



ZRÍNYI MIKLÓS NEMZETVÉDELMI EGYETEM

BOLYAI JÁNOS KATONAI MŰSZAKI KAR

Katonai Műszaki Doktori Iskola

Alapítva: 2002 évben – Alapító: Prof. Solymosi József DSc.

Környezetkímélő technológiák ku- tatás-fejlesztése tartálytüzek oltására

Doktori (PhD) értekezés

Készítette:

Szócs István

Tudományos témavezető:

.....
Dr. Cziva Oszkár t. ezredes PhD

Budapest, 2005

TARTALOM

1. BEVEZETÉS	4
1.1. A tudományos probléma megfogalmazása	4
1.2. Kutatási célkitűzéseim	7
1.3. Kutatási módszereim	8
2. A TARTÁLYTŰZEK ÉS A HAGYOMÁNYOS TARTÁLYTŰZOLTÁS KÖRNYEZETI HATÁSAI	9
2.1. A tartálytűzek környezeti hatásai, a levegőszennyezés	9
2.1.1. Tömítőréstűz úszótetős tartályoknál.	10
2.1.2. Teljes felületű tűz bármely tartálytípusnál.	10
2.2. Az oltási eljárások környezeti hatásai, a talajszennyezés	12
2.2.1. Félstabil berendezésekkel végzett oltás	12
2.2.2. Stabil oltóberendezések alkalmazása	15
2.2.3. Mobil oltási mód	16
3. A KÖRNYEZETKÍMÉLŐ OLTÁSI TECHNOLÓGIA ELVEI	19
3.1. A levegőszennyezés (az égési idő) csökkentésének lehetőségei	20
3.1.1. Az előkészületi idő csökkentésének lehetőségei	20
3.1.2. Az oltási idő csökkentésének lehetőségei	21
3.2. A habfelhasználás (a talajszennyezés) csökkentésének lehetőségei	23
3.2.1. A habbevezetési módok elméleti vizsgálata	23
3.2.2. A környezetkímélő habbevezetés geometriai viszonyai	28
4. A MŰSZAKI MEGOLDÁS KIDOLGOZÁSA	52
4.1. A dinamikus oltástaktika alapjai	52
4.1.1. A felületi habterhelés követelményeinek meghatározása	52
4.1.2. A megengedett maximális habbevezetési idő meghatározása	54
4.1.3. A habintenzitási tartomány megválasztása	55
4.2. A habbevezetés	55
4.2.1. Az optimális habbevezetési mód megválasztása	55
4.2.2. A habbevezetés műszaki eszközei	55
4.3. A habellátás	57
4.3.1. A habellátás műszaki megoldásai	57
4.3.2. Optimális habellátás a rendelkezésre álló infrastruktúra figyelembevételével	61
4.4. Az oltásvezérlés	62
4.4.1. A levegőszennyezés csökkentése gyors oltásindítással	62
4.4.2. A téves riasztás elkerülésének lehetőségei.	62

4.4.3.	Külső segédenergia nélkül működő oltásindítás	63
4.5.	Az elméleti megoldás kísérleti igazolása	66
4.5.1.	A kísérleti berendezés felépítése	66
4.5.2.	Hideg habterületi kísérletek	69
4.5.3.	Tűzkísérletek	72
5.	CÉLKITŰZÉSEIM MEGVALÓSÍTÁSA	78
5.1.	Instant hab alapú habellátó rendszerek használata esetén	78
5.2.	Félstabil oltási koncepció esetén	79
5.3.	Az új technológia bevezetésének hatása a környezet biztonságára	79
6.	ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK	80
7.	JAVASLATOK A TOVÁBBI KUTATÁS IRÁNYÁRA	82
8.	AJÁNLÁS	83
	MELLÉKLETEK	84
1.	SAJÁT PUBLIKÁCIÓK	84
2.	TALÁL MÁNYAIM	86
3.	KÖRNYZETVÉDELEMI JOGSZABÁLYOK	87
4.	ÁBRÁK, KÉPEK ÉS TÁBLÁZATOK	89
5.	FORRÁSOK	91
6.	TERMINOLÓGIA	93
7.	GYAKORLATI BEVEZETÉS, REFERENCIÁK	94
8.	AZ OLTÓANYAGOK KÖRNYEZETI HATÁSA	102
9.	KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁSOK	103

1. BEVEZETÉS

Az elmúlt tíz év kutatói tapasztalatait és eredményeit összegezve dolgozatomban az álló, föld feletti, atmoszférikus tűzveszélyes folyadéktároló tartályok tűzének környezeti hatásaival és az oltásuk közben okozott másodlagos kár jelenségeivel, ezek csökkentésének lehetőségével foglalkozom.

A téma aktualitását az adja, hogy az elmúlt évtizedben gazdaságossági okokból tömegesen elterjedt nagyméretű tárolótartályok számos esetben lettek katasztrófa méretű tüzek áldozatai, miközben hatalmas környezeti kár esett.

A tartálytüzek okai közül 2001 szeptember 11. óta nem zárhatók ki a terrortámadások sem, így a baleseti frekvencia növekedésével kell számolni. A 2005. december 11-én, az angliai Hertfordshire-Buncefield-i tárolótelepen keletkezett katasztrófális méretű tűz okait még nem hozták nyilvánosságra, de annyit előzetesen is tanulhatunk az esetből, hogy szerencsétlen esetben akár teljes tartályparkok is megsemmisülhetnek a tűzben.

Környezetünk védelme az esetgyakoriság megnövekedésének veszélye miatt egyre fontosabb feladatunk, így a tartálytüzek és oltásuk által okozott szennyeződést is csökkenteni kell.

1.1. A tudományos probléma megfogalmazása

A probléma lényege az, hogy a tartálytűz oltását végző szervezetek főleg az alapfeladataikra, a tűzoltásra koncentrálnak, és ezt a tevékenységet még nem tekintik környezethasználatnak, a környezetvédelmi jogszabályok előírásai ellenére nem foglalkoznak kellő súllyal a folyadéktároló tartályok tűzének környezeti hatásaival, és az oltásuk közben okozott másodlagos kár csökkentésének lehetőségével.

A környezettudatos szemlélet bevezetése a tűzoltásban ma ugyanolyan időszerű, mint bármely vegyi üzem, intenzív környezethasználó létesítmény esetében.

Nehézséget okoz az is, hogy a jelenleg érvényben lévő tűzoltási taktikai utasítások nem felelnek meg a nagyméretű tartályok oltására, és a hagyományos technikai eszközök régi elveken alapuló továbbfejlesztése nem hozná meg a kívánt eredményt.

A környezetkímélő oltási technológia elvi alapjainak megteremtése kutatásokat igényel, a gyakorlati alkalmazás eszközrendszerét is meg kell teremteni.

Sok olyan ipari helyzet van, amelyben a tárolótartályok környezete a hagyományos oltási megoldásokat nem támogatja. Nincs víz a környéken, vagy a tartályok emberáltal nem lakott területen helyezkednek el. Előfordul, hogy szélsőséges, nagyon hideg klimatikus viszonyok között kell tartályokat üzemeltetni, és ennek eddig még nem találták meg a gazdaságos biztonsági megoldásait, a tűzvédelem módját.

Vegyipari, olajipari technológiai berendezések üzemeltetése ma már nem lehetséges a környezeti hatások figyelembevétel nélkül. A környezeti hatások megengedett mértékére, a talaj, a víz, a levegő védelmére, az energia és hulladékgazdálkodásra valamint a zaj és rezgésterhelés elleni védelemre vonatkozóan jogszabályok adnak útmutatást, írják elő kötelezettséget.

Magyarországon az 1999. október 30-tól Európaszerte hatályba lépett nemzetközi környezetvédelmi megállapodás, az IPPC (Integrated Pollution Prevention and Control) írja le a követendő

irányelveket.

A megelőzési-csökkentési és ellenőrzési v. szabályozási rendszer központi alapelve, hogy a környezetszennyezés problémakörét nem környezeti elemenként (levegő, víz, talaj), hanem komplex módon, minden környezeti elemre vonatkozóan együtt kell vizsgálni és kezelni (IPPC szerinti megfelelés elve).

A másik alapelv a megelőzés: a kibocsátásoknak már eleve a keletkezésnél történő csökkentése, ami a gyakorlatban azt jelenti, hogy a folyamatokban (tervezés, engedélyeztetés, megvalósítás, módszerek alkalmazása, stb.) minden esetben az elérhető legjobb technikát (best available techniques, BAT) kell alkalmazni.

A harmadik alapelv a szigorú ellenőrzés deklarálása (integrált, önálló engedélyezési eljárás).

Az IPPC alapelveivel harmóniában készült el Magyarországon a Környezet Védelmének Általános Szabályairól szóló 1995. évi LIII. törvény. Ennek alapelvei között első helyen szerepel az elővigyázatosság, a megelőzés és a helyreállítás. A törvény I. fejezetének 6.§ (1) pontja szerint a környezethasználatot úgy kell megszervezni és végezni, hogy az a legkisebb mértékű környezetterhelést és igénybevételt idézze elő, megelőzze a környezetszennyezést és kizárja a környezetkárosítást. A környezethasználatot az elővigyázatosság elvének figyelembevételével, a környezeti elemek kíméletével, takarékos használatával, a hulladék keletkezésének csökkentésével kell végezni. A 6. § (3) pontja egyértelműen kimondja, hogy a megelőzés érdekében a környezethasználat során a rendelkezésre álló leghatékonyabb megoldást (BAT) kell választani.

A BAT, a Best Available Technique fogalmát részletesen az IPPC BREF [1] irányelv határozza meg.

A környezetvédelmi jogszabályok meghatározzák a kibocsátási határértékeket. A 3. mellékletben megadom a környezetvédelemmel kapcsolatos, jelenleg mértékadónak számító jogszabályok tematikus gyűjteményét.

A környezetvédelmi törvények és végrehajtási utasításaik helyhez kötött, ismert, folyamatos kibocsátású technológiákra vonatkoznak, részletesen előírják az egyes szennyezés-kibocsátási fajták mérési, számítási módját, a megengedett határértékeket.

A tűz- és katasztrófa- (a továbbiakban: katasztrófa-) események jellemzője az, hogy nem lehet előre tudni, hogy mi, mikor és hol fog történni. A környezetvédelmi jogszabályok a katasztrófa-események elhárításának körülményeire, módjára nem térnek ki, ezt a feladatkört a katasztrófavédelmi jogszabályok hatálya alá sorolják be. A katasztrófavédelem feladatait részletező törvény pedig már nem ír elő minőségi és mennyiségi követelményeket, holott a helyesen megválasztott felszámolási technológia lényegesen csökkentheti az elsődleges és másodlagos környezeti terhelést egyaránt.

A hulladékgazdálkodásról szóló, 2001. január 1-jén hatályba lépett 2000. évi XLIII. törvény áttörést hozott ezen a téren. A törvény 5. § (1) pontja szerint minden tevékenységet, (ide értve a katasztrófa-elhárítást is) úgy kell megtervezni és végezni, hogy az a környezetet a lehető legkisebb mértékben érintse, illetve a környezet terhelése és igénybevétele csökkenjen, ne okozzon környezetveszélyeztetést, környezetszennyezést, biztosítsa a hulladékképződés megelőzését, a keletkező hulladék mennyiségének és veszélyességének csökkentését.

A legtöbb ipari nagyvállalat gondosan ügyelve hírnevére Környezettudatos Vállalatirányítási Rendszert tart fenn az ISO 14001 szabvány szerint. Sajnos a rendszer működtetése során túlnyomórészt csak az alatechnológiára fordítanak figyelmet, az esetleges katasztrófa-elhárítási tevékenység környezeti vonatkozásaira már nem.

A katasztrófa-elhárítási tevékenység során a kíméletes környezethasználat elvei az ISO 14001-es szabvány fokozatos bevezetésével valósulnak meg.

A katasztrófavédelem a helyes, környezettudatos munkamódszert a BAT, a Best Available Technique, az adott pillanatban rendelkezésre álló, legkisebb környezeti terheléssel járó technológia folyamatos keresésével és alkalmazásával találhatja meg.

Eddig az ismert technológiák hatékonyság szempontjából történő összehasonlító vizsgálatára, a környezetre legkisebb terhelést jelentő felszámolási eljárások kutatására nem állt rendelkezésre megfelelő kutatási módszer.

1.2. Kutatási célkitűzéseim

Céljaimat az alábbiakban foglalom össze:

1. Először meg kívánom vizsgálni a tartálytüzek és az oltásukra hagyományosan alkalmazott eljárások által okozott környezeti hatásokat. Ezek elemzéséből következtetéseket vonok le a technológia továbbfejlesztésének lehetséges irányaira.
2. Egy új szemléleten alapuló tartálytűz oltási technológia elvi alapjait szeretném lerakni. Olyan megoldásokra törekszem, amelyek egyrészt csökkentik a tűz által okozott elsődleges hatást, azaz a levegőszennyezést, másrészt megszüntetik a talaj és a felszín alatti vizek tűzoltás közbeni szennyeződését, azaz a másodlagos kárt. Ennek megvalósítása érdekében új vizsgálati módszert és jellemző mérőszámot kívánok létrehozni, amely alkalmas a tartálytűzoltási eljárások hatékonyságának összehasonlításra. Tudományos módszerrel szeretném alátámasztani a falhatás jelenségével kapcsolatos anomáliára adott elméleti magyarázatomat.
3. Gyakorlatban alkalmazható műszaki megoldásokat kívánok kidolgozni az optimális habbevezetési módra, amely lehetővé teszi minden tartálytípus és tartályméret oltását. Ennek érdekében a habterületi jelenségeket és a habbevezetés geometriai összefüggését vizsgálom.

Olyan habellátási megoldásokat szándékozom kidolgozni, amelyek a korszerű, nagy intenzitású oltás megvalósítására alkalmasak, és lehetővé teszik extrém körülmények között (víz, külső energiaforrás és működtető személyzet hiányában) is a tartálytüzek oltását.
4. Bizonyítani kívánom a műszaki megoldás gyakorlati használhatóságát. Egy 500 m² tűzfelületű kísérleti tartályon végzett hideg habterületi mérésekkel és tűzkísérletekkel azt szándékozom bemutatni, hogy elvi megoldásom a gyakorlatban is megállja a helyét.
5. Kutatási munkám eredményeképpen javaslatot kívánok tenni egy új oltási stratégia és az azt megvalósító dinamikus oltástaktika gyakorlati bevezetésére.

1.3. Kutatási módszereim

- A tudományos feladat feldolgozását az ismert oltási eljárások alkalmazási tapasztalatainak összegyűjtésével kezdtem. Ipari balesetek leírását gyűjtöttem össze, folyóiratokat, régebbi szakkönyveket és az internetet igénybe véve.
- Áttekintettem a jelenleg érvényes szabványokat, ajánlásokat, taktikai utasításokat.
- Megvizsgáltam a Magyar Szabadalmi Hivatal anyagait, tájékoztam a „technika állásáról”.
- Forrásként az Országos Műszaki Információs Központ, a Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem könyvtára, saját könyvtáram, a Magyar Szabadalmi Hivatal szabadalomtára, a hazai folyóiratok közül a Flórián exPress és a Védelem, a külföldi folyóiratok közül az International Hydrocarbon, a Fire and Rescue, a Fire International, az Industrial Fire Journal, az Industrial Fire Protection és az Internet szolgáltak.
- Konzultáltam a témával foglalkozó külföldi kutatókkal, részt vettem több konferencián, meghallgattam a LASTFIRE és a FOAMSPEX kutatásokról szóló beszámolókat, és magam is tartottam előadásokat.
- Átnéztem a témával kapcsolatos néhány szakdolgozatot [2], egyetemi jegyzetemet, a ZMNE KMDI égisze alatt készült PhD disszertációt [3], konferenciák anyagát, külföldön megjelent jeles tanulmányokat, értekezéseket.
- Az ismereteket rendszereztem, elemeztem.
- A megoldás módjára hipotéziseket állítottam föl, majd ezekre alapozva kidolgoztam egy új tartálytűzoltási technológiát, amely kiterjed egy újszerű habalkalmazási és habellátási megoldásra.
- Elméleti kutatási eredményeimet kísérleti úton, hideg habterületi mérések és tűzoltási próbák módszerével sikeresen igazoltam.
- Végül az eljárás gyakorlati alkalmazhatóságát számos referencia-berendezés megépítésével bizonyítottam be.

2. A TARTÁLYTÜZEK ÉS A HAGYOMÁNYOS TARTÁLYTÜZOLTÁS KÖRNYEZETI HATÁSAI

A környezetünk biztonságát veszélyeztető hatásokat általánosságban két fő csoportra oszthatjuk:

Természeti jelenségek által okozott hatások:

Geológiai, meteorológiai, a világűrből érkező és az élő környezet által keltett hatások. Ezeket megakadályozni nem tudjuk, de a keletkező kár enyhítése érdekében hatásos szervezési és műszaki megelőzési intézkedésekkel fel tudunk készülni fogadásukra.

Az emberi tevékenységnek betudható hatás az ipari, vegyi és tűzkatasztrófák következménye. Az égés és az oltóanyagok alkalmazása következtében keletkező környezeti károkat a tűzoltó szakma azonban napjainkig sem kezeli kiemelt környezeti ártalomként, a szakmai elemzések csupán a sikeres vagy sikertelen oltás tényét, a felhasznált oltóanyag mennyiségét, a résztvevő személyek létszámát és a felvonultatott technika mennyiségét tartják fontosnak megemlíteni. Az elszennvedett levegőszennyezés mértékéről, a csökkentés lehetőségének elmulasztásáról, a sokszor teljesen értelmetlenül elpazarolt oltóhab-köbméterekről, száz köbméterekről nem esik szó. Pedig az elsődleges és másodlagos környezeti károkat a megfelelő oltási technológia és az oltóanyag megválasztásával eredményesen tudjuk csökkenteni.

Jelen szakdolgozat keretén belül a nagyméretű szénhidrogén-tartályok tűzoltásának optimális megoldására teszek javaslatot.

Egy tárolótartály égése során a levegőszennyezést, az elsődleges környezeti hatást maga a tűz okozza. A tűz által elpusztított anyag és a tönkrement tartály, a technológiai időkiesés értékén túl további veszteség, hogy közös vagyonunknak, a környezetnek állapota is romlik. A keletkező égéstermékek sok esetben erősen egészségkárosítóak, a fosszilis tüzelőanyagok elégésével pedig megváltozik a légkör összetétele. Az évmilliókon át a föld alatt rejtőző szén széndioxid formájában ismét a légkörbe kerül. Ennek következménye az üvegházhatás erősödése, a globális klímaváltozás.

A másodlagos környezeti hatást, a talaj és a felszín alatti vizek szennyeződését az oltóanyagok kijuttatása eredményezi.

A mesterséges eredetű oltóanyagok felhasználása – bár egy nagyobb környezetszennyezés megszüntetése a cél – önmaga is környezetszennyezést okoz. A szennyezés mértéke, azaz a másodlagos környezeti hatás nagyban függ az alkalmazási technológiától (a felhasználás hatékonyságától) és a felhasznált oltóanyag minőségétől (oltóképességétől), mert ez a két tényező határozza meg az adott tűz oltásához szükséges teljes oltóanyag mennyiségét.

2.1. A tartálytüzek környezeti hatásai, a levegőszennyezés

A tartálytüzekkel kapcsolatos környezeti hatások két fő csoportra oszthatók. Az első csoport a tűz által okozott elsődleges környezetszennyezés, amely lényegében a levegőszennyezés. A környezeti hatások második csoportjába az oltóanyag alkalmazása következtében létrejövő környezetszennyezés tartozik. Ez a hatás a tartályon kívülre (a védőgödörbe) került habnak a talaj és a felszín alatti vizekre gyakorolt szennyező hatása.

A következőkben megvizsgálom a levegőszennyezés mértékét a különböző tartálytípusok esetében.

2.1.1. Tömítőrésű úszótetős tartályoknál.

Az úszótetős tartályok üzemeltetési tapasztalatait 1997-ben a Niall Ramsden (Resources International, Anglia) által vezetett munkacsoport reprezentatív felméréssel összegyűjtötte. A 36 000 tartályüzemévre eső tüzeseteket és más baleseteket feldolgozó statisztikák szerint a nyitott úszótetős tartályok biztonságos tárolóberendezések. Amint a LASTFIRE Project [4] kutatási jelentése megállapítja, a 40 m-nél nagyobb átmérőjű, állóhengeres, atmoszférikus, földfeletti tárolótartályok általános tüzeset-gyakorisága $1,5 \times 10^{-3}$ – $1,6 \times 10^{-3}$ tartály-üzemévenként. Másképp kifejezve átlagban 666 tartályüzemévenként történik egy tüzeset. A tanulmány szerint a kiváltók 99%-ban villámcsapás.

Az úszótetős tartályok konstrukciójából adódóan tűz elsősorban a tömítőrésben keletkezhet és az esetek igen nagy százalékában erre korlátozódik. Az okozott anyagi kár nem jelentős. Kifejlődésének, tova terjedésének módját és gyorsaságát alapvetően az alkalmazott tömítéstípus, a tömítés állapota és az alkalmazott tömítőszövet összetétele határozza meg. A tűz jól karbon- és tisztántartott tartálytető esetén csak a tömítőrésben, és igen lassan terjedve ég, vagy kalciumszilikátból készült szövetet tartalmazó PVC mátrix tömítőjének [5] alkalmazása esetén önmagától kialszik.

Környezeti hatás:

A tömítőrés tüzeinek következtében fellépő levegőszennyezés viszonylag csekély.

2.1.2. Teljes felületű tűz bármely tartálytípusnál.

Merevtetős tárolótartálynál a tűz oka legtöbbször szintén villámcsapás. A tartálykonstrukcióra vonatkozó előírások (API 650) [6] a tető gyengített varratokkal történő rögzítését írják elő, annak érdekében, hogy a palást felhasadása helyett a kisebb rossz, a tető felszakadása következzen be a belső páratér berobbanása esetén. A tető egy robbanás következtében megsérül, megnyílik, vagy esetleg elrepül és a nyílt folyadékfelület ég. A Magyar Szabványban [7] és a nemzetközileg mértékadó NFPA [8] ajánlásban leírt hagyományos félstabil oltási mód tartályra szerelt eszközei, a tartály oldalára rögzített habsugárcsővek és a habedények a robbanási lökéshullám hatására a legtöbb esetben leszakadnak, megsérülnek. Tóth Géza [9] már 1977-ben leírta, hogy a tűzoltók tapasztalatai szerint ezek az eszközök ilyen körülmények között a feladatukat nem tudják ellátni. Ekkor már csak mobil oltási módok állnak rendelkezésre. Régebben még használtak habárbócokat, mint mobil habbevezető eszközöket, azonban az 1964-ben, a lengyelországi Chechowice-ben kivetődés következtében előfordult tömeges tűzoltó-szerencsétlenség [10] óta a hasonló, védőgödörben végzett műveleteket igyekeznek elkerülni.

Úszótetős tartálynál viszonylag ritkán fordul elő a teljes felületű tűz. Az úszótető fémből készül, tehát önmagában nem ég. A teljes felületű tűz több negatív jelenség egyidejűsége esetén alakul ki. Ezek a gyújtást előidéző villámcsapás mellett a következők lehetnek:

- az úszótető elsüllyedt, mert a csapadékvíz-elvezető nyílások eldugultak, vagy a tervezés során figyelembe vettél nagyobb intenzitású zápor keletkezett,
- a tartály túltöltése következtében a tetőre éghető folyadék ömlött,
- a kétrétegű tető egy vagy több kamrájának kilyukadása esetén a tető megbillent, illetve a villámcsapás kamrarobbanást hozott létre és a tető olyan mértékben sérült, hogy elvesztette úszóképességét, elmerült,
- a tető elsüllyedt, mert a tömítőrésű szabad sugárral történő oltása közben a tetőre olyan mennyiségű habodlat és víz került, amelyet a tető nem bírt el. A tömítőrés tüze ezért teljes felületű tűzbe ment át,
- az úszótető földrengés következtében megbillent, elsüllyedt.

A tűz jellege

A tartálytüzek égése során lezajló jelenségeket az irodalom széleskörűen tárgyalja. A Belügyminisztérium Országos Tűzrendészeti Parancsnoksága által 1959-ben kiadott Tűzoltó Taktikai Ismeretek [11] ismerteti a tűzveszélyes folyadékok égési módjait. Megkülönböztet fáklyaégetést, sugárszerű égetést és tartálytüzeket.

Az 1977-es kiadású "A tűzvédelmi berendezés létesítési és használati szabályai" [12], amelyet a NIM Továbbképző Központ adott ki Tóth Géza gondozásában, szintén ismerteti az ásványolajok és termékeik viselkedését tűz esetén.

A tűz a tárolt anyag minőségétől függően néhány másodperc alatt kiterjedhet a teljes felületre. A tűz teljesítménye könnyű termékeknel az első néhány másodpercben rohamosan nő, majd a tárolt anyag lobbanáspontjától függően néhány perc után állandósul, beáll a stacioner égés. Nehéz párlatok vagy fenéktermék tárolótartályának tüze lassabban alakul ki, a fűtött, hőszigetelt tartályoknál a veszély nagyobb [13]. A tartály falának tűzterhelése egyre nő, hőmérséklete emelkedik. A fal mellett forrásba jön a tárolt folyadék. A tűz teljesítményétől függően, az égési idő előrehaladtával kialakulhat a tűzvihar, amely rendkívül erős termikus feláramlással jár.

A száz foknál magasabb forráspontú nehéz termékek hosszú időn át tartó tűzénél a vízzel való oltás előidézheti a kivetődést, a vízzel keveredő anyag kiforrását a tartályból. Ugyanilyen eredménnyel jár a fenékvíz felforrása. Ha az égő anyag hőmérséklete az alsó rétegekben is eléri a száz Celsius fokot, a víz hirtelen felforrhat. A kivetődéssel egyidőben a termikus feláramlás a forrásba jött víztartalommal együtt az éghető folyadék cseppjeit is magával ragadja, a tartály környezetében tüzeső formájában szétteríti.

A tartályban tárolt folyadék szintjének magasságára a palást külső felületén jól látható égésnyomokból lehet következtetni. A belső folyadékszintig ép a festés, fölötte pedig –mivel itt a belső folyadék hűtőhatása már nem érvényesül – a festékréteg leégett, a palást néhány perc elteltével izzásba jön. Az ilyen izzó palást a mechanikai szilárdságát elveszti, erősebb oldalszél esetén az aszimmetrikus hőterhelés hatására bekövetkezhet a palást összerogyása. Az 1. képen a japán Hokkaido szigetén, a Tomakomaiban lévő Idemitsu Kosan [14] finomítóban bekövetkezett tartálytűzről készült képek ezt a folyamatot mutatják.

A teljes felületű tüzek igen nagymértékű levegőszennyezést okoznak. Hét milliméter percenkénti leégési sebességet alapul véve [15] egy 80 000 m³-es nyersolajtároló tartály tűzéből becsült számítással percenként 14 tonna korom és más, erősen környezetszennyező anyag kerül a levegőbe.

ÖSSZEGZÉS

Összességében megállapíthatjuk, hogy a teljes felületű tartálytüzek a legnagyobb ipari (civilizációs) katasztrófák közé tartoznak. Viszonylagos ritkaságuk ellenére meg kell találnunk az olyan oltástechnológiai megoldásokat, amelyek megakadályozzák az általuk okozott primer levegőszennyezést. A levegőszennyezés közvetlen összefüggésben van az égési idővel, tehát feladatunk leegyszerűsítve az égési idő csökkentése.

Az alábbi képeken egy sikertelen oltást láthatunk, amely a tartály teljes kiégéséhez és összerokadásához vezetett.



1.a, b kép: Hokkaido, 42 m átmérőjű naftatartály tüze (a TV2 híradójából)

A 2. sz. kép a hatalmas levegőszennyezést és a sikertelen oltási próbálkozás eredményét mutatja



2.a, b kép: Trzebinia, sikertelen oltás (a lengyel tűzoltási szolgálat fényképtárából)

2.2. Az oltási eljárások környezeti hatásai, a talajszennyezés

A tűzoltóságok tűzoltási tevékenysége a helyhez kötött technológiákhoz hasonlóan vizsgálható. Adva van a munka tárgya (a tűz), a munkát elvégző dolgozók (a tűzoltók), akik a részükre előírt technológia alkalmazásával elvégzik a szükséges műveleteket. A termék az eloltott tűz. Ez a tevékenység ugyanúgy környezethasználattal jár, és környezeti hatásokat hoz létre, mint bármely tevékenységünk. A környezeti hatások nagymértékben függenek az alkalmazott technológiától. A tartályok tűzoltására három alapvető koncepció, stratégia használatos.

2.2.1. Félstabil berendezésekkel végzett oltás

Ez a világon a legelterjedtebb oltási stratégia. Az olajipari és vegyipari vállalatok túlnyomó részének jelenlegi tűzvédelmi stratégiája nemzetközi környezetbiztonsági jogszabályokon [16], az erre épülő nemzeti általános [17] és szakmai [18] jogszabályokon illetve szabványi előírásokon [19], szakmai szervezetek ajánlásain [20], alapvetően félstabil oltóberendezések alkalmazásán alapszik.

A hagyományos félstabil berendezésekkel végzett oltás stratégiájának lényege az, hogy

- személy vagy érzékelő észleli a tüzet,
- riasztást küld a tűzoltóságra,

- a tűzoltók a helyszínre vonulnak,
- elvégzik az oltáshoz szükséges eszközök összeszerelését,
- megkezdik és végrehajtják az oltást.

Kisméretű tartályok tüzésénél, ideális esetben a finomítón belül a kivonulási idő tíz percen belül van. A könnyű technika összeszerelése után az oltás a tűz fellobbanásától számított 15 percenél rövidebb idő alatt megkezdődhet.

Nagyméretű tartályok esetén nagy teljesítményű oltóberendezést kell a helyszínre szállítani és telepíteni. Ekkor a kivonulási idő hosszabb, a szerelés és üzembe helyezés is több időt vesz igénybe. A tűz eközben biztosan eléri a stacioner égési állapotot, a tartály fémrészei kezdenek felizzani. A környezetszennyezés óriási, a tartály tönkremegy.

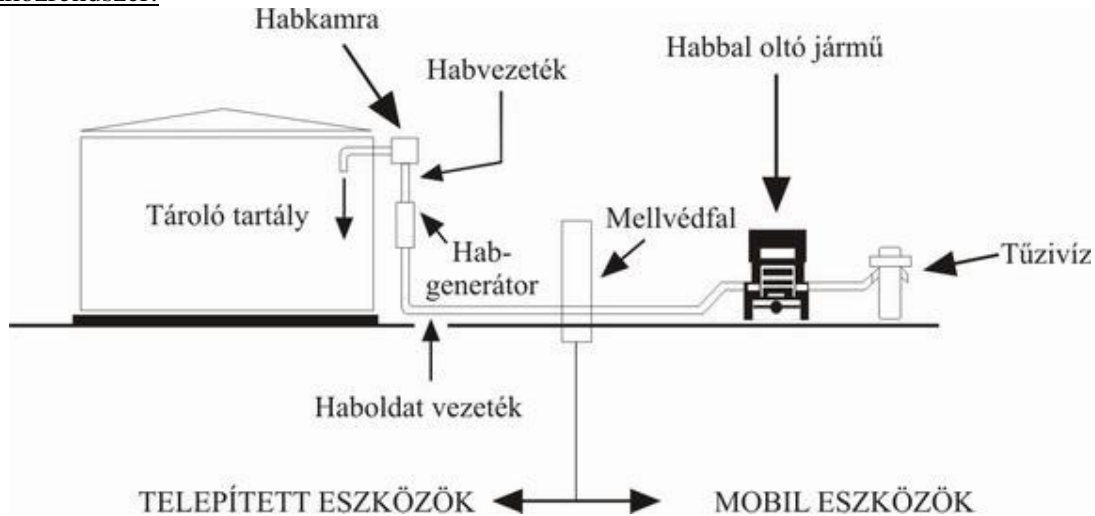
A hagyományos félstabil oltási koncepció előnye:

- alkalmazása kielégíti a jelenleg érvényes előírásokat, a tűzoltók ismerik az eszközök kezelését.

