendezési tárgyainak értéke,
 $M_{\text{hagy. eszk.}}$ – a hagyományos eszközökkel végrehajtott tűzoltásnál megmentett érték.

b) A tűz oltásával egyidőben alkalmazott mobil ventillálás gazdaságossági elemzése

Abban az esetben azonban, ha a tűzoltásvezető a tűz oltásával egyidőben mobil ventillátor alkalmazása mellett dönt, a zárttéri tüzek lefolyására jellemző tűzgörbe alapján a fentebb feltételezett tűz oltására fordított idő „t_{mob. vent.}” jelentősen csökken, amely kisebb „A_{mob. vent. olt.}” tűzterület égését eredményezi. Ennek megfelelően a tűz során keletkezett értékéből és az oltás költségéből adódó összköltséget a következőképpen határozom meg:

$$\Sigma K_{\text{mob. vent.}} = k_0 + k_{\text{mob. vent.}} + O_{\text{költ. mob. vent.}} \quad \{4.3\}$$

- $k_{\text{mob. vent.}}$ – a beavatkozás kezdetétől keletkezett kárérték,
 $O_{\text{költ. mob. vent.}}$ – az oltás költségei,
 $\Sigma K_{\text{mob. vent.}}$ – a mobil ventillálás alkalmazásával történő tűzoltás összköltsége.

A megmentett érték ennek megfelelően:

$$M_{\text{mob. vent.}} = M_{\text{épület}} - (k_0 + k_{\text{mob. vent.}}) \quad \{4.4\}$$

- $M_{\text{mob. vent.}}$ – megmentett érték a tűz oltásával egyidőben alkalmazott mobil ventillálás esetén.

c) A két oltási módszer költségeit összehasonlító elemzés

A fentiek alapján megállapításaim a következők:

1.) A beavatkozás megkezdéséig keletkezett kár mindkét oltási módszer esetében azonos értékű, nem változik:

$$k_0 = \text{konstans}$$

2.) Amennyiben a tűz oltásával egyidőben mobil ventillálást alkalmazunk, az oltásra fordított idő kisebb lesz, mint a hagyományos eszközökkel, felszerelésekkel végrehajtott oltás esetében:

$$t_{\text{hagy. eszk.}} > t_{\text{mob. vent.}}$$

3.) Mivel a tűzoltással egyidőben történő mobil ventillálás esetén rövidebb idő alatt megtörténik a tűz oltása, mint a hagyományos eszközökkel, felszerelésekkel végrehajtott tűzoltás esetében, a beavatkozás kezdetétől az oltás végéig terjedő tűz nagysága kisebb lesz:

$$A_{\text{hagy.olt.}} > A_{\text{mob. vent. olt.}}$$

Mindezeket figyelembe véve az alábbi következtetést vonom le:

A tűz oltásával egyidőben alkalmazott mobil ventillálással a megmentett érték nagyobb lesz, azaz:

$$M_{\text{hagy. eszk.}} < M_{\text{mob. vent.}}$$

A fentiek alapján megállapítom, hogy a tűz oltásával egyidőben alkalmazott mobil ventillálással a gazdaságosabb működtetés teljesül a hagyományos eszközökkel, felszerelésekkel végzett tűz oltásával szemben.

3.4.2. Tűzoltási költségek csökkentése

Az egységnyi mérési kísérletem alkalmával (3./57. p.) a hagyományos eszközökkel történő tűzoltás alkalmazásakor elsősorban a sűrű füstnek köszönhetően a gépjárműfecskenő szivattyújának működési ideje $t_{\text{sziv.mük.1}} = 265$ sec., míg a felhasznált oltóvíz mennyisége $V_{\text{oltóanyag 1}} = 146$ liter volt. Az ezt követő egységnyi mérési kísérletem (3./58. p.) a tűz oltásával egyidőben történő mobil ventillálás alkalmazásakor alig $t_{\text{sziv.mük.2}} = 130$ sec. szivattyúműködési időt eredményezett, a felhasznált oltóvíz mennyisége pedig mindössze $V_{\text{oltóanyag 2}} = 58$ liter volt.

A mért adatok alapján végeztem el számításaimat a **tűz oltásának költségeire** vonatkozóan, összehasonlítva a hagyományos eszközökkel, felszerelésekkel végrehajtott oltási módot a tűz oltásával egyidőben alkalmazott mobil ventillálással.

Számításaimmal elsőként a **hagyományos eszközökkel, felszerelésekkel végrehajtott tűz oltásának** költségeit határoztam meg. A mindkét oltási módszernél fellépő azonos költségű változókat (élőerő költsége, amortizáció költsége, egyéb költség) nem vettem figyelembe. Mindezek alapján:

$$O_{\text{költ.hagy. eszk.}} = \Sigma K_{\text{oltóanyag 1}} + K_{\text{sziv. műk. 1}} \quad \{4.5\}$$

$\Sigma K_{\text{oltóanyag 1}}$ – a felhasznált oltóanyag összköltsége,

$K_{\text{sziv. műk. 1}}$ – a tűzoltó-gépjárműfecskendő szivattyújának működési költsége.

$$\Sigma K_{\text{oltóanyag 1}} = V_{\text{oltóanyag 1}} \times K_{\text{oltóanyag}} \quad \{4.6\}$$

$V_{\text{oltóanyag 1}}$ – a felhasznált oltóanyag mennyisége,

$K_{\text{oltóanyag 1}}$ – az oltóanyag bekerülési költsége¹².

Ennek megfelelően behelyettesítve a {4.6} képletbe:

$$\Sigma K_{\text{oltóanyag 1}} = 0,146 \times 420 = 61, 32 \text{ Ft}$$

Továbbá:

$$K_{\text{sziv. műk. 1}} = t_{\text{sziv. műk. 1}} \times F_{\text{átlagos}} \times k_{\text{üzemanyag}} \quad \{4.7\}$$

$t_{\text{sziv. műk. 1}}$ – a tűzoltó-gépjárműfecskendő szivattyújának működési ideje,

$F_{\text{átlagos}}$ – a 4000-es típusú Mercedes–Rosenbauer tűzoltó-gépjárműfecskendő szivattyú működése melletti átlagfogyasztása,

$k_{\text{üzemanyag}}$ – az üzemanyag bekerülési költsége¹³.

Behelyettesítve a {4.7} képletbe:

$$K_{\text{sziv. műk. 1}} = 0,0735 \times 28 \times 257 = 528,9 \text{ Ft}$$

A kapott eredményeket behelyettesítve a {4.5} képletbe:

$$O_{\text{költ.hagy. eszk.}} = 61, 32 + 528,9 = 590 \text{ Ft}$$

A fentebb vázolt számítási módszernek megfelelően kiszámítom az oltás költségét a **tűz oltásával egyidőben végzett mobil ventillálásnál** kísérletem alapján mért eredmények felhasználásával a következőképpen:

$$O_{\text{költ.mob.vent.}} = \Sigma K_{\text{oltóanyag 2}} + K_{\text{sziv. műk. 2}} \quad \{4.8\}$$

Ahol a felhasznált oltóanyag összköltsége:

¹² Egy m³ víz költsége a számítás bázisében 2007-ben.

¹³ Egy liter üzemanyag költsége a számítás bázisében 2007-ben.

$$\Sigma K_{\text{oltóanyag } 2} = V_{\text{oltóanyag } 2} \times K_{\text{oltóanyag}} \quad \{4.9\}$$

Kiszámítva {4.9}:

$$\Sigma K_{\text{oltóanyag } 2} = 0,058 \times 420 = 24,36 \text{ Ft}$$

Továbbá:

$$K_{\text{sziv. műk. } 2} = t_{\text{sziv. műk. } 2} \times F_{\text{átlagos}} \times k_{\text{üzemanyag}} \quad \{10\}$$

Behelyettesítve a {10} képletbe.

$$K_{\text{sziv. műk. } 2} = 0,036 \times 28 \times 257 = 259,05 \text{ Ft}$$

A kapott eredményeket behelyettesítve a {4.8} képletbe:

$$O_{\text{költ.hagy. eszk.}} = 24,36 + 259,05 = 283,4 \text{ Ft}$$

A számításaim alapján kapott értékeket a 4. táblázatban foglaltam össze. Az eredményeim alapján megállapítom, hogy a tűzoltással egyidőben alkalmazott mobil ventillálás esetén a tűzoltás költsége kevesebb, mint fele a hagyományos módon végrehajtott tűzoltás költségének.

Tűzoltás módszere	Szivattyú működésének ideje [sec]	Mért oltóanyag		Számított üzemanyag		Tűzoltás költsége [Ft]
		mennyisége [l]	értéke [Ft]	mennyisége [l]	értéke [Ft]	
Tűzoltás hagyományos eszközökkel	265	146	61,32	2,058	528,9	590
Tűzoltással egyidőben történő mobil ventillálással	2,16	58	29	0,9	259,05	283

4. táblázat. A tűzoltás költsége. (Forrás: Saját.)

3.4.3. Mobil ventillátorok beszerezhetősége

A fentebb végrehajtott gazdasági számításaim eredményeire alapozva hipotézisem, hogy egy közepes kategóriájú tűzoltóság, amennyiben a hagyományos oltással szemben a gazdaságosabb, tűz oltásával egyidőben mobil ventillálást alkalmazza, a tűzoltás költségének megtakarítása egy évet figyelembe véve jóval nagyobb lesz, mint a

mobil ventilátor bekerülési költsége. Tehát a mobil ventilátor beszerzésének költsége az alkalmazását követő egy éven belül megtérül.

Bizonyításra a Hatvani Tűzoltóság 2007. évi adatait vettem számításba, mivel ebben az évben még nem alkalmaztunk mobil ventilálást a tűz oltásakor. A vizsgált évben tűzoltóságunk 61 esetben avatkozott be **hagyományos tűzoltási eszközökkel** a zárttéri tüzek¹⁴ oltásánál, mely esetekben a szivattyúk¹⁵ működési ideje $\Sigma t_{\text{sziv. műk.}} = 460$ üzemóra. A felhasznált oltóanyag mennyisége $\Sigma V_{\text{oltóanyag}} = 206 \text{ m}^3$.

Az éves oltóanyag felhasználási költség a {4.5} alapján:

$$\Sigma K_{\text{oltóanyag 1}} = 206 \times 420 = 86\,520 \text{ Ft}$$

Továbbá a szivattyúk éves működési költsége a {4.7} alapján¹⁶:

$$\Sigma K_{\text{sziv. műk. 1}} = 460 \times 28,5 \times 257 = 3\,369\,270 \text{ Ft}$$

A kapott eredményeket behelyettesítve a {4.5} képletbe:

$$O_{\text{költ.hagy. eszk.}} = 86\,520 + 3\,369\,270 = 3\,455\,790 \text{ Ft}$$

A kapott eredmény gyakorlatilag azt jelenti, hogy a Hatvani tűzoltóság 2007-ben a zárttéri tüzek oltására 3 455 790 Ft-t költött. Amennyiben ezeknél a beavatkozásoknál a tűz oltásával egyidőben mobil ventilálást alkalmaztunk volna, úgy a kísérletem táblázatban összegzett eredményei alapján (4. táblázat) ez a költség közelítőleg felére, azaz 1 727 895 Ft-ra csökkent volna. Ezzel szemben egy közepes szállított levegőteljesítményű mobil ventilátor teljes költsége 480 000 Ft, míg egy nagy szállított levegőteljesítményű ventilátoré 880 000 Ft.

A fenti számítások alapján megállapítom, hogy közepes nagyságú tűzoltóságunk¹⁷ 2007. évi adatai alapján a tűzoltási költségek egy éves megtakarítása fedezi egy-egy közepes és nagy szállított levegőteljesítményű ventilátor költségét, azaz egy költségvetési év alatt megtérül a ventilátorok vásárlására fordított összeg.

Amennyiben figyelembe vesszük a nagy értékű tűzoltási és műszaki mentőfelszerelés pályázati lehetőségeit, úgy 20%-os önrésszel 96 000 Ft, illetve 176 000 Ft be-

¹⁴ Elsősorban lakóháztüzek, közösségi épületekben keletkezett tüzek.

¹⁵ A 2000-es, a 4000-es típusú Mercedes-Rosenbauer és IFA W50 tűzoltó-gépjárműfecskendő, valamint vízszállítóvá átalakított TŰ-4-es szivattyúi.

¹⁶ Tűzoltógépjárművek szivattyúinak működése melletti működési idő arányában átlagolt átlagfogyasztás figyelembevételével.

¹⁷ V. szervezési kategóriájú parancsnokság.

kerülési költséggel vásárolhatók meg az eszközök, amely jóval az éves megtakarítás összege alatt van.

3.4.4. Költségsökkentés, amely nem forintosítható

A tűz oltásával egyidőben alkalmazott mobil ventilláció hatékonyságának nem minden eleme forintosítható. A környezetkárosító hatás csökkentése környezetünk védelme érdekében elengedhetetlen az életünk minden területén, így a tűzoltási, műszaki mentési tevékenység során is.