Hátrányai:

- a tartálytűzvédelem Magyarországon és külföldön is főként a 40–50 évvel ezelőtt megalakított tűzvédelmi szabványokon, ajánlásokon, a félstabil oltási koncepción alapszik, működési paramétereit (haboldat-intenzitás, oltási idő, habtartalék mértéke) az akkori technikai lehetőségek által korlátozott szabványok írják elő,
- az üzem feladata a tartályokra felszerelni a habsugárcsöveket és habbevezető eszközöket, két önálló szervezetnek (az üzemnek és a tűzoltóságnak) az együttműködése néha nehézkes,
- a habképzés eszközeit, a habgenerátorokat az érvényes szabványok szerint a tárolótartály oldalára, nehezen hozzáférhető helyre szerelik,
- a habgenerátorok a szűk fúvóka használata miatt üzemzavarra, eltömődésre hajlamosak, emiatt a hagyományos oltóberendezések a karbantartás nehézségei miatt nem működnek üzembiztosan,
- az ilyen oltóberendezések működtetéséhez megfelelő kapacitású tűzivízforrás szükséges,
- a kötelezően előre felszerelt eszközök önmagukban nem alkalmasak az oltásra, ezeket a helyszínre vonuló tűzoltóság hozza működésbe, a tűzoltóság hozza magával az oltáshoz szükséges habanyagot és szivattyút,
- a tűzoltóság riasztása, kivonulása és a szerelés miatt az oltást csak jelentős késedelemmel tudják megkezdeni,
- a tűzivíz-hálózat szennyezettsége műszaki üzemzavart okozhat,
- a szabványban előírt kis alkalmazási intenzitásérték miatt nagy az oltóanyagfelhasználás, hosszú az oltási idő,
- a tűz hosszú ideig tartó égése miatt nagy az anyagi kár,
- nagy a levegő- és talajszennyezés,
- a tűz az embereket és a technikát veszélyezteti,
- nagyméretű tartályok tüzésére nem alkalmas.

A nemzetközi tapasztalat azt mutatja, hogy a 60 000–80 000 m³-es tartályok tüze a hagyományos tűzoltás-technikai megoldásokkal nem oltható el. A tűz több tíz órán keresztül ég, majd amikor az éghető anyag elfogy, elalszik. Eközben hatalmas környezetszennyezés keletkezik.

Eszkörendszer:

1. ábra: A hagyományos félstabil oltás eszközei

A félstabil oltóberendezések alkalmazására vonatkozó taktikai előírások országonként és időben is változnak. Néhány benzintűzre vonatkozó ismert előírást az összehasonlítás érdekében a következő táblázatban bemutatok.

1. táblázat: Taktikai előírások összehasonlítása

Előírás	Menny. egység	NFPA 11	NIM TK	MSZ 9779/4-84	2/2002. BM rendelet	DIN 14493
oldatintenzitás teljesfelületű tűznél	l/p/m ²	4,1	15	3,5	4,1	6,6
oldatintenzitás úszótető tömítősére	l/p/m ²	12,2	nincs adat	nincs adat	nincs adat	6,6
védőgödör/monitor	l/p/m ²	6,5	5	5,25		3
minimális alkalmazási idő	perc	30–65	korlátlan		30–45	30

Tóth Géza „A tűzvédelmi berendezés létesítési és használati szabályai, különös tekintettel a tűzveszélyes folyadékot tároló tartályok tűzvédelmére” című könyvében már 1977-ben ismertette a BM TOP megállapítását arról, hogy „Tűzvédelmi kísérletek és konkrét tüzesetek bizonyították, hogy az előre felszerelt oltóeszközök a tűzoltóság megérkezéséig javarészt tönkremennek.” Ebben az időben a megoldást a mobil eszközökre alapuló felkészülésben látták.

A külföldön történt nagyméretű tüzesetek sikertelen oltása után megindult a kutatás új, hatékony tűzvédelmi rendszerek kifejlesztése irányában.

Környezeti hatás:

Az előkészületi idő hosszú. Az alkalmazott alacsony haboldatintenzitás következtében az oltás elnyúlik, tehát az égési idő tetemes. Ennek következtében a levegőszennyezés jelentős. Bár a habedények feladata, hogy a habot a tartály belsejébe vezessék, gyakori meghibásodásuk miatt a

helyszínen hozott döntés szerint gyakran át kell térni a mobil oltásra, amelynél viszont a célzási veszteség következtében a tartály mellé folyt hab talajszennyezést okoz.

2.2.2. Stabil oltóberendezések alkalmazása

A stabil oltóberendezések Magyarországon nem terjedtek el. Stratégiai koncepciójuk lényege az, hogy az oltáshoz szükséges összes technikai eszközt (habedényt, habsugárcsövet, haboldatvezetéket) a kiválasztott potenciális veszélyforrásokra (tartályokra) telepítjük és a szükséges további anyagokat, eszközöket (habanyagot, habbekeverőt, szivattyút) az oltóközpontban azonnal bevethető állapotban készenlétben tartjuk. Tűz esetén mindössze a működtetést kell elindítanunk és a megfelelően tervezett berendezések további emberi beavatkozás nélkül elvégzik az oltást. Az automatikus oltásindítás is megoldható, bár ekkor tekintetbe kell venni a téves indítás lehetőségének kockázatát.

Előnyei:

- az égési idő rövid, az előkészületi időből a kivonulás és a szerelés ideje kimarad,
- a biztonsági szint magas, a hangsúly a megelőzésen van,
- az oltásban személyek nem vesznek részt, ez munkabiztonsági előny,
- a kis létszámú állomány a diszpécserékből és a megelőzéssel foglalkozókból áll,
- a fenntartási-karbantartási költségek alacsonyak.

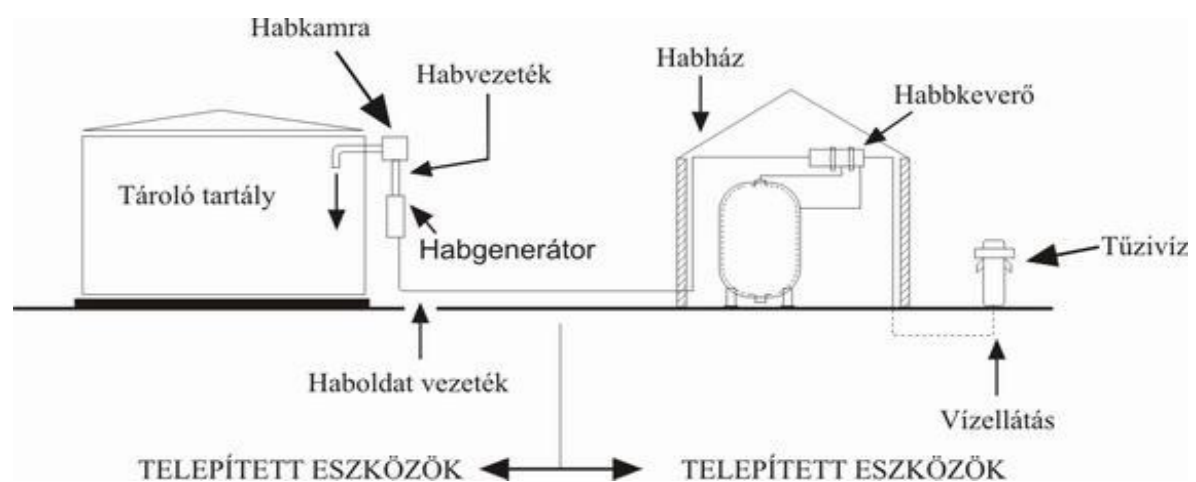
Hátrányai:

- A kezdeti beruházási költség magas,
- Tűzvízhálózattól (kritikus infrastruktúrától) függ.

Taktikai előírások:

A rendszer oltástechnikai paraméterei nem térnek el lényegesen a félstabil oltásra előírtaktól.

Eszközrendszer:



2. ábra. A hagyományos stabil oltóberendezés felépítése

Környezeti hatás:

Az előkészületi idő gyakorlatilag elmarad, a berendezés az oltást rövid idő alatt elvégzi. A levegőszennyezés igen csekély, talajszennyezés a gyakorlatban nem fordul elő.

2.2.3. Mobil oltási mód

A félstabil oltási koncepció régi típusú eszközrendszerének használatából adódó kudarcok a fejlesztőket arra sarkallták, hogy új eljárásokat dolgozzanak ki. Az amerikai Dwight Williamsnek [21] a fejlesztés során az volt az elvi kiindulópontja, hogy tűz esetén a hosszú előkészületi idő miatt a tűz mindenképpen tönkreteszi az oltási eljárás alkalmazásához szükséges beépített vagy félstabil eszközöket, ezért azok nem lesznek az oltás megkezdésekor használható állapotban. Célszerű tehát az üzem által előzőleg, a vonatkozó szabvány előírásainak megfelelően a tartályra épített eszközöket figyelmen kívül hagyni és tisztán mobil eszközökkel, megkísérelni az oltást. Ennek az elképzelésnek megvalósítása százmillió forintos nagyságrendű költséggel beszerezhető nagy teljesítményű habágyúkkal történik.

Nem minden finomító szánta el magát ilyen beruházásra. Amerikában 2001-ben a Conoco finomítóban keletkezett tartálytűznél a katasztrófa-helyzetben lévő üzem egy, nagy teljesítményű mobil oltóberendezéseket gyártó cégtől bérelte a berendezést és a cég szakemberei bér munkában végezték el az oltást is [22]. Az eredmény kétséges. A tűz keletkezése után tizenhét órával a helyszínre érkező munkacsapat további négy órás előkészület után kezdte meg az oltást.



3. kép: A tűzoltás befejezése a Ponca City-beli Conoco finomítóban. A habalkalmazás környezetszennyező (fénykép az Industrial Fire World Magazine-ból)

A tűzvédelemben dolgozók tudják, hogy a Prometheus legenda nem igaz, örök tüzek nincsenek. A lángok ebben az esetben is elaludtak. A tartályban megmaradt, „megmentett” anyag értéke a bérlet költségeinek töredéke volt csupán és a tartály is tönkrement.



4.a



4.b kép: Két kép az ORION NORCO finomító benzintartályának tüzeről 2001. A vízellátás elégtelen

A nagy teljesítményű habágyúk bevetettségének másik korlátja a tűzvízhálózat kapacitásának szűkössége lehet. Az ORION NORCO finomítóban keletkezett benzintartály tüzének [23] oltása során ez nehezítette meg az oltást.

Előnyök a nagy teljesítményű habágyúk alkalmazásánál:

A nagy oldattérfogatáramnak (habintenzitásnak) köszönhetően kitűnően alkalmas védőgödör és teljes felületű tartálytüzek oltására.

Hátrányok:

A beruházási költség igen magas,
 Úszótetős tartályok tömítőrésztüzének oltására nem alkalmas,
 Nagy a kiszolgáló személyzet iránti igénye,
 A kritikus infrastruktúrától (nagyteljesítményű tűzivízforrás, használható megközelítési útvonalak) függ a működőképessége,
 Az előkészületi idő hossza a megközelítési távolságtól függően több óra is lehet.

Taktikai előírások:

A nagy teljesítményű habágyúk bevetésére általános és kötelező érvényű előírások még nincsenek. Az ilyen eszközökkel bíró tűzoltószervezetek maguk adnak ki belső taktikai utasítást. a habágyú teljesítménye típustól függ, a 20 000 liter/perc oldat-térfogatáram szokásos érték..

Környezeti hatás:

Kevés üzem rendelkezik a szükséges infrastruktúrával (nagy teljesítményű tűzivízhálózat). Azokban az üzemekben, amelyek a szükséges forrásokkal rendelkeznek (technika, víz, ember) az égési időt néhány tíz percre lehet redukálni [24]. Alkalmazása a hagyományos félstabil rendszerekhez képest nagyobb környezetbiztonságot jelent, csökkenti a levegőszennyezés mértékét. A talaj és a felszín alatti vizek szennyezése viszont nagy, mert jelentős a célzási veszteség, sok hab kerül a tartály mellé, a védőgödörbe.

ÖSSZEGZÉS

A legáltalánosabban elterjedt félstabil oltóberendezések esetében a hosszú égési idő, – amelyet növel az oldóberendezés bizonytalan működéséből származó esetleges stratégiaváltáshoz szükséges idő – jelentős levegőszennyezést okoz, míg a mobil oltóberendezések alkalmazásakor a célzási veszteség és a védőgödör fölösleges elárasztása jelent a környezetre nézve jelentős szennyező hatást.

Hipotézisem:

A környezetszennyezés problémájára a megoldást olyan irányban érdemes keresni, hogy a habalkalmazás intenzitását megnöveljük, a műszaki eszközrendszert egyszerűbbé, megbízhatóbbá tesszük. Előnyös a stabil oltóberendezések alkalmazása.

A következőkben megvizsgálom a fejlesztés elvi lehetőségeit.

3. A KÖRNYEZETKÍMÉLŐ OLTÁSI TECHNOLÓGIA ELVEI

A cél elérése érdekében tanulmányoznunk kell, hogy a tartálytűzek és oltásuk során milyen környezeti hatások keletkeznek.

Először a levegőszennyezés megelőzésének, vagy legalább minimális szintre csökkentésének lehetőségeit vizsgálom. A szennyezés mértéke közvetlenül arányos az égési idővel (amely két részből tevődik össze: az előkészületi időből és az oltási időből), valamint természetesen a tartálymérettel és a tárolt anyag fizikai-kémiai jellemzőivel (forráspont, összetétel).

Második lépésben a tartálytűz oltás során felhasznált oltóanyag mennyiségének csökkentési lehetőségeit veszem célba, mivel ez okozza a talaj és a felszín alatti vizek szennyeződését. A szennyvízhálózat terhelése is csökkenthető a kijuttatott habmennyiség mérséklésével. A tartályba és a célzási veszteségek miatt a védőgödörbe kerülő hab együttes mennyisége szennyezésnek tekintendő.

Harmadik kutatási irány az oltás során igénybe vett humán erőforrás veszélyeztetettsége csökkentésének lehetőségei.

Negyedikként olyan oltási technika kidolgozását irányoztam elő, amely lehetővé teszi infrastruktúra (víz, energia, megközelítési úthálózat és személyzet) hiányában és szélsőséges időjárási körülmények között is a tartálytűzek oltását.

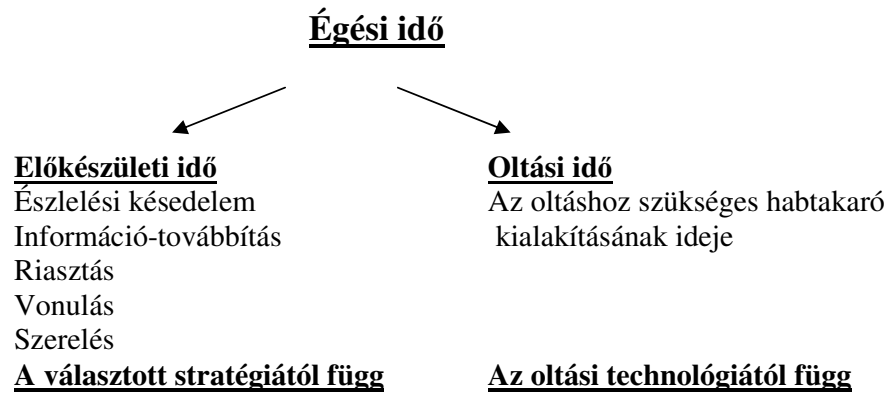
A kutatást négy fő területre irányult: az előkészületi idő csökkentését lehetővé tevő stratégia kidolgozása, a tűzoltás idejét csökkentő és sikerarányát növelő taktikai utasítások kidolgozása, ehhez új tűzoltástechnikai paraméterek meghatározása, a fajlagos oltóanyag-szükséglet csökkentése érdekében, az emberi erőforrások kíméletének lehetőségei, az automatikus működésű rendszerek előnyben részesítése, a fentieket megvalósító technológia és a technikai háttér kifejlesztése.

A kutatási és műszaki fejlesztési folyamat lépései:

- az ismert tűzoltási stratégiák összehasonlító vizsgálata, irodalomkutatás,
- az alacsony sikerarány okainak meghatározása [25], a kritikus tényező kiválasztása [26],
- lehetséges új stratégiák keresése [27], megválasztása, kritikája,
- a műszaki fejlesztés irányának kijelölése.
- az új stratégia célkitűzéseinek megfelelő technológia kutatása,
- az iparjogvédelmi lépések megtétele [28],
- az új technológia megvalósításához szükséges technika kifejlesztése [29],
- modellek, kísérleti eszközök építése,
- kísérletek, laboratóriumi mérések elvégzése a koncepció helyességének vizsgálatára,
- a szükséges módosítások, továbbfejlesztés elvégzése,
- nemzetközi szellemi termék oltalomról gondoskodás [20],
- nagy modell készítése, valós méretű kísérleti eszköz elkészítése,
- hideg habterületi vizsgálatok, mérések elvégzése,
- tűzkísérletek valós méretben [31],
- az eredmény kiértékelése,
- adaptálás ipari felhasználásra.

3.1. A levegőszennyezés (az égési idő) csökkentésének lehetőségei

A tartálytüzek által okozott levegőszennyezés arányos az égési idővel, a tartálymérettel és a tárolt anyag fizikai-kémiai tulajdonságaival. A tartály mérete és az anyagi minőség adott, a levegőszennyezés csökkentésének rendelkezésünkre álló eszköze az égési idő csökkentése. Ez két szakaszra bontható, az előkészületi időre és az oltási időre.



3.1.1. Az előkészületi idő csökkentésének lehetőségei

Az előkészületi idő hossza a választott oltási stratégiától függ. Az előkészületi idő elemeinek vizsgálatából leszűrhetjük azt a tanulságot, hogy a stabil oltóberendezések üzembehelyezése veszi igénybe a legrövidebb időt, hiszen az oltás lefolytatáshoz szükséges minden technikai anyag és berendezésösszeszerelt állapotban a helyszínen telepítve van. A tűz érzékelése után néhány másodperccel megkezdődik az oltás. A félstabil vagy mobil oltási eljárások használata során az érzékelés, jelzés, riasztás, vonulás és szerelés jelentős előkészületi idővesztést okoz, csak ezután kezdhető meg az oltás.

Egy üzem tartálytűzoltási stratégiája két fő pilléren nyugszik:

Az egyik, meghatározó pillér a **VÉDELMI FILOZÓFIA**, amelyet a szakmai, gazdasági és szociális környezet alakít ki.

A másik fő pillér a **TECHNOLÓGIA**, amely a tűzoltási eljárás és a technikai eszközök összessége.

A környezetbiztonság szempontjából a filozófiai, környezetpolitikai döntés a meghatározó. A környezettudatos vállalatvezetés számára csak a hosszú távon fenntartható fejlődés lehet a követhető út, vagyis a környezeti hatások összevetése során az előnyösebb stratégia választása a rövid távú gazdasági előnyökkel, vagy más partikuláris érdekekkel szemben.

Az előkészületi idő rövidege miatt leghatékonyabbnak ítélt stabil oltóberendezések alkalmazásán alapuló védelmi stratégia széleskörű elterjedését elsősorban gazdasági okok hátráltatják. A SEVESO előírásainak betartására irányuló törekvések viszont segítik elterjedését, mert a felső veszélyességi határértékű üzemek számára megoldást hozhat a létesítményi tűzoltóság felállítási kötelezettség alternatívájaként.

A hagyományos stabil és félstabil oltási technológiák jellemző paramétereit:

2. táblázat: A hagyományos stabil és félstabil oltás jellemző paramétereit [32]

Hagyományos oltási technológiák		
Eljárás jellemzője	Stabil oltóberendezések	Félstabil elrendezés vonuló tűzoltó járművekkel
Oldatintenzitás	5 l/p/m ²	4-8 l/p/m ²
Előkészületi idő	kb. 5 perc	5 perctől több óráig
Oltási idő	10 perc	10 perctől órákig

Összegzés:

Az előkészületi idő a beépített oltóberendezéseknél a legrövidebb és a mobil oltási technológiai rendszerek esetében előnytelenül hosszú. A habalkalmazási intenzitásértéke alacsony, de a legnagyobb hátrányt az okozza, hogy nem változik a tűzfelülettel.

3.1.2. Az oltási idő csökkentésének lehetőségei

Az oltási idő a habalkalmazási intenzitástól, és a habbevezetés módjától függ. Megvizsgálom, hogy hogyan lehet az az oltási időt csökkenteni.

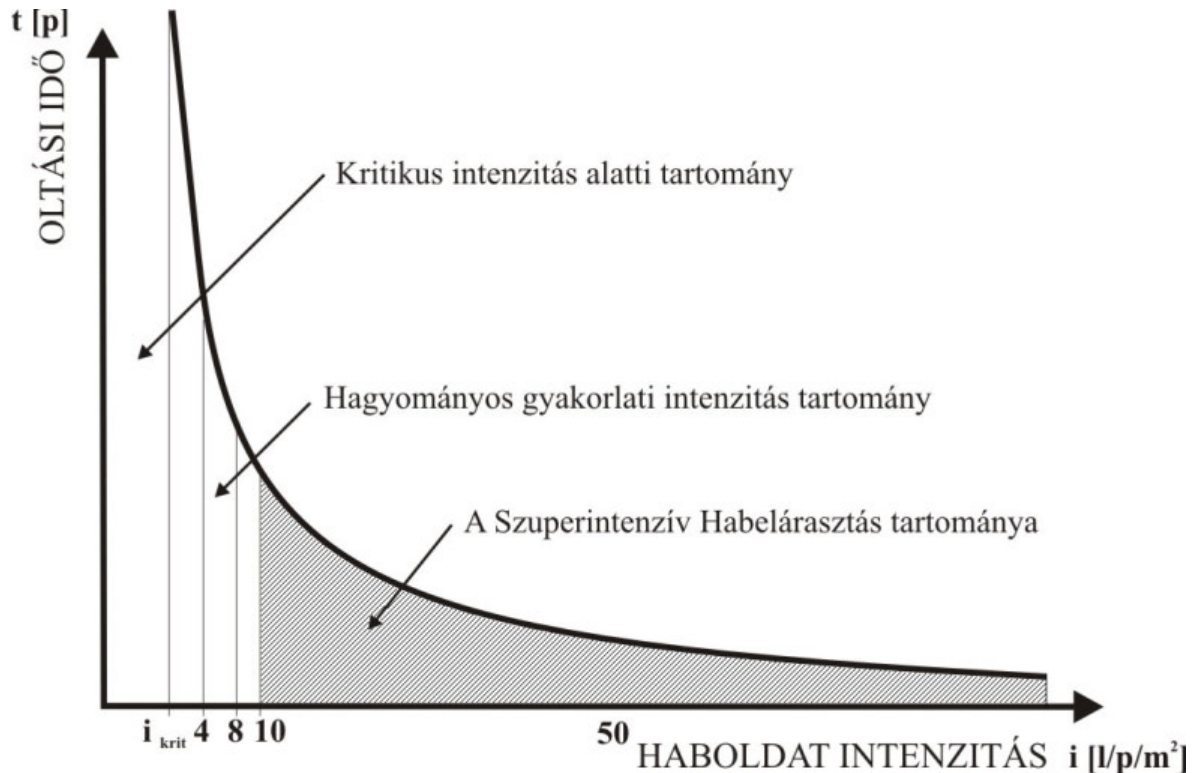
3.1.2.1. A habintenzitás hatása az oltási időre

Az oltóanyag alkalmazásának intenzitása és az oltási idő összefüggésének grafikus ábrázolása tűzoltó porral való és habbal való oltásnál sok hasonlóságot mutat.

Jellemzője ezeknek a görbéknek, hogy az oltási idő és az oltásra alkalmas intenzitásértékek tekintetében is határértékhez közelítenek. Az alacsony intenzitás tartományában kimérhetjük a kritikus intenzitásértéket, amelynél kisebb intenzitás alkalmazása már végtelenül hosszú oltási időt eredményez, vagyis nem lehetséges az oltás. Növekvő intenzitásértékek esetén az oltási idő rohamosan csökken, nullához közelít, de azt soha nem éri el. Az oltási folyamat az intenzitás növelésével hatékonyabb lesz.

A hagyományos oltási módok esetében a régi, de ma is érvényben lévő taktikai utasítások a mai szemléletünk szerint alacsony, de az akkori kor technikai színvonalának megfelelő, az akkori eszközökkel teljesíthető intenzitásértékeket írták elő. Az ennél nagyobb intenzitások használatát ez a hagyományos szemlélet feleslegesnek tartotta, ezt a tartományt a szakmában "Overkill Range" névvel illették.

A következő ábra [33] a habok alkalmazására vonatkozik.



3. ábra. A habalkalmazási intenzitás és az oltási idő összefüggésének diagramja

Ennek a jellegörbének tulajdonságai, jellegzetes pontjai széleskörűen ismertek a szakmai körökben. A függvény a nagy haboldat intenzitásértékek tartományában a gyors oltás lehetőségét kínálja fel. Azt a következtetést mindenképpen levonhatjuk a függvény vizsgálata során, hogy a magasabb intenzitás tartományban rejlő előnyöket érdemes, és a mai nagy teljesítményű tűzoltójárművekkel lehetséges is kihasználni.

A megoldás kézenfekvő, az oltási időt a haboldat-intenzitás értékének megnövelésével kell csökkenteni. A 10 l/perc/m² intenzitásérték fölötti tartományt a szuperintenzív habelárasztás tartományként tartjuk számon. A gyakorlati intenzitásértékek 15 és 25 l/perc/m² között vannak. Ezeket alkalmazzuk stabil és mobil oltás esetén is.

A nagy intenzitású habroham lerövidíti az oltási időt, csökken a légszennyezés. Az oltás közbeni habvesztések csökkenésének köszönhetően kisebb habmennyiséggel tudunk oltani, csökken a szennyvízhálózat, a talaj és a felszín alatti vizek szennyezése is.

3.1.2.2. A habbevezetés módjának hatása az oltási időre

Az intenzitás növelése, ezzel az oltási idő csökkentése csak akkor lehetséges, ha a megnövelt habterfogatóramokat kezelni tudjuk. Amint később, az optimális habbevezetési mód meghatározásánál a 3.2.2. fejezetben tárgyalom, a függönyszerű habbevezetési mód teszi lehetővé a megnövelt intenzitásértékek gyakorlati létrehozását, a tartálypalást belső felületén folyamatosan lefolytatott hab végzi el a legbiztonságosabban és a legrövidebb időn belül a tűz oltását.

ÖSSZEGZÉS

A levegőszennyezés csökkentésének módszere az égési idő lerövidítése.

Ezen belül az előkészületi idő csökkentése a legelőnyösebben az automatikus oltóberendezések használata során valósul meg.

Az oltási idő rövidítése pedig egyértelműen az alkalmazott haboldatintenzitás növelésével lehetséges. Akár stabil, akár mobil oltási stratégiát alkalmazunk, mindkettő esetében a 10 és 25 l/perc/m² intenzitástartomány használata eredményezi a kívánatos rövid oltási időt.

A műszaki megoldás kidolgozása során a drasztikusan megemelt habalkalmazási intenzitásból származó, rendkívül nagy habtérfogatáramoknak az égő tartályba való optimális bevezetését biztosító habbevezetési megoldáson kívül az ezt a habbevezető rendszert kiszolgáló habforrást is meg kell alkotni.

3.2. A habfelhasználás (a talajszennyezés) csökkentésének lehetőségei

3.2.1. A habbevezetési módok elméleti vizsgálata

A habbevezetés módjának jó megválasztása két területen is javítja az oltás hatásfokát. Ha a habbevezetési megoldás a teljes habmennyiséget veszteség nélkül juttatja a tartályba (nincs célzási veszteség vagy melléfolyás), akkor a talajszennyezés megelőzése környezetvédelmi előnyként jelentkezik. A habbevezetés megoldásától elvárt további előny a legjobb habhasznosítási eredmény elérése, amely a felhasznált hab teljes mennyisége szempontjából fontos.

A legmegfelelőbb habbevezetési megoldások megtalálása érdekében először is meg kell vizsgálnunk, milyen jelenségek tapasztalhatók a habnak a tartály belsejében, ezen belül különösen a folyadék felületén történő mozgása közben.

3.2.1.1. *A hab mozgásának vizsgálata folyadékok felületén; a penetrációs sebesség vizsgálata*

A PENETRÁCIÓS SEBESSÉG FOGALMA

A hab szétterülésének hajtóereje kíméletes áramoltatás esetén elsősorban a gravitáció. Az egyenletesen - állandó térfogatárammal - felszínre bocsátott habfolyam nem tud egy helyben feltornyozódni, hanem konzisztenciájától függően elterül, a szintkülönbség kiegyenlítésére törekszik.

Általánosságban:

$$\text{áram} = \frac{\text{hajtóerő}}{\text{ellenállás}}$$

Az áram jellemzésére ebben az esetben a habtérfogatáramot, míg hajtóerő alatt a bebocsátott habmennyiség feltornyozódása közben a habtömegben kialakuló hidrosztatikai nyomást értjük. Ennek hatására igyekszik a hab a gravitáció hatására szétterülni. Az ellenállás a hab belső, tüztől független tulajdonságaitól (viszkózitás, konzisztencia) és a tűz által létrehozott, a hab mozgását akadályozó jelenségektől (a hab kiszáradása, kérgesedése, roncsolódása, megsülése) függ. Ezek a jelenségek a habtakarónak a lángok által támadott felületén, az ún. nem nedvesített habfelületen észlelhetők.

A habfront előrehaladása kissé hasonlít a lávafolyam viselkedéséhez: a felületen egy fékező, szilárdabb, visszatartó kéreg képződik, de hátulról új, még folyékony állapotú anyag tör előre és a habfolyam alsó rétegét előre mozdítja.

A gyakorlatban a habot folyamatos áramoltatással juttatjuk az égő folyadék felületére, a hab viselkedését az időegység alatt megtett előrehaladási út, a *penetrációs sebesség* jellemzi a legjobban, adott *habtérfogatáram* mellett.

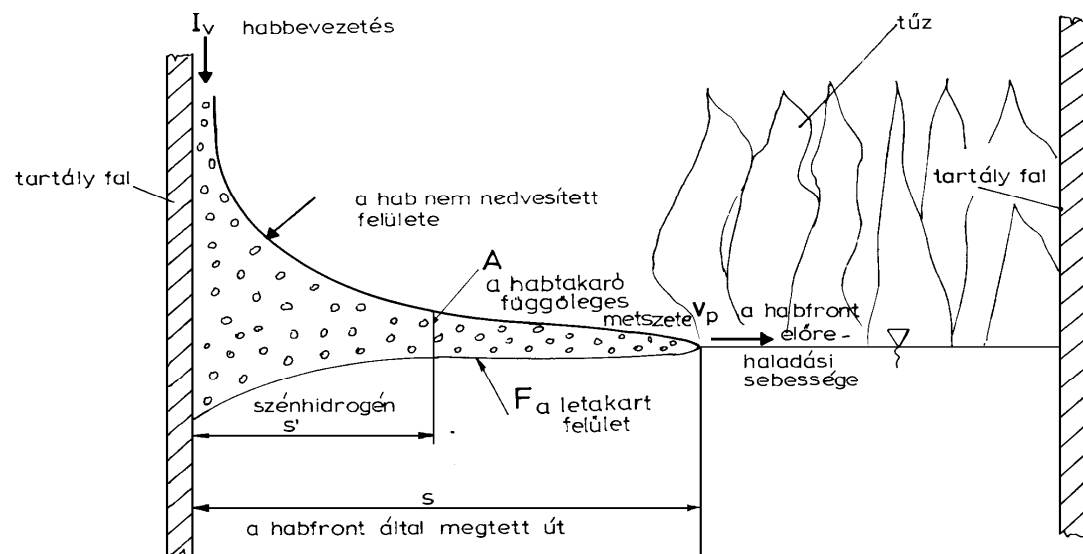
A habfront, a hab alsó rétege, mint egy penge, behatol (penetrál) a folyadékfelület és a rajta égő lángok közé, a lángokat elválasztja az éghető felülettől, ezért mozgását a *penetrációs sebesség* fogalmával jellemezzük. Ha eltekintünk a habroncsolástól:

$$\text{penetrációs sebesség} = \frac{\text{habtérfogatáram}}{\text{mért habkeresztmetszet}}$$

A *habtérfogatáram* általánosságban a tartály belsejébe juttatott összes hab időegységre jutó térfogata, függetlenül a bejuttatás módjától (habsugár, pontszerű vagy függőnszerű bevezetési módok).

A *habkeresztmetszet* a szétterülő habnak a bevezetés helyétől a habfront lábáig mért vagy számított átlagos, függőleges síkban értelmezett keresztmetszete. Ennek értéke folyamatosan változik a hab mozgása során, és függ a *habprofil függvényétől* és a hab által letakart felület nagyságának változását leíró *függvényétől*, a *habbevezetési geometriától*.