A hatékonyabb, új tűzoltási módok kidolgozásánál törekedni kell környezetünk védelmére is, mivel a tüzek oltására alkalmazott anyagok eltérő mértékben ugyan, de a környezetünk károsodását okozhatják. A napjainkra valósággá váló globális felmelegedés, az egyre nagyobb mértékben alkalmazott mérgező anyagok, nehézfémek, valamint a biológiailag lassan bomló vegyületek mind több környezeti kárt okoznak. Az életünk minden területén szükséges törekedni a környezeti károkat okozó tevékenységek csökkentésére, illetve a tevékenységek során környezetet nem károsító, vagy lehetőleg kevésbé károsító anyagok alkalmazására. Ezen követelményeknek megfelelően elengedhetetlen olyan környezetbarát tűzoltó anyagok, tűzoltási módok kiválasztása, amelyek alkalmazásuk esetén egyáltalán nem, de legalábbis a lehető legkisebb mértékben károsítják környezetünket.

A tüzeseteket, a különféle közlekedési vagy ipari baleseteket vizsgálva megállapíthatjuk, hogy azok a levegőre, talajra, élővizekre, azaz környezetünkre komoly szennyező hatással lehetnek. A keletkezett környezeti károkat a rosszul megválasztott oltóanyag vagy oltási mód, esetleg a megfelelő oltóanyag hiánya tovább fokozhatja [2].

Egy-egy káresetnél fontos szempont az alkalmazott taktikai elvek és felhasznált anyagok, eszközök kiválasztásánál azok esetleges környezetkárosító hatásának vizsgálata. A tüzeset során keletkező környezetszennyező anyagok mértéke jelentősen csökkenthető jó hatásfokú oltóanyag használatával még akkor is, ha környezetidegen oltóanyagot alkalmazunk (pl. kőolajszármazékok tüzeinél), mivel a rövidebb ideig tartó tüzet kevesebb oltóanyaggal oltottuk el. Alapelv, hogy a tűz – amely egyébként is környezetkárosító – oltása ne járjon további negatív hatással, de legalábbis a lehető legkevésbé károsítsa a környezetünket [38].

Mindezek alapján leszögezhető, hogy a tüzek oltásával egyidőben alkalmazott mobil ventillációval, mint újszerű, környezetkímélő oltási módszerrel a tűz lényegesen rövidebb idő alatt oltható el, így a tűz környezetkárosító hatása is rövidebb ideig tart, valamint lényegesen kevesebb oltóanyagot (víz) használunk fel, melynek köszönhetően mérséklődhet az ivóvíz felhasználásunk.

3.5. A FEJEZET RÉSZKÖVETKEZTETÉSEI

A fejezetben a hagyományos oltási módszerrel szemben a zárttéri tüzek oltásával egyidőben alkalmazható mobil ventilláció hatékonyságát vizsgáltam szakmai, költséghatékonysági és a környezetünkre gyakorolt hatása szempontjából, melynek keretében a következő eredményekre jutottam:

1. A légsebesség mérésével a kiáramló nyílásnál, valamint a szellőztetendő helyiség légnyomásának mérésével megállapítottam a turbóventillátor beáramló nyílástól való optimális elhelyezési távolságát.
2. Hidegfüst kísérettel alátámasztottam, hogy a mobil ventilláció hatására a lakóház jellegű épületekben kevesebb, mint egy perc alatt a látási viszonyok normalizálódtak, a beavatkozást nem gátolta a füst.
3. Egységtüzek oltásának mérési eredményeivel bebizonyítottam, hogy:
 - a) a tűz oltásával egyidőben történő mobil ventillálással gyorsabban végrehajtható a tűz oltása az alacsonyabb hőmérsékletnek és a jobb látási viszonyoknak köszönhetően;
 - b) a tüzeset helyszínén bennrekedt személy a padlószint közelében lényegesen nagyobb eséllyel éli túl a tüzesetet, ahol minden esetben az oxigén legalább 15 térfogatszázaléka biztosítva volt, a hőmérséklet egyik mérési kísérlet alkalmával sem érte el az 50°C, de a szén-monoxid koncentrációja is alig haladta meg az 1,5 – 2 órán keresztül történő belégzés esetén veszélyes értéket;
 - c) a mobil ventillálással a beavatkozási állomány kedvezőbb körülmények között tud beavatkozni, mind a tájékozódás, mind pedig az őket ért hőszugárzás tekintetében;

- d) a tűz terjedése a mobil ventillálás alkalmával az alacsony hőmérsékletnek köszönhetően kevésbé tud megvalósulni;
 - e) amennyiben a kiáramló nyílás aránya a beáramló nyíláshoz képest kedvezőtlenül nagy, a szükséges túlnyomás és így a kellő mértékű levegőáram nem jön létre, ennek megfelelően a ventillálás táplálja az égést.
4. Bevezettem az alulventillálás fogalmát, mely esetben a ventillálás alkalmazása a tűz terjedésének fokozásával jár, célunkkal ellentétes hatást érve el.
 5. Az Országos Tűzvédelmi Szabályzat előírásait figyelembe véve elsőként bebizonyítottam, hogy az adott lépcsőház füstmentesítéséhez csukott kiáramló nyílásnál nagy szállított levegőteljesítményű mobil ventillátor működtetésével lehet a szükséges túlnyomást biztosítani.
 6. Gyakorlati tapasztalataim alapján bebizonyítottam, hogy a már füsttel telített – amennyiben automata csukószerkezettel ellátott folyosókra nyíló ajtókkal rendelkezik – lépcsőházból a mobil ventillátorok működtetésével a folyosóról beáramló füst hatékonyan eltávolítható a kiáramló nyíláson keresztül.
 7. Elsőként bizonyítottam be, hogy az azonos effektív szállított levegőteljesítményű, de különböző elven működő mobil ventillátorok közül a kiáramló nyílásnál mért levegőáramlási sebesség tekintetében a turbóventillátor hatékonyabb teljesítményt nyújt a hagyományos értelemben vett pozitív nyomású ventillátorral szemben.
 8. Bebizonyítottam a zárttéri tüzek lefolyására jellemző tűzgörbe alapján, hogy a tűz oltásával egyidőben alkalmazott mobil ventilláció esetén a hatékonyabb tűzoltásnak köszönhetően az okozott kárérték kisebb, amelynek megfelelően a megmentett érték nagyobb lesz.
 9. Kísérleteim eredményeire alapozva gazdaságossági számításaimmal bebizonyítottam, hogy egy közepes szervezési kategóriájú tűzoltóságon éves intervallumot figyelembe véve zárttéri tüzek eseténél a tűzoltással egyidőben alkalmazott mobil ventillálással a keletkezett költségmegtakarítás fedezi egy-egy közepes és nagy szállított levegőteljesítményű ventillátor bekerülési költségeit.
 10. Bebizonyítottam, hogy a tüzek oltásával egyidőben alkalmazott mobil ventilláció, mint újszerű, környezetkímélő oltási módszerrel:

- a) a tűz lényegesen rövidebb idő alatt oltható el, ezáltal a tűz környezetkárosító hatása rövidebb ideig tart;
- b) lényegesen kevesebb oltóanyag (víz) szükséges, amelynek köszönhetően ivóvíz készletünk felhasználása mérséklődhet.

Elsősorban az egységtűzes mérési kísérletek végrehajtása azonban több hiányosságra is felhívta a figyelmet a beavatkozások tekintetében az alábbiakban felsoroltak szerint.

- a) ***A mobil ventillátorok hatékony működtetése mellett szükség van az eljárás biztonságos végrehajtására is:*** ennek érdekében egy biztonsági szabályzat készítése szükséges.
- b) ***A tűzoltásvezetőnek adott esetben a tűzoltás taktikájáról – mobil ventillálás bevetettségének tekintetében – gyors döntést kell hoznia, amely megfelelő gyakorlat hiányában nem megoldott:*** ennek érdekében döntési sor felállítására van szükség, amely segítséget nyújt, és amely generálisan alkalmazható minden zárttéri tűz oltása során.
- c) ***A 37/2003. számú BM OKF intézkedés mellékletével kiadott Szerelési Szabályzatnak a mobil ventillátor telepítésére vonatkozó előírásai módosításra szorulnak:*** javaslattétel szükséges a kiegészítésre.
- d) ***Az 1/2003. (I. 9.) BM rendelet mellékleteként kiadott Tűzoltási és Műszaki Mentési Szabályzat középmagas és magas épületekre vonatkozó előírásai kiegészítésre szorulnak:*** javaslattétel szükséges a kiegészítésre.
- e) ***Nem megoldott a mobil ventillátorok hazánkban általánosan elterjedt gépjárműfecskendőkre történő málházása:*** ennek megfelelően javaslatot kell tenni különböző szállított levegőteljesítményű ventillátorok megfelelő elhelyezésére.
- .) ***A hazai tűzoltóink nem ismerik, ennél fogva nincsenek is kiképezve a mobil ventillálás szakszerű végrehajtására:*** ezért szükség van egy képzési témavázlat összeállítására.

Mindezen figyelembe véve a következő fejezetben javaslatokat teszek az általam feltárt hiányosságok pótlására.

4. A MOBIL VENTILLÁLÁS ALKALMAZHATÓSÁGÁNAK FELADATAI

4.1. BEVETÉSI ÉS BIZTONSÁGI SZABÁLYZAT

Napjaink zárttéri tüzeinek megnövekedett veszélyeiről, amelyek elsősorban a szintetikus anyagok elterjedésének és a mind tökéletesebben szigetelő nyílászáróknak köszönhetőek, fentebb már tettem említést. A beavatkozók biztonsága szempontjából azonban az alábbiak szerint szeretném felhívni a figyelmet a megváltozott körülmények okozta veszélyekre. Irodalmi kitekintésem során szerzett tapasztalatom szerint:

- sokkal gyorsabban kialakul a backdraft (1./5.1.), valamint sokkal gyorsabban bekövetkezik flashover (1./5.2.);
- a beavatkozás ideje alatt folyamatosan értékelni kell a zárttérben keletkezett tűz környezetét, amelyre alapozva kell meghatározni az épületen belüli működési időt;
- a tűz helyszínén előfordulhat a sűrű füstképződés végett, hogy a beavatkozás hatékonyságának növelése érdekében hatékony szellőztetést kell biztosítani.

A fentebb leírtak alapján vitathatatlan tény, hogy a hatásos szellőztetés a zárt terek, épületek tüzeinél a támadás lényeges részét képezheti, és növelheti a tűzoltók biztonságát a zárt terekben. A túlnyomásos szellőztetés gyökeresen javít a tűzoltási környezeten [39], ugyanakkor elengedhetetlen a beavatkozók figyelmét felhívni ennek a módszernek a korlátaira, veszélyeire.

- a) A mobil ventilláció alkalmazása ugyan jelentősen javít a környezeti tényezőkn a füstgázok – köztük a toxikus gázok – nagy részének eltávolításával, de a nem várt események esetleges bekövetkezése végett a légzőkészülék használata a beavatkozás folyamán mindvégig kötelező.
- b) Fontos, hogy a beavatkozási állomány kifejezetten csak a beáramló nyílást használhatja a feladat végrehajtásakor. Mivel a tűz fészke és a kiáramló nyílás közötti zónában jellemzően magas a felszabaduló égéstermékek hőmérséklete, az ott tartózkodást, de még csak az áthaladást is kerülni kell.
- c) Mobil ventilláció esetén annak érdekében, hogy a kialakult levegőáramlást a folyamat végéig megőrizzük, megengedhetetlen a rég bevált taktika szerint további szellőztető (kiáramló) nyílásokat nyitni.

- d) A ventilátor által keltett, a beáramló nyíláson keresztülhaladó légáramlatban behatolás közben is csak a lehető legrövidebb ideig szabad tartózkodni, mert gátolva a légáramlást, veszélybe sodorhatja a már benttartózkodókat.
- e) A mobil ventiláció alkalmazásakor nem elégséges felületű kiáramló nyílás esetén a kialakuló kavargó légáramlat veszélyt okoz.
- f) A kilépőnyílásnál kiáramló nagy mennyiségű hő az épületen kívül tüzet okozhat, ezért a védősugár biztosítása kötelező.
- g) A ventilátor elhelyezését, illetve a kilépő nyílás helyét úgy kell megválasztani, hogy a kiáramló hőt és égéstermékeket nehogya visszaáramoltassuk az épületbe, illetve a beavatkozókra.
- h) A ventilátor által keltett levegőáram a környezetéből szabadon lévő tárgyakat sodorhat el, törmelékeket ragadhat magával.
- i) A motor által keltett vibráció miatt a ventilátor „elsétálhat”, hatástalanná válva és veszélybe sodorva a bent tartózkodókat.
- j) A benzinmotoros ventilátorok szén-monoxidot termelnek, amelyek elvezetéséről adott esetben gondoskodni szükséges.
- k) A mobil ventilálást megszüntetni csak abban az esetben lehet, amennyiben a szellőztetendő épületben senki sem tartózkodik, ellenkező esetben a légáramlat megszűnésével a hirtelen megnövekvő kockázati tényezők veszélybe sodorhatják a benttartózkodókat.

Azonnal meg kell szüntetni a ventilálást, amennyiben ellenkező hatást, azaz alulventilálást tapasztalunk, melynek esetei:

- a) amikor a ventilátor teljesítményéhez képest a kiáramló nyílás aránytalanul nagyobb a beáramló nyílásnál (2./3.4.), melynek következtében nem tud a túlnyomás hatására létrejönni a forró égéstermékeltávolító levegőáram;
- b) amikor a tűzoltás folyamán a szellőztetendő helyiség ablakai a hőtágulás okozta feszültség következtében kitörnek (3./1.2.) – vagy más okból kifolyólag megnövekedik a kiáramló nyílás aránya –, lecsökkentve, megszüntetve ezzel a légáramlatot;

- c) amikor a kiáramló nyílással szembeni szél erőssége hatástalanítja a ventilátor vagy ventilátorok működését;
- d) a tűz lefeketítését¹⁸ követően, amikor a szellőztetés hatására a lángra lobbanás veszélye fennáll.

Továbbá **meg kell szüntetnünk a ventilálást**, amikor a tűz továbbterjedhet a leválasztott terek (álmennyezet, álpadlók) mögött [39].

Annak érdekében, hogy a mobil ventilátorok a bevetések alkalmával hatékonyan és biztonságosan üzemeljenek, be kell tartani az alábbiakban összegzett, gyártók által előírtakat.¹⁹

- A mobil ventilátorokat kizárólag kiképzett tűzoltó üzemeltetheti.
- Használat előtt és után ellenőrizze a ventilátort, hogy sérült-e? Látható sérülés esetén ne indítsa el a motort!
- Győződjön meg a védőrács biztonságos rögzítettségéről! A készüléket ne üzemeltesse hiányzó, laza vagy sérült védőraccsal!
- A nyomóventilátorokat semmi esetre sem szabad robbanásveszély fennállása esetén használni.
- A készüléket csak a motor teljes leállása után szabad mozgatni. Ne mozdítsák el a készüléket, amikor forog a rotor!
- A környezetet tisztítsa meg a könnyebb tárgyaktól, törmeléktől, homoktól, stb., mivel ezeket a ventilátor felszívhatja, és súlyos sérüléseket okozhatnak.
- Különösen a ventilátor szívó oldalán tartson távol a ventilátor lapátkerekeitől minden olyan tárgyat (kötelet, szíjat, stb.), amely bekerülve a forgó lapátok közé sérülést okozhat.

4.2. BEAVATKOZÁSI METÓDUS

A tüzesetek sokszínűségéből adódóan a tűzoltói beavatkozások²⁰ eltérő módon, más–más felszerelésekkel, eszközökkel, különböző oltóanyagok felhasználásával tör-

¹⁸ **Lefeketítés:** a tűz lánggal való égésének megszüntetése, további feladat az izzó, parázsló góccok felkutatása, oltása.

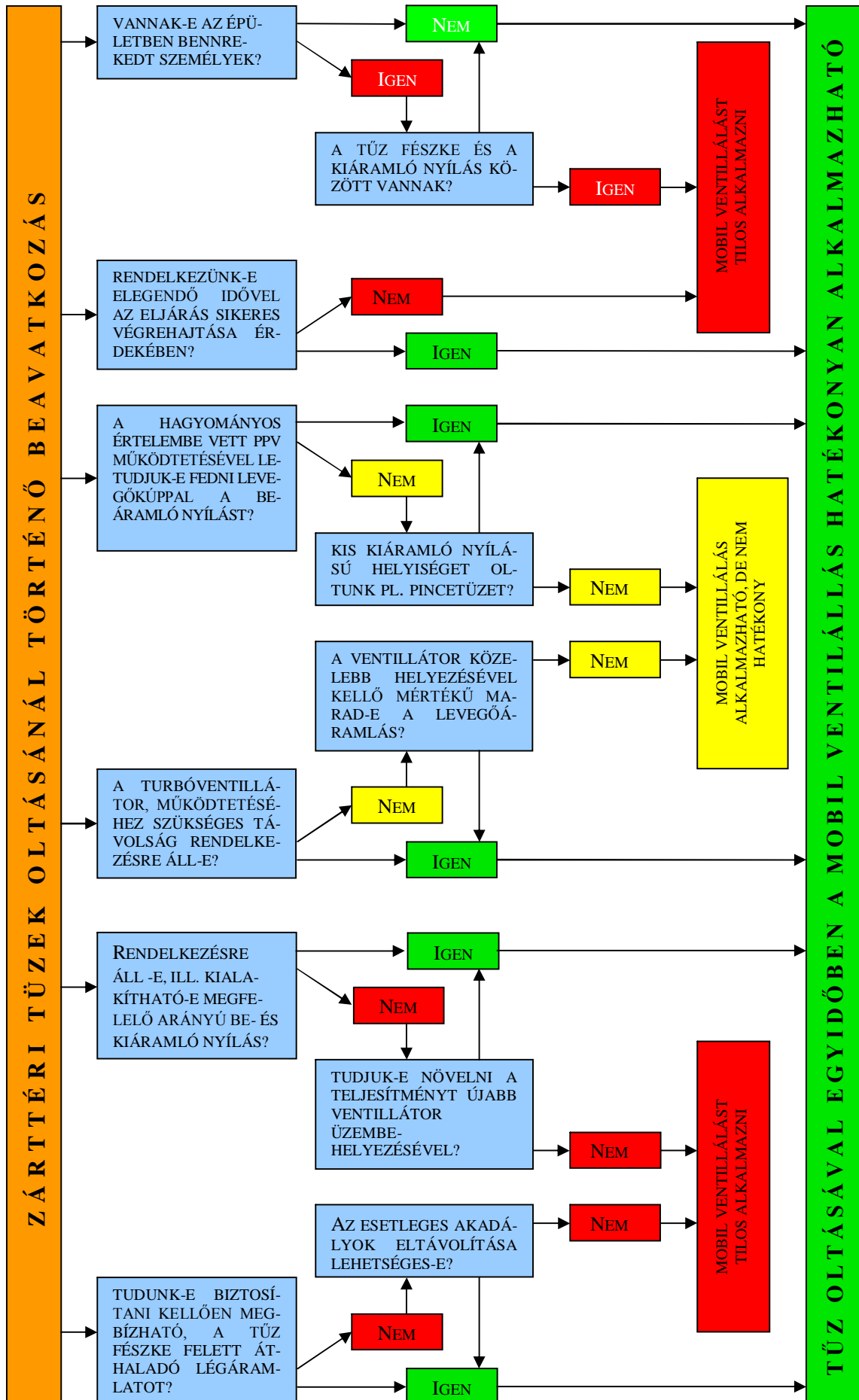
¹⁹ Rosenbauer Fanergy nyomóventilátor biztonsági útmutatója, a Leader GmbH MT 260 turbóventilátor kezelési utasítása.

²⁰ **Tűzoltói beavatkozások:** jogszabályokban meghatározott feladatok taktikai elemek alkalmazásával történő végrehajtása.

ténnek. Mégis vannak bizonyos kapcsolódó pontok, melyek köré a tűz oltása felépíthető. A mobil ventillálás bevetettségéről, a tűzoltás taktikájáról²¹ történő gyors döntés érdekében döntési sor felállítására van szükség, amely generálisan alkalmazható minden zárttéri tüzeset oltása során, segítséget nyújtva a tűzoltásvezetőnek²². Az alábbiakban vázolt metódus kidolgozásánál figyelembe vettem a hazai és külföldi szakirodalomban fellelhető eljárási szabályokat, valamint a hazai sajátosságokat és jogszabályi környezetet.

²¹ **Tűzoltás taktikája:** tűzoltás folyamatában a résztvevő erők és alkalmazott eszközök térben és időben úgy irányítani illetve alkalmazni, hogy a tüzeset a lehető legrövidebb időn belül, a további károkozás elkerülésével felszámolható legyen.

²² **Tűzoltásvezető:** a tűz oltásának egyszemélyi felelős vezetője, előljárója a riasztott és a tűzoltásban részt vevő tűzoltóknak. A tűzoltás helyszínén más személy csak a tűzoltásvezető előzetes engedélyével intézkedhet.



28. ábra. Beavatkozási módszer. (Forrás: Saját.)

4.3. MOBIL VENTILLÁLÁS ALKALMAZHATÓSÁGÁRA, SZERELÉSI SZABÁLYÁRA VONATKOZÓ MÓDOSÍTÓ JAVASLATOK

4.3.1. Középmagas és magas épületek lépcsőházainak füstmentesítése

Hazánkban a lakások mintegy 15%-a tartozik a paneles épületek közé kb. fél-millió lakással, s ezen belül külön veszélyforrást képeznek a középmagas épületek²³, de ne feledkezzünk meg a szintén egyre növekvő számú magas épületről²⁴ sem. Ország-szerte 383 településen található középmagas épület, ebből 317 településen kevesebb, mint 5 db, 66 településen 5 db vagy annál több ilyen épület készült. (11 településen 100 feletti ezen épületek száma) [40].

Az utóbbi időben épült középmagas és magas épületekben – melyek főleg lakóépületek, de az iroda funkció is jellemző – már van beépített hő- és füstelvezetés a menekülési utak biztosítására. Régebbi építésűeknél azonban alig találkozunk ezen tűz-védelmi berendezésekkel.

A magas épületek tűzoltástaktikai jellemzéséhez tartozó alapvető létesítési szabályok²⁵ alapján többek között két lépcsőházat kell létesíteni, melyek közül az egyik füstmentes kialakítású. Összességében pedig – zárt lépcsőházak esetén – a legfelső szinten vagy a tetőn hő- és füstelvezetőt kell létesíteni úgy, hogy középmagas épületnél ezeket az alsó és a felső szintekről, magas épületnél az alsó szintről és a 30 méter feletti használati szinttel rendelkező minden használati szintről nyitni lehessen [41].

Mindezen előírást szem előtt tartva, figyelembe véve az ide vonatkozó mérési kísérleteim eredményét (3./ 2) javaslom a tűzoltóság tűzoltási és műszaki mentési tevékenységének szabályairól szóló 1/2003. (I. 9.) BM rendelet mellékleteként kiadott Tűzoltási és Műszaki Mentési Szabályzat középmagas és magas épületek tüzeinek oltására vonatkozó VI. fejezetének 154. pontját az alábbiak szerint kiegészíteni [42].

„154. Az életmentést minden lehetséges esetben a beavatkozás helyét, irányát nem érintő útvonalon kell végrehajtani.” *Az életmentés végrehajtása érdekében hő- és*

²³ Amelyben a legfelső építményszint szintmagassága 13,65 méter és 30 méter között van.

²⁴ Amelyben a legfelső építményszint szintmagassága²⁴ a 30 métert meghaladja.

²⁵ 9/2008. (II. 22.) ÖTM rendelettel megjelent Országos Tűzvédelmi Szabályzat (OTSZ) 5. rész Építmények tűzvédelmi követelményei. Építmények tűzvédelme. II. Lépcsőházak hő- és füstelvezetése, füstmentesítése. 1.2. és 1.3. pontja.

füstelvezető berendezéssel nem rendelkező zárt lépcsőház, menekülési útvonal füstmentesítésére meg kell állapítani a mobil ventilátor bevezetőségének lehetőségét.

4.3.2. Szerelési gyakorlat végrehajtása

A tűz oltásával egyidőben alkalmazott mobil ventilálás végrehajtása folyamatának a lépései nem kerültek kidolgozásra a 37/2003. számú BM OKF intézkedés mellékletével kiadott Szerelési Szabályzatban²⁶, előírásai kiegészítésre szorulnak, ezért javaslatot teszek az általam kidolgozott kiegészítés a szabályzat V. fejezet 8. pontjába történő integrációjára az alábbiak szerint [43].

„8. Gépjárműfecskendőről magasnyomású gyorsbeavatkozó sugár működtetése mellett túlnyomásos ventilátor szerelése”

Beosztás:

5 fő (1-es, 2-es, 3-as, 4-es, 5-ös)

Vezényszó:

„Gyorsbeavatkozó sugarat szerelj gépjárműfecskendőről! „Túlnyomásos ventilátort szerelj)! Irány...! Táplálás szívótömlővel! Rajta!”

Szerelési sorrend:

gyorsbeavatkozó sugár szerelése,
túlnyomásos ventilátor szerelése,
táplálás szerelése.

Végrehajtás:

***Gyorsbeavatkozó sugár szerelése:** Szabályzat V. fejezet 8. pont.*

Megjegyzés:

Ha szükséges, a 60 m hosszúságú magasnyomású tömlő kifektetésében a 4-es segédkezzen.

Túlnyomásos ventilátor szerelése:

A 3-as illessze a gurítórampákat a helyére és a 4-es oldozza fel a berendezés rögzítőit, majd vegyék ki a ventilátort az átmenő fakkból.

²⁶ A Szerelési Szabályzat IV. fejezetének 7.4. pontjában található szellőztető berendezés régebben a műszaki mentő szerekben elhelyezett, kis effektív levegőszállítási teljesítményű ventilátorra utal, amelynek működési elvéből adódóan telepítése, működtetése eltér a mobil ventilátorétól.

A 3-as vigye ki a ventillátort a megjelölt helyre, állítsa fel a meghatározott távolságra a beáramló nyílástól, a rugós biztosítócsap segítségével állítsa be a kívánt dőlésszöveget, majd helyezze üzembe.

Visszaszerelés: *Szabályzat V. fejezet 8. pont.*

(Kiegészítés)

A 3-as vigye vissza a gépjárműfecskendőhöz a ventillátort, majd a 4-es segítségével a gurítórámpák alkalmazásával helyezték a helyére. A 4-es rögzítse a berendezést, a 3-as helyezze vissza a gurítórámpákat.

Táplálásszerelés: *Szabályzat II. fejezet 9–13. pontok.*

4.3.3. A mobil ventillátor gépjárműfecskendőkre történő málházása

A fecskendőkre málházható ventillátorok mérete, súlya nem lehet túl nagy, és számuk is korlátozott. Kézi erővel könnyen mozgatható eszközökre van szükség, hiszen a feltételek megváltozása esetén át kell tudni helyezni. A kereskedelmi forgalomban számos típus megtalálható, de a leghatásosabb a 45–55 cm átmérőjű, kb. 3,7 kW benzin-ventillátor.