A hab folyadék felületén történő mozgásának jellemzőit [47] a következő ábra mutatja :



4. ábra: A penetrációs sebesség a habfront előrehaladási sebessége

A v_p penetrációs sebességet kifejezhetjük a habhasznosítási tényező ismeretében:

$$v_p = \eta \cdot \frac{I_v}{A}$$

ahol

v_p = a penetrációs sebesség [m/sec] a vizsgált A keresztmetszetben

I_v = bebocsátott habtérfogatáram [m^3/sec]

A = a habtakaró keresztmetszete [m^2] s' távolságban

η = a habhasznosítási tényező, amely dimenzió nélküli szám

A habhasznosítási tényező fogalmát és gyakorlati jelentőségét a 3.2.2.2. pontban részletesen ismertetem.

A habhasznosítási tényező alkalmas oltási módok összehasonlítására.

Oltási mód alatt a választott habminőség és a habbevezetési megoldás együttesét értjük.

A habminőséget a habanyag kémiai, fizikai tulajdonságai és a habképzési eljárás közösen határozzák meg.

A PENETRÁCIÓS SEBESSÉGET BEFOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐK

A penetrációs sebesség a hideg hab mozgása során is változik. Nagyon jó lenne, ha a tűznek a mozgás sebességére gyakorolt hatását valahogy megfigyelhetnénk, de ilyen mérést a gyakorlatban nehéz kivitelezni. Legkönnyebben az átlagos penetrációs sebességet tudjuk mérni akár hideg, akár tűz alatti vizsgálatnál.

$$v_p = \frac{s}{t}$$

ahol s = a habfront által a mérési idő alatt megtett út [m]

t = a mérési időtartam [sec]

A v_p változását könnyebben le tudjuk írni a habtulajdonságok és az oltási geometria figyelembevételével.

$$v_p = \frac{I_v}{dh(s) \cdot dK(s)}$$

A h és K pillanatnyi értéke függ a habbevezetés helyétől számított távolságtól:

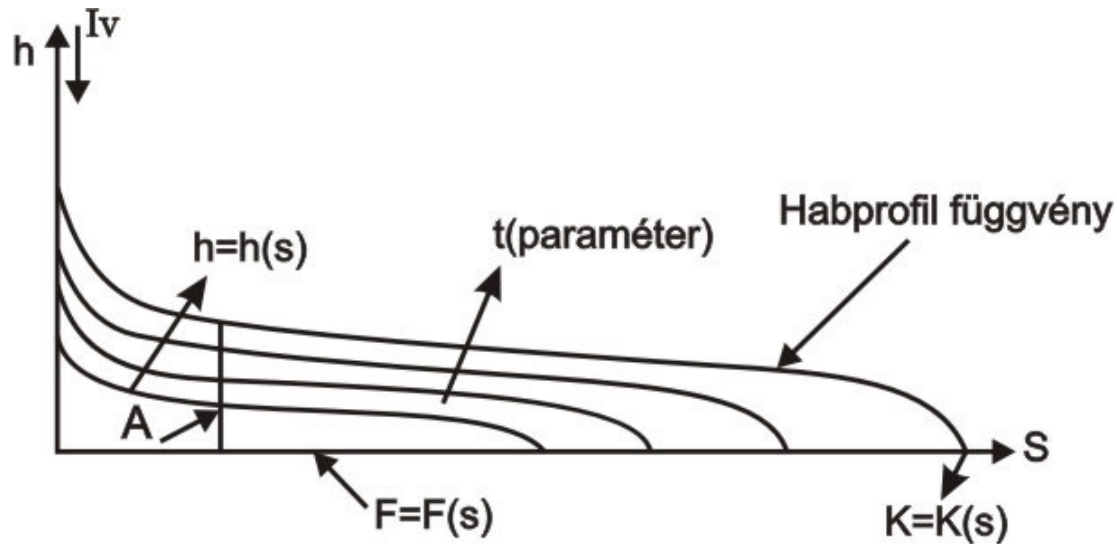
A $h = h(s)$ függvény az úgynevezett habprofil függvény. Ez a h (habprofil magasság) függő változó értékeit adja meg az s független változó bármely értékénél.

A $K = K(s)$ függvény az úgynevezett habkerületi függvény, amely a habfront hosszának (a szétterülő hab kerületének) nagyságát adja meg a bevezetés helyétől való távolság függvényében. Ez a függvény jellemző a habbevezetési geometriára.

Vizsgáljuk meg, hogyan függ a penetrációs sebesség a hab területe közben a habprofil függvényről és a habbevezetési geometriától.

3.2.1.2. A hideg hab területének vizsgálata szénhidrogének felületén. A habprofil függvény jelentősége

Ha a sík felületen áramló hab keresztmetszetét vizsgáljuk [34], általánosságban az alábbi ábrán látható képet kapjuk:



5. ábra: A habprofil függvény értelmezése

A habtömeg a hab rheológiai tulajdonságaitól függő felszín képez áramlás közben.

A HABPROFIL FÜGGVÉNYEK

A habtakaró vastagságának változását a megtett úttal általánosságban a $h = h(s)$ habprofil függvény írja le. Ha paraméterként bevezetjük az időt, egy görbesereget kapunk.

A habprofil függvényt és annak időparaméter szerinti változását legegyszerűbben egy plexiből készített, egyik végén zárt vályú segítségével határozhatjuk meg, olyan módon, hogy a vályú zárt végén konstans habterfogatárral habot bocsátunk be, majd regisztráljuk a hab mozgását, a habprofil változását.

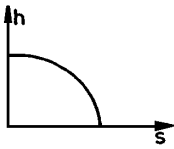
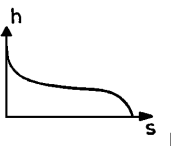
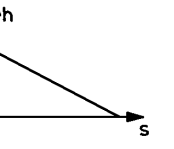
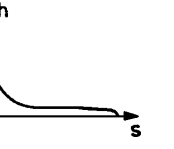

A kísérleti berendezés geometriai adottságaihoz és az adatfelvétel módjához (pl. videofelvétel), alkalmasan megválasztott Δt időlépésenként meghatározzuk a habprofil függvény függvényértékeit.

A függvényértékek ismeretében meghatározhatjuk a közelítő matematikai függvényt. A habprofil függvény viselkedése az időparaméter irányában is vizsgálható.

A habprofil függvény meredeksége elsősorban a teljes felület megszakítás nélküli letakarásához szükséges habmennyiséget befolyásolja.

A következő táblázatban összehasonlítjuk a jellegzetes habprofil függvényeket, a szemléltetés érdekében szándékosan torzítva.

3. táblázat: A habprofil függvények képe különböző habminőségek esetében

	A habprofilfüggvény alakja a habminőségtől függően				
A függvény képe					
Habminőség leírása	Közép és könnyű hab	Középhab, vagy rossz hőállóságú nehézhab	Elméleti habminőség a könnyebb tárgyalhatóságért	Jó minőségű nehézhab (AFFF)	Elméleti eset, pl. folyadékok rétegzése
A habterülés módja	A hab nem terül, helyben feltorlódik	A habfront nehezen halad előre	A habprofil egyenes	Gyorsan terül, jó hőstabilitás	A felszín vízszintes
A habhasznosítási tényező η	η rendkívül kicsi, a hab erősen roncsolódik	η kicsi, a hab kiszárad, megsül	η közepes	η nagy a habroncsolás kicsi	$\eta = 100\%$ nincs anyagvesztés
A penetrációs sebesség (v_p)	$v_p = 0$ A hab nem terül $t_{\text{oltási}} = \infty$	v_p kicsi, a távolsággal rohamosan csökken	v_p megfelelő	v_p nagy jó oltási tulajdonságok	$v_p = \infty$

A habprofil függvény alakja alapvetően a hab tulajdonságaitól, vagyis az alkalmazott habkoncentrátum anyagi jellemzőitől, a haboldat töménységétől és a habképzési eljárástól, a habkiadóságtól függ.

Nagyon hasznos lenne, ha a habprofil függvényt tűzkísérletek során is fel tudnánk venni, és észlelni tudnánk a hab viselkedésének megváltozását meleg és hideg körülmények között, összefüggést tudnánk találni a változások mértéke és a habok hideg, laboratóriumi körülmények közötti mért jellemzői között. Sajnos ezeknek a méréseknek gyakorlati kivitelezésére még nincsenek jó eljárásaink.

Egy adott hab esetén a habterjedési jelenség megismeréséhez az alábbi tényezők hatását és egymástól való függését kell megvizsgálunk:

- Penetrációs sebesség és gyorsulás
- A habprofil függvény jellege
- A habprofil függvény meredeksége
- A habterfogatáram hatása a fenti tényezőkre
- A tűzterhelés hatása az előbbi jellemzőkre

3.2.2. A környezetkímélő habbevezetés geometriai viszonyai

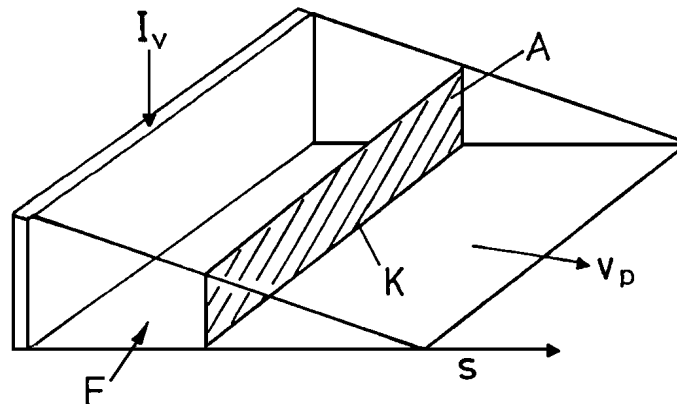
Céлом megmutatni, hogy a jól megválasztott habbevezetés jelentősen javítja a habok alkalmazásának hatékonyságát, más szóval növeli a habhasznosítási tényező értékét. Az eddig ismert stabil vagy félstabil oltóberendezések - beleértve a nagyteljesítményű habágyúkat is - hagyományosan pontszerű habbevezetési megoldásokat használnak. Ennek technikai eszközei az ismert habedények, habfolyatók, mobil oltás esetén a szabad sugarat adó sugárcső.

A következőkben megvizsgálom, hogy milyen befolyása van a habbevezetés módjának a habfelhasználás hatékonyságára, a falhatás okozta nehézségek leküzdésére és a tartály tűz okozta sérülésének megelőzésére.

Ha a tárolótartályban lévő folyadék felületére tűzoltó habot vezetünk, akkor az szétterülni igyekszik. Ennek a mozgásnak hajtóereje a feltorlódó habnak a szénhidrogénnel érintkező felületén mérhető hidrosztatikai nyomás. A szétterülő hab által betakart felület határoló vonalának hossza a habkerület. A habkerületi függvény $K=K(s)$ azt az összefüggést írja le, hogy milyen módon változik a habfront hosszúsága a habbevezetés helyétől távolodva. A függvény lefutását a habbevezetési geometriák jellemzőit összefoglaló táblázatban mutatom meg.

A habbevezetésre elvileg három geometriai elrendezés jöhet szóba [35].

A) Habbevezetés párhuzamos oldalfalakkal határolt vályúba:



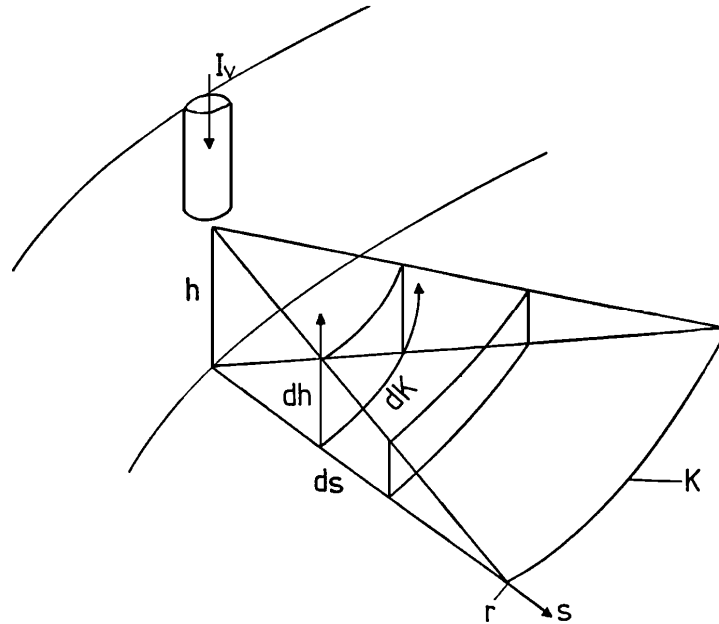
6. ábra: A habok mozgásának elméleti vizsgálata plexi vályúban

Ez a geometriai forma a habok terülésének vizsgálatához használható legegyszerűbb berendezésre, a plexiből készített vályúra jellemző. A vályú alapja ebben az esetben téglalap, oldalfalai párhuzamosak. Ebben a kísérleti eszközben vizsgálhatjuk a habprofil függvény alakját különböző konzisztenciájú (kémiai összetételű és kiadósságú) habok esetében, és tanulmányozhatjuk a penetrációs sebesség változását a habintenzitás értékek függvényében. Az intenzitás értékét habbecsátás fajlagos térfogatáramával, a kísérleti vályú homlokfalán az egy folyóméter tartálypalást-ra jutó bebocsátott habmennyiséggel jellemezhetjük.

Hasonló kísérleti vályúban tűzterhelés alatt is tanulmányozta a habterülés jellemzőit az SP svéd tűzvédelmi kutatóintézet a FOAMSPEX kutatási projekt keretén belül.

Ha a vályú oldalfalait mozgathatóra építjük, a habterület a következő két esetben is tudjuk modellezni. A pontszerű és a függőnszerű habbevezetés jellemzőit úgy tudjuk összehasonlítani, hogy körcikk (B eset), vagy tortaszélet (C eset) alakú vályút alakítunk ki. A vályú alapja ezekben az elrendezésekben háromszög.

B) A szokásosan elterjedt pontszerű habbevezetés hengerpalást belső felületére, habedényen át



7. ábra: A pontszerű habbevezetés geometriai viszonyai

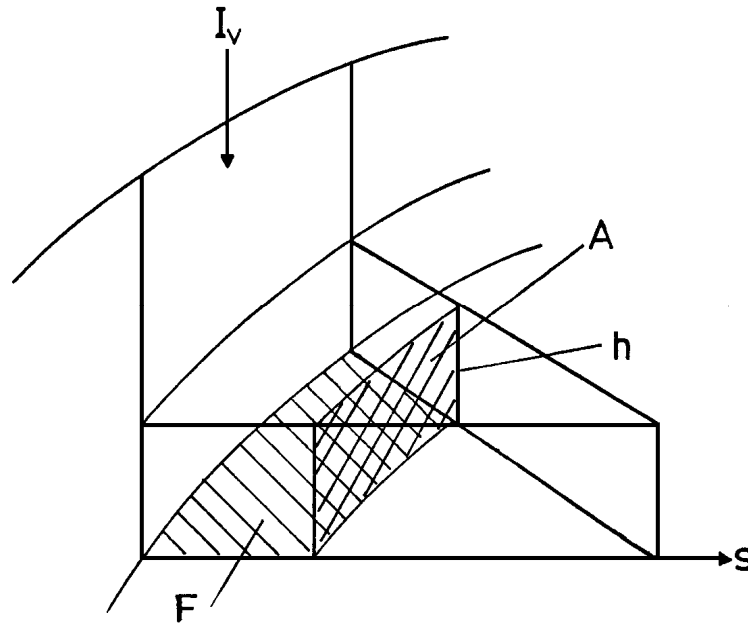
A kísérleti elrendezés a tartálypalást belső felületén, pontszerűen befolyatott hab esetét modellezi. A hab a folyadékfelületet elérve elkezdi kúpszerűen feltornyosulni, majd vízszintesen szétterül. A habfront "K" kerülete egyre hosszabb lesz. Ez a model a habkúp és a hengeres tartályfal áthatásának absztrakciója, a habtömeg egy szelete.

A habkúp alapja kerületének növekedése a hab által megtett távolsággal lineáris viszonyban van, míg a hab által lefedett terület négyzetes arányban növekszik a sugárral. A bebocsátott habterfogattal lefedett felületet az adott pillanatig bevezetett habterfogatnak az átlagos, a habprofil függvény alakjától függő habvastagsággal történő osztással kaphatjuk meg. A felhasznált habterfogattal a geometriai felület "feltöltésére", a habtakró vastagság kialakítására fordítódik, miközben a penetrációs sebesség a habfront előrehaladtával rohamosan csökken. Változása a hab által megtett úttal hiperbolikus függvény képét mutatja. Számításokkal igazoltam, hogy a tűz hatásának kitett habfelület növekedése mellett csökkenő penetrációs sebesség a hab hosszabb idejű expozícióját, azaz a nagyobb habpusztulást eredményezi.

Az egy ponton történő bevezetés jellemzői kis módosítással érvényesek a két vagy három ponton történő bevezetésre is. Ezeket a habbevezetési módokat részletesebben jellemzem a 4. számú melléklet D), E) és F) esetének ismertetése, ábrázolása során. Bemutatom a habkerületi függvénynek és a penetrációs sebességnek változását a hab által megtett úttal illetve a tartály folyadékfelületén elfoglalt helyzetével.

Ezeknél az eseteknél a tartálypalást kerületegységére eső habtérfogatáram igen nagy. Ennek következményeként a belépési sebesség is nagy értékű, aminek a hab folyadékfelületbe csapódásakor megmerülés, emulzóképződés, a folyadékfelületén okozott erős turbulencia a következménye. Mindez az oltás szemponyjából káros.

C) Habbevezetés függőnszerűen, a tárolótartály hengerpalástjának belső felületére, folyamatos résfűvőkán át.



8. ábra: A hab függőnszerű bevezetése hengerpalást belső felületén

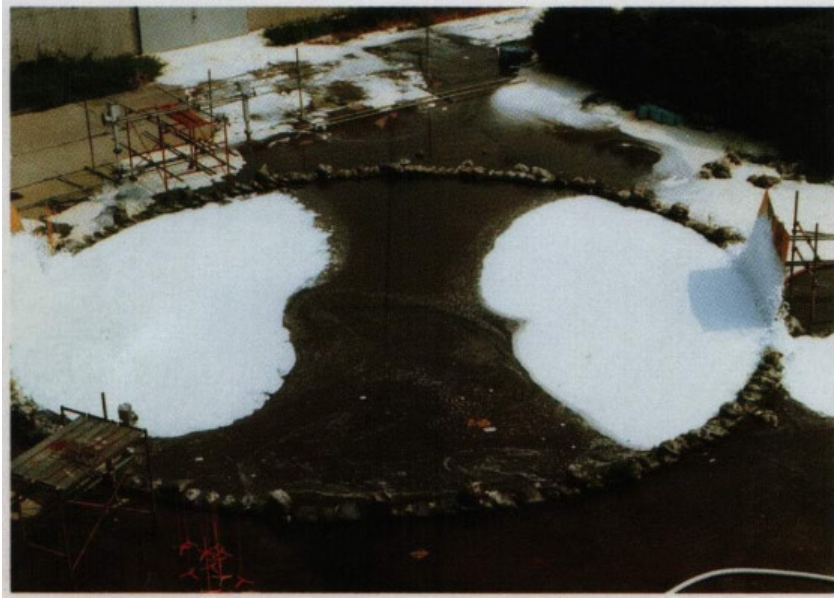
Ez a habbevezetési mód úgy tekinthető, mintha a hengerpalást mentén végtelen sok ponton át vezetnénk be a habot. Ennek a bevezetési módnak gyakorlati előnye, hogy az egy folyóméter kerületre számított habtérfogatáram, ezzel arányban a habfüggönynek a folyadékfelület irányába mutató áramlási sebessége kicsi, ezért a hab a tartályban tárolt folyékony szénhidrogénnel lágyan találkozik, a hab a folyadékot nem veri fel, abban nem merül meg. A kerület mentén összesített beömlési keresztmetszet olyan nagy, hogy a nyugodt habbeömlés megtartása mellett is meg tudjuk valósítani a szuperintenzív habelárasztáshoz szükséges hatalmas habtérfogatáramokat a megfelelő teljesítményű habforrás segítségével.

A hab a paláston lefolyva eléri a folyadékfelületet, és egy egybefüggő gyűrűt alkot. A folyamatos utánpótlás (állandó habtérfogatáram) következtében a habgyűrű egyre szélesedik, frontja a folyadékfelület középpontja felé mozog. A habtakaró vastagsága ideális esetben a jó terülőképességű habokra jellemző habprofilfüggvénynek megfelelően kicsi és egyenletes. A penetrációs sebesség, (a habfront mozgási sebessége) a középpont felé haladva egyre nő, hiszen a folyamatosan beáramló hab számára egyre rövidebb habfront áll rendelkezésre, hogy új felületeket tudjon letakarni. Egyedül ennél a habbevezetési módnál tapasztalható, hogy a hab az oltás során, az összezáródás helye, a felület középpontja felé egyre gyorsabban halad, a penetrációs gyorsulás értéke pozitív.

Ennek a ténynek gyakorlati jelentősége és előnye az, hogy a habtakaró összezáródási sebessége az oltás folyamán éppen a befejező szakaszban, a középpontban történő összezárás időszakában a

legnagyobb, szemben a hagyományos habbevezetési megoldásoknál tapasztalható sebességcsökkenéssel. Az oltás befejezése igen határozott.

A különböző habbevezetési megoldások összehasonlítására komoly kutató-fejlesztő laboratóriumok tettek erőfeszítéseket. A japán Fukada Fire Protection Systems Ltd. életnagyságú tartálymodelleken vizsgálta a különböző habbevezetési megoldásokat. Az ő kísérleteiből válogatott első kép két ponton, a második tizenkét diszkrét ponton keresztül történő habbevezetést mutat. A végtelen sok ponton át megvalósított, azaz folyamatos résfűvőkán keresztül történő habbevezetés gondolatáig azonban nem jutottak el.



5. kép Habbevezetési kísérlet két ponton a Fukada Kogyo kutatóközpontjában (Fukada Fire Protection Systems)



6. kép Habbevezetési kísérlet 12 ponton Fukada Kogyo kutatóközpontjában

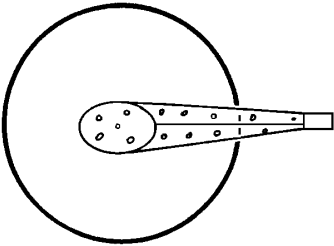
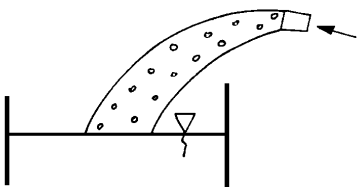
Az általam javasolt habbevezető eszköz, a tartály kerülete mentén elhelyezett folyamatos részfúvóka működését mutatják a következő fényképek. A hideg habterületi próbák képein látható, hogy egyrészt a tartálypalást hűtése a habbevezetés pillanatától kezdve kiválóan megoldott, másrészt viszont ezekkel a kísérletekkel bizonyítottam, hogy a habelosztó rendszer hidraulikai méretezésére vonatkozó eljárásom jól kidolgozott. A habtakaró pontosan a folyadék-felület közép-pontjában záródik össze.



7a, b, c kép Hideg habterületi próba a folyamatos lineáris fúvóka alkalmazásával 500m² felületű kísérleti tartálymodellen

Annak érdekében, hogy bebizonyítsam, hogy valóban a folyamatos részfúvóka, a függönyszerű habbevezetés a legalkalmasabb a tűzoltásra, sorra vettem a 10 elvileg lehetséges különböző habbevezetési módot, és ezeket az ismert és általam megalkotott minősítő paraméterek segítségével összehasonlítottam. Vizsgáltam a habkerületi függvényt, a penetrációs sebességet és a habhasznosítási tényezőt. Ezeket a jellemzőket az egyes habbevezetési módokra vonatkoztatva a következőkben táblázatosan mutatom be.

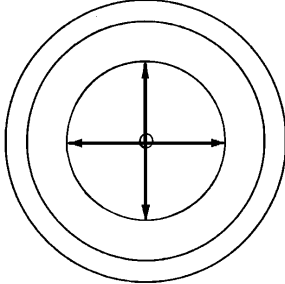
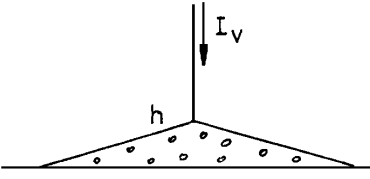
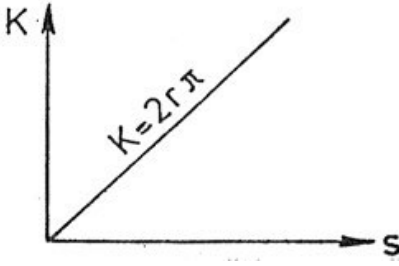

A) ESET: SZABADON VEZETETT HABSUGÁR**4. táblázat**

Alkalmazás	nyílt, nagy felületű tüzekre (pl. védőgödör) habágyúval lött sugár
felülnézet	
oldalnézet	
habkerületi függvény	a hab a folyadékfelületre igen nagy sebességgel érkezik, azt felkavarja, a hab megmerül a folyadékban
K = a habfront hossza	nem számítható
penetrációs sebesség	nem értelmezhető
η	a habhasznosítási tényező nagyon kicsi, a hab a lángokkal nagy felületen érintkezik, nagyon nagy habroncsolódás, nagy oltóanyag-felhasználás

Az ilyen habbevezetés a mobil oltásra jellemző, amely esetben a habsugarat monitor segítségével irányítjuk a tartályban lévő nyitott folyadékfelületre. A hab a folyadékfelületre nagy sebességgel csapódik be, a felületet felveri, átmenetileg a lángmagasság növekedését okozza. Habvesztéseget okoz a hab megmerülése és az emulzióképződés. A terülő habtakaró kerületét a gyakorlatban nem lehet meghatározni, a penetrációs sebesség nem értelmezhető. A habhasznosítási tényező nagyon kicsi, a hab a lángokkal nagyon nagy felületen érintkezik, ezért nagy a habroncsolódás és az oltóanyag-felhasználás.

B) ESET: PONTSZERŰ HABBEVEZETÉS SÍK FELÜLETRE

5. táblázat

Alkalmazás	nyílt, nagy felületű tüzekre (pl. védőgödör) habágyúval lőtt sugár
felülnézet	
oldalnézet	
habkerületi függvény	
$K =$ a habfront hossza	$K = 2r$, az egyenes meredeksége 2π , a kerület a hab terjedésével erőteljesen nő
penetrációs sebesség	
η	a habhasznosítási tényező kicsi, a habnak a tűz által támadott felülete a habfront előrehaladásával négyzetesen növekszik, nagy habroncsolódás, nagy oltóanyag-felhasználás

A szabadon vezetett hab-sugár modellezésére egy olyan elrendezést használhatunk, amelynél a habot pontszerűen egy végtelen síkra vezetjük és az ott kúpszerűen szétterül. A hab állandó térfogatárammal érkezik a felületre, a szétterülő hab kerülete $K=2s\pi$ összefüggés szerint nő – a kerületi függvény meredeksége 2π . A v_p penetrációs sebesség a habtakaró frontjának előrehaladásával rohamosan csökken. A habhasznosítási tényező kicsi, a habnak a tűz által támadott felülete a habfront előrehaladásával négyzetesen növekszik, nagy a habroncsolódás, nagy az oltóanyag felhasználás.

C) ESET: PONTSZERŰ BEVEZETÉS FÉLSÍKRA

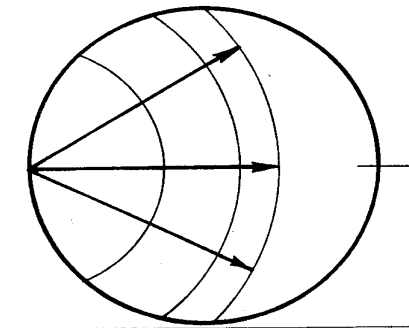
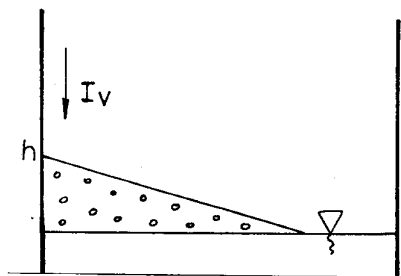
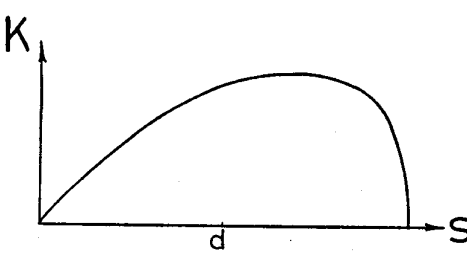
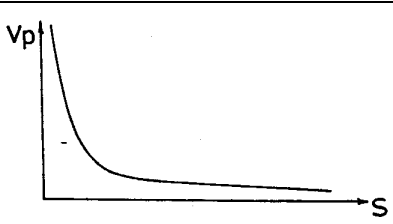
6. táblázat

Alkalmazás	elvi modell
felülnézet	
oldalnézet	
habkerületi függvény	
$K =$ a habfront hossza	$K = s\pi$, az egyenes meredeksége π , a kerület a hab terjedésével lineárisan nő
penetrációs sebesség	
η	a habhasznosítási tényező kicsi, a hab a lángokkal nagy felületen érintkezik, nagy habroncsolódás, nagy oltóanyag-felhasználás

Ennél a habbevezetési módnál a habnak csak félkör alakban van módja terülni, ezért a habkerületi függvény meredeksége π , azaz a habtakaró lábának hossza az előzővel azonos habterfogatáram esetén nagyobb lesz $K=s\pi$. A penetrációs sebesség a távolsággal továbbra is rohamosan csökken. A habhasznosítási tényező kicsi. A hab a lángokkal nagy felületen érintkezik, nagy a habroncsolódás, nagy az oltóanyag felhasználás.

D) ESET: PONTSZERŰ HABBEVEZETÉS HENGERPALÁST BELSŐ FELÜLETÉRE EGY PONTON

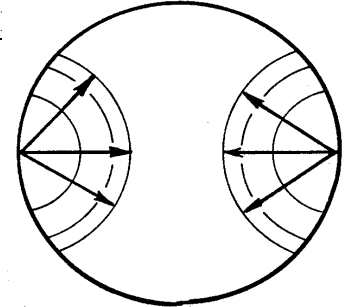
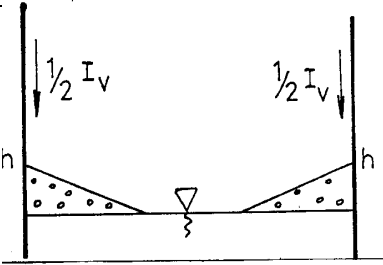
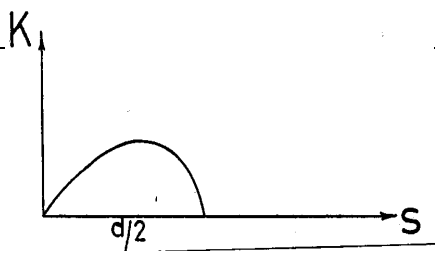
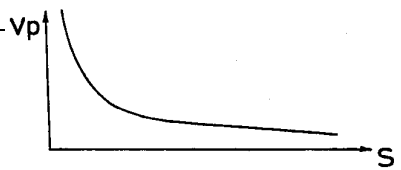
7. táblázat

Alkalmazás	merevített tartályok 24 m átmérőig, habbevezetés habedényen át
felülnézet	
oldalnézet	
habkerületi függvény	
$K =$ a habfront hossza	$K = K(s)$, a kerület a hab terjedésével nemlineárisan nő
penetrációs sebesség	
η	a habhasznosítási tényező jobb mint a C) esetben, a habnak tűz által támadott felülete a habfront előrehaladásával négyzetesnél kevésbé nvekszik, kisebb habroncsolódás, jelentős oltóanyag-felhasználás

Ez a habbevezetés 24 m tartályátmérőig szokásos, a habbevezetés eszköze a habedény. A habtakaró kerülete a hab előre mozgásával nem lineárisan változik. A penetrációs sebesség a távolsággal rohamosan csökken, a habhasznosítási tényező pedig jobb, mint az előző esetben. A habnak a tűz által támadott felülete a hab előrehaladásával kevésbé, mint négyzetesen növekszik, ezért kisebb a habroncsolódás, bár az oltóanyag-felhasználás jelentős.