A mobil ventillátorok kialakításukból adódóan **felügyelet nélkül, teljes terheléssel üzemeltethetők.**

Hazánkban a tűzoltóságok legnagyobb részénél Mercedes–Rosenbauer TLF 2000 vagy 4000 típusú gépjárműtechnikát alkalmaznak gépjárműfecskendőként. Alapmálházásuk teljesen megegyező, melynek lényege, hogy a magasabb riasztási fokozatú tűzeseteknél, ahol több tűzoltóság erői és eszközei vesznek részt a kárfelszámolásban, a beavatkozók szükség esetén bármely szer eszközét idővesztés (keresgélés) nélkül tudják igénybe venni.

A Hatvani Tűzoltóságon mindkét típusú gépjárműfecskendőben elhelyeztünk egy–egy mobil ventillátort, melynek alapján az eszköz az alaplálha része lehet.

A Mercedes–Rosenbauer TLF 2000 típusú gépjárműfecskendő átmenő fakkjában a legnagyobb szállított levegőtelteljesítményű mobil ventillátor is elfér (5. kép). A könnyebb kiemelhetőség érdekében gurítórámpát készítettünk.



5. kép. Az MR TLF 2000 típusú gépjárműfecskendő átmenő fakkjában nagy szállított levegőteljesítményű mobil ventilátor is elhelyezhető. (Forrás: Saját.)

A Mercedes–Rosenbauer TLF 4000 típusú gépjárműfecskendő esetében pedig – átmenő fakk hiányában – a jobb hátsó fakk (6. kép) alkalmas leginkább mobil ventilátorok elhelyezésére.



6. kép. A Mercedes–Rosenbauer TLF 4000 típusú gépjárműfecskendő jobbhátsó fakkjában közepes szállított levegőteljesítményű, mobil ventilátor helyezhető el. (Forrás: Saját.)

4.4. A KÉSZENLÉTI SZOLGÁLATOT ELLÁTÓ ÁLLOMÁNY KIKÉPZÉSE

Hivatásos tűzoltóságok képzési rendszere meghatározó jelentőséggel bír a beavatkozási állomány szakszerű feladatellátásában. A kiképzés egységes rendszert alkot, ahol a témakörök egymásra épülnek, amelyeket előre elkészített témavázlatok alapján tartanak meg a képzés vezetői. A jelenlegi rendszerben sajnálatos módon nem áll rendelkezésre a beavatkozók részére olyan ismeretanyag, amelynek alkalmazásával bizto-

sítható lenne a tűz oltásával egyidőben alkalmazható mobil ventilláció hatékony és biztonságos alkalmazása.

A készenléti szolgálatot ellátó állomány képzését a megyei katasztrófavédelmi igazgatóságok által jóváhagyott Éves továbbképzési terv alapján kell végrehajtani. A képzés rendszere a hivatásos önkormányzati tűzoltóságok döntő többségénél azonos elvekre épül. Ennek köszönhetően mind az elméleti, mind pedig a gyakorlati képzés rendszere lehetővé teszi a felügyeleti szerv²⁷ által javasolt oktatások egységesen történő bevezetését.

Tapasztalatom szerint a tűzoltóságok többsége nem ismeri a mobil ventillálásban rejlő előnyöket, ezért a ventillátorok beszerzésével sem foglalkozott. Azok a tűzoltóságok, amelyek rendelkeznek az eszközökkel, képzés nélkül használják azokat, nem ismerve a benne rejlő lehetőségeket, illetve a szakszerűtlen használat során fellépő veszélyeket. Többek között ezen hiányosságok pótlását szolgálja a tűzoltással egyidőben alkalmazható mobil ventillálás 15 oktatási órából álló (10 óra elméleti oktatás, 4 óra gyakorlati és 1 óra ellenőrző foglalkozás) képzési témavázlata, utat nyitva a tűzoltóságok előtt a felvázolt tűzoltási eljárás megismerésére.

A képzés célja, hogy a végrehajtói állomány a feladat végrehajtása során tisztában legyen az alkalmazás bevethetőségének feltételeivel, az esetlegesen fellépő veszélyekkel. Fontos, hogy a feladatot gyorsan, készségszinten tudja végrehajtani. A képzés bevezetésével a beavatkozó állomány által a tűzoltással egyidőben alkalmazható mobil ventillálás, mint komplex feladat ismeretanyagának elsajátításával lehetővé válik az eszköz gyors, hatékony és szakszerű alkalmazása.

Tűzoltással egyidőben alkalmazható mobil ventillálás képzésének témavázlata

1 – 2 óra

- A tűz zónái

– felsorolás

²⁷ A tűzoltóságok (állami, hivatásos önkormányzati, önkéntes, létesítményi, egyesületek) szakmai felügyeletét a megyei igazgatóságok útján (a Fővárosi Tűzoltóság esetében közvetlen) az Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság (OKF) látja el.

- A tűz kifejlődésének szakaszai
 - *elemzés*
- A gázcsere
 - *gázcsere*
 - *gázcsere zárt helyiségben*
- A füst
 - *jellemzői, veszélyei*
- Flashover
 - *kialakulása, veszélyei*
- Backdraft
 - *kialakulása, veszélyei, összehasonlítása a flashoverrel*

3 – 4 óra

- Szellőztetési lehetőségek
 - *természetes szellőztetés*
 - *mesterséges szellőztetés*
- Mobil ventillálás
 - *fogalom meghatározás*
- A pozitív nyomás létrehozása
 - *Hogyan érjük el a pozitív nyomást?*
- Előnyei a természetes és elszívásos szellőztetéssel szemben
 - *a természetes, az elszívásos és a túlnyomásos, azaz a pozitív nyomású szellőztetés összehasonlítása*
 - *ventillátorok fajtái*
- PPV eszközeinek bemutatása

5 – 6 óra

- Zárttéri tüzeknél alkalmazott Ppv-vel történő beavatkozás szabályai
 - *a felderítés során szerzett információk értékelése, döntés az alkalmazásról*
- Javaslatok a beavatkozásokhoz

7 – 8 óra

- Alkalmazása lakóház tüzeknél
 - *nyílászárók kiválasztása*
 - *optimális elhelyezési távolság meghatározása*
 - a) *egy ventillátor esetében*

- b) *több ventilátor esetében*
- c) *emeletes épületek esetében*
- d) *pincék szellőztetésére*

9 – 10 óra

- Személyi, tárgyi feltételek
- A ventilátor részei
- Kezelési szabályok
- Karbantartási feladatok
 - *a ventilátor kezelésének, karbantartásának, és használatának feltételei, szabályai*

11 – 12 óra

- A beáramló nyílásnál történő elhelyezése
 - *Melyek azok a szempontok, amiket figyelembe veszünk a felállítási hely megválasztásánál és az alkalmazásra történő intézkedés során?*
- A túlnyomás létrehozása
 - *Miként érjük el a pozitív nyomást? Ennek bemutatása.*
- A kilépő nyílás kiválasztásának lehetőségei

13 – 14 óra

- Szimulált zárttéri tűz oltása a PPV alkalmazásával
 - *gyakorlás a tűzoltási folyamatot imitálva*

15 óra

- Ellenőrző foglalkozás
 - *a tanfolyam anyagának kérdőíves visszakerdezése*

A mobil ventilálással kapcsolatos gyakorlatok végrehajtása

A pozitív nyomású ventilálás alkalmazásának elméleti ismeretén kívül az alkalmazás jobb megértése és elsajátítása érdekében mindenképp szükséges gyakorlatok végrehajtása. Ezeket a gyakorlatokat lehetőség szerint olyan épületekbe kell tervezni, amelyekben a mobil ventilálás taktikailag nagyon hasznos segítség a beavatkozóknak, ezért elsősorban lakóépületek, közösségi épületek nagyságának és a helyiségei elrendezésének megfelelő épületek kiválasztására van szükség. Bizonyára minden tűzoltóság működési területén van ipari, mezőgazdasági termelésből kivont épület, esetleg volt honvédségi laktanya területén található épület, amely megfelel a gyakorlat helyszínéül.

Hidegfüst-generátor, esetleg ködgyertya segítségével ezeket a gyakorlatokat természetesen nyomásmérő, áramlási sebesség mérő nélkül is eredményesen végre lehet hajtani. A mobil ventilátorok beáramló nyílástól való optimális elhelyezési távolságának meghatározása, az alkalmazás hatékony működtetésének begyakoroltatása a hidegfüst látható kiáramoltatásával kellő eredményességgel végrehajtható. Fontos, hogy más-más kiáramló nyílás alkalmazásával sajátítsuk el a levegő áramoltatásával a füsteltávolítást. Gyakoroljuk pincék, lépcsőházak füstmentesítését. Hívjuk fel az állomány figyelmét a látási viszonyok helyes ventilálással okozott gyökeres javulására, az ebből adódó gyorsabb feladat-végrehajtás lehetőségére, legyen az a tűzoltás vagy életmentés, valamint arra, hogy a hatékonyabb beavatkozás a tűzkár csökkentésével is jár.

A leírtak figyelembe vételével végrehajtott elméleti oktatások és gyakorlat foglalkozások segítségével a beavatkozó állomány készség szinten el tudja sajátítani a mobil ventilátorok alkalmazásának legfontosabb szabályait.

4.5. A FEJEZET RÉSZKÖVETKEZTETÉSEI

A fejezetben a zárttéri tüzek oltásával egyidőben alkalmazott mobil ventilálás hazai körülmények között történő alkalmazhatóságának feladatait részleteztem.

Összeállítottam az eszköz hatékony és ugyanakkor biztonságos működtetése érdekében a beavatkozó tűzoltók számára a Bevetési és biztonsági szabályzatot. Ennek keretében elsőként állapítottam meg azokat az eseteket, amelyek fellépésekor meg kell szüntetni a mobil ventilálást.

Elsőként készítettem el egy beavatkozási metódust, melynek segítségével a tűzoltás során döntést hozó tűzoltásvezető gyors döntést hozhat a mobil ventilálás alkalmazhatóságáról.

Középmagas és magas épületekre vonatkozó előírásokat, valamint mérési kísérleteim eredményeit figyelembe véve mutattam rá, hogy az 1/2003. (I. 9.) BM rendelet mellékleteként kiadott Tűzoltási és Műszaki Mentési Szabályzat előírásai kiegészítésre szorulnak, melynek megfelelően javaslatot tettem a szabályzat VI. fejezet 154. pontjának kiegészítésére.

Rávilágítottam, hogy a Szerelési Szabályzat előírásai kiegészítésre szorulnak, melynek megfelelően javaslatot tettem a szabályzat V. fejezet 8. pontjának kiegészítésére.

Javaslatot tettem, a mobil ventilátorok hazánkban leggyakrabban előforduló Mercedes–Rosenbauer TLF 2000 és 4000 típusú gépjárműfecskendőkön meghatározott helyre történő málházására.

Hiánypótlásként összeállítottam egy 15 oktatási órából álló témavázlatot a készenléti szolgálatot ellátó állomány számára, melynek javaslom a tűzoltóságok éves továbbképzési tervébe történő integrációját.

AZ ÉRTEKEZÉS EREDMÉNYEINEK ÖSSZEGZETT KÖVETKEZTETÉSEI

A zárttéri tüzek jellemzésével, azok sajátosságait vizsgálva mutattam rá a hatékonyságot növelő irányra, amely többek között a tűzhelyszínek mind gyorsabb és eredményesebb szellőztetésével érhető el. Ennek keretében kutattam a zárttéri tüzek oltásával egyidőben történő szellőztetési módszerek hatékonyságát, és mutattam rá a nyugati országokban már alkalmazott pozitív nyomású ventilálás előnyeire.

Egységtüzes és egyéb mérési kísérletek különböző helyszíneken történő végrehajtásával kezdtem el kutatni a hagyományos oltási módszerrel szemben a zárttéri tüzek oltásával egyidőben alkalmazható mobil ventiláció hatékonyságát szakmai, költséghatékonysági, a beavatkozók biztonsága és a környezetünkre gyakorolt hatása szempontjából. Egységtüzek oltásának mérési kísérletei eredményeit összehasonlítva egyértelműen bebizonyítottam, hogy a tűz oltásával egyidőben történő mobil ventilálással gyorsabban végrehajtható a tűz oltása az alacsonyabb hőmérsékletnek és a jobb látási viszonyoknak köszönhetően.

Az egységtüzes mérési kísérleteim alkalmával nem csak a hőmérséklet változásán keresztül hasonlítottam össze a kétféle oltási módszert, hanem folyamatosan mértem az élő szervezetre különböző hatással bíró változók értékét is. A mért értékeket elemezve állapítottam meg, hogy a padlószinttől 0,3 méterre minden esetben az oxigén legalább 15 térfogatszázaléka biztosítva volt, a hőmérséklet egyik mérési kísérlet alkalmával sem érte el az 50°C, de a szén-monoxid koncentrációja is alig haladta meg az 1,5 – 2 órán keresztül történő belégzés esetén veszélyes értéket mindkét oltási módszer esetében. E tekintetben tehát lényegi különbséget nem állapítottam meg a kétféle oltási módszer között.

Az egységtüzes mérési kísérleteket ugyanaz a beavatkozó állomány hajtotta végre. Beszámolójuk alapján egyértelműsítettem, hogy a mobil ventilálással a tűzoltók kedvezőbb körülmények között tudnak beavatkozni mind a tájékozódás, mind pedig az őket ért hősugárzás tekintetében, valamint bebizonyítottam, hogy a mobil ventilálás alkalmával a tűz terjedése nem tud megvalósulni az alacsony hőmérsékletnek köszönhetően.

Célkitűzéseim között ugyan nem szerepel, de a kísérleteim végzése közben tapasztaltam, hogy amennyiben a kiáramló nyílás aránya a beáramló nyíláshoz képest

kedvezőtlenül nagy, a szükséges túlnyomás, és így a kellő mértékű levegőáram nem jön létre, ennek megfelelően a ventilálás táplálja az égést. Ez az állapot fennállhat a ventilálás kezdetétől a helytelen felderítésnek köszönhetően, illetve a beavatkozás folyamán, amikor a magas hőmérséklet hatására a hőtágulás okozta feszültség következtében kitörnek az ablaküvegek, megnövelve a kiáramló nyílás arányát. A jelenség meghatározására bevezettem az alulventillálás fogalmát, mely esetben a ventilálás alkalmazása a tűz terjedését fokozza, ami miatt célunkkal teljesen ellentétes hatást érünk el.

Kutatásom másik iránya a magas és közép magas épületek lépcsőházainak mobil ventilátorral történő füstmentesítése. Mérési kísérleteim eredményei alapján az Országos Tűzvédelmi Szabályzat előírásait figyelembe véve elsőként bebizonyítottam, hogy a kísérleteim helyszínéül szolgáló lépcsőház füstmentesítésére csukott kiáramló nyílásnál, nagy szállított levegőteljesítményű mobil ventilátor működtetésével lehet a szükséges túlnyomás biztosítani. Ugyancsak a füstmentes kritériumokat kielégítő lépcsőházban végrehajtott mérési kísérletek eredményeire figyelemmel gyakorlati tapasztalataimból vontam le a következtetést, miszerint a már füsttel telített lépcsőházból a mobil ventilátorok működtetésével a folyosóról beáramló füst hatékonyan eltávolítható a kiáramló nyíláson keresztül.

Kutatásaim során fontosnak tartottam összehasonlítani, hogy az azonos effektív szállított levegőteljesítményű, de különböző elven működő mobil ventilátorok közül a kiáramló nyílásnál mért levegőáramlási sebesség tekintetében melyik nyújt nagyobb teljesítményt. Ennek megfelelően egy átlagos panellakásnak megfelelő körülmények között végrehajtott mérési kísérlet eredményeivel elsőként bizonyítottam be, hogy a turbóventilátor hatékonyabb teljesítményt nyújt a hagyományos értelemben vett pozitív nyomású ventilátorral szemben.

Kísérleteim eredményeit gazdaságossági számításokkal támasztottam alá. Bebizonyítottam, hogy a tűz oltásával egyidőben alkalmazott mobil ventilálással a keletkezett kárérték és az oltásra fordított költség kisebb, mint a hagyományos eszközökkel végrehajtott tűzoltás esetén. Mivel a hazai tűzoltóságok túlnyomó része nem rendelkezik mobil ventilátorral, fontosnak tartottam bebizonyítani, hogy az eszköz beszerzési költsége az oltási költségek csökkenésének köszönhetően egy költségvetési éven belül megtérül az önkormányzati tűzoltóságok számára.

Gazdasági számításokkal nem tudtam alátámasztani, de egyértelműsítettem, hogy a tűz oltásával egyidőben alkalmazott mobil ventillálással, mint újszerű, környezetkímélő oltási módszerrel a tűz lényegesen rövidebb idő alatt oltható el, ezáltal a tűz környezetkárosító hatása rövidebb ideig tart, valamint lényegesen kevesebb oltóanyag (víz) szükséges.

Szintetizáltam a mérési kísérleteim, számításaim eredményeit és gyakorlati tapasztalataimat, mely alapján hiányosságokat állapítottam meg az eszköz hatékony, biztonságos és készségszintű hazai alkalmazhatósága területén. Ennek alapján hiánypótlásként:

- bevetési és biztonsági szabályzat formájában megalkottam azokat az irányelveket a beavatkozást végzők számára, amelyek alkalmazásával, betartásával a mobil ventillátor hatékonyan, ugyanakkor biztonságosan működtethető;
- döntési módszert készítettem, mely generálisan alkalmazható minden zárttéri tüzeset oltása során, segítséget nyújtva a tűzoltás-vezetőnek;
- kidolgoztam a tűz oltásával egyidőben alkalmazott mobil ventillálás végrehajtása folyamatának a lépéseit a 37/2003. számú BM OKF intézkedés mellékletével kiadott Szerelési Szabályzat előírásainak kiegészítésre;
- javaslatot tettem középmagas és magas épületek tüzeinek oltása során a menekülési útvonal füstmentesítésére vonatkozó a tűzoltóság tűzoltási és műszaki mentési tevékenységének szabályairól szóló 1/2003. (I. 9.) BM rendelet mellékleteként kiadott Tűzoltási és Műszaki Mentési Szabályzat kiegészítésére;
- rávilágítottam a mobil ventillátorok Mercedes–Rosenbauer TLF 2000 és 4000 típusú gépjárműfecskendőkre történő málházási lehetőségeikre;
- összeállítottam a készenléti szolgálatot ellátó állomány számára egy 15 oktatási órából álló témavázlatot.

A KUTATÁS SORÁN ELÉRT ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. Saját kísérleteim eredményeinek felhasználásával a mobil ventillálás témakörében szerzett gyakorlati tapasztalataimra alapozva határoztam meg azokat az eseteket, amelyek előfordulásakor a szükséges feltételek hiányában tilos a mobil ventillálás.
2. Mérési kísérletekkel bizonyítottam, hogy az azonos effektív légszállítási teljesítményű, de különböző elven működő mobil ventillátorok közül a kiáramló nyílásnál mért levegőáramlási sebesség tekintetében a turbóventillátor hatékonyabb teljesítményt nyújt, mint a hagyományos értelemben vett pozitív nyomású ventillátor.
3. Egységtüzes mérési kísérleteimre alapozva meghatároztam az alulventillálás jelenségét, mely felismeréssel megelőzhetjük, hogy a ventillálás a tűz terjedését fokozza.
4. Kísérletekkel bizonyítottam, hogy a vizsgált középmagas épület zárt lépcsőháza kiáramló nyílásának zárt állapotában, nagy teljesítményű mobil ventillátor működtetésével a szükséges túlnyomás biztosítható, valamint a már füsttel telítődött lépcsőház hatékony szellőztetése végrehajtható.
5. Kísérleteim eredményei alapján végzett gazdaságossági számításokkal bizonyítottam, hogy a tüzek oltásával egy időben alkalmazott mobil ventillálás segítségével a megmentett érték növekszik, a tűz oltási költsége csökken, valamint, a mobil ventillátor beszerzésének költsége az alkalmazását követő egy éven belül megtérül.
6. A mobil ventillálás témakörében szerzett gyakorlati tapasztalatokra alapozva a tűzoltásvezető részére döntési módszert, a készenléti állomány részére oktatási témavázlatot dolgoztam ki, amelyek alkalmazásával hatékonyabbá és biztonságosabbá válik a beavatkozás.

AJÁNLÁSOK, JAVASLATOK

- 1.** Javaslom a 37/2003. számú BM OKF intézkedés mellékletével kiadott Szerelési Szabályzat kiegészítését az általam kidolgozott lépések V. fejezet 8. pontjába történő beillesztésével.
- 2.** Javaslom a készenléti szolgálatot ellátó állomány mobil ventillátorok alkalmazásának képzésénél figyelembe venni az általam kidolgozott témavázlatot, és a mobil ventillálással kapcsolatos gyakorlatok metodikáját.
- 3.** Javaslom a tűzoltóságok számára a hatékonyabb tűzoltási feladatok végrehajtására rendszeresíteni az értekezésemben bemutatott mobil ventillátort.
- 4.** Javaslom a mobil ventillálás alkalmazásának lehetőségeit tovább kutatni csarnok jellegű épületek tüzeinél, veszélyes anyag jelenlétében, valamint robbanásveszélyes közegben történő beavatkozásnál.

KUTATÁS EREDMÉNYEINEK GYAKORLATI ALKALMAZHATÓSÁGA

- A tűz oltásával egyidőben alkalmazható, mobil eszközökkel történő ventillálás a kutatási eredményeimnek, javaslataimnak köszönhetően a hazai tűzoltóságok mind szélesebb körében nyújt hatékonyabb, gazdaságosabb, biztonságosabb és mindezek mellett környezetkímélőbb beavatkozási lehetőséget.
- Az általam kidolgozott beavatkozási módszer alkalmazásra kerülhet a zárttéri tüzek oltása során, segítve a tűzoltásvezetőt a pozitív nyomású ventillálás bevetésének gyors eldöntésében.
- Az általam összeállított, a pozitív nyomású ventillálás „Bevetési és biztonsági szabályzat” és a „Tűzoltással egyidőben alkalmazható mobil ventillálás képzésének témavázlata”, valamint a mérési kísérleteim eredményei – figyelemmel az eljárás külföldi és hazai tapasztalatainak általam végzett összegzésére – beépítésre kerülhetnek a tűzoltó alap- és középfokú, illetve a ZMNE szakspecifikus BSc, MSc és PhDképzéseiben történő oktatásba.

FELHASZNÁLT IRODALOM

1. Halász László – Földi László: Környezetbiztonság.
Complex Kiadó, 20. p., Budapest, 2009.
2. Zólyomi Géza: Tűzoltási módok környezetvédelmi hatásai.
Hadmérnök III. Évfolyam 1. szám, 70 – 81. p., 2008.
3. П.Г.Демидов: Основы горения веществ.
Министерства Коммунального хозяйства РСФСР, 11.p., Москва, 1951 г.
4. Kuncz Imre: A tűz és oltóanyagai.
BM Tanulmányi és Propaganda Csoportfőnökség, 29 – 115. p., 1972.
5. Beda László, Kerekes Zsuzsa: Égés- és oltáselemélet II.
Jegyzet tűzvédelmi szakos hallgatók részére, 5 – 16. p., Budapest, 2006.
6. И. М. Абдурагимов, А. С. Андросов, Л. К. Исаева, Е. В. Крылов:
Процессы горения.
ВИПШ МВД СССР, 120 – 194, Москва, с. 1984 г.
7. Beda László – Bukovics István: A tűzben képződő füst veszélyességének jellemzése.
Védelem (ISSN: 1218–2958) XI. évfolyam 3. szám, 11. p., 2004.
8. Bleszity János, Zelenák Mihály: A tűzoltás taktikája (Alkalmazott tűzoltás).
BM Könyvkiadó, 12 – 29. p., 1989.
9. Bellus László: A tűzjelzés fizikája I.
Védelem (ISSN: 1218–2958) IX. évfolyam 4. szám, 25. p., 2002.
10. Fekete Dénes: Égéselmélet I.
Tankönyvkiadó, 32. p., Budapest, 1983.
11. Г. Зойоми: Рекомендации по организации тушения пожаров в чердачных помещениях.
Материалы научно–технической конференции «Системы безопасности»,
Академия ГПС МЧС России, 143 – 145. p., Москва, 2006 г.
12. Zólyomi Géza: Zárttéri tüzek oltásánál bevethető pozitív nyomású ventillálás alkalmazhatóságának tapasztalatai.
HM ZMNE Kard és Toll 2. szám, 174. p., 2007.
13. Heizler György: Huzatunk van.
Védelem (ISSN: 1218–2958) III. évfolyam 1. szám, 4. p., 1996.
14. Beda László: Tűzmodellezés, tűzkockázatelemzés.
Jegyzet tűzvédelmi szakos hallgatók részére, 14. p., Budapest, 1999.

15. Veres György: Tömegtartózkodású épület kiürítésének vizsgálata I.
Hadmérnök IV. évfolyam 1. szám, 5 – 35. p., 2009.
16. Heizler György: Backdraft.
Védelem (ISSN: 1218–2958) XI. évfolyam 3. szám, 18. p., 2004.
17. Kun Szabó Gyula: Tűzvédelmi anyag- és gyártásismeret (kémia) I.
BM Könyvkiadó, 290. p., Budapest, 1982.
18. Zólyomi Géza: Flashover. 2006.
<http://www.langlovagok.hu/html/tuzor/20.shtml>.
Letöltés ideje: 2009. 03. 21.
19. Heizler György: Miért kell a füstöt elvezetni?
Védelem (ISSN: 1218–2958) VI. évfolyam 4. szám, 6. p., 1999.
20. Erdei Mihály: Szellőztetés a tűzoltói beavatkozás helyén.
Védelem (ISSN: 1218–2958) X. évfolyam 5. szám, 6. p., 2003.
21. Bleszity János, Zelenák Mihály: Tűzoltástaktikai alapismeretek.
BM Könyvkiadó, 14 – 56. p, Budapest, 1989.
22. Heizler György: A túlnyomásos szellőztetés.
Védelem (ISSN: 1218–2958) III. évfolyam 1. szám, 6. p., 1996.
23. Heizler György: Mobil szellőztetők.
Védelem (ISSN: 1218–2958) III. évfolyam 1. szám, 9. p., 1996.
24. John W. Mittendorf: PPV on the fireground.
Fire Engineering, p. 11 – 18, August 1992.
25. Szeifert Krisztina: A mobil túlnyomásos ventilátorok jelentősége.
Védelem (ISSN: 1218–2958) XII. évfolyam 6. szám, 48. p., 2005.
26. Zólyomi Géza: Pozitív nyomású ventiláció alkalmazásának tapasztalatai zárt terű tüzek oltásánál.
Védelem (ISSN: 1218–2958) XIII. évfolyam 3. szám, 29. p., 2006.
27. Erdei Mihály: Túlnyomásos szellőztetés.
Védelem (ISSN: 1218–2958) X. évfolyam 5. szám, 9. p., 2003.
28. Heizler György: Propellerek a Security & Safety-n.
Védelem (ISSN: 1218–2958) X. évfolyam 6. szám, 32. p, 2003.
29. Lajos Tamás: Az áramlástan alapjai.
Műegyetemi Kiadó, 296. p., Budapest, 2004.