E) ESET: PONTSZERŰ HABBEVEZETÉS HENGERPALÁST BELSŐ FELÜLETÉRE KÉT PONTON ÁT

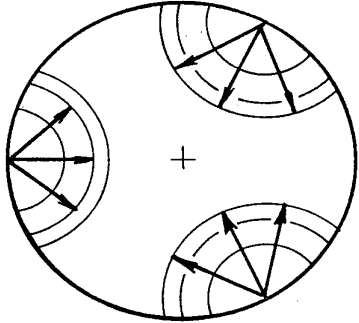
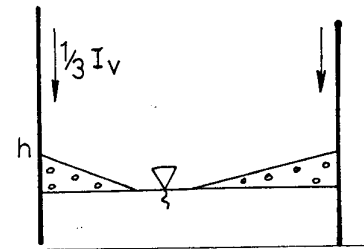
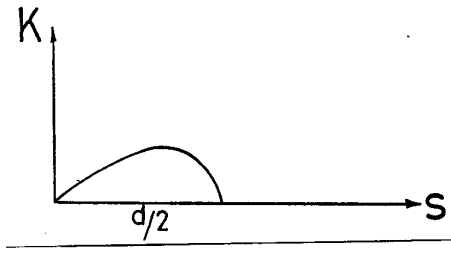
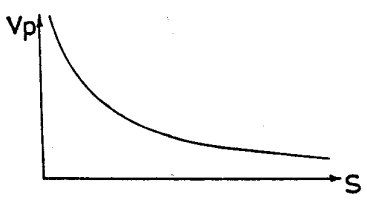
8. táblázat

Alkalmazás	merevített tartályok 24-36 m átmérőig
felülnézet	
oldalnézet	
habkerületi függvény	
K = a habfront hossza	$K = K(s)$ a kerület a hab terjedésével nemlineáris
penetrációs sebesség	
η	a habhasznosítási tényező jobb, mint D) esetben, a habnak a tűz által támadott felülete a habfront előrehaladásával kisebb, mint négyzetesen növekszik, kisebb habroncsolódás

Merevített tartályok esetében 24 és 36 m közötti átmérettartományban ajánlják ezt a habbevezetési módot, eszköze a habedény. A két egymással szemben indított habtakaró a folyadékfelület közepontjában zár össze, a kerület a hab terjedésével nemlineárisan nő. A penetrációs sebesség a bevezetés helyétől távolodva rohamosan csökken, a habhasznosítási tényező jobb, mint a D) esetben, a habnak a tűz által támadott felülete a habfront előrehaladásával kisebb, mint négyzetesen növekszik, a habroncsolódás csekélyebb mértékű.

F) ESET: PONTSZERŰ HABBEVEZETÉS HENGERPALÁST BELSŐ FELÜLETÉRE HÁROM PONTON ÁT

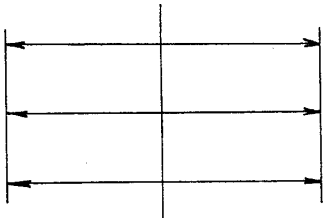
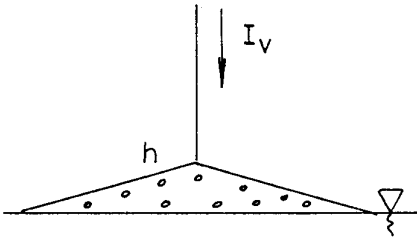
9. táblázat

Alkalmazás	nyílt, nagy felületű tüzekre (pl. védőgödör) habágyúval lőtt sugár
felülnézet	
oldalnézet	
habkerületi függvény	
$K =$ a habfront hossza	$K = K(S)$, a kerület a hab terjedésével nemlineárisan nő
penetrációs sebesség	
η	a habhasznosítási tényező még jobb, mint E) esetben a habnak a tűz által támadott felülete a habfront előrehaladásával kisebb, mint négyzetesen növekszik kisebb habroncsolódás, még kisebb oltóanyag-felhasználás

Szokásos alkalmazás merevített tartályok esetén 36 és 42 m átmérő között. A habbevezetés eszköze a habedény. A szétterülő hab frontjának hossza a távolsággal nem lineárisan nő. A folyamatra jellemző átlagos penetrációs sebesség jobb, mint az előző esetben. A habnak a tűz által támadott felülete a habfront előrehaladásával kisebb, mint négyzetesen növekszik, a habroncsolódás mértéke csekélyebb, az oltóanyag felhasználás tovább csökken.

G) ESET: FÜGGÖNSZERŰ HABBEVEZETÉS VÉGTELEN SÍKRA

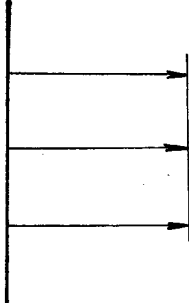
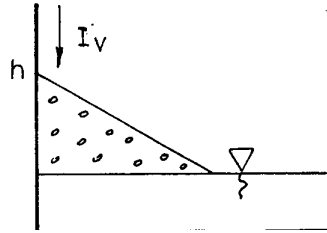
10. táblázat

Alkalmazás	elvi modell
felülnézet	
oldalnézet	
habkerületi függvény	nem értelmezhető
$K = a$ habfront hossza	$K =$ végtelen, az egyenes meredeksége 0, a habfront hossza a hab terjedésével nem nő
penetrációs sebesség	$v_p = \bar{h}$
η	a habhasznosítási tényező még jobb, mint F) esetben a habnak a tűz által támadott felülete a habfront előrehaladásával lineárisan növekszik kisebb habroncsolódás, kis oltóanyag-felhasználás

Ez egy elvi habbevezetési modell. A habbevezetés egy vonal mentén történik, a hab ettől a vonaltól szimmetrikusan két irányban terjed. A habfront hossza végtelen, a penetrációs sebesség állandó. A habhasznosítási tényező előnyösebb, mint az F) esetben, mert a habnak a tűz által támadott felülete a habfront előrehaladásával csak lineárisan növekszik. A habroncsolódás mértéke kisebb, mint az előző esetben, továbbá az oltóanyagfelhasználás is kedvezőbb.

H) ESET: FÜGGÖNSZERŰ HABBEVEZETÉS FÉLSÍKRA

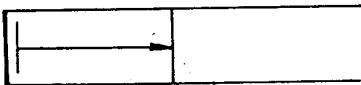

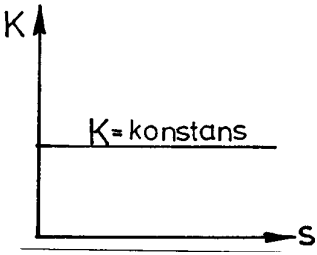
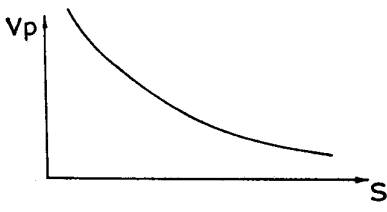
11. táblázat

Alkalmazás	nyílt, nagy felületű tüzekre (pl. védőgödör) habágyúval lőtt sugár
felülnézet	
oldalnézet	
habkerületi függvény	nem ábrázolható
$K =$ a habfront hossza	$K =$ végtelen, meredeksége 0, a habfront hossza a hab terjedésével nem nő
penetrációs sebesség	nem értelmezhető
η	a habhasznosítás még jobb, mint G) esetben, a habnak a tűz által támadott felülete a habfront előrehaladásával lineárisan növekszik, még kisebb habroncsolódás, még kisebb habanyagfelhasználás

A habfront hossza végtelen, és a hab területe során nem változik. A kerületi függvény meredeksége 0. A habhasznosítási tényező jobb, mint a g) esetben, kisebb a habroncsolódás és az oltóanyagfelhasználás.

D) ESET: HABBEVEZETÉS PLEXIBŐL KÉSZÜLT KÍSÉRLETI VÁLYÚBA

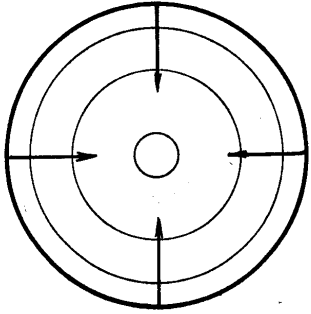
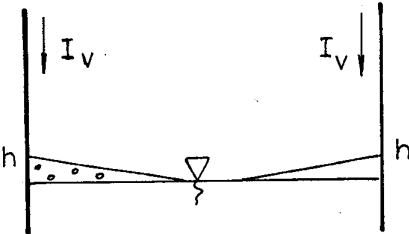
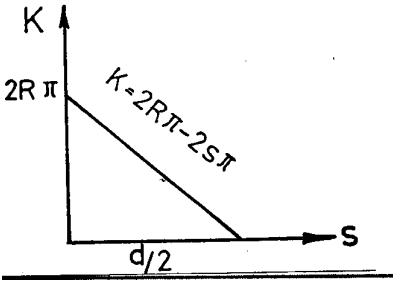
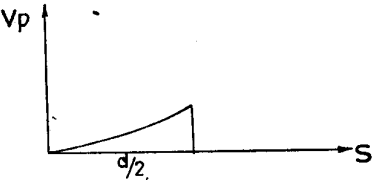
12. táblázat

Alkalmazás	kísérleti model
felülnézet	
oldalnézet	
habkerületi függvény	
$K = \text{a habfront hossza}$	$K = \text{állandó,}$ az egyenes meredeksége, $m = 0$
penetrációs sebesség	
η	a habnak a tűz által támadott felületea habfront előrehaladásával lineárisan nö- vekszik, kis habroncsolódás, kis oltóanyagfelhasználás

Ennek a modellnek hasznossága a habprofilfüggvények tanulmányozásakor tűnik ki. A hab bevezetése a vályú egyik zárt végénél történik, függőyszerű-en. A habfront előrehaladási sebessége állandó habtérfogatáram esetén változatlan. Ugyanígy az előre haladó hab frontjának hossza is állandó. A habnak a tűz által támadott felülete a habfront előrehaladásával lineárisan növekszik, a habroncsolódás csekély, az oltóanyag felhasználás kis mértékű.

J) ESET: FÜGGÖNSZERŰ HABBEVEZETÉS HENGERPALÁST BELSŐ FELÜLETÉRE

13. táblázat

Alkalmazás	úszótetős és merevtetős tartályok szuperintenzív habelárasztása a folyamatos lineáris fúvókán át
felülnézet	
oldalnézet	
habkerületi függvény	
$K = a$ habfront hossza	nem számítható
penetrációs sebesség	
η	a habhasznosítási tényező a legjobb az előző esetekhez viszonyítva, a habfront előrehaladási sebessége az idővel és az úttal rohamosan nő, igen csekély habroncsolódás, legkisebb oltóanyag-felhasználás

Ezt a habbevezetési megoldást úgy képzelhetjük el, mintha a H) esetben leírt fél síkot hengerpalást alakúra görbítettük volna. Ennek gyakorlati jelentősége az úszótetős és merevtetős tartályok szuperintenzív habelárasztással történő oltásakor jelentkezik. A habbevezetés eszköze a folyamatos lineáris fúvóka. Működése közben két rendkívül érdekes tulajdonságot mutat. Egyrészt a habtakarónak gyűrű formában a folyadékfelület középpontja irányába történő mozgása során a habtakaró frontjának hossza $K = 2R\pi - 2s\pi$ függvény szerint csökken. Másrészt viszont a penetrációs sebesség a középpont irányába haladva nő. Másképp megfogalmazva a penetrációs gyorsulás pozitív. A habhasznosítási tényező az összes előző esethez képest jobb, a növekvő penetrációs sebességnek köszönhetően a habtakaró összeháródása rendkívül rövid idő alatt következik be, ezért igen csekély a habroncsolódás. Ezzel a habbevezetési megoldással érhető el a legkisebb oltóanyag-felhasználás.

A tárgyalt esetekből látható, hogy minél több habbevezetési pontot alkalmazunk azonos összesített bevezetési habtérfogatáramnál, annál rövidebb az oltási idő. Legelőnyösebb a végtelen sok bevezetési pont, vagyis a folyamatos, körgyűrű alakú habbevezető fúvóka alkalmazása.

3.2.2.1 A fajlagos habfelhasználás, a falhatás jelensége

Tartálytüzek oltása során két jól megkülönböztethető feladattal kell megbirkóznunk:

- a folyadék nyílt felületének oltása,
- a tartály fémből készült fala mellett égő „szél-lángok” megfékezése.

Az oltás akkor tekinthető befejezettnek, ha sikerül olyan összefüggő habtakarót kialakítanunk, amely tapad a falra, a fal mellett is és a nyílt felületen is megakadályozza az éghető gőzök áttörését. A nyílt folyadékfelület betakarása aránylag könnyebb feladat. A fal mellett a hab tömör zárását, tapadását a forró fémfelületnek a habtakarót pusztító hatása, a fal mellett forrásban lévő termék gőzeinek az éppen zárni akaró takaró szélén történő áttörése nehezíti. A falhatás fogalma éppen ezt, a nyílt folyadékfelület és az oldalfallal érintkező folyadéksáv oltása közötti különbséget foglalja magában.

A teljes oltóanyagfelhasználás

Egy adott tartály gyakorlati tűzoltási feladatait tervezve fontos ismernünk, hogy **mennyi habanyag felhasználásával** fogjuk tudni eloltani a tüzet.

Az összes oltóanyagigény függ:

- a tartály típusától, konstrukciójától (úszótetős, merevtetős, belső úszótetős, védőgyűrűs),
- a mértékadó tűzfelület nagyságától,
- a szabad (folyadékfelszín fölötti) tartálypalást felületének nagyságától,
- a tárolt anyag kémiai és fizikai jellemzőitől,
- az alkalmazott oltóanyag típusától, oltóképességétől,
- a tűz fellobbanása és oltásának megkezdése között eltelt késedelmi időtől,
- az alkalmazott oltási technológiára (habelőállítási és habbevezetési módra) jellemző oltóanyag-felhasználási hatékonyságtól, azaz a fajlagos oltóanyag-felhasználástól,
- a technikai eszközök állapotától,
- az oltást végrehajtó személyek gyakorlatától, közreműködésének hatékonyságától,
- az adott tartály tüze esetén várható falhatás mértékétől.

A jelenlegi gyakorlat szerint a habrohamhoz szükséges habmennyiséget az előírt oldatintenzitás és a tűzfelület szorzatából adódó haboldat-térfogatáram és az előírt oldatszolgáltatási idő szorzatából számítják. A falhatás jelenségét az oltás megtervezése során nem veszik figyelembe.

Tekintve, hogy a falhatás az oltás teljes habanyagszükséglete, biztonsága és a visszagyulladás megelőzése szempontjából meghatározó jelentőségű, részletes tanulmányozását fontosnak tartottam.

Tekintve, hogy több, különböző nagyságú, valós tartályok méreteit utánzó tűzkísérletek végzésére nem volt lehetőségem, egy egyszerű megoldást kerestem a tűzfelület-oltóanyag felhasználás összefüggésének adatai megszerzésére. A sikeres oltáshoz szükséges habanyag mennyiségének a tűzfelület nagyságától való függését először hozzáférhető kísérleti eredmények feldolgozásával vizsgáltam. Ismert adat [36] az EN-3-4 jelű, kézi tűzoltókészülékek oltási teljesítményére vonatkozó előírásokban szereplő oltóanyag felhasználás, a szabványban leírt egységtüzek oltásához felhasználható maximális oltóanyag-mennyiség. A tűzoltókészülékek bevizsgálásának gyakorlata

azt mutatja, hogy a szabványos oltóteljesítményt a forgalomban lévő készülékek teljesítik, tehát ez az adat jó kiindulás a fajlagos oltóanyag felhasználás számításához.

A szabványból vett adatokat táblázatban foglaltam össze. A felhasznált abszolút oltóanyagmennyiség természetesen a tüzfelülettel egyenes arányban nőtt.

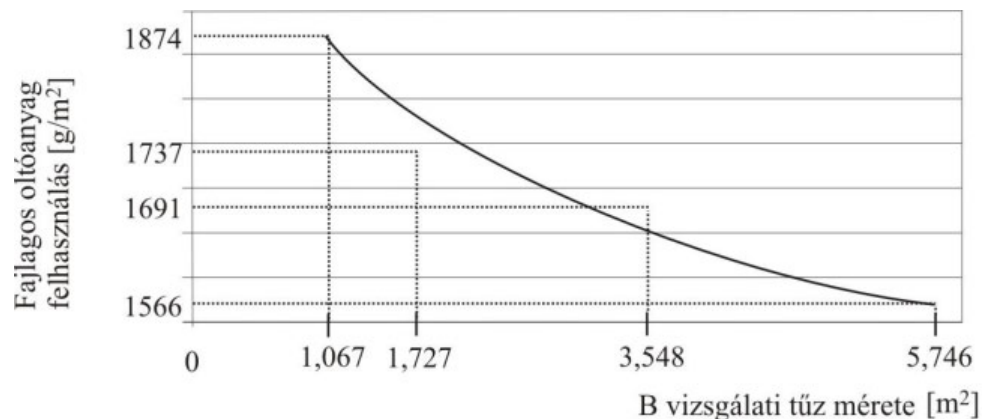
A probléma kisarkításának, jobb megértésének érdekében bevezettem egy új mérőszámot, a fajlagos oltóanyagfelhasználás, az egységnyi tüzfelület oltásához szükséges oltóanyagmennyiség értékét.

A számított értékeket táblázatban foglaltam össze, majd grafikonban ábrázoltam.

14. táblázat: Fajlagos oltóanyagfelhasználás szabványos egységtüzeknél

Vizsgálati tűz mérete		34 B	55 B	113 B	183 B
Égetőtálca átmérője	m	1,200	1,500	2,120	2,710
Tüzfelület	m ²	1,067	1,727	3,548	5,746
Felhasznált haboldat mennyisége	g	2 000	3 000	6 000	9 000
Fajlagos oltóanyagfelhasználás	g/m ²	1874,4	1737,1	1691	1566,3

Azt az előre felállított elképzelésemet viszont, hogy a tüzfelület növekedésével a fajlagos oltóanyagfelhasználás is nőni fog, tekintettel a nagyobb tűz által okozott nagyobb habroncsolásra, a számítások nem igazolták. Az adatok grafikus megjelenítésével mutatom be, hogy ennek az ellenkezője tapasztalható.



9. ábra. A fajlagos habanyagfelhasználás grafikonja egységtüzeknél

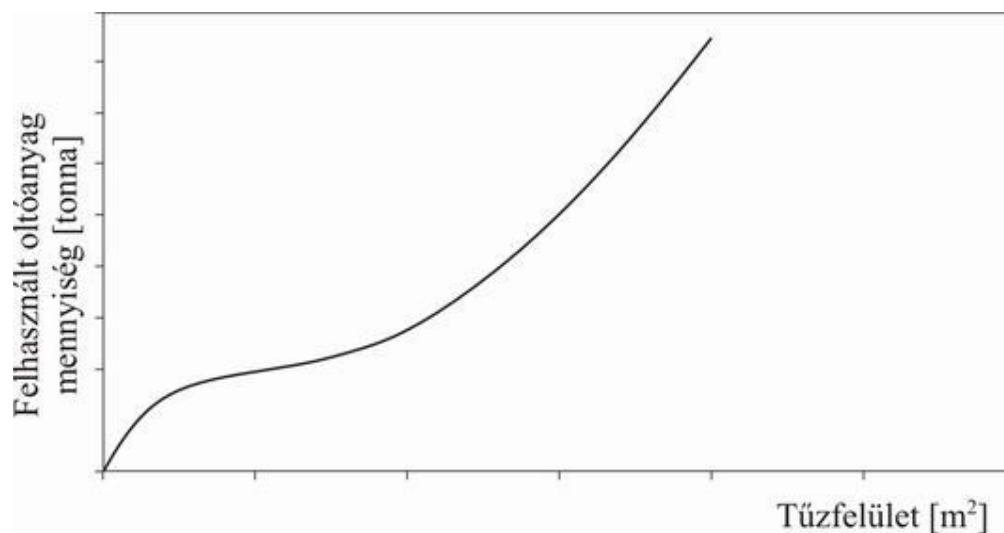
Ezt a váratlan eredményt anomáliaként, ismert magyarázat nélküli jelenségként fogtam fel, és célul tűztem ki a kiváltó okok tudományos vizsgálatát, a jelenség magyarázatának megtalálását.

A fajlagos habfelhasználás értékeit módomban állt az általam megépített nagyobb méretű, 500 m²-es kísérleti tűzön is vizsgálni. A 8 l/p/m² intenzitással végzett oltásnál már nagyobb fajlagos habfelhasználási értékeket kaptam. Ilyen méréseknél egyik alkalommal 4000g/m² illetve 4400g/m² fajlagos habfelhasználást tapasztaltam. Más forrásokból újabb adatokhoz jutottam, az

SP Swedish National Testing and Research Institute FOAMSPEX Project [37] jelentésben leírt tűzkísérletek alkalmával $2,83 \text{ l/p/m}^2$ oldatintenzitás esetén 2830 g/m^2 , más esetben $3,03 \text{ l/p/m}^2$ intenzitással oltva 3100 g/m^2 fajlagos haboldat felhasználást mértek 150 m^2 -es tűzfelületen.

Tehát a kisméretű tüzek oltása esetén tapasztalható $1511\text{-}1811 \text{ g/m}^2$ fajlagos oltóanyagfelhasználáshoz képest jelentősen nagyobb értéket kaptam. Ezek a korrekt körülmények között végzett mérések megalapozták azt a feltételezésemet, hogy a teljes habanyagfelhasználás-tűzfelületnagyság függvénynek – ahol az oltás során felhasznált habanyag mennyisége tonna nagyságrendű – a néhány tíz négyzetméteres tűzfelület fölötti tartományban inflexiós pontja van.

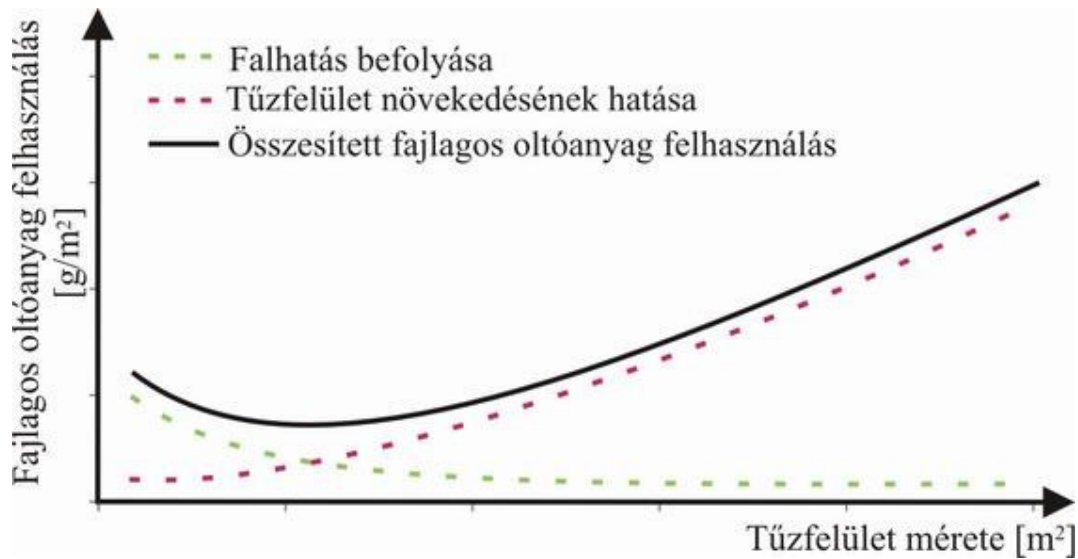
A függvény jellegének természetesen monoton növekvőnek kell lennie, alakja feltételezésem szerint a következő:



10. ábra. A teljes habfelhasználás-tűzfelület feltételezett összefüggése

A jelleggörbe magyarázatát a teljes oltóanyag felhasználási függvény deriváltjának, a fajlagos oltóanyagfelhasználásnak vizsgálatával kaptam meg.

A fajlagos oltóanyagfelhasználás a habbal való oltás hatékonyságára jellemző. Mérőszáma az egységnyi tűzfelület oltásához szükséges haboldat mennyisége, mértékegysége g/m^2 . A folyamatos vonallal ábrázolt összesített fajlagos oltóanyagfelhasználás feltételezésem szerint két hatás összege, amint azt a 11. ábra szemlélteti.



11. ábra. A fajlagos oldatfelhasználás változásának magyarázata

A zöld szaggatott vonallal jelölt komponens a tartályfalnak az oltást nehezítő befolyása, míg a másik, a piros szaggatott vonalú görbe a tűzfelület növekedésével emelkedő habpusztulási arányból származó, fajlagos habfelhasználást növelő komponens.

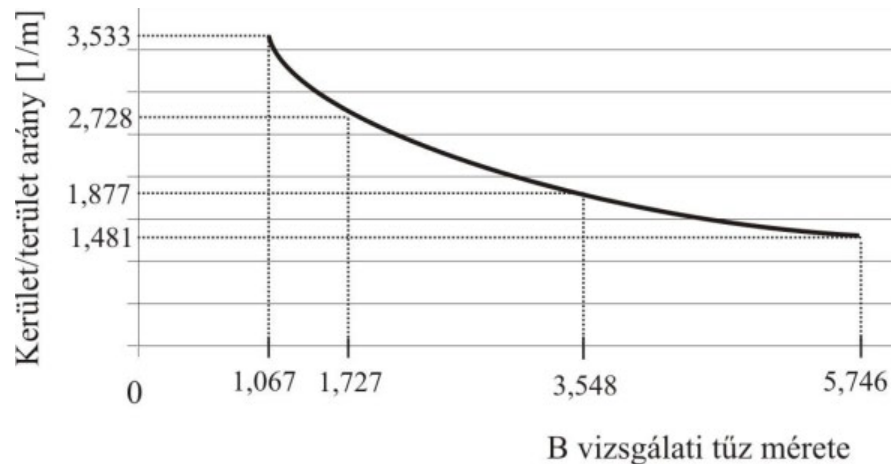
Az első állítást az égetőtálcák geometriai viszonyainak elemzésével lehet igazolni. A tűzfelület nagysága (a tálcák területe) és az oltást nehezítő oldalfal hosszának (a tálca kerületének) viszonya egy egyszerű matematikai összefüggés: a kerület lineárisan, a terület viszont négyzetesen függ a tálca átmérőjétől. A vizsgálati tüzek jól definiált méreteinek ismeretében a fajlagos kerületet kiszámíthatjuk.

A vizsgálati egységtüzek műszaki adatait és a belőlük képzett jellemző paraméterek összefoglalását táblázatosan mutatom be.

15. táblázat: A fajlagos kerület adatai

Vizsgálati tűz mérete		34 B	55 B	113 B	183 B
Tálca átmérője	m	1,200	1,500	2,120	2,710
Tálca kerülete	m	3,770	4,712	6,660	8,513
Tálca területe	m ²	1,067	1,727	3,548	5,746
Fajlagos kerület	m/m ²	3,533	2,728	1,877	1,481

Ha a fajlagos kerület (az egységnyi területhez tartozó tartálykerület) és a vizsgálati tűz felületének összefüggését grafikusán ábrázoljuk, az előző – a tálcák fajlagos oltóanyagszükségletét bemutató - diagramhoz jellegében nagyon hasonló lefutású görbét kapunk.



12. ábra. A kísérleti égetőtálca kerület-terület arányai

Látható, hogy minél kisebb a tálca mérete, annál nagyobb a felületegységre vonatkoztatott kerület. Másképp szólva a tartály falának szerepe a tűzfelület csökkenésével egyre erősebb, illetve növekvő tűzfelület esetén az oltás lefolyására gyakorolt hatása egyre kisebb lesz.

Ha elfogadjuk, hogy a forró fémfelület melletti oltás nehezebb, mint az ilyen zavaró tényező nélküli nyílt folyadékfelület oltása, akkor ennek az egyszerű geometriai összefüggésnek köszönhetően megtaláltuk a kis tűzméreték tartományában tapasztalható anomáliára a magyarázatot, megértjük mi az oka annak, hogy a mért tényleges fajlagos oltóanyagszükséglet a növekvő tűzfelület ellenére csökken.

A tűzfelület további növekedésével azonban egyre meghatározóbb lesz a felületi hatás szerepe az összesített fajlagos oltóanyagfelhasználás kialakításában, a görbe emelkedő szakaszára ez jellemző.

A nagy, ipari méretű, 70–100 méter átmérőjű tartályok esetében bizonyos, hogy a falhatásnak a fajlagos oltóanyag igény kialakításában játszott szerepe lényegesen kisebb a felületnövekedésből származó hatáshoz viszonyítva.

A falhatás leküzdése azonban ezekben az esetekben sem elhanyagolható, mert nehezebb feladatot ró ránk, mint a nyitott felület oltása. A tartályban égő folyadék lángjai közvetlenül érintkeznek a tartály falával, de a hősugárzással átadott hőmennyiség is nagy. A tartály falának hőmérséklete rohamosan emelkedik, a folyadékszint fölötti rész hőmérséklete több száz fokot is elérhet, izzásba jöhet. A tartály izzó fémrészei elvesztik mechanikai szilárdságukat, a palást a saját súlyától megbillen, összeroskad..

A palást folyadékszint alatti része nem melegedhet a tartályban tárolt anyag forráspontja fölé, mert a folyadék belülről hűti. A mindenkori folyadékszint jól látható az égő tartály palástján kívülről, mert a szint alatt még ép a festés, fölötte már leégett a magas hőmérsékletű falról. A tartályfal felső, magas hőmérsékletű zónája felől a hő vezetéssel áramlik a fémlapokban az alsó, alacsonyabb hőmérsékletű zóna irányába.

Az átmeneti zónában a forró fémfelület hőmérséklete az éghető folyadék forráspontja fölött van, a vele érintkező folyadék hőmérséklete a tűz meggyulladás után rövid időn belül eléri a forráspontját. Gőznyomása meghaladja az atmoszférikus nyomást, elkezd formni, a gőzök a fal mellett felfelé törekednek. A habtakaró nem, vagy nehezen tudja a feltörő éghető gőzöket visszatartani, ezért még vastag habtakaró jelenléte ellenére is folyamatosan égnek a lángok a fal mentén.

Nehezíti a párazáró oltóhabtakaró kialakulását az is, hogy a hab a forró fémfelülethez nem tud hozzátapadni, az érintkezéskor keletkező vízgőzök távol tartják a habtakaró szélét a fémfaltól. Ha az oltás során nem tudjuk elérni, hogy a tartály belsejébe juttatott hab a határzónában forráspont alá hűtse a falat, a széllángok a habtakarót megbontják és egy idő után a teljes felület visszagyulad.

A tűzfelület nagyságának az összesített fajlagos oltóanyagfelhasználás kialakításában játszott szerepe inkább a nagyobb felületű tüzek esetén meghatározó, mert itt lényegesen megnő a hab termikus bomlásának, kiszáradásának, megmerülésének, az erős, termikus feláramlás által okozott habelragadásnak a veszélye.

A falhatást azonban feltétlenül figyelembe kell vennünk a gazdaságos és hatékony oltási mód kialakításánál. Nagyméretű tárolótartályok tüzeinek oltása során fontos részfeladatnak kell tekinteni az áthevült tartályfal és a folyadékfelszín találkozási pontjának megfelelő kezelését:

- A tűz sikeres megszüntetése, a széllángok leküzdése céljából párazáró habtakarót kell a fémlemez fal és a folyadékfelület találkozási vonalánál kialakítani. Ehhez sokkal nagyobb rétegvastagság szükséges, mint a nyílt folyadékfelületen, mert a habnak a fémhez tapadása csak azután következik be, ha a fém hőmérséklete a tárolt folyadék forráspontja alá csökkent. Ennek elérése legelőnyösebben a tartályfal belső hűtésével történhet.
- A tartályfalat meg kell óvni a hő okozta deformációtól, mert ez a tartály használhatatlanságához, kényszerű újraépítéséhez vezet. A feladat ismét az intenzív hűtéssel oldható meg, amely kívülről vízzel, belülről az oltóhabbal történhet. A külső hűtés égő tartálynál kevésbé hatékony, mert a víz a forró fémfelületről leperog, nem nedvesíti azt. A külső hűtés inkább az égő tartály szél alatti szomszédja számára fontos, feladata abban a folyadék túlhevülésének, a tűz tovaterjedését segítő gőzök képződésének megakadályozására.

Milyen gyakorlati haszna van a fenti fejtegetésnek? Felismertem, hogy a habbevezetési megoldásnak kulcsszerepe van a legjobb oltási technológia megtalálásában.

3.2.2.2. *A habhasznosítási tényező, mint minősítő szám*

Ha a fajlagos habfelhasználás problémáját akarjuk részletesen tárgyalni, egy jellemző mérőszámot kell mellérendelnünk.

A habhasznosítási tényező összefoglalja az adott tűzoltási mód jellemzőit: az alkalmazott hab viselkedését és a habbevezetési eljárás geometriai viszonyait.

A habhasznosítási tényező hatásfok jellegű szám, százalékosan mutatja, hogy a tartálytűz-oltási folyamat végéig előállított összes habmennyiségnek hány százaléka hozta létre az oltást elvégző, az oltás pillanatában a felületen található habtakarót.

$$\eta = \frac{V_{\text{oltási}}}{V_{\text{összes}}} \cdot 100\%$$

ahol $\eta =$ a hab hasznosítási tényező (%),
 $V_{\text{oltási}} =$ az oltás pillanatában a tartályban jelenlévő, mérhető habmennyiség [m³],
 $V_{\text{összes}} =$ az oltás során előállított összes hab térfogata [m³],

$$V_{\text{oltási}} = F \cdot h_{\text{átlag}}$$

ahol $F =$ a habbal betakart felület nagysága [m²],

$h_{\text{átlag}} =$ a habtakaró átlagos vastagsága [m]

$$V_{\text{összes}} = I_v \cdot t_{\text{oltási}}$$

ahol $t_{\text{oltási}} =$ az oltási idő [sec],

$I_v =$ a habtérfogatáram [m^3/sec]

η meghatározására alkalmas gyakorlati képlet:

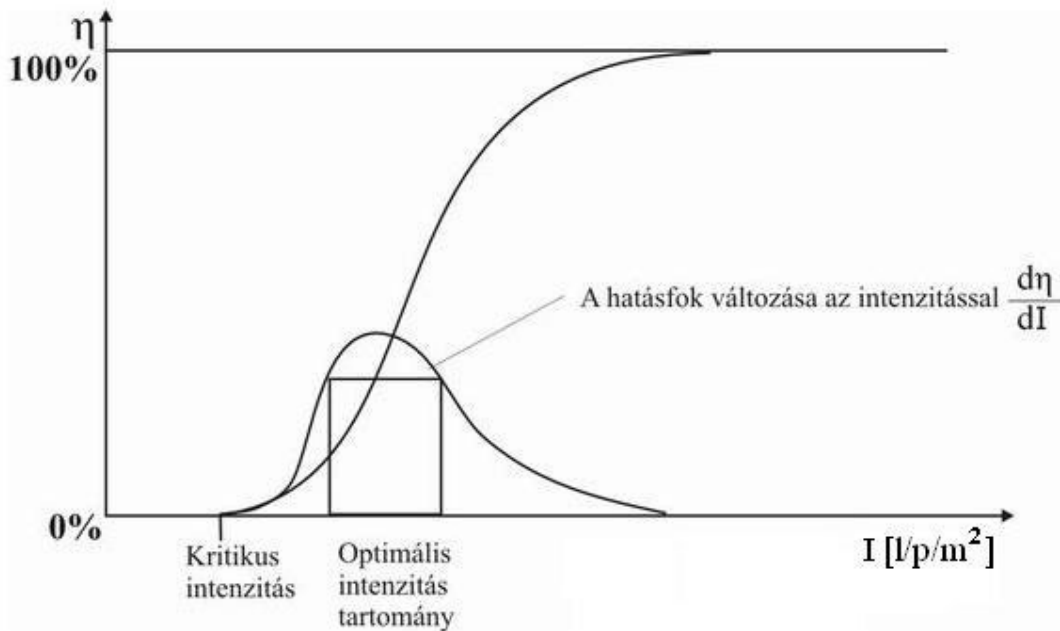
$$\eta = \frac{F \cdot h_{\text{átlag}}}{I_v \cdot t_{\text{oltási}}}$$

Láthatjuk, hogy η értéke, tehát a habhasznosítás mértéke annál nagyobb, minél rövidebb időre van szükségünk a tűz eloltásához, mert ekkor kell a legkisebb mértékű habpusztulással számolnunk. Ennek érdekében nagy habtérfogatáramot kell alkalmaznunk, ami látszólag csökkenti a habhasznosítási tényező nagyságát. A gyakorlat azt bizonyította, hogy a habpusztulás teljes megelőzésének köszönhetően a megnövelt habtérfogatáram ellenére az összes habszükséglet kevesebb volt, mint a kis intenzitású oltásnál.

Megfigyelhető, hogy a számlálóban a habbal betakart felület nagysága a habminőséggel (a jó gördülőképességű habbal) van összefüggésben. Minél nagyobb utat tud megtenni habunk anélkül, hogy a tűz roncsolná és minél nagyobb habtakaró-vastagságot sikerül az oltás végére az adott habintenzitással létrehozni, másképpen szólva minél ellenállóbb a hab a tűz roncsoló hatásával szemben, annál nagyobb lesz az oltási módra jellemző η érték.

3.2.2.3. *A habintenzitás és a habhasznosítási tényező összefüggése*

Ha η meghatározására elvégezzünk olyan gyakorlati mérésorozatot, amelyeknél egyik sorozatban állandónak választott habminőség esetén hasonlítjuk össze a különböző habbevezetési eljárásokat, majd egy kiválasztott habbevezetési megoldás megtartásával összehasonlítjuk a különböző minőségű habok viselkedését, megtaláljuk η maximumát, a leghatékonyabb oltási módot. Feltételezésem szerint az összefüggés grafikusán a következő módon ábrázolható.



13. ábra. A habhasznosítási tényező és a habalkalmazási intenzitás összefüggése

η értéke akkor 0, ha a tüzet nem sikerül eloltani. Ez akkor fordul elő, ha egy adott, (alacsony) összesített habtérfogatáramnál a penetrációs sebesség (a habfront előrehaladási sebessége ld. 3.1.2.1) az oltás előrehaladtával 0-ra csökken, a habfront előremozgása megszűnik. Ettől kezdve a tűz folyamatosan felemészti a bebocsátott habmennyiséget. Ekkora, a kritikusnál kisebb haboldat-intenzitással megvalósított habtérfogatárammal a tüzet nem lehet eloltani, $t_{\text{oltási}} = \infty$

η értéke akkor 100%, ha a bevezetett habmennyiség veszteség nélkül, teljes térfogatában részt vesz a habtakaró kialakításában. Ilyen eset a hideg habterületi kísérletek során fordul elő, feltételezve egy igen jó minőségű stabil hab alkalmazását, amelynek önmagától való időbeli lebomlása nagyon csekély.

Ha ismerjük a különböző oltási eljárások habhasznosítási tényezőjének függését az oldatintenzitástól, akkor a tűzoltás megkezdése előtt a rendelkezésre álló technikai háttér kapacitásával elérhető intenzitást figyelembevéve a tűzfelület nagyságának ismeretében kiszámíthatjuk a konkrét esetben előállítandó teljes habmennyiséget, továbbá a szükséges habkoncentrációt mennyiséget. Ezért értékes számunkra az egyes oltási eljárásokra jellemző η érték meghatározása.

Fontos adat egy oltás megtervezésénél, hogy meddig érdemes a habintenzitást növelni, hiszen ennek az adatnak meghatározó szerepe van a bevonni kívánt technikától elvárt teljesítmény szempontjából. Egy adott habminőség és habbevezetési mód esetén a habhasznosítási tényező és az intenzitás összefüggését az előzőekben bemutatott függvény mutatja. A függvény jellege a különböző oltási módok esetén azonos, csupán számszerű értékei változnak. A függvény inflexiós pontja helyének meghatározása a következő kutatási feladat. Ez az a jellegzetes pont, ameddig érdemes az alkalmazott oldatintenzitást növelni, mert a hatások rohamosan javul. További intenzitásnövelés már nem hoz hasonlóan nagymértékű javulást magával.

Az elméleti megfontolások alapján megrajzolt görbe további kutatási, mérési feladatok végrehajtását igényli.

ÖSSZEGZÉS

A megnövelt habintenzitással történő oltáshoz szükséges igen nagy habtérfogatáramok kezelésére a ponszerű (pl. habágyúval történő) habbevezetés helyett a palást belső hűtését és a falhatás leküzdését is biztosító függönyszerű habbevezetési módot tartom a legalkalmasabbnak. Ennek a habbevezetési módnak legkedvezőbb a habhasznosítási tényezője, következésképp a környezetidegen oltóanyag felhasználása a legkisebb mértékű.

4. A MŰSZAKI MEGOLDÁS KIDOLGOZÁSA

4.1. A dinamikus oltástaktika alapjai

Szakítottam a hagyományos (NFPA, MSz, VdS által sugallt) szemlélettel, amelyre jellemző, hogy

- a tűzfelület nagyságától független (statikus) haboldat-alkalmazási intenzitásértéket ír elő. A régi szabványok nem veszik figyelembe azt a tényt, hogy nagyobb tűzfelületen a habnak nagyobb utat kell megtennie a habtakaró összezárásáig, következésképpen nagyobb a habpusztulás, mint kis, régi típusú tartályoknál. A kis intenzitásérték alkalmazásával nagy tűzfelületen nem lehet elérni a habtakaró zárását, mert a penetrációs sebesség nullára csökken, a hab területe megáll, mielőtt elérné a felület középpontját.
- a hosszú (30 vagy 55 perces) habbevezetési idő alatt a nagyfokú habpusztulás miatt nagy mennyiségű habot kell felhasználni.

Az általam javasolt új, dinamikus oltástaktikai előírások szerint

- először a kialakítandó habtakaró vastagságot határozom meg. Értéke a tűzfelület nagyságától függ, táblázatosan illetve grafikonban adom meg. A habtakaró vastagságot megszorozva a tűzfelülettel megkapjuk a tartályba bevezetendő teljes habmennyiséget.
- második kritériumként a leghosszabb megengedett habbevezetési időt szabom meg két percben. A bevezetendő habmennyiségből és a bevezetési időből az oltáshoz szükséges habtérfogatáram számítható. Az alkalmazási intenzitás a szuperintenzív tartományba esik.

4.1.1. A felületi habterhelés követelményeinek meghatározása

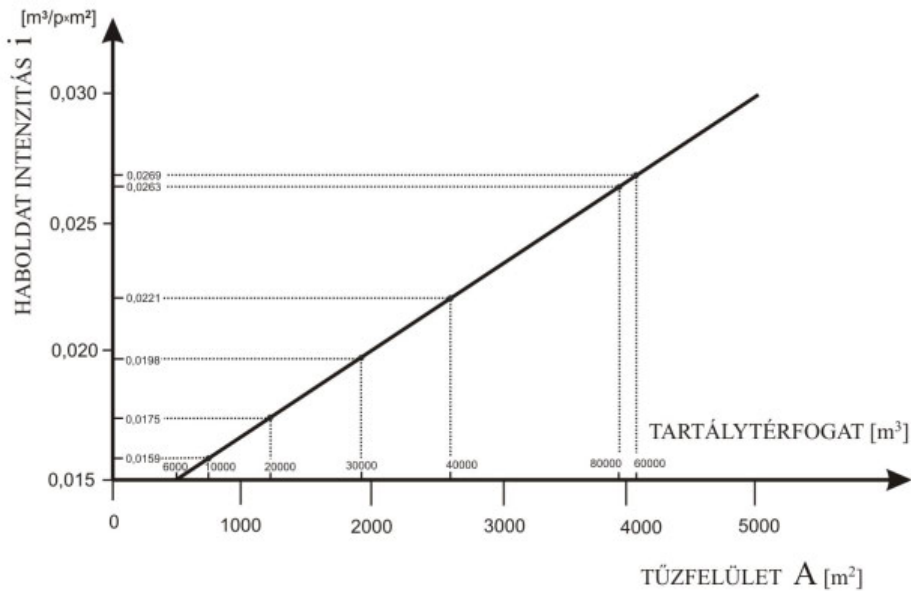
A habtakaró vastagságot elméletileg a 7. diagramon látható habhasznosítási tényező - habintenzitás függvény optimumára jellemző intenzitástartomány figyelembevételével kellene méretezni. Ebben a tartományban már gyakorlatilag nem kell habpusztulással számolnunk, ennek köszönhetően kellő pontossággal ki tudnánk számítani az oltáshoz szükséges teljes habmennyiséget. Az egyes oltási technológiák habhasznosítási tényező - habalkalmazási intenzitás jelleggörbéje azonban még nem áll rendelkezésemre, ezért a gyakorlati tűzoltási próbák eredményére támaszkodva adok meg tapasztalati értékeket a habtakaró vastagságra, illetve az elvárt intenzitás értékekre.

A 4.5.2. és 4.5.3. pontban leírt kísérleteimmel igazoltam, hogy a folyadékfelületre bocsátott hab az optimumközeli alkalmazási intenzitásértékeknél hideg habkísérletek és égő szénhidrogénfelület oltása esetén is azonos mennyiséggel és idő alatt volt képes a teljes felület letakarására. Másképp megfogalmazva ekkora intenzitásértékek alkalmazása esetén a habpusztulás elhanyagolható mértékű, már nem kell figyelembe vennünk az oltástervezésnél.

A biztonságos oltás lezajlása két ütemre bontható:

- az első ütemben összezár a habtakaró, bekövetkezik az oltás,
- a második ütemben a visszagyulladás megelőzésére további habot vezetünk a tartályba, biztonsági okokból megvastagítjuk a habtakarót.

Az elvégzett tűzkísérletek és a penetrációs sebesség számítások eredményeként meghatároztam a biztonságos oltás feltételül szabott habalkalmazási intenzitásnak a tűzfelülethez arányosan rendelt értékeit.



14. ábra. Dinamikus habintenzitás-tűzfelület diagram

A gyakorlatban szokásosan előforduló méretű tartályok oltására táblázatosan adom meg az előző intenzitásdiagramból következő, oltástervezés során figyelembeveendő paramétereket.

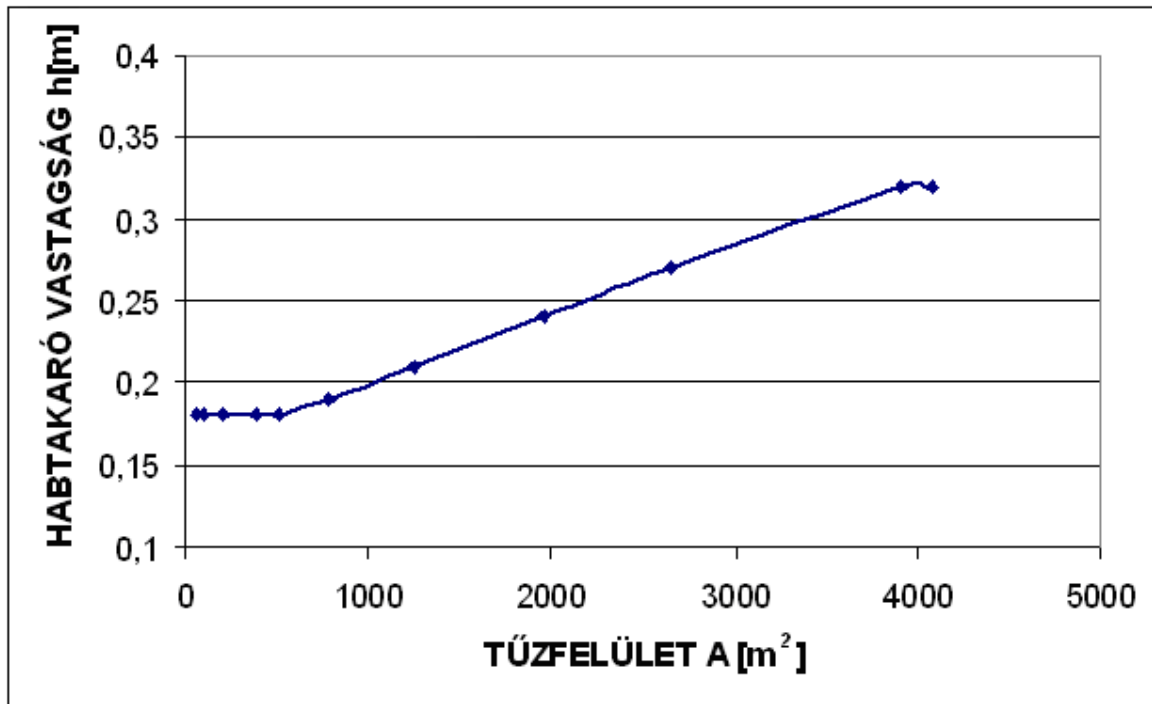
16. táblázat A dinamikus oltástaktika paraméterei

TARTÁLYTÉRFOGAT	m³	500	1000	2000	5000	6000	10000	20000	30000	40000	60000	80000
ÁTMÉRŐ	m	9	11	16	22	25,2	31,5	40	50	58	72	70,5
SUGÁR	m	4,5	5,5	8	11	12,6	15,75	20	25	29	36	35,25
KÖPENYMAGASSÁG	m	8,015	10,01	10,016	12,518	12,518	12,515	16	16	16	16	22,2
TŰZFELÜLET	m²	63,59	94,99	200,96	379,94	498,51	778,92	1256,00	1962,50	2640,74	4069,44	3901,65
HABBEVEZETÉSI IDŐ MAXIMUM	perc	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
ÁTLAGOS HABOLDAT-ALKALMAZÁSI INTENZITÁS	m³/perc·m²	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,0159	0,0175	0,0198	0,0221	0,0269	0,0263
HABOLDAT FELÜLETI TERHELÉS	m/m²	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,0318	0,035	0,0396	0,0442	0,0538	0,0526
EXPANZIÓS SZÁM		6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
HABTAKARÓ VASTAGSÁGA	m	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,1908	0,21	0,2376	0,2652	0,3228	0,3156
TELJES HABTÉRFOGAT	m³	11,45	17,10	36,17	68,39	89,73	148,62	263,76	466,29	700,32	1313,62	1231,36
TELJES HABOLDATTÉRFOGAT	m³	1,91	2,85	6,03	11,40	14,96	24,77	43,96	77,72	116,72	218,94	205,23
1%-OS HABKONCENTRÁTUM	m³	0,019	0,028	0,060	0,114	0,150	0,248	0,440	0,777	1,167	2,189	2,052
HABOLDAT TÉRFOGATÁRAM	m³/perc	0,954	1,425	3,014	5,699	7,478	12,385	21,980	38,858	58,360	109,468	102,613
PENETRÁCIÓS SEBESSÉG	m/perc	9	11	16	22	25,2	31,5	40	50	38,7	48,0	47,0
TARTÁLY KERÜLETE	m	28,26	34,54	50,24	69,08	79,128	98,91	125,6	157	182,12	226,08	221,37
KERÜLETEGYSÉGRE JUTÓ HABTÉRFOGAT	m³/m	0,4050	0,4950	0,7200	0,9900	1,1340	1,5026	2,1000	2,9700	3,8454	5,8104	5,5625
KERÜLETEGYSÉGRE JUTÓ HABOLDATTÉRFOGAT	m³/m	0,0675	0,0825	0,1200	0,1650	0,1890	0,2504	0,3500	0,4950	0,6409	0,9684	0,9271

Az oltás biztonságának növelése irányába hat a habbevezetés módjának a 3.2.2. pontban tárgyalt korszerűsítése is, mert az általam javasolt megoldással függönyszerűen bevezetett hab célzási veszteség és környezet- (talaj-) szennyezés nélkül, teljes mennyiségében a tartály belső terébe jut.

Az oltás során létrehozandó habtakaró vastagságának a tűzfelület nagyságától való függését leíró grafikus összefüggés az új technológia egyik sarokköve. A mérnöki tervezés számára és a technológia neves külföldi minősítő intézetei számára ez a diagram az egyik legfontosabb adathalmaz.

A függvény alakja a 16. táblázat adataira hivatkozva a következő:



15. ábra. Az előírt habtakaróvastagság függése a tűzfelület nagyságától

Ennek a diagramnak segítségével számítások nélkül, közvetlenül meghatározhatjuk, hogy milyen vastag legyen a biztonságos, visszagyulladásától védő és a tűzfelület méretét is figyelembe vevő habtakaró. Az így előírt habtakaró vastagságának és a tűzfelület nagyságának szorzata megadja, hogy mekkora térfogatú habot kell az oltás folyamán előállítani és a tartály belsejébe juttatni.

A következő lépés az új taktikai előírás megalkotása során ezen habmennyiségnek a legkisebb veszteséggel történő bejuttatási feltételének előírása.

4.1.2. A megengedett maximális habbevezetési idő meghatározása

Kézenfekvő (és az NFPA szemléletével homlokegyenest ellenkező) megoldás a habbevezetési idő felső korlátjának felállítása. Ki kell mondanunk, hogy az imént meghatározott teljes habmennyiséget maximum mennyi időn belül kell az égő tartály belsejébe bejuttatnunk.

- Ennek az időértéknek előírásánál azt kell figyelembe vennünk, hogy a teljes habmennyiséget a 7. diagram ajánlásai által megkívánt habalkalmazási intenzitás értékkel kell bevezetnünk.

Az eddigi sikeres tűzoltási méréseim és a penetrációs sebesség vizsgálata során adódó reális értékek figyelembevételével az alábbi előírás bevezetését javaslom:

Legyen a megengedett leghosszabb habbevezetési idő kettő perc.

Ennek az időadatnak a műszaki követelményként való előírása során figyelembe kellett venni a gazdaságossági szempontokat is. A habbevezetési idő rövidítése oltástaktikai szempontból előnyös, de a habvezetékek hidraulikai méretezését befolyásolja. Ha ugyanannak a habmennyiségnek a bevezetésére rövidebb idő áll rendelkezésre, nagyobb keresztmetszetű, költségesebb habvezetékekre van szükség.

4.1.3. A habintenzitási tartomány megválasztása

Visszatérve a 3.1.2.1 pontban tárgyalt, az 1. ábrán látható habintenzitás-oltási idő diagramhoz, szemléletesen be tudjuk mutatni a sikeres, gyors oltás intenzitás kritériumát.

Az oltást a 10 l/p/m^2 intenzitás érték fölött kell lefolytatni, a gyakorlatban célszerűen 15 és 25 l/p/m^2 értékek között. Nagy, 100 m átmérőjű tartályok esetén a haboldat intenzitás igény elérheti a 40 l/perc/m^2 értéket is. Ezek az irányadó intenzitásértékek alkalmazandók a stabil és a mobil haballátás esetén is.

4.2. A habbevezetés

4.2.1. Az optimális habbevezetési mód megválasztása

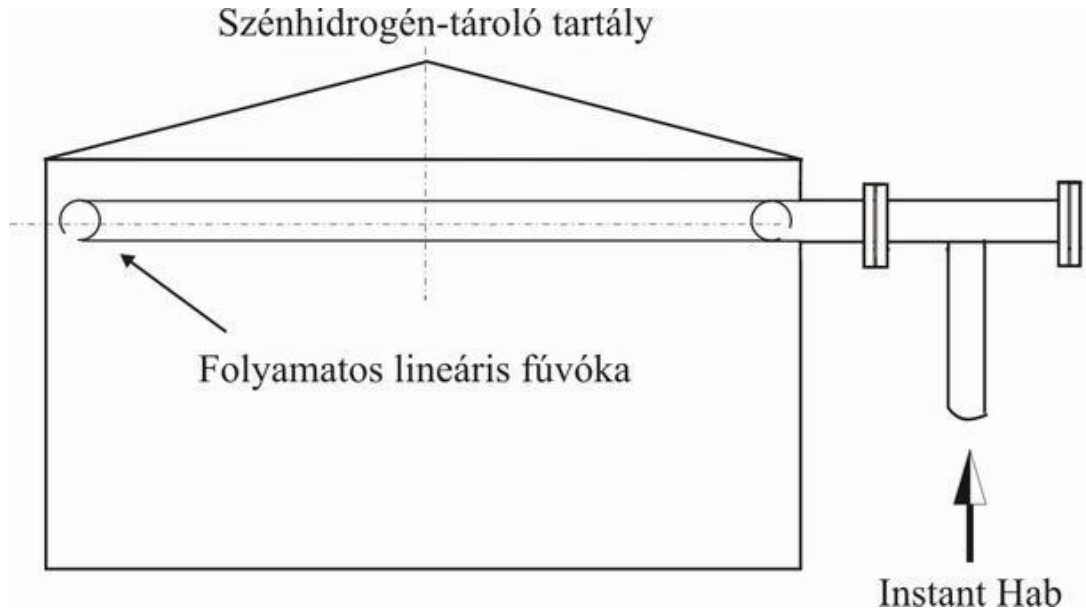
Elméleti kutatásaim és a gyakorlati vizsgálati eredményeim alapján egyértelműen a 4. számú melléklet J) pontjában ismertetett elvi megoldást, a palást belső felületén történő függönyszerű habbevezetés javaslom alkalmazni minden tartálytípus és minden megfelelő habintenzitást biztosító habellátási rendszer rendelkezésre állása esetén. A célnak elvileg megfelelne a felszín alatti habbevezetési megoldások célszerűen kialakított változata is, azonban ez az eljárás Magyarországon még nem terjedt el, a szakmai körök idegenkedéssel fogadják.

4.2.2. A habbevezetés műszaki eszközei

A függönyszerű habbevezetést megvalósító fúvókát egy tóruszból készíthetünk. A hidraulikailag áramlási sebességre méretezett keresztmetszetű habelosztócsövet körgyűrű alakra hajlítjuk és a tartály belső felületén a palásthöz rögzítjük. Ezzel a megoldással előnyösen merevítjük a tartálypalást felső élét, kellő tapasztalat megszerzése után esetleg ez a körgyűrű helyettesíteni is tudja a tartály palástjának szokásos profilacél merevítését.

A körgyűrűn ezután teljes hosszában egy rést készítünk, amely 45 fokos szögben lefelé és kifelé a tartály fala felé mutat. Az ezen kilépő hab egyenletesen, függönyszerűen fog lefolyni a tartálypalást belső felületén.

Az elrendezés sematikus rajza [38] a következő:



16. ábra: A folyamatos lineáris fúvóka sematikus rajza

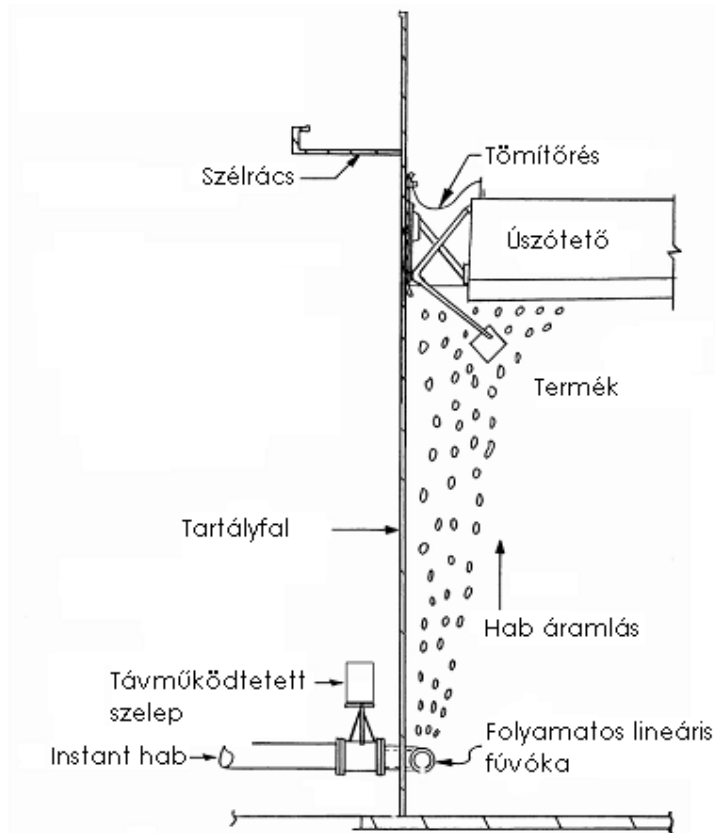
A körgyűrű alakú habbevezetés gyakorlati megvalósítása, a folyamatos lineáris fúvóka olyan nagy összesített kiömlő keresztmetszettel rendelkezik, hogy segítségével a hagyományos habintenzitások többszörösével olthatunk. A kíméletes habbevezetésnek köszönhetően a folyadék felverődésének vagy a hab megmerülésének veszélye nem áll fenn.

Végülis ez a megoldás tette lehetővé a szuperintenzív habelárasztás, mint új oltási mód gyakorlati bevezetését.

A folyamatos lineáris fúvóka alkalmazásának előnyei:

- nagy intenzitások megvalósítására alkalmas, így az oltási idő egy perc alá szorítható;
- bármely tartálytípusra felszerelhető;
- bármely méretű tartály oltható;
- egyszerűsége rendkívül üzembiztossá teszi;
- nincsenek légbeszívó nyílások, vagy könnyen elduguló szűkületek;
- alacsony beruházási költség;
- alacsony karbantartási költség;
- habanyagtakarékos.

A habot a tartályba nemcsak a kívül vezetett habfelszálló csövön keresztül felülről, hanem a folyadékszint alatt, például a termékvezetőken keresztül is be lehet vezetni. Ennek az SSI (Sub-Surface Injection-nak nevezett habbevezetési módnak jelentős előnyei vannak a hagyományos, felülről történő habalkalmazással szemben. Legfontosabb talán az, hogy a habbevezetés nem igényel semmilyen beavatkozást a tartály konstrukciójába, ezért költségkímélő. Sajnos Magyarországon ez a műszaki megoldás nem terjedt el, ennek ellenére a következő ábrán bemutatom részleteit.



17. ábra: A folyamatos lineáris fúvóka alkalmazása felszín alatti habbevezetésnél [39]

4.3. A habellátás

4.3.1. A habellátás műszaki megoldásai

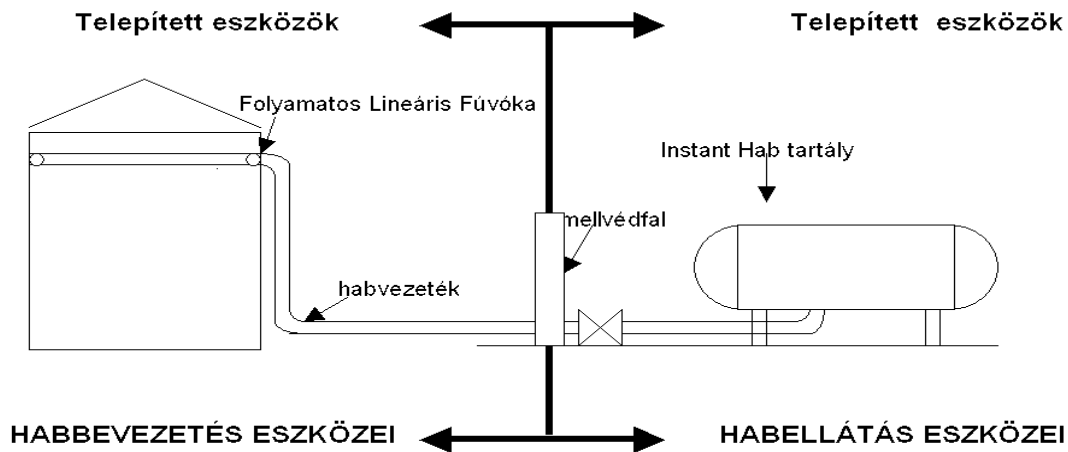
Az intenzitás növelésének előnyeit már ismertettem, az alkalmas habbevezetési módra is tettem javaslatot, most bemutatom, hogy mely eljárások alkalmasak a függönyszerű habbevezetést megvalósító folyamatos lineáris fúvókának a szükséges habtérfogatárral való táplálására. Három, a gyakorlatban jól használható megoldás jöhet szóba.

4.3.1.1. *Stabil habellátó rendszerek instant habbal*

Műszaki megoldás:

- a falhatás leküzdésére a védendő tartályok palástjának felső éléhez, a tartály belsejébe egy csőből készült habelosztó körgyűrűt építünk be, amelyen egy folyamatos rés van. Ez a folyamatos lineáris fúvóka. Feladata az igen nagy habtérfogatárral bevezetett oltóhab egyenletes eloszlása, a habnak a paláston való függönyszerű lefolytatása,
- a tartályhoz vagy tartálycsoporthoz előre előállított nyomás alatti habot, úgynevezett instant habot tartalmazó nyomástartó edényt telepítünk,
- a habtartályt a folyamatos lineáris fúvókával egy nagy keresztmetszetű, robbanásra, más mechanikai sérülésre, tűzre nem érzékeny habvezetéssel összekötjük,

- tűz esetén a tartályban elhelyezett hőérzékelő jelére a habtartály szelepe automatikusan kinyílik, a hab a folyamatos lineáris fúvókán át beáramlik az égő tartály belsejébe.