30. M. Kumm and H. Ingasson: Entrainment in a free jet generated by a Positive Pressure Ventilator.
Fire Technology, (in press).
31. Erdei Mihály: Szellőztetés turbinával.
Védelem (ISSN: 1218–2958) X. évfolyam 5. szám, 7 – 15. p., 2003.
32. Heizler György: Nagyteljesítményű Leader ventilátorok.
Védelem (ISSN: 1218–2958) X. évfolyam 6. szám, 31. p., 2003.
33. Jürgen Bader: Hochleistungslüfter für das Überdruck–Belüftungs–Verfahren.
D–89429 Bachhangel, 19 – 26. p., 1997.
34. Jambrik Rudolf, Nagy Balázs: A turbóventillációs tűzoltás első hazai tapasztalatai.
Védelem (ISSN: 1218–2958) X. évfolyam 3. szám, 26. p., 2003.
35. Bandúr Pál: A pozitív ventilláció alkalmazása lakástüzek oltásánál.
Pécsi Tudományegyetem PMMF Pedagógiai Tanszék, Szakdolgozat, 25 – 28. p., 2003.
36. P. Chardot: Folyosók és lépcsők füstmentesítése.
Védelem (ISSN: 1218–2958) VI. évfolyam 6. szám, 28. p., 1999.
37. Restás Ágoston: Az erdőtüzek légi felderítésének és oltásának kutatás-fejlesztése.
PhD értekezés, ZMNE KMDI, 56. p., Budapest, 2007.
38. Szócs István: Szénhidrogén tárolótartályok környezetkímélő oltása. 2005.
<http://www.inventor.hu/eko/jury/palyaz/szocs.pdf>.
Letöltés ideje: 2007. november 9.
39. Erdei Mihály: A túlnyomásos szellőztetés veszélyei és alkalmazási korlátai.
Védelem (ISSN: 1218–2958) X. évfolyam 5. szám, 11. p., 2003.
40. Deák László: Panelkérdés a tüzesetek megvilágításában.
Védelem (ISSN: 1218–2958) XIV. évfolyam 4. szám, 6. p., 2007.
41. 9/2008. (II. 22.) ÖTM rendelettel megjelent Országos Tűzvédelmi Szabályzat
42. 1/2003. (I. 9.) BM rendelet a tűzoltóság tűzoltási és műszaki mentési tevékenységének szabályairól
43. 37/2003. számú BM OKF intézkedés mellékletével kiadott Szerelési Szabályzat

SAJÁT PUBLIKÁCIÓK LISTÁJA

1. Г. Зойоми: Опыты использования положительного давления вентиляции при тушении пожара в закрытом пространстве.
Материалы научно–технической конференции «Системы безопасности», Академия ГПС МЧС России, Москва 2005, с. 136–138.
2. Zólyomi Géza: Flashover.
<http://www.langlovagok.hu/html/tuzor/20.shtml> 2006.
3. Zólyomi Géza: Pozitív nyomású ventilláció alkalmazásának tapasztalatai zárttéri tüzek oltásánál.
Védelem, 2006. 3. szám 29–30. p.
4. В.М. Сонечкин, Г. Зойоми, И.М. Хасин, А. Хорватх: Обеспечение пожаровзрывобезопасности процесса механической обработки древесных материалов.
Вестник Академии Государственной Противопожарной Службы, Москва 2006, № 5, с. 53–56.
5. Г. Зойоми: Рекомендации по организации тушения пожаров в чердачных помещениях.
Материалы научно–технической конференции «Системы безопасности», Академия ГПС МЧС России, Москва 2006, с. 143–145.
6. В.М. Сонечкин, Г. Зойоми, И.М. Хасин: Особенности пожаровзрывоопасности процесса механической обработки древесины материалов.
Материалы научно–технической конференции «Системы безопасности», Академия ГПС МЧС России, Москва 2006, с. 153–155.
7. Zólyomi Géza: Tetőátvágás alkalmazása a tetőszerkezetek tüzeinél.
Védelem, 2006. 6. szám 25–27. p.
8. Zólyomi Géza: Zárttéri tüzek oltásánál bevethető pozitív nyomású ventillálás alkalmazhatóságának tapasztalatai.
Kard és toll, 2007. 2. szám 174–180. p.
9. В.М. Сонечкин, Г. Зойоми, Л.Т. Панасевич: Факторы пожарной опасности процесса механической обработки древесных материалов.
Материалы научно–технической конференции «Системы безопасности», Академия ГПС МЧС России, Москва 2007, с. 160–162.

10. Zólyomi Géza: Tűzoltási módok környezetvédelmi hatásai.
Hadmérnök III. Évfolyam 1. szám 2008.
11. Kuti Rajmund – Zólyomi Géza: Intézkedési algoritmus veszélyes anyagok közúti szállítása során bekövetkezett balesetek felszámolásához.
Védelem, 2008. 4. szám 14–15. p.
12. Г. Зойоми, О. Цзива, В.М. Сонечкин: Вопросы организации тушения пожара. Материалы научно–технической конференции «Системы безопасности», Академия ГПС МЧС России, Москва 2008, с. 200–202.
13. В.М. Сонечкин, Г. Зойоми, М.В. Мужиковский, Л.Т. Панасевич: Обеспечение пожаровзрывобезопасности процесса очистки воздуха от пыли. Материалы научно–технической конференции «Системы безопасности», Академия ГПС МЧС России, Москва 2008, с. 202–203.
14. Zólyomi Géza – Cseffó Károly – Bandúr Pál – Dobos Gábor: Pozitív nyomású ventiláció alkalmazhatóságának vizsgálata együttműködési mérési gyakorlat keretében.
Hadmérnök IV. Évfolyam 1. szám 2009.
15. Zólyomi Géza: Tűzoltásával egyidőben alkalmazható mobil ventilálás nemzetközi tapasztalatai.
<http://www.vedelem.hu/tanulmany> 2009.
16. Zólyomi Géza: Mobil ventilátor alkalmazásának beavatkozási módszere és biztonsági szabályzata.
Védelem (ISSN: 1218–2958) megjelenés alatt.
17. Zólyomi Géza – Pap Tamás: A készenléti szolgálatot ellátó állomány kiképzése mobil ventilátorok alkalmazására.
Védelem (ISSN: 1218–2958) megjelenés alatt.

ÁBRÁK JEGYZÉKE

1. ábra. A tüzek során keletkezett gázok relatív gyakoriságának százalékos eloszlása. (Forrás: Védelem 2002/4 25. p.)
2. ábra. Keletkezett füst mennyisége. (Forrás: Védelem, 2004/3. 22. p.)
3. ábra. A forró füstgázok hőszugárzása. (Forrás: Védelem 1996/1. 5. p. felhasználása alapján Saját.)
4. ábra. A tűz fejlődésének szakaszai. (Forrás: Tűzoltási- és Katasztrófavédelmi ismeretek; tanintézeti jegyzet a tűzoltó szakképzés résztvevői számára, BM KOK 2003)
5. ábra. A szúróláng kialakulása. (Forrás: Tűzoltási- és Katasztrófavédelmi ismeretek; tanintézeti jegyzet a tűzoltó szakképzés résztvevői számára, BM KOK 2003)
6. ábra. A beavatkozás nehezen megközelíthető, füsttel telített zárttér esetén kevésbé hatékony. (Forrás: Védelem 1996/1. 4. p. felhasználásával Saját.)
7. ábra. Szellőztetési módszerek csoportosítása. (Forrás: Bleszity János, Zelenák Mihály: Tűzoltástaktikai alapismeretek; BM Könyvkiadó, 1989 53 – 56. p. alapján Saját.)
8. ábra. Negatív nyomású ventilláció. (Forrás John W. Mittendorf: PPV on the fireground. Fire Engineering, August 1992, 13. p. alapján Saját.)
9. ábra. Pozitív nyomású ventilláció. (Forrás John W. Mittendorf: PPV on the fireground. Fire Engineering, August 1992, 13. p. alapján Saját.)
10. ábra. A ventillátor működtetése a kiáramló nyílás környezetének sugárvédelme mellett. (Forrás: Védelem 2003/6 30. p. felhasználásával Saját.)
11. ábra. Szabadsugár szakaszai. (Forrás: Lajos Tamás. Lajos Tamás: Az áramlástan alapjai, Műegyetemi Kiadó, Budapest (2004) Szabadsugarak 296. p.)
12. ábra. A levegőkúp geometriai paraméterei. (Forrás: Kumm–Ingasson. M. Kumm and H. Ingasson: Entrainment in a free jet generated by a Positive Pressure Ventilator. Fire Technology, (in press))

13. ábra. Hagyományos értelemben vett PPV elhelyezése. (Forrás: Védelem 2003/6. 31. p. felhasználásával Saját.)
14. ábra. A turbina áramlási képe. (Forrás: Védelem 2003/5. 7. p.)
15. ábra. Turbventillátor elhelyezése. (Forrás: Védelem 2003/5. 8. p. felhasználásával Saját.)
16. ábra. Tüzek megoszlása a létesítmények jellege szerint. (Forrás: Védelem 1996/2. 20. p.)
17. ábra. Lakás szellőztetése. (Forrás: Jürgen Bader: Hochleistungslüfter für das Überdruck–Belüftungs–Verfahren. D–89429 Bachhangel, 1997, 14. p. alapján Saját)
18. ábra. Lépcsőház és az égő helyiség kiszellőztetése. (Forrás: Jürgen Bader: Hochleistungslüfter für das Überdruck–Belüftungs–Verfahren. D–89429 Bachhangel, 1997, 12. p. alapján Saját)
19. ábra. Pince szellőztetése. (Forrás: Saját.)
20. ábra. Pince szellőztetése. (Forrás: Saját.)
21. ábra. Két ventillátor egymás mögött. (Forrás: Jürgen Bader: Hochleistungslüfter für das Überdruck–Belüftungs–Verfahren. D–89429 Bachhangel, 1997, 19. p. alapján Saját)
22. ábra. Két ventillátor egymás mögött. (Forrás: Védelem 2003/5. 15. p. alapján Saját)
23. ábra. Két készülék párhuzamos elhelyezése. (Forrás: Jürgen Bader: Hochleistungslüfter für das Überdruck–Belüftungs–Verfahren. D–89429 Bachhangel, 1997, 20. p. alapján Saját)
24. ábra. Az épület földszinti alaprajza hidegfüst beavatkozással. (Forrás: Saját.)
25. ábra. Az épület földszinti alaprajza és a beavatkozás. (Forrás: Saját.)
26. ábra. Különböző elven működő ventillátorok által keltett levegőáram mérésének helyszínrajza. (Forrás: Saját.)

27. ábra. Kárérték tűzoltás módszerének függvényében. (Forrás: Bleszity János, Zelenák Mihály: Tűzoltástaktikai alapismeretek; BM Könyvkiadó 1989. 14. p., felhasználása alapján Saját.)
28. ábra. Beavatkozási metódus. (Forrás: Saját.)

KÉPEK JEGYZÉKE

1. kép. A flashover bekövetkezése. (Forrás: Zólyomi Géza: Flashover; <http://www.langlovagok.hu/html/tuzor/20.shtml>, 2006.)
2. kép. LEADER GmbH gyártmányú MT 260 típusú turbóventillátor elhelyezése a beáramló nyílás előtt. (Forrás: Saját.)
3. kép. A levegő áramlási sebességének mérése. (Forrás: Saját.)
4. kép. Az egységtűz raklapokból, ágybetétből, forgácsból és rájuk locsolt gázolajból tevődött össze. (Forrás: Saját.)
5. kép. Az MR TLF 2000 típusú gépjárműfecskenő átmenő fakkjában nagy szállított levegőteljesítményű mobil ventillátor is elhelyezhető. (Forrás: Saját.)
6. kép. A Mercedes–Rosenbauer TLF 4000 típusú gépjárműfecskenő jobbhátsó fakkjában közepes szállított levegőteljesítményű mobil ventillátor helyezhető el. (Forrás: Saját.)

DIAGRAMOK JEGYZÉKE

1. diagram. A szélesség változása a kiáramló nyílásnál a ventillátor elhelyezésétől függően. (Forrás: Saját.)
2. diagram. A túlnyomás változása a szellőztetendő helyiségben a ventillátor elhelyezésétől függően. (Forrás: Saját.)
3. diagram. Hőmérséklet változása hagyományos eszközökkel történő tűzoltás esetében. (Forrás: Saját.)