18. ábra: Szuperintenzív stabil oltóberendezés habellátása instant habbal [40]

Előnyei:

- automatikus, a sérülésveszély ki van zárva, az oltás emberi közreműködés nélkül zajlik le,
- a környezeti kár minimális, az oltás a tűz fellebbanása után néhány másodperccel megkezdődik,
- az elégett anyagból származó veszteség kis mérvű, az oltás a rendkívül nagy habintenzitásnak köszönhetően igen gyorsan lezajlik,
- a tartály hő miatti sérülésének esélye kicsi, a technológiai időkiesés elmarad,
- működése tűzvíz-hálózattól vagy külső energiaforrástól független,
- működése emberi közreműködést nem igényel, a kezelői hiba elkövetése ki van zárva,
- nincs központi eleme (vízhálózat), amelynek sérülése az egész üzem (a szomszédos tartályok) tűzvédelmét megbénítaná,
- rendkívül megbízhatóan működik, kevés, egyszerű alkatrészből épül fel,
- egy habtartály több tárolótartályt is képes védeni, ez javítja a gazdaságosságot,
- az érzékelő rendszer logikai felépítése kizárja a téves indítást,
- egyaránt alkalmas merevtetős és úszótetős tartályok védelmére,
- habtakarékos, igen kis mennyiségű habkoncentrátum felhasználásával olt,
- önálló védelmi rendszerként alkalmazható, alkalmazása alternatív megoldás a felső küszöbértékűnek minősülő üzemek megfelelő biztonsági szintjének kialakításánál a tűzvédelmi törvényben és kormányrendeletben előírt létesítményi tűzoltóság létrehozásának kötelezettségével szemben,
- beruházási költségei lényegesen alacsonyabbak a hagyományos stabil oltóberendezések költségeinél,
- karbantartása, üzembiztos állapotának fenntartása csekély költséggel jár.

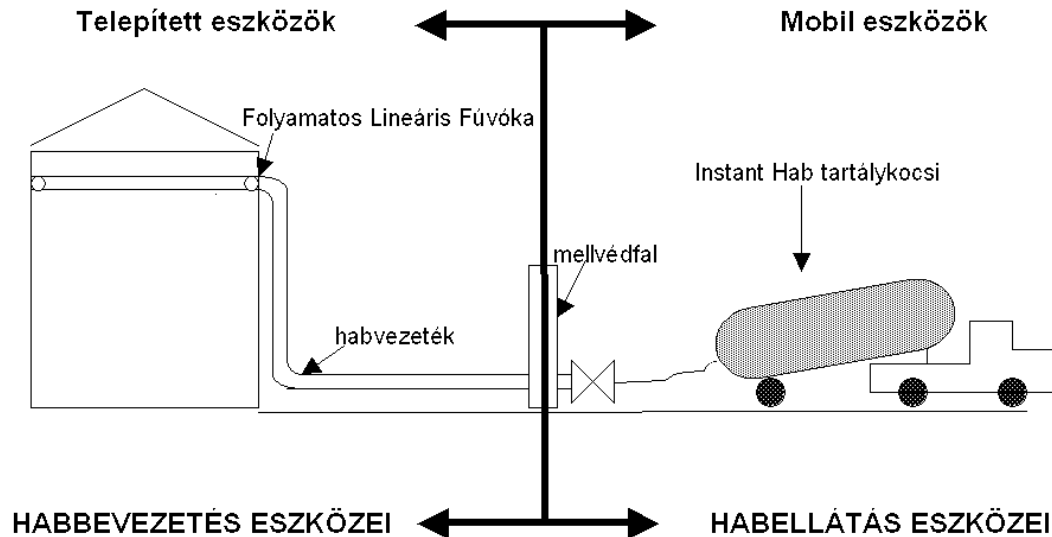
Hátrányai:

- a habtartály töltetét tízévenként cserélni kell,
- nagyterjedésű tárolótereken a teljes kiépítés költségei magasabbak, mint a mobil technika alkalmazásának költségei,
- nem oldja meg a védőgödör oltását, igaz, hogy a tartály azonnali sikeres oltása miatt a védőgödörtűz bekövetkezési valószínűsége igen csekély.

4.3.1.2. Mobil habellátás tartálykocsiról instant habbal

Műszaki megoldás:

- Az előre elkészített, nyomás alatt tárolt habot (az úgynevezett instant habot) tartálykocsiban visszük az oltás helyére,
- megérkezve mindössze egy habbevezető tömlőt kell a folyamatos lineáris fúvóka habvezetékéhez csatlakoztatni,
- a tartály szelepének nyitásával a teljes habmennyiséget néhány másodperc alatt az égő tárolótartályba engedhetjük.



19. ábra: A szuperintenzív habelárasztás mobil habellátásának megoldása tartálykocsival

A tűzoltó szertárban több nyerges félpótkocsi is állhat készenlétben, feltöltve. Tűz esetén egy (vagy több) nyerges vontató egymás után kiviheti a félpótkocsikat az esemény színhelyére.

A rendszer különleges előnye, hogy rendkívül rövid a szerelési idő, és az oltáshoz nincs szükség a tűzivíz hálózat használatára, annak hiánya vagy sérülése esetén is sikeres a beavatkozás.

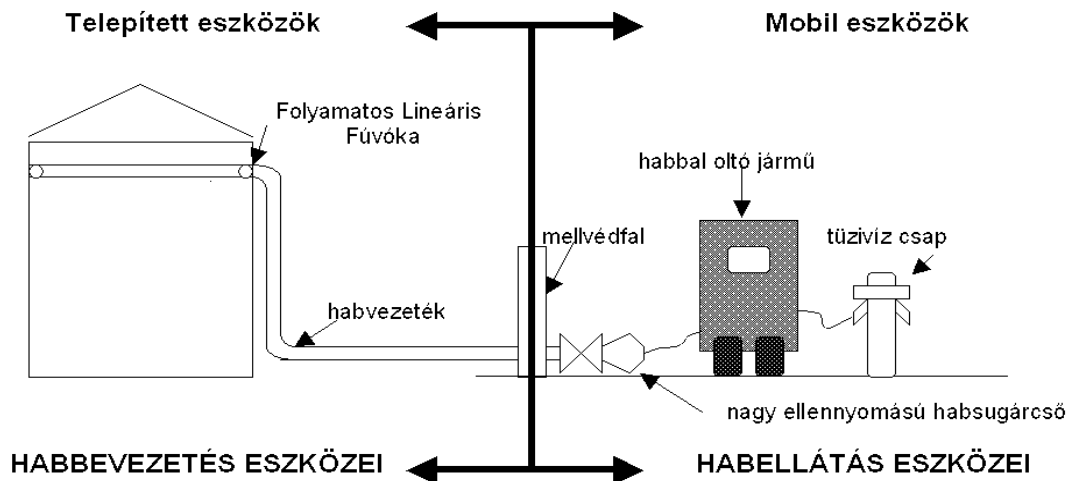
4.3.1.3. Mobil habellátás korszerűsített félstabil oltóberendezésnél

Ez az a megoldás, amely a megfelelő kapacitású tűzivíz hálózattal és nagyteljesítményű haboldatelőállító eszközökkel felszerelt, korszerű tűzoltósággal rendelkező olajfinomítók számára optimális védelmet nyújt.

Műszaki megoldás:

- a tartálypark minden tartályára fel van szerelve a karbantartást nem igénylő, robbanásra nem érzékeny folyamatos lineáris fúvóka,
- minden tartályhoz ki van építve a mellvéd falától a megfelelő keresztmetszetű, olcsó szénacélból készült, hidraulikusan méretezett habvezeték,
- tűz esetén a nagy teljesítményű habbal oltó járművel vagy mobil oltóközponttal helyszínre érkező tűzoltók a habvezetékbe habot nyomnak be, amelyet a mellvéd falnál állítanak elő nagy ellennyomású habsugárcsővel.

Az újfajta habsugárcső kimenő oldalán a hab csővezetéki ellenállással, fojtással szemben vagy nyomás alatti térbe is képes kiáramolni. A korszerű, például IFEX gyártmányú sugárcsővek kimenő oldala a bemenő haboldat nyomásának 40%-ával terhelhető a csővezeték hosszából, a szerelvények egyenértékű csőhosszaiból és a felszálló habvezetékek hidrosztatikai nyomásából származó csővezetéki ellenállástól függően. A méretválaszték is széles, 1250 és 2500 liter/perc oldattérfogatáramra is található megfelelő gyártmány.



20. ábra: Szuperintenzív habelárasztás mobil habellátással, korszerűsített félstabil oltási stratégia

Előnyei:

- egyszerűségénél fogva működése megbízható,
- az oltást biztonságos távolságból, a mellvédaltól végzik,
- a szerelés egyszerűbb, fizikailag könnyebb, mint a hagyományos félstabil oltóberendezések esetén,
- a környezeti kár (légszennyeződés) aránylag csekély, mert az oltás gyors,
- az anyagi kár a gyors oltásnak köszönhetően kisebb, mint a hagyományos félstabil oltóberendezések alkalmazásánál,
- a tartály sérülésének veszélye kisebb, a hab intenzíven hűti a teljes palástot,
- habtakarékos eljárás, a habot közvetlenül a tartályba vezeti, nincs célzási veszteség,
- a habvezeték és a folyamatos lineáris fúvóka nem érzékeny robbanásra, eltömődésre, nincsenek légbeszívó nyílások,
- egyaránt alkalmas merevtetős és úszótetős tartályok védelmére,
- beruházási költsége alacsony, csak a folyamatos lineáris fúvókát és a habvezetékot kell telepíteni, haboldat-vezetékek habsugárcsővek, habedények nincsenek a telepített eszközök között, ezért karbantartási költsége is alacsony,
- üzemeltetése kis költséggel jár, a meglévő nagy teljesítményű habbal oltó járművek és a nagyteljesítményű habágyúk konténerei alkalmasak a kiszolgálására,
- a nagy ellennyomású habsugárcsővek a tűzoltók felszereléséhez tartoznak, ezért ezekből csak néhány darabot kell beszerezni., Ezek kiszolgálják az összes félstabil habbevezető eszközt, megfelelő karbantartásuk, üzembiztoságuk biztosítva van,
- a nagy ellennyomású habsugárcső üzemzavar (dugulás a szennyezett víztől) esetén az oltás megszakítása nélkül tartalékra cserélhető,
- azonos elvek szerint hasonló, igen egyszerű, megbízható és olcsó félstabil védelmi rendszereket lehet telepíteni technológiai berendezésekre és helyiségekre,

- a karbantartás igen egyszerű, csak a csővezetékek épségének ellenőrzéséből áll.

Hátrányai:

- a kivonulási és szerelési idő miatt csak később lehet megkezdeni az oltást, mint az automatikus rendszerénél,
- továbbra is szükség van tűzivíz-hálózatra és emberi beavatkozásra,
- ahol nem állnak rendelkezésre nagy teljesítményű haboldatforrások, ott nagyteljesítményű habbal oltó járművek, mobil oltóközpontok beszerzése szükséges,
- egy régi üzemnél a hagyományos félstabil oltóberendezést le kell szerelni, helyette a folyamatos lineáris fúvókát és a habvezetéket kell telepíteni. Ezt az ütemezett nagyjavítási időszakokban lehet elvégezni.

4.3.2. Optimális habellátás a rendelkezésre álló infrastruktúra figyelembevételével

A folyamatos lineáris fúvóka számított és szükséges habtérfogatárammal való táplálásának módját a rendelkezésre álló infrastruktúra és a megközelítési távolság figyelembevételével lehet kiválasztani. Ez a megfontolás a védelmi stratégiánknak is alapja. A rendelkezésre álló technikai megoldásokat a következő táblázatban foglaltam össze.

17. táblázat. A szuperintenzív habellátás eszközei.

	TELEPÍTETT ESZKÖZÖK	MOBIL ESZKÖZÖK
<u>Félstabil</u> oltóberendezés mobil haboldatellátással	Folyamatos lineáris fúvóka Habvezetékek Mellvédfal Habcsatlakozó szerelvények Tűzivízcsap	Nagy ellennyomású habsugárcső Haboldatvezetékek Habbal oltó jármű Vízömlő
<u>Félstabil</u> oltóberendezés instanthat-ellátással	Folyamatos lineáris fúvóka Habvezetékek Mellvédfal Habcsatlakozó szerelvények	Habömlő Mobil instanthat-tartály nyerges félpótkocsin
<u>Stabil</u> oltóberendezés instanthat-ellátással	Folyamatos lineáris fúvóka Habvezetékek Mellvédfal	Telepített instanthat-tartály Kézi vagy automatikus hab-szelep

Véleményem szerint egy tartályparkkal rendelkező olajfinomító számára a nagyteljesítményű mobil oltóközpontoknak (haboldatforrásoknak) és a korszerű szuperintenzív habellátással működő félstabil oltóberendezéseknek együttes alkalmazása jelentheti a felső küszöbértékű veszélyes üzem számára előírt biztonsági szint költséghatékony megvalósulását.

Kiseb telephelyeken, amelyek azonban már elérik a felső veszélyességi küszöbértéket, előnyös megoldást jelenthet az automatikus és autonóm szuperintenzív habellátással működő, beépített oltóberendezések telepítése. Ezeknek alkalmazását az Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság teljes értékű védelmi megoldásként elfogadta, reá a rendszerengedélyt kiadta.

ÖSSZEGZÉS

Az instant hab alapú habellátórendszerek előnye az, hogy bármely kritikus infrastruktúrától függetlenek, ezért működési megbízhatóságuk igen magas szintű.

Azokon a tárolótereken, ahol egy jól felszerelt tűzoltóság jelenléte a technológiai berendezések védelme miatt elengedhetetlen és a legnagyobb tartály szuperintenzív habelárasztással megvalósított oltáshoz szükséges tűzvízhálózat kapacitása is rendelkezésre áll, a mobil oltóközpontok és a folyamatos lineáris fúvókás habbevezetési megoldás együttes alkalmazásával lehet a leggyorsabb és legkevesebb oltóanyag-felhasználással járó oltást elvégezni.

4.4. Az oltásvezérlés

Amint a 3.1.1 pontban tárgyaltam, a teljes égési idő az előkészületi időnek és az oltási időnek az összege. Az előkészületi időt az automatikus oltásindítással lehet minimumra csökkenteni. Az oltási idő csökkentésének lehetőségét a szuperintenzív habelárasztással történő oltás adja.

4.4.1. A levegőszennyezés csökkentése gyors oltásindítással

Az üzemi dolgozók közreműködésével történő észlelés, jelzésadás, riasztás esetét ebben a pontban nem tárgyalom. Ez az érzékelési mód nem megbízható, mert számos esetben, például kis kiterjedésű tömítőrésztüzek esetén a tűznek nincs is észlelhető következménye, látható jele a földről az úszótetős tartály tetejére föltekintve.

A gyors oltásindításra alkalmas érzékelési módok lehetnek:

- közvetlen fizikai hőérzékelők,
- a merevtetős tartályok belsejében az oldalfal felső élénél vagy az úszótetős tartályok habgátján elhelyezett, hőre lágyuló vagy megolvadó anyagú csövek, rudak, lemezek, (pl. pneumatikus lineáris detektor), sprinklerfejek elvén működő eszközök,
- elektromos elven működő hőérzékelők (elektromos lineáris detektor),
- hőszugárzást érzékelő elektronikus detektorok,
- video-megfigyelőrendszerek (pásztázó vagy rögzített beállítású kamerák) változásérzékelő szoftverrel.

4.4.2. A téves riasztás elkerülésének lehetőségei.

Az emberi közreműködés nélkül, automatikusan működésbe lépő oltóberendezések rendszerbe állításánál tekintetbe kell vennünk a téves riasztásból adódó kockázatot. Ennek bekövetkezése két negatív következménnyel jár:

- egyrészt szennyezi a habbal elárasztott tartályban tárolt anyagot, amely akkor jelent komolyabb anyagi kárt, ha az anyag kereskedelmi késztermék,
- másrészt az automatikus oltóberendezés szükségtelen kiürülése annak feltöltését, újbóli üzembehelyezését igényli. Ez újabb költséget jelent.

A téves riasztás megelőzésének egyik, gyakorlatban alkalmazott megoldása az, hogy nem hagyatkoznak kizárólag az érzékelők által szolgáltatott jelre, mint indító feltételre, hanem lehetőséget adnak a tűzjelzés operátorok által történő ellenőrzésére, adott esetben felülbírálatára. Ezt a megoldást különösen a CCTV alapú érzékelő-jelző rendszerek esetében lehet jól használni, hi-

szen itt az operátorok egy diszpécserteremben közvetlenül rálátnak a tartályra, vagy az annak belsejében lévő anyagra.

A többi, a 4.4.1 pontban leírt érzékelési módoknál a biztonság növelése a redundancia szintjének emelésével lehetséges. Az érzékelők többszörözése, jelüknek egymással ÉS logikai kapcsolatban való kiértékelése megteremti a téves riasztás valószínűségének elfogadható szintre csökkentését.

4.4.3. Külső segédenergia nélkül működő oltásindítás

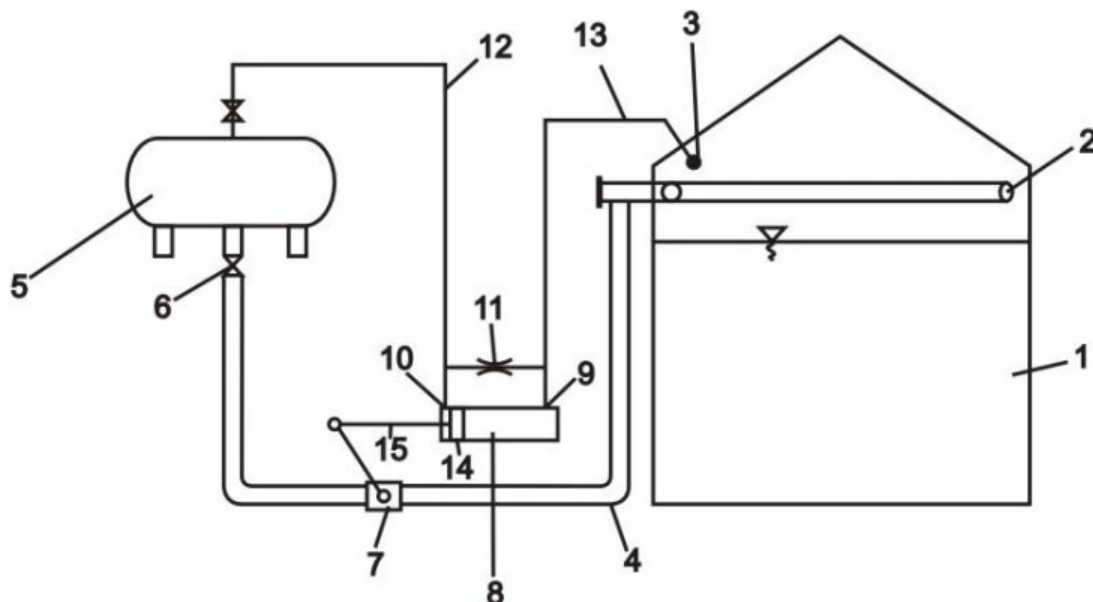
Céljaim között szerepelt az automatikus oltóberendezés legmagasabb működési megbízhatóságának elérése. A célt a legegyszerűbb érzékelési elv, a hőre roncsolódó érzékelő elemek felhasználásával tartottam elérhetőnek.

Három ismert érzékelőelemből választhattam: az alacsony olvadáspontú eutektikus fémötvözetek, a sprinkler fejek és a hőre lágyuló műanyagok jöhetnek szóba. Véleményem szerint a feladatnak a műanyag csövek alkalmazása a legegyszerűbb és legolcsóbb megoldása.

A hőre lágyuló műanyag (poliamid) csöveket a 80-as évek óta a Firetrace [41] védjeggyel ellátott, FM 200-as oltóanyaggal töltött automatikus oltóberendezésekben használják direkt érzékelőként. Ezeknél az oltóberendezéseknél a hőre lágyuló cső az oltógáz nyomása alatt van és amikor a cső hőmérséklete eléri a nyomás hatására bekövetkező felhasadáshoz szükséges lágyulási hőmérsékletet, a cső roncsolódva megnyílik és az oltógázt az oltandó térbe vezeti.

Tartálytűzoltó berendezésem automatikus indítására én is a hőre lágyuló műanyag csöves érzékelőt alkalmaztam, a Firetrace rendszerrel szemben azzal a különbséggel, hogy az érzékelőnek nem feladata az oltóanyag kijuttatása, csupán a habtartály főszelepének kinyitását végzi el a nyomás leejtésével.

Egyik lehetséges kiviteli alakként a főszelepet egy korrózióálló anyagból készített pneumatikus munkahenger működteti a következő ábrán látható kapcsolási rajz [42] szerint.



21. ábra: A nyomásesésre nyitó szervomechanizmus rajza

Az egykörös automatikus oltásindító berendezés működése:

Alaphelyzet

Az 1 szénhidrogéntároló tartály belsejében, palástjának felső éléhez van rögzítve a 2 folyamatos lineáris fúvóka. Ennek habbal való táplálása a 4 habvezetéken keresztül történik az 5 instanthatartályból, a 6 főelzáró szelepen és a 7 gömbcsapon keresztül. A 7 gömbcsapot a 8 munkahenger kitolt 15 dugattyúrúdja tartja zárva. A 8 munkahenger 9 dugattyúoldali és 10 dugattyúszárololdali tere azonos nyomás alatt van, a 11 fojtáson keresztül egymással összeköttetésben állnak. A 12 vezetéken át a 10 dugattyúszár felőli oldal az 5 instanthatartályhoz csatlakozik, a 9 dugattyúoldali csatlakozó a 13 érzékelő vezetéken keresztül a 3 hőérzékelőhöz kapcsolódik. Ameddig a munkahenger mindkét oldalán azonos nyomás uralkodik, a munkahenger monostabil, kitolt állapotban van, mert a 14 dugattyúnak a 9 csatlakozó felé eső felülete nagyobb, mint a 15 dugattyúrúd oldali 10 csatlakozó felé eső dugattyúfelület. A különböző felületeken azonos nyomás következtében ébredő erők különbsége tartja a dugattyút állandóan kitolt állapotban.

Tűz esetén:

Az 1 tartályban keletkezett tűz a 3 hőérzékelőt felmelegíti. Amikor az 5 habtartály nyomása alatt álló 3 érzékelő a hő hatására meglágyul, már nem képes a nyomást megtartani, felhasad. A 13 érzékelő vezetéken keresztül a 9 csatlakozón át a 8 munkahenger dugattyú oldali tere kiürül. A nyomáscsökkenés a 11 fojtás kis áteresztőképessége miatt következik be, az erőviszonyok megváltoznak. A 10 dugattyúrúd oldali nyomás változatlan marad, ezért a 14 dugattyú a 9 csatlakozó irányába ütközésig elmozdul, eközben a 7 gömbcsapot nyitja. A hab áramlása az 5 habtartályból az 1 tárolótartályba megindul.

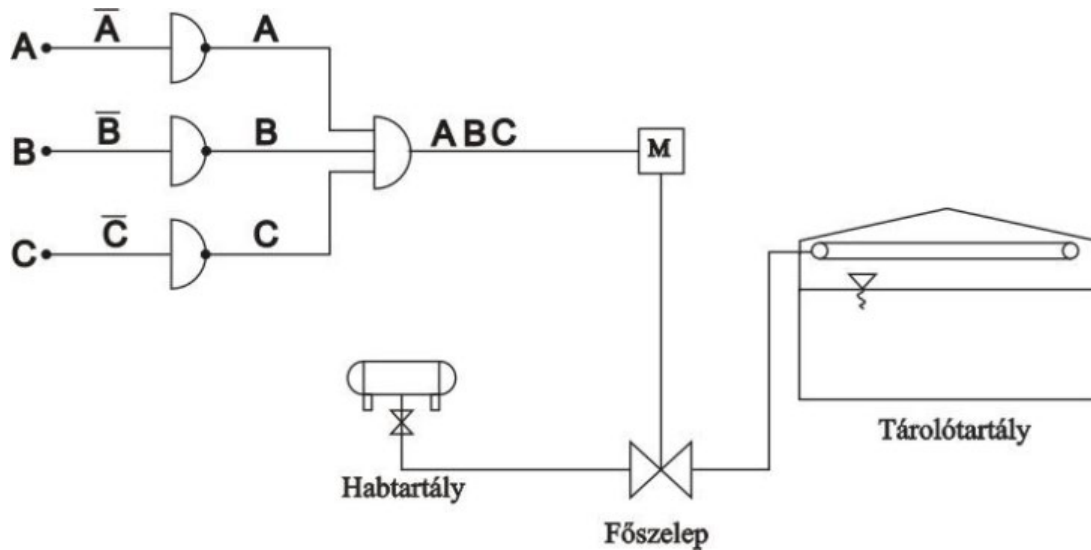
A hab a 4 habvezetéken át a 2 folyamatos lineáris fúvókán keresztül a tartály palástján függőyszerűen lefolyva eléri az égő folyadékfelületet és eloltja azt.

Ennek az oltásindító kapcsolásnak előnye az egyszerűsége és az, hogy működéséhez nincs szükség külső segédenergiára (pneumatikus vagy elektromos energiaforrás). A mechanizmus működéséhez szükséges nyomást magának a habtartálynak a nyomása szolgáltatja.

Hátránya viszont az, hogy a pneumatikus lineáris detektor a véletlen, például karbantartás közben előforduló mechanikai sérülés esetén is működésbe hozza az oltóberendezést.

Ennek a téves indítási esetnek az elkerülésére több, egymással párhuzamosan lefektetett és rögzített érzékelő csövet alkalmazhatunk. Ezeket az érzékelőket egy logikai vezérlőegységbe kötjük, amely a beérkező jeleket kiértékelve a habvezetékbe épített gömbcsap nyitását irányítja. A nyitóparancsot csak akkor adja ki, ha az összes érzékelő riasztójelet ad. Az összes érzékelőt érő egyidejű mechanikai sérülés valószínűsége igen csekély, viszont a tűz következtében keletkező hő teljes bizonyossággal létre fogja hozni az összes érzékelőn a riasztáshoz szükséges hőmérséklet-emelkedést.

A következőkben ismertetem a háromérzékelős, téves indítás ellen védett rendszer felépítését.

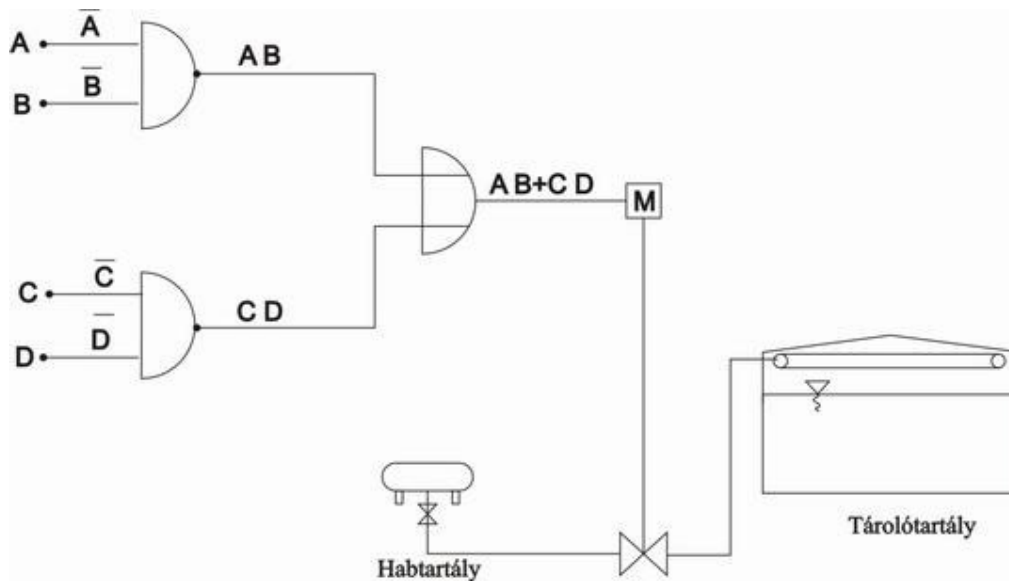


22. ábra: Merevtetős tartály téves indítás elleni védelme három érzékélővel [43]

A működés leírása:

Az A, B és C érzékelők alaphelyzetben „1” állapotban, nyomás alatt vannak, és az A, B, és a C jelet szolgáltatják. A riasztójel, tehát valamelyik érzékélőnek hő hatására vagy mechanikai behatásra történő felhasadása, bejelzése a nyomás leeséséből áll, mivel ezek a tápnyomáshoz fojtáson keresztül csatlakoznak. Az így létrejövő A, B és C „0” állapot jeleket először invertálni kell, majd a hárombemenetű ÉS kapuba vezetni. Ennek kimenetén csak akkor jelenik meg az ABC jel, ha mindhárom feltétel teljesült, vagyis mindegyik érzékélő kioldott. Az ABC jel hozza működésbe a habfőszelep M motorját. A szelep nyitásával megtörténik a habelárasztás.

A következő ábra egy védőgyűrűs tartály téves indítás ellen védett oltásindításának logikai kapcsolási rajzát mutatja.



23. ábra: Védőgyűrűs tartály téves indítás elleni védelme négy érzékélővel

A működés leírása:

Az A és B érzékelő a tartály belsejében, a C és D érzékelő a védógyűrű légterében helyezkedik el. Az érzékelők nyomás alatti, hő hatására nyitó típusúak. Alapállapotuk „1” Tűz esetén csak akkor történik riasztás és ezzel egyidőben oltásindítás, ha vagy az A és B egyidőben, vagy a C és D egyidőben érzékeli a tüzet, állapota „0”-ra vált.

A jeleket első lépésben invertáljuk, majd a tartálybelső és a védógyűrű ÉS kapujába vezetjük. Ha az A és a B vagy a C és D egyidejűleg fennáll, a riasztás a VAGY kapun át a pneumatikus motoros szelep végrehajtó elemét közvetlenül működésbe hozza.

Nem következik be riasztás akkor, ha bármelyik érzékelő csak önmagában szólal meg, vagy ha csupán egy belső és egy külső érzékelő riaszt egyidőben.

ÖSSZEGZÉS

Az oltásindító rendszerek téves indítással szembeni védettségét több érzékelő egyidejű riasztójelének feltételéhez kötve növelhetjük, illetve az egyes tűzszakaszokat különállóan védhetjük egyszerű logikai kapcsolások segítségével.

4.5. Az elméleti megoldás kísérleti igazolása

Az eddigiekben bemutatam a kutatómunka egyes fázisait:

- mi módon lehet az előkészületi időt és oltási időt, ezzel arányosan a tűz által okozott levegőszennyezést csökkenteni a habalkalmazási intenzitás növelésével,
- hogyan lehet az ehhez szükséges, a hagyományosnál lényegesen nagyobb habtérfogatáramokat jól kezelni, a tartályba bevezetni,
- milyen habellátási módokkal lehet a szükséges habmennyiséget előállítani,
- miként lehet a téves oltásindítást elkerülni.

A következő fejezetben elméleti kutatási eredményeimet gyakorlati úton, hideg habterületi vizsgálatokkal és tűzkísérletekkel fogom igazolni.

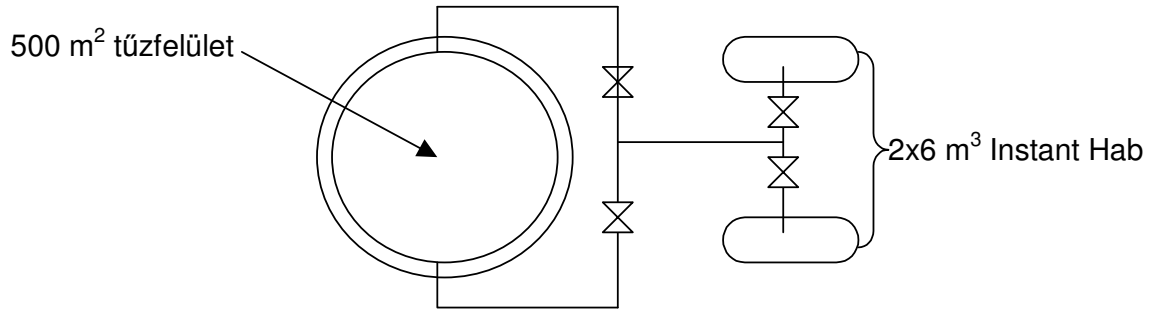
4.5.1. A kísérleti berendezés felépítése

Annak érdekében, hogy a modellezésből származó arányosítási problémákat elkerüljem, egy valóságos, ipari használatban jól ismert tartály eredeti tűzfelületének megfelelő kísérleti tartálymodellt építettem.