4. diagram. Tűzoltás mobil ventillálás mellett. (Forrás: Saját.)
5. diagram. Hőmérsékletváltozását és a tűzoltási időt összehasonlító mérési eredmények. (Forrás: Saját.)
6. diagram. Az oxigén térfogatszázalék-változását összehasonlító mérési eredmények. (Forrás: Saját.)
7. diagram. Szén-monoxid koncentrációja változásának mérési eredményei. (Forrás: Saját.)
8. diagram. Tűzoltás hagyományos eszközökkel. (Forrás: Saját.)
9. diagram. Tűzoltás mobil ventillálás mellett. (Forrás: Saját.)
10. diagram. Tűzoltás közbeni mobil ventillátorral történő alulventillálás. (Forrás: Saját.)
11. diagram. Levegőáramlási sebesség változásának mérési eredményei az MT 224-as turbóventillátor alkalmazása esetében (Forrás: Saját.)
12. diagram. Levegőáramlási sebesség változásának mérési eredményei az MT 260-as turbóventillátor alkalmazása esetében (Forrás: Saját.)
13. diagram. Különböző elven működő mobil ventillátorok beáramló nyílástól való optimális elhelyezési távolsága. (Forrás: Saját.)

TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE

1. táblázat. A be- és kiáramló nyílások aránya egy ventillátor esetében. (Forrás John W. Mittendorf: PPV on the fireground. Fire Engineering, August 1992. alapján Saját.)
2. táblázat. A be- és kiáramló nyílások aránya kettő, vagy több ventillátor esetében. (Forrás John W. Mittendorf: PPV on the fireground. Fire Engineering, August 1992. alapján Saját.)
3. táblázat. Szélsébség és a légnyomás változásának mérési eredményei. (Forrás: Saját.)
4. táblázat. A tűzoltás költsége. (Forrás: Saját.)

MELLÉKLETEK JEGYZÉKE

1. melléklet. Kísérletek során alkalmazott tűzoltó- és mérőeszközök.
2. melléklet. A turbóventillátor optimális elhelyezésének mérési eredményei.
3. melléklet. Egységtűzek oltása hagyományos eszközökkel, valamint a tűz oltásával egyidőben alkalmazott mobil ventillátorral.
4. melléklet. Tűzoltás hagyományos eszközökkel történő méréseinek eredményei.
5. melléklet. Tűz oltásával egyidőben történő mobil ventillálás mérési eredményei.
6. melléklet. Tűzoltás hagyományos eszközökkel történő méréseinek eredményei.
7. melléklet. Tűz oltásával egyidőben történő mobil ventillálás mérési eredményei.
8. melléklet. Az alulventillálás mérésének eredményei.
9. melléklet. A kórház lépcsőházában az MT 224-es turbóventillátorral végrehajtott kísérlett mérési adatai
10. melléklet. A kórház lépcsőházában az MT 260-as turbóventillátorral végrehajtott kísérlett mérési adatai
11. melléklet. Két, különböző elven működő mobil ventillátor légáramlás méréseinek részletes adatai.

MELLÉKLET**1. számú melléklet****Kísérletek során alkalmazott tűzoltó- és mérőeszközök****I. Hatvan – Nagygombosi gyakorlópálya, Budapesti volt Petőfi laktanya**

1.) Mobil ventilátor

➤ LEADER GmbH gyártmányú

MT 260 típusú turbóventillátor

Effektív levegő teljesítmény:

>62.000 m³/h

Méretük: 715 x 730 x 570 mm

Súly (olajjal töltve, üzemanyag

nélkül): 59,5 kg



2.) Hőmérsékletmérő

➤ TECPEL Thermometer

RS-232 Thermolog



3.) Füstgázösszetétel analízátor

➤ TESTO 325-1 M



4.) Légnyomásmérő

➤ DIGITAL BAROMETER

DM 120



5.) Szélsebességmérő

- Anemo Deuta



6.) Hőkamera

- MSA EVOLUTION 5000



7.) Távhőmérő

- Raynger MX 2



8.) Vízfolyásmérő

- NA 80-as Hydrometer



9.) Hidegfüst-generátor

- ANTARI Z – 3000



10.) Sugárcső

- FOGFIGHTER 175 / 450
liter/perc vízzállítással



II. Hatvani Albert Schweitzer Kórház déli lépcsőháza

1.) Mobil ventilátor

- LEADER GmbH gyártmányú
MT 260 típusú turbóventillátor

Effektív levegő teljesítmény:

>62.000 m³/h

Méretetek: 715 x 730 x 570 mm

*Súly (olajjal töltve, üzemanyag
nélkül): 59,5 kg*



2.) Mobil ventilátor

- LEADER GmbH gyártmányú
MT 224 típusú turbóventillátor

Effektív levegő teljesítmény:

>24.000 m³/h

Méretetek: 565 x 550 x 410 mm

*Súly (olajjal töltve, üzemanyag
nélkül): 28,7 kg*



3.) Szélsebességmérő

- Anemometer 4018 HGL



4.) Légnyomásmérő

- DIGITAL BAROMETER
DM 120



III. Tűzoltólaktanya helyisége

1.) Mobil ventillátor

- LEADER GmbH gyártmányú
MT 260 típusú turbóventillátor

Effektív levegő teljesítmény:

$>62.000 \text{ m}^3/\text{h}$

Méretetek: 715 x 730 x 570 mm

*Súly (olajjal töltve, üzemanyag
nélkül): 59,5 kg*



2.) Mobil ventillátor

- ROSENBAUER gyártmányú
FANERGY V24 típusú hagyományos
értelmebe vett PPV

Effektív levegő teljesítmény:

$>65.000 \text{ m}^3/\text{h}$

Méretetek: 700 x 780 x 460 mm

*Súly (olajjal töltve, üzemanyag
nélkül): kb. 54 kg*

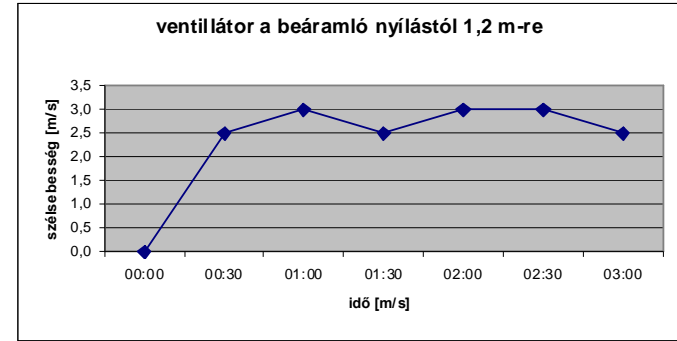
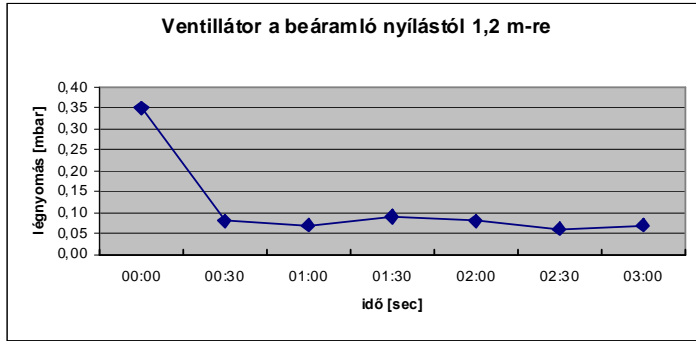


3.) Szélsebességmérő

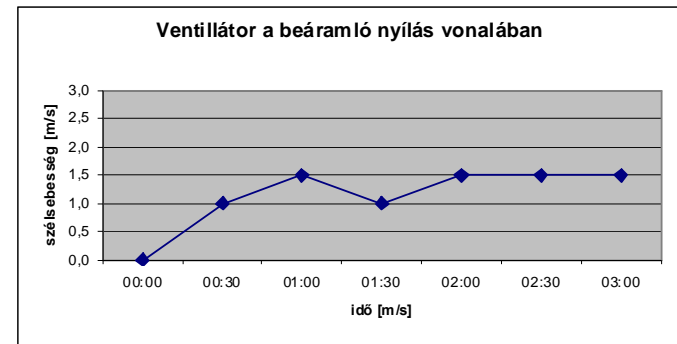
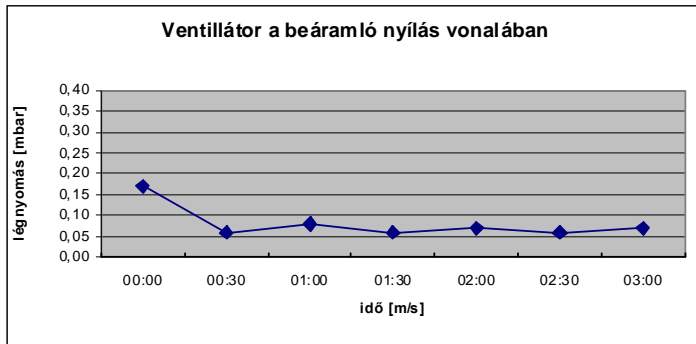
- Anemometer
TFA Handwindmesser



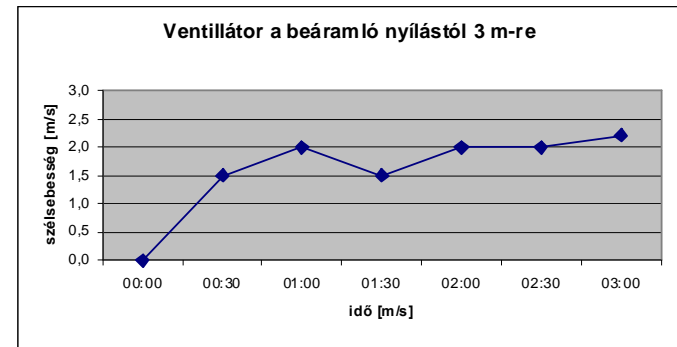
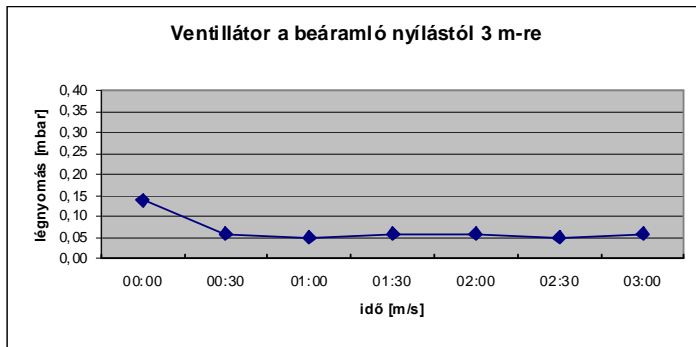
A ventillátort a beáramló nyílástól 1,2 m-re		
t [sec]	v [m/s]	Δp [mbar]
00:00	0,0	0,35
00:30	2,5	0,08
01:00	3,0	0,07
01:30	2,5	0,09
02:00	3,0	0,08
02:30	3,0	0,06
03:00	2,5	0,07



A ventillátort a beáramló nyílás vonalában		
t [sec]	v [m/s]	Δp [mbar]
00:00	0,0	0,17
00:30	1,0	0,06
01:00	1,5	0,08
01:30	1,0	0,06
02:00	1,5	0,07
02:30	1,5	0,06
03:00	1,5	0,07



A ventillátort a beáramló nyílástól 3,0 m-re		
t [sec]	v [m/s]	Δp [mbar]
00:00	0,0	0,14
00:30	1,5	0,06
01:00	2,0	0,05
01:30	1,5	0,06
02:00	2,0	0,06
02:30	2,0	0,05
03:00	2,2	0,06



3. számú melléklet

Egységtűz oltása hagyományos eszközökkel, valamint a tűz oltásával egyidőben alkalmazott mobil ventilátorral.

Egységtűz oltása turbó ventilátor alkalmazása **nélkül**. A helyiség 232oC hőmérséklet elérésekor nyitottuk az ablakot, majd 10 másodperc elteltével kezdtük meg a behatolást.

t [sec]	T [oC]	O ₂ [tf %]	CO [ppm]
00:00	231,7	19,9	139,0
00:30	221,5	18,9	147,0
01:00	215,3	18,7	161,0
01:30	213,2	18,9	185,0
02:00	221,5	19,6	195,0
02:30	233,7	20,1	366,0
03:00	226,6	19,2	439,0
03:30	203,0	19,1	395,0
04:00	180,8	20,0	182,0
04:30	167,9	20,1	190,0
05:00	158,4	19,9	158,0
05:30	145,8	20,4	165,0
06:00	135,1	20,4	151,0
06:30			
07:00			
07:30			
08:00			
08:30			
09:00			
09:30			
10:00			

Egységtűz oltása turbó ventilátor alkalmazása **mellett**. A helyiség 222oC hőmérséklet elérésekor nyitottuk az ablakot és indítottuk a ventilátort, majd 10 másodperc elteltével kezdtük meg a behatolást.

t [sec]	T [oC]	O ₂ [tf %]	CO [ppm]
00:00	221,5	20,6	33,0
00:30	187,6	20,6	42,0
01:00	137,3	20,4	47,0
01:30	97,6	19,6	103,0
02:00	64,9	20,2	154,0
02:30	62,7	20,3	150,0
03:00	61,6	20,2	160,0
03:30	62,1	20,4	134,0
04:00	60,7	20,3	110,0
04:30	60,1	20,2	99,0
05:00	58,2	20,2	89,0
05:30	58,4	20,3	85,0
06:00	58,9	20,3	81,0
06:30			
07:00			
07:30			
08:00			
08:30			
09:00			
09:30			
10:00			

Ablak nyitása
ventillálás kezdete
behatolás
tűzoltás kezdete
tűz eloltása

Tűzoltás hagyományos eszközökkel történő méréseinek eredményei.

Nagygombos - mérés_1 - Jegyzettömb			
Fájl Szerkesztés Formátum Nézet Súgó			
Dátum	Idő	Hőmérséklet [$^{\circ}$ C]	
		2,6 m-en	0,3 m-en
2008.10.21.	11:47:58	136,2	19,3
2008.10.21.	11:48:13	160,0	19,7
2008.10.21.	11:48:28	188,5	23,4
2008.10.21.	11:48:43	205,0	25,0
2008.10.21.	11:48:58	212,2	26,5
2008.10.21.	11:49:13	216,3	27,0
2008.10.21.	11:49:28	226,6	27,2
2008.10.21.	11:49:43	231,7	27,5
2008.10.21.	11:49:58	221,5	26,8
2008.10.21.	11:50:13	216,3	26,5
2008.10.21.	11:50:28	215,3	25,6
2008.10.21.	11:50:43	214,3	25,2
2008.10.21.	11:50:58	213,2	25,1
2008.10.21.	11:51:13	215,3	25,6
2008.10.21.	11:51:28	221,5	26,2
2008.10.21.	11:51:43	233,7	26,8
2008.10.21.	11:51:58	233,7	26,9
2008.10.21.	11:52:13	230,7	27,3
2008.10.21.	11:52:28	226,6	27,2
2008.10.21.	11:52:43	213,2	27,0
2008.10.21.	11:52:58	203,0	27,5
2008.10.21.	11:53:13	189,3	27,0
2008.10.21.	11:53:28	180,8	26,9
2008.10.21.	11:53:43	174,5	26,6
2008.10.21.	11:53:58	167,9	26,1
2008.10.21.	11:54:13	161,5	25,7
2008.10.21.	11:54:28	158,4	25,3
2008.10.21.	11:54:43	152,1	27,3
2008.10.21.	11:54:58	145,8	26,6
2008.10.21.	11:55:13	143,6	27,7
2008.10.21.	11:55:28	135,1	29,9
2008.10.21.	11:55:43	122,9	30,1
2008.10.21.	11:55:58	112,8	32,5

Tűz oltásával egyidőben történő mobil ventillálás mérési eredményei.

Nagygombos - mérés_2 - Jegyzetömb			
Fájl Szerkesztés Formátum Nézet Súgó			
Dátum	Idő	Hőmérséklet [°C]	
		2,6 m-en	0,3 m-en
2008.10.21	12:40:43	53,4	18,2
2008.10.21	12:40:58	76,2	18,8
2008.10.21	12:41:13	114,1	21,2
2008.10.21	12:41:28	146,1	21,4
2008.10.21	12:41:43	159,6	22,3
2008.10.21	12:41:58	172,9	23,5
2008.10.21	12:42:13	187,0	25,5
2008.10.21	12:42:28	194,4	25,8
2008.10.21	12:42:43	199,5	25,7
2008.10.21	12:42:58	204,0	26,5
2008.10.21	12:43:13	213,2	27,6
2008.10.21	12:43:28	220,4	27,6
2008.10.21	12:43:43	221,5	28,2
2008.10.21	12:43:58	216,3	28,4
2008.10.21	12:44:13	201,9	30,7
2008.10.21	12:44:28	187,6	33,0
2008.10.21	12:44:43	163,6	35,3
2008.10.21	12:44:58	137,3	32,4
2008.10.21	12:45:13	112,2	30,2
2008.10.21	12:45:28	97,6	28,4
2008.10.21	12:45:43	78,0	26,5
2008.10.21	12:45:58	64,9	26,0
2008.10.21	12:46:13	62,7	27,5
2008.10.21	12:46:28	61,6	26,2
2008.10.21	12:46:43	62,1	24,9
2008.10.21	12:46:58	61,9	23,9
2008.10.21	12:47:13	60,7	23,4
2008.10.21	12:47:28	60,5	22,6
2008.10.21	12:47:43	60,1	22,1
2008.10.21	12:47:58	58,9	21,8
2008.10.21	12:48:13	58,2	21,3
2008.10.21	12:48:28	58,0	21,2
2008.10.21	12:48:43	58,4	21,5

Tűzoltás hagyományos eszközökkel történő méréseinek eredményei.

Budapest - mérés_1 - Jegyzetömb				
Fájl Szerkesztés Formátum Nézet Súgó				
Dátum	Idő	Hőmérséklet [$^{\circ}$ C]		
		2,6 m-en	1,5 m-en	0,3 m-en
2008.12.10.	11:35:20	19,8	11,3	10,0
2008.12.10.	11:35:35	20,0	11,3	10,0
2008.12.10.	11:35:50	20,3	10,8	10,1
2008.12.10.	11:36:05	20,6	11,6	9,9
2008.12.10.	11:36:20	21,0	11,8	9,9
2008.12.10.	11:36:35	21,8	12,1	9,9
2008.12.10.	11:36:50	22,4	12,4	10,1
2008.12.10.	11:37:05	28,5	13,4	10,3
2008.12.10.	11:37:20	66,9	20,9	11,1
2008.12.10.	11:37:35	115,2	35,0	12,1
2008.12.10.	11:37:50	163,2	60,9	12,7
2008.12.10.	11:38:05	194,0	82,1	14,3
2008.12.10.	11:38:20	281,3	131,4	16,6
2008.12.10.	11:38:35	305,2	157,7	22,7
2008.12.10.	11:38:50	311,2	181,5	33,1
2008.12.10.	11:39:05	308,2	204,0	32,3
2008.12.10.	11:39:20	280,2	205,0	32,7
2008.12.10.	11:39:35	253,0	199,9	33,4
2008.12.10.	11:39:50	232,7	190,2	33,0
2008.12.10.	11:40:05	210,2	179,7	31,7
2008.12.10.	11:40:20	199,9	172,9	29,4
2008.12.10.	11:40:35	210,2	171,1	30,5
2008.12.10.	11:40:50	251,0	191,7	31,7
2008.12.10.	11:41:05	290,3	221,5	35,1
2008.12.10.	11:41:20	311,2	251,0	36,9
2008.12.10.	11:41:35	362,5	275,2	38,4
2008.12.10.	11:41:50	411,4	308,2	38,6
2008.12.10.	11:42:05	404,6	299,2	45,0
2008.12.10.	11:42:20	298,2	215,3	35,4
2008.12.10.	11:42:35	255,1	184,9	30,2
2008.12.10.	11:42:50	223,5	159,9	25,5
2008.12.10.	11:43:05	203,0	134,7	22,6
2008.12.10.	11:43:20	182,8	116,0	21,2

Tűz oltásával egyidőben történő mobil ventilálás mérési eredményei.

Budapest - mérés_2 - Jegyzetömb				
Fájl Szerkesztés Formátum Nézet Súgó				
Dátum	Idő	Hőmérséklet [^o C]		
		2,6 m-en	1,5 m-en	0,3 m-en
2008.12.10.	12:09:48	25,1	9,9	9,6
2008.12.10.	12:10:03	25,2	10,0	9,8
2008.12.10.	12:10:18	44,3	12,5	9,9
2008.12.10.	12:10:33	92,2	27,7	11,0
2008.12.10.	12:10:48	153,6	69,7	11,9
2008.12.10.	12:11:03	228,6	109,5	13,7
2008.12.10.	12:11:18	289,3	152,4	15,1
2008.12.10.	12:11:33	342,8	181,7	17,0
2008.12.10.	12:11:48	404,6	209,1	23,3
2008.12.10.	12:12:03	450,4	244,9	32,7
2008.12.10.	12:12:18	469,8	259,1	48,6
2008.12.10.	12:12:33	416,3	236,8	38,1
2008.12.10.	12:12:48	299,2	72,2	28,1
2008.12.10.	12:13:03	207,1	37,4	23,9
2008.12.10.	12:13:18	149,7	24,4	20,4
2008.12.10.	12:13:33	120,0	19,1	18,1
2008.12.10.	12:13:48	87,6	17,2	16,7
2008.12.10.	12:14:03	66,7	16,4	14,5
2008.12.10.	12:14:18	48,3	15,6	15,3
2008.12.10.	12:14:33	42,1	14,6	14,8
2008.12.10.	12:14:48	39,5	13,8	14,1
2008.12.10.	12:15:03	37,7	13,3	13,5
2008.12.10.	12:15:18	36,8	13,3	14,1
2008.12.10.	12:15:33	33,3	13,1	15,7
2008.12.10.	12:15:48	29,3	13,6	15,5
2008.12.10.	12:16:03	27,2	13,7	15,0
2008.12.10.	12:16:18	24,1	12,9	14,3
2008.12.10.	12:16:33	23,1	12,7	13,4
2008.12.10.	12:16:48	23,1	11,8	12,7
2008.12.10.	12:17:03	21,9	12,3	14,4
2008.12.10.	12:17:18	21,9	13,1	12,9
2008.12.10.	12:17:33	22,1	12,2	12,0
2008.12.10.	12:17:48	23,1	12,4	12,9

Az alulventillálás mérésének eredményei.

Budapest - mérés_3 - Jegyzetkönyv				
Fájl Szerkesztés Formátum Nézet Súgó				
Dátum	Idő	Hőmérséklet [°C]		
		2,6 m-en	1,5 m-en	0,3 m-en
2008.12.10.	12:25:56	37,2	10,0	10,4
2008.12.10.	12:26:11	37,0	10,0	10,3
2008.12.10.	12:26:26	38,8	10,4	11,0
2008.12.10.	12:26:41	41,1	11,1	11,0
2008.12.10.	12:26:56	58,1	18,4	11,3
2008.12.10.	12:27:11	140,4	40,0	12,0
2008.12.10.	12:27:26	235,8	53,4	13,4
2008.12.10.	12:27:41	337,9	121,3	16,4
2008.12.10.	12:27:56	438,7	190,6	26,4
2008.12.10.	12:28:11	429,0	216,3	29,1
2008.12.10.	12:28:26	410,5	223,5	30,8
2008.12.10.	12:28:41	395,8	205,0	32,4
2008.12.10.	12:28:56	421,2	207,1	37,9
2008.12.10.	12:29:11	437,8	206,0	37,7
2008.12.10.	12:29:26	414,4	192,7	40,8
2008.12.10.	12:29:41	389,9	184,1	38,5
2008.12.10.	12:29:56	394,8	182,0	41,4
2008.12.10.	12:30:11	438,7	192,3	45,7
2008.12.10.	12:30:26	459,1	195,4	46,2
2008.12.10.	12:30:41	474,7	209,1	45,8
2008.12.10.	12:30:56	347,7	99,7	35,7
2008.12.10.	12:31:11	235,8	69,8	33,7
2008.12.10.	12:31:26	165,3	55,6	27,6
2008.12.10.	12:31:41	129,6	44,4	27,3
2008.12.10.	12:31:56	109,4	39,4	24,2
2008.12.10.	12:32:11	93,7	34,9	17,8
2008.12.10.	12:32:26	85,7	31,2	20,8
2008.12.10.	12:32:41	75,8	27,8	20,3
2008.12.10.	12:32:56	66,7	26,4	22,0
2008.12.10.	12:33:11	63,5	23,5	20,1
2008.12.10.	12:33:26	56,4	20,7	19,9
2008.12.10.	12:33:41	52,5	19,5	20,3
2008.12.10.	12:33:56	30,4	19,0	23,2

9. számú melléklet

A kórház lépcsőházában az MT 224-es turbóventillátorral végrehajtott kísérlet mérési adatai

T [sec]	v [m/sec]
0:00	-1,6
0:05	0,0
0:10	0,1
0:20	0,2
0:30	0,4
0:40	0,3
0:50	0,2
1:00	0,5
1:10	0,5
1:20	0,7
1:30	0,6
1:40	0,7
1:50	0,4
2:00	0,5
2:10	0,5
2:20	0,4
2:30	0,4
2:40	0,4
2:50	0,4

10. számú melléklet

A kórház lépcsőházában az MT 260-as turbóventillátorral végrehajtott kísérlet mérési adatai

T [sec]	v [m/sec]
0:00	-1,6
0:05	na
0:10	2,1
0:20	2,4
0:30	2,1
0:40	2,4
0:50	2,4
1:00	2,2
1:10	2,1
1:20	2,1
1:30	2,2
1:40	1,4
1:50	2,2
2:00	2,2
2:10	2,2
2:20	2,3
2:30	2,4
2:40	2,3
2:50	2,3

11. számú melléklet

Két, különböző elven működő mobil ventilátor légáramlás méréseinek adatai.

Elhelyezési távolság s [m]	MT 260 légáramlási sebesség v [m/s]	FANERGY V24 légáramlási sebesség v [m/s]
0,00	3,8	3,4
0,10	3,8	3,5
0,20	4,2	3,7
0,30	4,5	4,0
0,40	4,5	4,1
0,50	4,7	4,1
0,60	4,8	4,2
0,70	4,5	4,0
0,80	4,1	3,9
0,90	3,5	3,8
1,00	3,3	3,7
1,10	3,3	3,5
1,20		
1,30		
1,40		
1,50	2,9	3,2
1,60		
1,70		
1,80		
1,90		
2,00	2,5	2,9
2,10		
2,20		
2,30		
2,40		
2,50	2,0	2,5
2,60		