Peremfeltételek:

A tartály tűzfelülete 500 m^2 , azonos a 6000 m^3 -es ipari tartályéval, de magassága az eredeti tartály 15 méteres magasságával szemben csak 2,5 méter. A tartályt feltöltöttem vízzel, a felső peremétől lefelé mért 600 mm magasságig. A habbevezetés eszköze a 4 mm-es réssel ellátott folyamatos lineáris fúvóka, a habbevezető körgyűrű csőátmérője 100 mm, a vízszintes habvezeték átmérője 200 mm, a habforrás két darab 7 m^3 térfogatú, egyenként 6 m^3 töltetet tartalmazó instant hab tartály volt. A tartály töltött állapotában a nyomás 1,6 Mp. A folyamatos lineáris fúvóka hossza 80 méter, az átlagos habtérfogatáram $6 \text{ m}^3/\text{perc}$ volt. A méréseket a kísérleti berendezés és a habforrások kötöttsége miatt mindig azonos oltástaktikai paraméterekkel végeztem.

A tartálymodell és az oltóberendezés habellátásának elvi rajza a következő:



24 ábra: A kísérleti elrendezés vázlata

A kísérleti berendezés tervezése során figyelemmel voltam arra, hogy a sikeres oltás után a víz felületén megmaradó benzinréteget ne kelljen hosszú időn keresztül elpárologtatva a levegőbe engedni, vagy meggyújtva a felületről leégetni. A maradék benzin eltávolítására ezért egy lefolyó berendezést építettem a tartálymodellbe, amely a megmaradt, úszó szénhidrogént egy gyűjtőtartályba vezeti el. Ez az összegyűjtött maradék a következő kísérletnél ismét a felszínre szivattyúzható.

A kísérleti tartálymodellen végzendő mérések lefolytatásához szükség volt a technikai eszközök, a kísérleti telep megtervezésére, az illetékes környezetvédelmi hatóság felállítási és üzemeltetési engedélyének megszerzésére.

A kísérleti területen elhelyeztem még egy víztartályt a tartálymodell vízszintjének szabályozó puffertartálya céljára és két, egyenként 7 m³ térfogatú fekvő nyomástartó edényt az instant hab tárolására. A következő fénykép a kísérleti terület elrendezését mutatja.



8. kép: A kísérleti berendezés távlati képe

Az előtérben fekvő tartályok látszanak. A fehér a benzín, a zöld a víz, a két piros pedig a habtartály.

A háttérben, a fehér színű beton mellvédfal mögött 40 méter távolságra az alacsony, mindössze 2,5 m magas tárolótartály-modell látható. Ennek az 500 m² tűzfelületnek a közepére egy acélhíd vezet, amelynek célja a hideg habterületi kísérletek, mérések alkalmával a habminta vétel segítése, tűzkísérletnél pedig az oltás szándékos megnehezítése a felizzó fémrészek visszagyújtó hatása által. A mintavevő kezelőjárda képe:



9. kép: Acélszerkezetű kezelőjárda a tartályba építve



10. kép: A habtároló tartályok és a habvezetékek

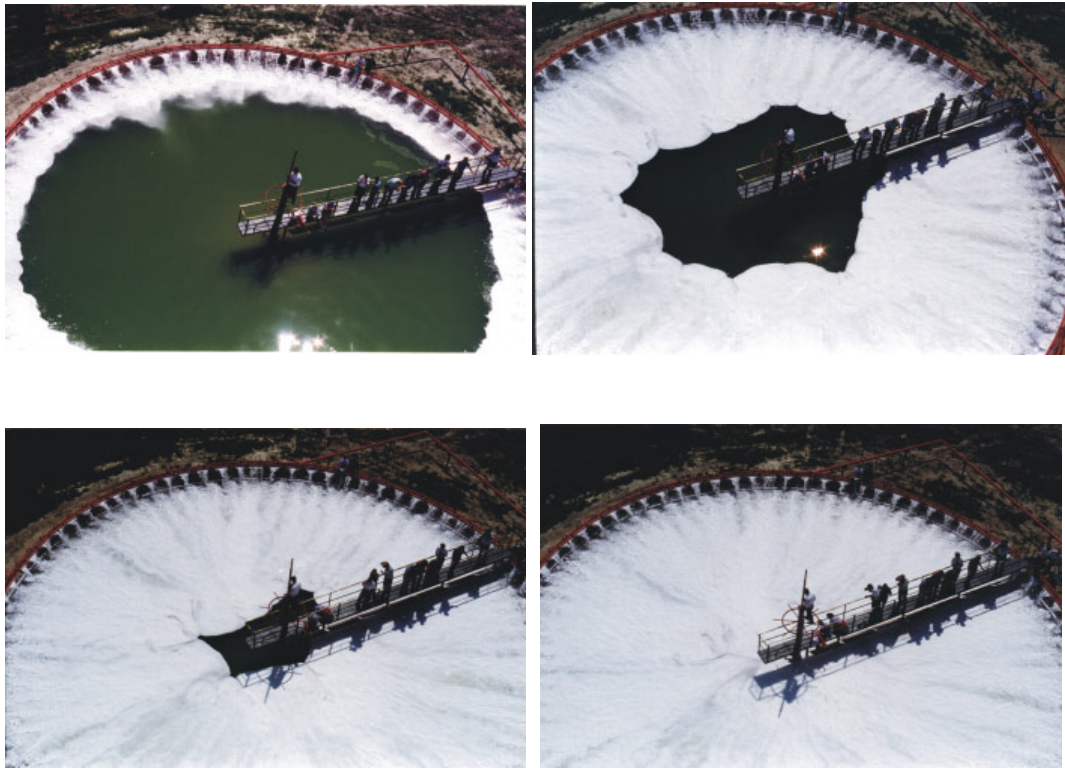
A tartálymodelhez a hab kétfelé ágazó habvezetéken jut el, a folyamatos lineáris fúvókát két oldalról tápáljuk habbal.

A habbevezető rendszert (a habfővezetékét, a két oldali elosztóvezetéseket és a folyamatos lineáris fúvókát) hidraulikusan kiegyenlített hálózatként terveztem meg, az egyes ágakban számított áramlási sebesség alapján.

4.5.2. Hideg habterületi kísérletek

A hideg habterületi próba azt mutatta, hogy a hab igen jó közelítéssel a folyadékfelület középpontjában zárt, tehát az áramlási viszonyok kiegyenlítettek voltak a kerület mentén.

Két habterületi próbát végeztünk instanthabalapú habellátással. Az alábbi kép a szegmensekből összeállított lineáris fúvóka működését mutatja.



11a, b, c, d kép: A hideg habterületi próba szegmensekből álló folyamatos lineáris fúvókával, instant hab alapú habellátással

ELEMZÉS

A hab a vízfelülettel találkozáskor láthatóan egy kis mértékben megmerül és feloldódik. Ez a jelenség habvesztést okoz, ennek ellenére a habfelület középen aránylag gyorsan összehár. A habterület a felületen egyenetlen, nem szimmetrikus. Az egyenetlen felületi eloszlást a fúvóka-konstrukció megváltoztatásával kísértem meg kiküszöbölni. Folyamatos rést alakítottam ki a körgyűrűn.

Az ezzel a fúvókával végzett habterületi próbát mutatja a következő fénykép.



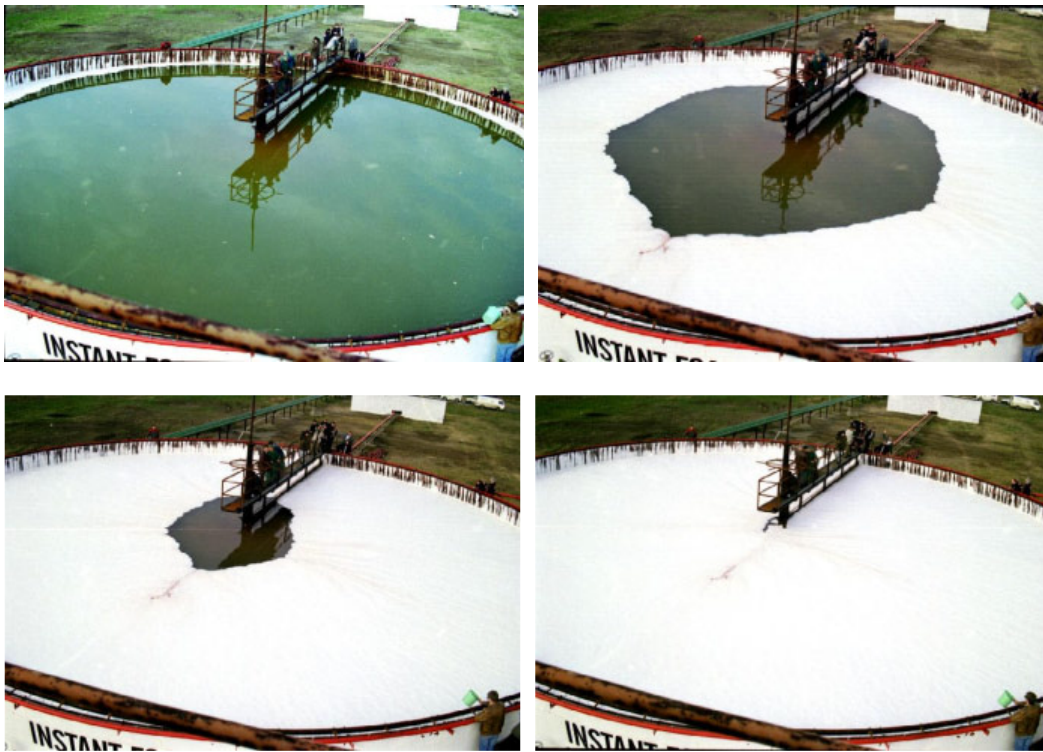
ELEMZÉS

A folyamatos lineáris fúvóka részének kifelé, a palást felé fordításával a hab egyenletesen, függönyszerűen folyik le a tartálypalást belső felületén. Tűz esetén ez a habfüggöny a bebocsátásának pillanatától hűti és a hőáramlástól, hőszugárzástól védi az acéllemez tartályfalat, megakadályozva ezzel a hő okozta vetemedéseket, a tartálytönkremenetelét.

12. kép: Hideg habterületi próba folyamatos lineáris fúvókával, instant hab alapú habellátással

A paláston lefolyó hab egyenletes szélességű, egyre szélesedő körgyűrű formájában halad a folyadékfelület középpontja felé és végül összeshár. A habláb előrehaladási sebessége, a penetrációs sebesség a középponthez közeledve egyre növekszik, hiszen az állandó térfogatárammal történő habutánpótlás elhelyezkedésére, elterülésére egyre kevesebb hely marad, a habfront mozgásának gyorsulnia kell. A habbevezető rendszer tökéletes hidraulikai kiegyenlítetttségét bizonyítja az a tény, hogy az összeshárás helye pontosan a felület középpontja.

A következő képek a FER Kft. közreműködésével, mobil habellátással, nagy ellennyomású habsugárcső alkalmazásával megvalósított szuperintenzív habellátást mutatják.



13.a, b, c, d kép: Hideg habterületi próba folyamatos lineáris fúvókával, mobil habellátással

Ezzel a módszerrel is sikerült elérni a 25 másodperces habösszeháródást.



14. kép: Nagy ellennyomású habsugárcső alkalmazása habforrásként

ELEMZÉS

A nagy ellennyomású habsugárcső olyan helyzetekben, amelyeknél kellő kapacitású vízforrás és tűzoltójármű áll rendelkezésre, alkalmas mobil habforrás összeállítására.

4.5.2.1. Mérési eredmények

18. táblázat. A hideg habterületi kísérletek mérési és számítási eredményei [44]

Mért és számított jellemzők	Mér- tékegys ég	1. mérés 8. kép	2. mérés 9. kép	3. mérés 10. kép
Tartály folyadékfelülete	m ²	500	500	500
Záródáskor mért átlagos habtakaró-vastagság	m	0,035	0,03	0,04
Záródáskor jelenlévő habtérfogat	m ³	17,5	15	20
Összeczáródási idő	sec	30	26	25
Habintenzitás zárásig	l/p/m ²	70	69,2	96
Mért átlagos habkiadósság	l	5,0	4,42	4,6
Zárásig kibocsátott haboldat mennyisége	m ³	3,5	3,4	5,4
Haboldat-intenzitás	l/p/m ²	14	15,7	20,9
Teljes kibocsátáskor mért átlagos habtakaró-vastagság	m	0,09	0,1	0,11
Teljes kibocsátott habtérfogat	m ³	45	50	55,2
A haboldat teljes térfogata	m ³	9	9	12
Teljes működési idő	sec	109	105	118
Átlagos habtérfogatáram	m ³ /sec	0,41	0,47	0,46
A tartály átmérője	m	25,2	25,2	25,2
Átlagos penetrációs sebesség	m/sec	0,41	0,48	0,5
Átlagos haboldat-intenzitás	l/p/m ²	10	10,3	12,2

4.5.2.2. *A hideg habkísérletek eredményének elemzése*

A habterületi vizsgálatokat részben a kísérleti berendezés, részben a habforrások kötöttsége miatt közel azonos oltástaktikai paraméterekkel végeztem. Eredményként könyvelhető el, hogy minden esetben sikerült elérni a fél percnél rövidebb habtakaró zárási időt, amely tény jó esélyt ad a hasonló nagyságrendű oltási idő elérésére.

Fontos eredmény az is, hogy a mobil habmegtáplálással is elérhetőek a szuperintenzív habelárasztás kritériumai.

4.5.3 Tűzkísérletek

A tűzkísérletek gyakorlati kivitelezése

Fontos kísérleti célnak tekintetem annak megismerését, hogy hogyan változik a penetrációs sebesség tűz hatására a hidegen mért értékhez képest. Két tűzkísérletet végeztem, ezeknek adatait hasonlítom össze a hidegen mért eredmények átlagával.

A mérési elrendezés, a kísérletek leírása

A mérési elrendezést, az égetőtartály műszaki adatait a 4.5.1 pontban részletesen ismertettem.

Peremfeltételek:

az éghető folyadék 8,5 m³ 1:1 arányú ipari benzin-gázolaj keverék, az előégetési idő mindkét kísérlet esetén 30 másodperc, a gyújtást pirotechnikai vízeséségővel végeztük, az oltásindítás az előégetési idő leteltével kézzel történik, az instant hab tartályok töltete 12 m³, nyomása 1,6 Mpa, az egyéb jellemzők megegyeznek a hideg habterületi kísérletnél alkalmazottakkal.

Két tűzkísérletet folytattunk le. Az első a szegmensekből álló lineáris fúvóka próbája volt. A 80 darab egymás melletti fúvóka rése a tűzfelület középpontja felé irányult. Azt tapasztaltuk, hogy a hab a folyadékfelület irányába lépett ki a fúvókából, és a hab becsapódási helye mögött, a tartályfalig az első időszakban egy habbal le nem takart gyűrű alakú felületen a tűz hosszab ideig égett, majd a hab visszatörődése következtében ez a felület is lezáródott, a tűz a teljes felületen elaludt.

A második tűzkísérlet számára a fúvóka konstrukciót oly módon változtattuk meg, hogy a körgyűrűn képzett rés ne szegmensekből álljon, hanem egy folyamatos rés legyen. A fúvóka részét kifelé, a tartálypalást felé fordítottuk, amely így a tartálypalástra irányította a habfüggönnyt. Ezzel a változtatással elértük, hogy a hab a paláston folytosos függönnyt képez, megtapad és függőlegesen lefolyik. Eközben a tartály falát intenzíven hűti, védi a hőterhelés ellen.

A következő három kép az első kísérletről, a szegmensekből álló folyamatos lineáris fúvókával történő oltásról készültek. A harmadik kép egyedülálló. A hab olyan gyorsan zár össze a folyadékfelületen, hogy ennek következménye egy hirtelen bekövetkező oltás lesz. A képen még látható, amint az óriási füstfelhő alja elemelkedik a felületről, amint a lángok megszüntek. Ilyen gyors oltást az eddig ismert módszerekkel még nem sikerült elérni.



15. kép: Az 500 m² tűzfelületű kísérleti tartálymodell tüze 30 sec előégetési idő után. A habbevezetés kezdete



16. kép: 20 másodperccel a habbevezetés megkezdése után a hab a felület nagy részét betakarta



17. kép: Az oltás 25 másodperc elteltével befejeződött. A füstképződés olyan hirtelen maradt abba, "mintha elvágták volna".

A fényképeken bemutatott folyamathoz hasonló gyors oltást a hagyományos oltási módszerekkel, technológiákkal nem lehetséges megvalósítani.

4.5.3.1. A mérési eredmények

A BM OKF Tűzvizsgáló Laboratóriumának jegyzőkönyvei alapján összeállítottam a mérési eredmények táblázatát:

19. táblázat: A tűzkísérletek mérési és számítási eredményei [45]

Mért és számított jellemzők	menyiségi egység	1. kísérlet	2. kísérlet
Tűzfelület mérete	m ²	500	500
Éghető folyadékkréteg vastagsága	cm	1,5	1
Oltási idő	sec	25	46
Mért habkiadósság	1	5,8	6,5
Tűzkiterjedés ideje a teljes felületre	sec	8	12
A habbevezetés teljes időtartama	sec	110	122
Habtakaró vastagsága a habbevezetés végén	m	0.1	0.1
Penetrációs sebesség	m/s	0,5	0,27
Az oltáshoz felhasznált haboldat teljes mennyisége	m ³	9	9
A habtakaró kialakításában résztvevő teljes haboldat mennyiség	m ³	12	12
Átlagos haboldat-intenzitás	l/p/m ²	9,81	8,85
Az oltási idő alatti becsült átlagos intenzitás a hideg habterületi kísérletek áramlási viszonyait feltételezve	l/p/m ²	16,8	15,1

4.5.3.2. A mérési eredmények kiértékelése

A két tűzön végzett mérés körülményei között volt egy – utólag igen jelentősnek mondható – eltérés, amelyre sajnos a második mérés megkezdése előtt nem fordítottam figyelmet.

A tartálymodellben több hónapja állt az előző oltási próbából visszamaradt szennyezett víz. A felületén ez alatt az idő alatt 3-5 mm vastagságban kéregszerű algaréteg képződött, és úszott. Ennek hátrányait csak később, a kísérletről készült videofelvételen megtekintve ismertem fel. Az éghető folyadéknak tartálykocsiból való feltöltése közben jól látszik, hogy a benzín-gázolaj keverék az algaréteget megtöri, maga előtt tolja. Ennek az algaszennyeződésnek tudható be az első oltáshoz hasonlítva viszonylag hosszú idejű oltás a második kísérletnél.

Az oltás folyamán a feltételezhetően megsült, megkeményedett alगतömeg gátolhatta a hab mozgását, csökkentette a penetrációs sebességet, a vége felé pedig a hab maga előtt összetorlasztotta ezt a benzinnel átitatott alगतömeget és a folyadékfelület közepén mint egy fáklya kanócat hosszabb ideig engedte égni. Végül a hab természetesen letakarta ezt az égő felületet is, de az oltási idő jelentősen, majdnem kétszeresére nőtt e miatt a jelenség miatt.

Az oltást ennek a nehezítő körülménynek ellenére is sikeresen hajtottuk végre.

ÖSSZEGZÉS

- A hideg habterületi és a tűzkísérletekkel bebizonyítottam, hogy 15 l/p/m^2 oldatintenzitás alkalmazása esetén egy 500 m^2 -es tűzfelületnél nem kell habvesztéssel számolnunk. A 30 másodperces oltási idő alatt nem lép fel mérhető habroncsolódás.
- Az oltás sikerét nem veszélyeztette, csupán kissé késleltette az a nehezítő körülmény, hogy a folyadékfelületen úszó szilárd szennyeződés volt található.

5. CÉLKITŰZÉSEIM MEGVALÓSÍTÁSA

Értekezésemben a felvetett tudományos problémákat megoldottam, a célkitűzéseket megvalósítottam.

Főbb eredményeim:

1. Elemeztem a tartálytüzek és az oltásukra alkalmazott hagyományos eljárások által okozott levegő- és talajszennyezés okait. A vizsgálat során megalkottam és felhasználtam a penetrációs sebesség, a habprofil függvény, a habhasznosítási tényező és a habbevezetés geometriai összefüggéseinek értékelési módszerét.

2. Létrehoztam egy új oltási technológiát, amely alkalmas a korszerű, nagyméretű tartályok oltására, a stabil és félstabil védelmi stratégia megvalósítására egyaránt. A működési paraméterek (habintenzitás, működési idő) korlátlanul, a tartályméretekhez igazodóan megválaszthatóak. A rendszer igen egyszerű felépítésű, ezért megbízható, a habvezetékek karbantartást nem igényelnek. Az eljárás kitűnően alkalmas tömítőrésztüzek oltására. Az oltásra használt habanyag mennyisége a hagyományos oltásénak kb. 10%-a.

Az oltástervezés során a habintenzitást és a habtakaró-vastagságot a tűzfelülettel arányosan növelem, a teljes habmennyiség számítása kétszeres-ötszörös biztonsági faktoriall történik.

3. Megalkottam a technológia alkalmazásához szükséges műszaki eszközöket. A hab bevezetéséhez alkalmazott csővezetékek, fűvókák méretezését hidraulikai számítások alapozták meg, az előírt habbevezetési időkorlát betartása végett. A teljes habmennyiség bejuttatására a felső időhatár maximum két perc.

A műszaki megoldásokat kidolgoztam instant habbal és mobil haboldatforrásokkal történő működtetésre is. Az alábbiakban ismertetem a két eltérő megoldás jellemzőit.

5.1. Instant hab alapú habellátó rendszerek használata esetén

- a habot nem a tűzoltás helyén és idejében állítják elő, hanem előre, a habtartály feltöltésekor,
- eszközei egyszerűek, ezért működése üzembiztos, habképző eszközök és más meghibásodásra hajlamos alkatrészek nincsenek a rendszerben,
- nyomásfokozó eszközre nincs szükség, a hab kiáramlásának hajtóereje a habtartály belső nyomása,
- a tűzérzékelő rendszer működéséhez és az oltásindításhoz segédenergiára nincs szükség.
- a habvezetékek karbantartást nem igényelnek, csupán a habtartály nyomásának változtatásáról kell az ellenőrzés során meggyőződni,
- működése víz, energia, megközelítési lehetőségek és emberi közreműködés hiányában is biztosított, nem függ kritikus infrastruktúrától, a szennyezett tűzvízhálózat sem okozhat üzemzavart,
- a működtetéshez a tűzoltóság beavatkozása nem szükséges, a tűz nem veszélyezteti az oltásban résztvevő embereket, technikát, személyek erős stresszhelyzetben elkövetett hibája ki van zárva,
- elmarad a kivonulási időből származó késedelem, az oltás azonnal megkezdődik,
- az oltóanyagfelhasználás kicsi, az eljárás gazdaságos,

- tartályonként vagy tartálycsoportonként egymástól független oltóberendezés telepíthető a megkívánt biztonsági szintnek megfelelően,
- mozgó objektumok védelmére is alkalmas (harci és szállító járművek motortere, aggregátorok motorjai),
- ott is megoldja a védelmet, ahol nincs tűzivíz forrás (katonai felvonulási területek, ideiglenes üzemanyag tárolók, sivatagi tárolótelepek.
- Extrém klimatikus viszonyok (-40°C környezeti hőmérséklet) fennállása esetén is működik.

5.2 Félstabil oltási koncepció esetén

- az üzem tartályonként csak egy olcsó és robusztus habbevezető csövet létesít, nem kell minden tartályra nagyszámú habsugárcsővet és habedényt felszerelni,
- az oltás kulcseszközét a nagy ellennyomású habsugárcsővet a tűzoltók viszik magukkal az oltáshoz és ők tartják karban,
- jó az infrastrukturális háttér (rövidek és jó állapotúak a megközelítési útvonalak) esetén az előkészületi idő nem növeli lényegesen az égési időt,
- ha megfelelő kapacitású a vízhálózat áll rendelkezésre, mobil habellátással is elérhetőek a szuperintenzív habelárasztás oltástechnikai előnyei,
- a folyamatos lineáris fúvóka és a nagyteljesítményű haboldatforrások kombinációja úszótetős tartályok tömítőréstűzének és merevtetős tartályok teljes felületű tűzének oltására egyaránt alkalmas, bármely tartályméretnél,

5.3. Az új technológia bevezetésének hatása a környezet biztonságára

- Az új oltási technológia, -különösen automatikus oltásindítás esetén- minimálisra csökkenti a tartálytüzek által okozott levegőszennyezést.
- Az új habbevezetési megoldással megelőzi a talaj és a felszín alatti vizek szennyeződését.
- Bármely tartálytípus tűzének oltására használható.
- Kevés anyaggal olt, gazdaságos.
- Sok egyéb területen is használható, mint például harci járművek motortérének, aggregátorok motorjainak, tűzveszélyes vegyi anyagok, lőszerrek, pirotechnikai anyagok raktárainak védelme stb.
- Az egyedi, egymástól független rendszerek szabotázs ellen fokozott biztonságot nyújtanak.

6. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

- 1. A tartálytüzek oltási eljárásai összehasonlító vizsgálatának megkönnyítésére megalkottam, bevezettem és felhasználtam egy új fogalmat, a habhasznosítási tényező fogalmát.**

A habhasznosítási tényező egy minősítő szám, megmutatja, hogy egy adott technológia milyen hatásfokkal használja fel oltásra az előállított teljes habmennyiséget. Ennek a fogalomnak bevezetése, értékének kísérleti úton történő számszerű meghatározása segít az egyes ismert technológiák közötti választásban, hiszen az égési idő figyelembevételével együtt lehetővé teszi az adott technikai fejlettségi szinten a Best Available Technique (legjobb hozzáférhető technika) meghatározását, végső soron környezetünk védelmének érdekében történő alkalmazását.

- 2. Kiterjesztettem a habterülési jelenségek vizsgálatának lehetőségét a penetrációs sebesség, a habprofilfüggvény és a habbevezetés geometriai viszonyainak definíciójával és elemzésével.**

A habterülés elméleti vizsgálata meghatározó jelentőségű a legalkalmasabb technológiához vezető kutatói út megtalálásában. Ezeknek a fogalmaknak a megalkotásával megkönnyítettem és elvégeztem a leghatékonyabb, nagy tartálméretű esetén is hatásos beavatkozást lehetővé tevő habbevezetési megoldás kidolgozását.

- 3. Felfedeztem egy ismert jelenség, a tartálytűzoltást nehezítő falhatás fizikai okait, megmagyarázva az oltás során tapasztalható anomáliákat.**

A falhatás jelenségét, mint a tartálytűzoltást nehezítő körülményt a gyakorlatból eddig is jól ismertük. A háttérét jelentő fizikai-matematikai magyarázat felfedezése vezetett el a leghatékonyabb habbevezetési megoldás megtalálásához.

- 4. Kidolgoztam egy új, a korszerű környezetbiztonsági előírásoknak megfelelő tartálytűzoltási technológia elvét és javaslatot tettem a tűzoltástaktikai előírások korszerűsítésére, ezzel lehetőséget adva a tartálytüzek által okozott levegőszennyezés és a tűzoltási technológia alkalmazásából származó talaj- és felszín alatti vizek szennyeződésének jelentős csökkentésére.**

A leírt új oltástaktikai paraméterek, és magának az oltás feladatának újszerű, a hagyományos felfogástól élesen eltérő megközelítése megnyitja az utat a környezettudatos szervezetrányítás, az ISO 14001 szabvány bevezetésére a katasztrófaelhárítás területén, ennek a dolgozatnak segítségével egy tárolótelep védelmi stratégiájának helyes megválasztása is lehetővé válik.

- 5. Kidolgoztam a fenti technológia megvalósítására alkalmas új habbevezetési módszert és annak technikai megoldását.**

A leghatékonyabb, nagyméretű tartályok oltási problémáit is megoldó habbevezetés elvi kidolgozása mellett megalkottam a gyakorlati kivitelezés számára is használható folyamatos lineáris fűvóka konstrukcióját. Ennek a – tűzkísérletek módszerével bizonyítottan a habbevezetés problémáira jó megoldást kínáló – műszaki eszköznek köszönhetően nemcsak a környezetszennyezést és a tárolt anyagban keletkező károkat, hanem a tartály állagát, használhatóságát is sikerül megővni, a technológiai időkiesést megelőzni.

6. Megalkottam a fenti rendszert kiszolgáló habellátási műszaki megoldásokat.

Az új oltástechnikai paraméterek megvalósítása új típusú, nagyteljesítményű habforrások kialakítását igényelte. Kétféle megoldást valósítottam meg a gyakorlatban. Az egyik a nagyteljesítményű mobil haboldatforrások újszerű felhasználása, ami korszerű, szuperintenzív habelárasztással működő oltást eredményez. A másik egy kritikus infrastruktúra nélkül, tehát nagyfokú üzembiztonsággal működő habellátási mód. Feltaláltam az instant habot, az előre elkészített, és a felhasználás pillanatáig nyomás alatt tárolt habot. Ezt stabil és mobil tűzvédelmi stratégiák is alkalmazhatják, attól függően, hogy a védendő tartályok környezetében lehet-e számítani emberi közreműködésre.

7. Megoldottam a tűzivízellátással nem rendelkező tárolótelepek tartályainak emberi közreműködés nélküli, automatikus tűzoltását

A tűzivíz-vételezés lehetőségének hiánya, vagy a mozgó objektumok védelme esetén a hagyományos tűzoltási stratégiák nem használhatóak. Sivatagi körülmények között, az örök fagyhatár fölött létesített vagy kezelő nélküli üzemi területeken a tároló tartályoknak vagy más tűzveszélyes technológiai berendezéseknek a tűzvédelme eddig nem volt megoldva. Az instant hab alapú habellátó rendszerek lehetővé teszik ezeknek a veszélyforrásoknak az automatikus oltóberendezésekkel történő védelmét.

8. Kialakítottam egy biztonságos, külső segédenergia-forrás nélkül működő oltásvezérlő-rendszert.

Az oltásvezérlés az égési idő, tehát a levegőszennyezés csökkentésének sarkalatos pontja. Ezért kidolgoztam egy külső segédenergiát működéséhez nem igénylő, többérzékelős, a téves indítás valószínűségét minden eddig ismert oltásvezérlésnél kisebbre csökkentő, megbízható megoldást.

7. JAVASLATOK A TOVÁBBI KUTATÁS IRÁNYÁRA

A kutatási munkát az új technológia továbbfejlesztése során folytatni fogom. A következő feladatokat tűztem ki magam elé:

- a nemzetközi minősítések lefolytatása, a közben szerzett tapasztalatok hasznosítása,
- a leggazdaságosabb habtakaró-vastagság meghatározásához további habterületi sebesség mérések esetleg nemzetközi együttműködésben való elvégzése,
- a habbevezetés eszközeinek továbbfejlesztése, az utólagosan, működő tartályra, hideg technológiával történő felszerelés lehetőségének megoldása,
- a habterületi kísérletek továbbfolytatása a folyamatos lineáris fúvóka hibás, részleges működésből származó üzemzavarok valószínűségének, hatásának meghatározása céljából.

8. AJÁNLÁS

1. Elsőként ajánlom a dolgozatomban megfogalmazott elméleti és gyakorlati eredményeket az ipari tűzoltás taktikai utasításait megfogalmazó jogalkalmazók figyelmébe.
2. Az értekezésemben ismertetett tudományos kutatás eredményei, a gyakorlatban a felső küszöbértékű veszélyes üzemekben, olajfinomítóknban, olajtárolókban, erőművekben, vegyipari üzemekben a védelmi előírások teljesítése során jelenthetnek értékes segítséget.
3. Ajánlom dolgozatomat a tűzvédelmi, biztonságtechnikai szakoktatás számára az új tartálytűz oltási technológiák ismertetésénél oktatási anyagként.
4. A beépített tűzoltó rendszerek tervezőmérnökei haszonnal forgathatják ezt a szakanyagot az extrém körülmények között működő automatikus és autonóm oltóberendezések tervezése közben.
5. A környezettudatos vállalatirányítási rendszereket működtető vállalatok számára a dolgozatban leírt megoldások segítik kielégíteni a környezetbarát oltás iránti igényt. Nagyméretű úszótöltős tartályok tömítés tüzésének oltására pedig ez a leghatékonyabb oltási eljárás, akár stabil, akár mobil habellátás igénybevételével.

MELLÉKLETEK

1. SAJÁT PUBLIKÁCIÓK

KÖNYV KÉZIRAT

- Fire extinguishing in flammable liquid storage tanks by superintensive foam flooding. 2002, pp. 0-99. Kiadásra előkészítve.

EGYÉB PUBLIKÁCIÓK

Lektorált folyóiratokban megjelent tudományos publikációk:

- Tartálytűzoltás Instant Habbal. Védelem, 1999/4, pp. 13–15.
- Dr. Cziva Oszkár–Szöcs István: Találmány a tűzoltókért az acetilénnel szemben. Védelem, 2001/2, pp. 45–46.
- Tűz megelőzésére szolgáló hab. Védelem, 2001/2, p. 49.
- A nagy ellennyomású habsugárcsövek alkalmazási lehetőségei. Védelem, 2001/3, pp. 31–35.
- A falhatás befolyása az oltás hatékonyságára. Védelem, 2002/3, pp. 38–40.

Tartálytűzoltási technológia. Védelem, 2002/4, pp. 39–42.

Nemzetközi konferencia kiadványban idegen nyelvű előadás

- IFEX impulzus tűzoltási technológia. Nemzetközi Tűzvédelmi Konferencia 2000, Nagyvárad-Félicsfürdő, pp. 68–74.
- Nagy ellennyomású habsugárcsövek alkalmazási lehetőségei. Nemzetközi Tűzvédelmi Konferencia 2001, Gyula, pp. 107–115.
- Tartálytüzek oltása, a falhatás befolyása az oltás hatékonyságára. Nemzetközi Tűzvédelmi Konferencia 2002, Nagyvárad-Félicsfürdő, pp. 40–54.
- Tartálytűzoltási eljárások összehasonlító vizsgálata. Nemzetközi Tűzvédelmi Konferencia 2003, Gyula, pp. 132–139.
- Az instant habbal oltás mobil változata. Tűzoltás és vegyi elhárítás az Európai Unióban. Nemzetközi Tűzvédelmi Konferencia 2003, Százhalombatta, PPT előadás, 44 diapoitív.

Hazai konferencia kiadványok, előadások:

- Az IFEX Tűzvédelmi Kft. eredményei az éghető folyadékok álló hengeres tartályainak habbal oltásában. 1998, Gyula, Tűzvédelmi Országos Szeminárium, pp 35–40.
- Tűzveszélyes folyadéktároló tartályok tűzoltása szuperintenzív habelárasztással. 2000, Százhalombatta, Európai Finomítók Konferenciája,
- A habbevezetési geometria hatása a tűzoltás hatékonyságára. 2000, Debrecen, Millenniumi Országos Tűzvédelmi Konferencia, pp. 182–197.

Nem lektorált folyóiratokban megjelent tudományos publikációk:

- Tűzveszélyes folyadéktároló tartályok tűzoltása instant habbal. Tűzvédelem, 1999/8., pp. 32–35.
- Az instant habok alkalmazásának egy újabb lehetősége. Florian Press, 1999/10., pp. 9–11.
- A habbevezetési geometria hatása a tűzoltás hatékonyságára. Florian Press, 2000/5., pp. 10–17.
- Félstabil tartálytűzoltó-berendezés folyamatos lineáris fúvóka alkalmazásával. Beruházás, beszerzés, karbantartás, 2001/1, p. 5.
- Instant habok. Florian Press, 2001/1., p. 43.
- Koczka S.–Szenczi R.–Szócs I.: Az oltásvezérlés lehetőségei tartály és raktár tűzvédelme esetén, Florian Press, 10. évfolyam, 10 szám, 2001 október, pp. 728–729.
- Tartálytűzoltási eljárások összehasonlító vizsgálata. Florian Press, 2003/6., pp. 376–381.

2. TALÁL MÁNYAIM

Talál mányaim, amelyek kifejezetten tartálytűzoltással kapcsolatosak:

Sorszám	Dátum	Megnevezés	Ország	Lajstromszám
1.	1990. 05. 28.	Tűzoltó habtöltet	Magyar	213496
2.	1993. 06. 23.	Folyamatos hab előállítás tartálytűz oltásához		
3.	1994. 06. 02.	Habfolyató eszköz	Magyar	
4.	1995. 10. 10.	Tűzoltó hab előállítás	Magyar	
5.	1998. 04. 15.	Eljárás és berendezés tartálytűz oltásra	Magyar	13347/98
6.	1999. 04. 15.	Method and high capacity apparatus for fire extinguishing of storage tanks	PCT	9952599
7.	1999. 04. 15.	Method and high capacity apparatus for fire extinguishing of storage tanks	EP	1075316
8.	1999. 04. 15.	Method and high capacity apparatus for fire extinguishing of storage tanks	Norvégia	29561
9.	1999. 04. 15.	Method and high capacity apparatus for fire extinguishing of storage tanks	USA	
10.	1999. 04. 15.	Method and high capacity apparatus for fire extinguishing of storage tanks	Lengyel	
11.	1999. 04. 15.	Method and high capacity apparatus for fire extinguishing of storage tanks	Horvát	
12.	1999. 04. 15.	Method and high capacity apparatus for fire extinguishing of storage tanks	Dél-Afrika	
13.	1999. 04. 15.	Method and high capacity apparatus for fire extinguishing of storage tanks	Ausztrália	762141
14.	1999. 04. 15.	Method and high capacity apparatus for fire extinguishing of storage tanks	Kanada	
15.	1999. 04. 15.	Method and high capacity apparatus for fire extinguishing of storage tanks	India	
16.	1999. 04. 15.	Method and high capacity apparatus for fire extinguishing of storage tanks	Szlovákia	
17.	2000. 05. 02.	Megnövelt üzembiztonságú eljárás tartálytűz oltásra	Magyar	
18.	2002. 04. 17.	Automatikus tartálytűz oltás	Magyar	
19.	2002. 12. 30.	Automatic tank fire fighting equipment	PCT	3086546
20.	2003. 04. 16.	Automatic tank fire fighting equipment	Nigéria	162/2003
21.	2000. 05. 02.	Félstabil habbaloltó tűzoltó berendezés éghető folyadékok tartályához	Magyar	223507

Mindegyik 100%-ban saját munkám.

3. KÖRNYZETVÉDELEMI JOGSZABÁLYOK

LEVEGŐ

- 21/2001. (II. 14.) Korm. rendelet a levegő védelmével kapcsolatos egyes szabályokról.
- 14/2001. (V. 9.) KÖM-EÜM-FVM együttes rendelet a légszennyezettségi határértékekről, a helyhez kötött légszennyező pontforrások kibocsátási határértékeiről.
- 17/2001. (VIII. 3.) KÖM rendelet a légszennyezettség és a helyhez kötött légszennyező források kibocsátásának vizsgálatával, ellenőrzésével, értékelésével, kapcsolatos szabályokról.
- 193/2001. (X. 19.) Korm. rendelet az egységes környezethasználati engedélyezési eljárás részletes szabályairól.
- 14/2001. (V. 9.) KÖM-EÜM-FVM együttes rendelet a légszennyezettség egészségügyi határértékeiről és egyes légszennyező anyagok tervezési irányértékeiről.
- 27/2001. KÖM rendelet a sztratoszférikus ózonréteg védelméről szóló nemzetközi egyezmény végrehajtásáról.
- 7/2003. KvVM-GKM rendelet az egyes levegőszennyező anyagok összkibocsátási határértékeiről.
- 1/2003. (I. 9.) KvVm-EszCsM-FVM együttes rendelet a légszennyezettségi határértékekről, a helyhez kötött légszennyező pontforrások kibocsátási határértékeiről szóló 14/2001 (V. 9.) KÖM-EüM-FVM együttes rendelet módosításáról.
- 94/2003 (VII. 2.) Korm. rendelet az ózonréteget károsító anyagokról.

VÍZ

- 80/68/EEC irányelv a felszín alatti vizek egyes veszélyes anyagokkal szembeni védelméről.
- 2000/60/EC irányelv „Az európai közösségi intézkedések kereteinek meghatározásáról a politika területén” címmel.
- 132/1997. (VII. 24.) Korm. rendelet a vízminőségi kárelhárítással összefüggő feladatokról.
- 21/1999. Korm. rendelet a vízminőségi kárelhárítással összefüggő üzemi tervek készítésének, karbantartásának és korszerűsítésének szabályairól.
- 203/2001. (X. 26.) Korm. rendelet a felszíni vizek minősége védelmének egyes szabályairól.
- 132/1997. (VII. 24.) Korm. rendelet a vízminőségi kárelhárításról.
- 3/1984. (II. 7.) OVH rendelkezés a szennyvízbírságról.
- 33/2000.(III.17.) korm. rendelet a felszín alatti vizek minőségét érintő tevékenységekkel összefüggő egyes feladatairól.
- 1995. évi LVII. Törvény a vízgazdálkodásról.
- HULLADÉK
- 98/2001. (VI.15.) Korm. rendelet a veszélyes hulladékokkal kapcsolatos tevékenységek végzésének feltételeiről.
- 2000. évi XLIII. Törvény a hulladékgyűjtésről.
- 98/2001. (VI.15.) Korm. rendelet a veszélyes hulladékok kezelésének általános szabályairól.
- ZAJ
- 12/1983. (V.12.) MT rendelet a zaj- és rezgésvédelem alapvető szabályairól.

EGYÉB

- 11/1994. (III.25.) IKM rendelet az éghető folyadékok és olvadékok tárolótartályairól.
- 2205/1996. (VII.24.) Korm. határozat az Országos Környezeti Kármentesítési Program

- végrehajtásáról.
- 1995. évi LIII. Törvény a környezet védelmének általános szabályairól.
 - 1996. évi LIII. Törvény a természet védelméről.
 - 193/2001. (X.19.) Korm. rendelet az egységes környezethasználati engedélyezési eljárás részletes szabályairól.

2000. évi CXXIX. Törvény a környezet védelmének általános szabályiról.

4. ÁBRÁK, KÉPEK ÉS TÁBLÁZATOK

		Oldal- szám
1. ábra	A hagyományos félstabil oltás eszközei	14
2. ábra	A hagyományos stabil oltóberendezés felépítése	15
3. ábra	A habalkalmazási intenzitás-oltási idő összefüggése	22
4. ábra	A penetrációs sebesség fogalmának értelmezése.	24
5. ábra	A habprofil függvény értelmezése	26
6. ábra	A habok mozgásának elméleti vizsgálata plexi vályúban	28
7. ábra	A pontszerű habbevezetés geometriai viszonyai	29
8. ábra	A hab függőnszerű bevezetése hengerpalást belső felületén	30
9. ábra	A fajlagos habanyagfelhasználás grafikonja egységtüzeknél.	45
10. ábra	A teljes habfelhasználás-tűzfelület feltételezett összefüggése	46
11. ábra	A fajlagos oldatfelhasználás változásának magyarázata	47
12. ábra	A kísérleti égetőtálca kerület-terület arányai	48
13. ábra	A habhasznosítási tényező és a habalkalmazási intenzitás összefüggése	51
14. ábra	Dinamikus habintenzitás-tűzfelület diagram	54
15. ábra	Az előírt habtakaró vastagság függése a tűzfelület nagyságától	55
16. ábra	A folyamatos lineáris fűvóka sematikus rajza	57
17. ábra	A folyamatos lineáris fűvóka alkalmazása felszín alatti habbevezetésnél	58
18. ábra	Szuperintenzív stabil oltóberendezés habellátása instant habbal	59
19. ábra	A szuperintenzív habelárasztás mobil habellátásának megoldása tartálykocsival	60
20. ábra	Szuperintenzív habelárasztás mobil habellátással, korszerűsített félstabil oltási stratégia	61
21. ábra	A nyomásesésre nyitó szervomechanizmus rajza	64
22. ábra	Merevített tartály téves indítás elleni védelme három érzékelővel	66
23. ábra	Védőgyűrűs tartály téves indítás ellen védelme négy érzékelővel	66
24. ábra	A kísérleti elrendezés vázlata	68

1. kép	Hokkaido, 42 m átmérőjű nafta tartály tüze	12
2. kép	Trzebinia, sikertelen oltás	12
3. kép	A tűzoltás befejezése a Ponca City-beli Conoco finomítóban. A habalkalmazás környezetszennyező.	16
4. kép	2001. ORION NORCO finomító benzintartályának tüze. A vízellátás elégtelen	17
5. kép	Habbevezetési kísérlet két ponton a Fukada Kogyo Kutató központjában	31
6. kép	Habbevezetési kísérlet 12 ponton a Fukada Kogyo Kutató központjában	31
7. kép	Hideg habterületi próba a folyamatos lineáris fűvóka alkalmazásával 500m ² felületű kísérleti tartály modellen	32
8. kép	A kísérleti berendezés távlati képe	68
9. kép	Acélszerkezetű kezelőjárda a tartályba építve	69
10. kép	A habtároló tartályok és vezetékek	69
11. kép	A hideg habterületi próba szegmensekből álló folyamatos lineáris fűvókával, instant hab alapú habellátással.	70
12. kép	Hideg habterületi próba folyamatos lineáris fűvókával, instant hab alapú habellátással.	71
13. kép	Hideg habterületi próba folyamatos lineáris fűvókával, mobil habellátással.	71
14. kép	Nagy ellennyomású habsugárcső alkalmazása habforrásként	72
15. kép	Az 500 m ² tűzfelületű kísérleti tartálymodell tüze 30 sec előégetési idő után. A habbevezetés kezdete.	74
16. kép	20 másodperccel a habbevezetés megkezdése után a hab a felület nagy részét betakarta.	75
17. kép	Az oltás 25 másodperc elteltével befejeződött. A füstképződés olyan hirtelen maradt abba, "mintha elvágták volna". Egyedülálló fényképfelvétel.	76
18. kép	A Környezetbarát Termék embléma	93
19. kép	A WIPO oklevél az automatikus tartálytűzvédelemért	94
20. kép	A WIPO aranyérem	95
21. kép	Az Újpesti Erőmű oltóberendezésének automatikus szelepei és habtartálya	96
22. kép	Az Újpest Erőmű 5 000m ³ -es kerozintartályának habellátó rendszere.	96

23. kép	A Kispesti Erőmű 6 000 m ³ -es tartályának automatikus oltóberendezése	97
24. kép	A hetényegyházai tartálypark központi habegysége	97
25. kép	Csepeli tartálypark	98
26. kép	Csepel, Oil Tanking Co. telephelye, 5 000m ³ -es benzintartály védelmének habellátása	98
27. kép	A Futó utcai benzinkút habelárasztó berendezése	99
28. kép	Futó utcai oltóberendezés habellátása.	99
29. kép	Az Orczy téri benzinkút habelárasztó berendezése	100
30. kép	Orczy téri oltóberendezés habellátása	100

1. táblázat	Taktikai előírások összehasonlítása	14
2. táblázat	A hagyományos stabil és félstabil oltás jellemző paraméterei	21
3. táblázat	A habprofil függvények képe különböző habminőségek esetében	27
4. táblázat	Szabadon vezetett habsugár jellemzői	33
5. táblázat	Pontszerű habbevezetés sík felületre	34
6. táblázat	Pontszerű habbevezetés félsíkra	35
7. táblázat	Pontszerű habbevezetés hengerpalást belső felületére egy ponton	36
8. táblázat	Pontszerű habbevezetés hengerpalást belső felületére két ponton	37
9. táblázat	Pontszerű habbevezetés hengerpalást belső felületére három ponton	38
10. táblázat	Függőnszerű habbevezetés végtelen síkra	39
11. táblázat	Függőnszerű habbevezetés félsíkra	40
12. táblázat	Habbevezetés plexiből készült kísérleti vályúba	41
13. táblázat	Függőnszerű habbevezetés hengerpalást belső felületére	42
14. táblázat	Fajlagos oltóanyag felhasználás szabványos egységűtűzeknél	44
15. táblázat	A fajlagos kerület adatai	46
16. táblázat	A dinamikus oltástaktika paraméterei	53
17. táblázat	A szuperintenzív habelárasztás eszközei	61
18. táblázat	A hideg habterületi kísérletek mérési és számítási eredményei	71
19. táblázat	A tűzkísérletek mérési és számítási eredményei	76

5. FORRÁSOK

- [1] <http://eippcb.jrc.es/pages/Boutline.htm> IPPC Bref Outline and Guide 2004. május
- [2] Kadlót András 2002. "A környezetbiztonság megteremtésének alternatívái: Létesítményi tűzoltóság felállítása vagy automatikus oltóberendezések telepítése" (Szakdolgozat, Szent István Egyetem-Ybl Miklós Műszaki Főiskolai Kar, Tűzvédelmi és Biztonságtechnikai Intézet)
- [3] Hesz József: Az iparibaleset-elhárítás eljárás- és eszközrendszerének kutatása és fejlesztése, különös tekintettel a kőolajfinomítókra. ZMNE KMDI PhD-értekezés, 2006.
- [4] Niall Ramsden: Resources Protection International: LASTFIRE Project Review 1997
- [5] Alex Faber: New seal construction development. LASTFIRE Update meeting, Kuala Lumpur, 2005-04-20.
- [6] American Petroleum Institute 650/653 Standard for Oil Storage Design, 2003-09-01.
- [7] MSZ 9779/3-84: Habbal oltó berendezés, 1984.
- [8] National Fire Protection Association 11, "Standard for Low Expansion Foam". 1998 Edition.
- [9] Tóth Géza: A tűzvédelmi berendezés létesítési és használati szabályai különös tekintettel a tűzveszélyes folyadékot tároló tartályok tűzvédelmére. Kiadta: Nehézipari Minisztérium Továbbképző Központ 1977.
- [10] Dr. Balogh Imre: Külföldi és hazai robbanások tapasztalatai. NIM TK 1973.
- [11] Toronyai-Daczi: Tűzoló Taktikai Ismeretek. Kiadta: Belügyminisztérium Országos Tűzrendészeti Parancsnoksága 1959. pp. 276–281.
- [12] Tóth Géza: A tűzvédelmi berendezés létesítési és használati szabályai különös tekintettel a tűzveszélyes folyadékot tároló tartályok tűzvédelmére. Kiadta: Nehézipari Minisztérium Továbbképző Központ 1977. pp. 49-54.
- [13] Toronyai-Daczi: Tűzoló Taktikai Ismeretek. Kiadta: Belügyminisztérium Országos Tűzrendészeti Parancsnoksága 1959. pp. 279–290.
- [14] Forrás: www.idemitsu.co.jp/e/kankyo2004/pdf/06e.pdf
- [15] Dougal Drysdale: Introduction to Fire Dynamics. Kiadó: Wiley, 1999 ISBN: 0-471-97291-6
- [16] SEVESO II Directive 2003/105/EC of the European Parliament and of the Council of 16. December 2003.
- [17] 2/2002. (I.23) BM r. A tűzvédelem és polgári védelmi műszaki követelményeinek megállapításáról.
- [18] 2/2001. (I.17) Korm. r. A veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek elleni védekezésről.
- [19] MSZ 9779/3-84: Habbal oltó berendezés. 1984.
- [20] National Fire Protection Association 11, "Standard for Low Expansion Foam". 1998 Edition.
- [21] Dwight Williams: Method for extinguishing tank fires. US Patent 5,566,766. 1996.okt.22.
- [22] John Coates: Conoco Storage Tank Fire. Industrial Fire World Magazine 2001 jan-febr. szám: <http://www.fireworld.com/magazine/conoco.html>.
- [23] Henry Persson, Anders Lönnemark: Tank fires. SP BRANDFORSK Project 513-021, 2003
- [24] Szerk: GOMBOR István: 40 éves a MOL Rt. Dunai Finomító és a Dunamenti Erőmű Rt. Hivatásos Létesítményi Tűzoltósága – Kiadja a Fire Press Kft. ; 2003.; 56 o.
- [25] Szócs István: Tűzveszélyes folyadék tároló tartályok oltása., Tűzvédelem folyóirat 1999/8.sz. pp 32-35.
- [26] Swedish National Testing and Research Institute: FOAMSPEX Project 1999. <http://www.sp.se/fire/source/protection/foamsplex.htm>
- [27] Szócs István: Tartály tűzoltás Instant Habbal.: Védelem folyóirat, 1999/4 pp 13-15.
- [28] Szócs István: Eljárás és berendezés tartálytűzoltásra. Magyar szabadalmi bejelentés P9800877. 1998. április 15.
- [29] Szócs István: Az IFEX Tűzvédelmi kft. eredményei az éghető folyadékok álló hengeres tartályainak habbal oltásában. Tűzvédelmi Országos Konferencia Gyula, 1998

- [30] Szőcs István: Method and high capacity apparatus for fire fighting of flammable liquid storage tanks. PCT szabadalmi bejelentés PCT 990027. 1999. április 15.
- [31] Vizsgálati jegyzőkönyv: BM TOP Tűzvédelmi Vizsgáló Laboratórium: Résfűvőkás habbal oltó rendszer próbája. 1999. május 26.
- [32] Minnesota Mining Manufacturers: Light Water technical reference guide. 1993
- [33] Szemler József: Habbal oltás, habbal oltó eszközök és berendezések. Jegyzet dátum nélkül pp. 143. Hozzáférhető az IFEX Mérnökiroda könyvtárában
- [34] Szőcs István: The effect of the foam introduction method on the effectivity of extinguishing, 1999. május 15. Előadás p. 10.
- [35] Szőcs István: The effect of the foam introduction method on the effectivity of extinguishing, 1999. május 15. Előadás p. 16.
- [36] MSZ-EN 3-4. lap Hordozható tűzoltó készülékek-Töltetmennyiségek, minimális tűzoltási követelmények 1999 április.
- [37] Swedish National Testing and Research Institute: FOAMSPEX Project 1999. <http://www.sp.se/fire/source/protection/foamsplex.htm>
- [38] Szőcs István: Eljárás és berendezés tartálytűzoltásra. Magyar szabadalmi bejelentés P9800877. 1998. április 15.
- [39] Minnesota Mining Manufacturers: Light Water technical reference guide. 1993.
- [40] Szőcs István: Fire Extinguishing by superintensive foam flooding in tanks and production facilities 2000. pp. 9.
- [41] <http://www.firetrace.com/>, 2005-09-02
- [42] Szőcs István: Megadott szabadalom: Method and high capacity apparatus. for fire extinguishing of hydrocarbon storage tanks. Ausztrália 2003. 10. 02. Lajstromszám: 762141.
- [43] Szőcs István: Közzétett szabadalom: Automatic tank fire fighting equipment PCT, 2003. 10. 23. Lajstromszám: 3086546
- [44] A hideg habterületi kísérletek mérési és számítási eredményeinek jellemző adatai.:a BM TOP Tűzvédelmi Vizsgáló Laboratórium: Résfűvőkás habbal oltó rendszer próbája. 1999. május 26.-i vizsgálati jegyzőkönyve alapján
- [45] A tűzkísérletek mérési és számítási eredményei a BM TOP Tűzvédelmi Vizsgáló Laboratórium: Résfűvőkás habbal oltó rendszer próbája. 1999. május 26.-i vizsgálati jegyzőkönyve alapján

6. TERMINOLÓGIA

Overkill intenzitás tartomány

A szokásos, különböző taktikai előírások, ajánlások által megfogalmazott haboldat alkalmazási intenzitás értékeket messze meghaladó intenzitás tartomány.

Szuperintenzív habelárasztás

Az overkill intenzitás tartományban történő habalkalmazás.

Instant hab

Előre elkészített hab, amely nyomástartó edényben van, nyomás alatt. Tárolhatjuk a felhasználás helyén, vagy alkalmazáskor szállítjuk oda.

Folyamatos lineáris fúvóka

A függönyszerű habbevezetést megvalósító tórusz alakú eszköz, amely a tartály palástjának felső éléhez van belülről erősítve.

Pneumatikus lineáris detektor

Hőre lágyuló, UV-álló, megfelelő nyomásra méretezett műanyag cső, amely hőérzékelő szerepét tölti be. Körgyűrű alakban van a szénhidrogén tartályban elhelyezve, tűz esetén meglágyul, belső nyomása hatására felhasad. Az instant hab tartály szelepének közvetlen nyitására alkalmas.

Nagy ellennyomású habgenerátor

Olyan felépítésű habsugárcső, amely csővezetéki ellenállással, hidrosztatikai nyomással szemben is képes habot előállítani, csővezetéken áramoltatni.

Penetrációs sebesség

A habnak folyadékfelületen való területe közben a habfront előremozgásának sebessége.

Habhasznosítási tényező

Hatásfok jellegű mutató, megadja, hogy a tűzoltás során előállított teljes habmennyiség milyen arányban hasznosult.

7. GYAKORLATI BEVEZETÉS, REFERENCIÁK

A hazai ipari bevezetés megkezdődött. Az olajiparban, gyógyszergyártásban, erőműveknél és a honvédségnél eddig több, mint 20 berendezést valósítottunk meg.

7.1. Minősítések, elismerések

RENDSZERENGEDÉLY

A kidolgozott új technológia, a Szuperintenzív Habelárasztás tervezési eljárása és oltási paramétere nem felelnek meg a ma érvényes szabványoknak. Bár a szabványok által képviselt technikai színvonalnál korszerűbb, ennek ellenére minden egyes beruházásnál szabványeltérési engedélyt kellene a hatóságtól kérni. Az ipari alkalmazásokat ilyen módon nehezítő adminisztratív körülményeken javítani lehetett. A tömeges alkalmazások megkezdése előtt a BM Tűzvizsgáló Laboratórium mérési jegyzőkönyveire támaszkodva megszereztük az Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság rendszerengedélyét. Az azonos működési elvű és azonos méretezési módszerrel készülő berendezésekre ennek birtokában nem szükséges minden esetben szabványeltérési engedélyt kérni, mert a rendszerengedély lehetővé teszi, hogy az I. fokú Tűzvédelmi Hatóság kiadja az adott oltóberendezés telepítésének engedélyét.

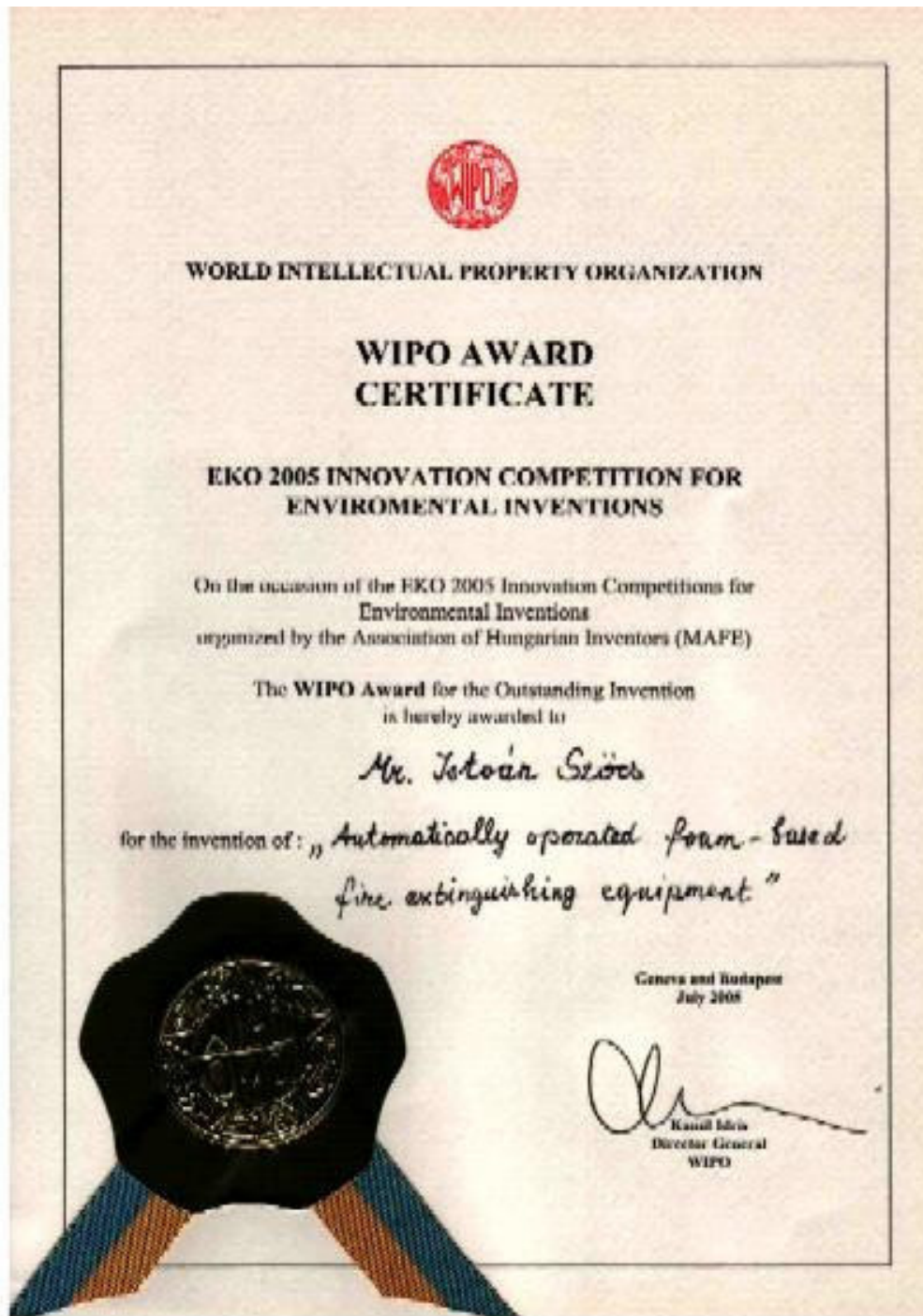
KÖRNYEZETBARÁT TERMÉK MINŐSÍTÉS

A Környezetbarát Termék Közhasznú Társaság 2003. 09. 30-án a Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium felhatalmazása alapján kiadta technológiámra a Magyar Környezetbarát Termék embléma viselésének jogát.



18. kép: A Környezetbarát Termék embléma

A Magyar Feltalálók Egyesületének rendezésében 2005-ben EKO 2005 néven megrendezett, környezetvédelmi tárgyú találmányok versenyén elnyertem az ENSZ egyik világszervezetének, a World Intellectual Property Organization-nak (WIPO) kiváló találmány oklevelét és aranyérmét.



19. kép: A WIPO oklevél az automatikus tartálytűzvédelemért



20. kép: A WIPO aranyérem.

A neves külföldi minősítő intézetek bevizsgálásai még hiányoznak. Az eljárás külpiacokon való hasznosításához elengedhetetlen az Underwriters Laboratory (USA) vagy a Factory Mutual (USA) vagy a Det Norske Veritas (Norvég) vagy a VdS (Németország) vagy akár az EN (Euronorm) minősítés megszerzése. Jelen pillanatban ezek ügyintézése folyamatban van.

7.2 A gyakorlatban megvalósult berendezések

A hazai rendszerengedély birtokában széles körben, az olajiparban, vegyiparban, a Magyar Honvédségnél és más tűzveszélyes folyadékok tárolásával, feldolgozásával foglalkozó üzemeknél eddig húsznál több automatikus oltóberendezést telepítettünk. Szerencsére eddig egyetlen éles működésre sem került sor. A következő fotókon bemutatok néhány példát a hazai referenciákból.



21. kép: Az Újpesti Erőmű oltóberendezésének automatikus szelepei és habtartálya



22. kép: Az Újpest Erőmű 5 000m³-es kerozin tartályának habellátó rendszere



23. kép: A Kispesti Erőmű 6 000 m³-es tartályának automatikus oltóberendezése



24.kép: A hetényegyházai tartálypark központi habegysége



25. kép: Csepeli Tartálypark



26. kép: Csepel, Oil Tanking Co. telephelye, 5000 m³-es benzintartály védelmének habellátása



27. kép: A Futó utcai benzinkút habelárasztó berendezése



28. kép: Futó utcai oltóberendezés habellátása



29. kép: Az Orczy téri benzinkút habelárasztó berendezése



30. kép: Az Orczy téri oltóberendezés habellátása

8. AZ OLTÓANYAGOK KÖRNYEZETI HATÁSA

Az oltóanyagok osztályozása

Természetes eredetű oltóanyagok

Víz (kötött és bontott sugár, köd)

A légkörből kivont gázok keverékei (IG541, INERGEN, ARGONITE, ARGOTEC, stb)

Kitermelt gázok (CO₂)

Az inertizálás, mint tűzmelegelőzési eljárás a kezelőszemélyzet nélküli helyiségek legkorszerűbb védelmi megoldása.

Mesterséges eredetű oltóanyagok

Tűzoltó porok (BC, ABC, D)

Szilárd aeroszolok

Vizes oldatok (haboldatok, P, FP, AFFF, AR)

Halogénezett oltógázok 0 ODP értékkel engedélyezve (FM-200, FE-125, TRIIODIDE, NAF S 125, NOVEC1230, stb)

9. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁSOK

Elkészült a nagy mű. Nem egyedül alkottam. Szeretnék mindazoknak köszönetet mondani, akik szakmai, emberi segítségükkel, biztatásukkal hozzájárultak a disszertáció sikeres befejezéséhez:

Dr. (PhD) Cziva Oszkár tü.ezds. témavezetőmnek

Dr. (DSc.) Solymosi József professzornak

Dr. (DSc.) Halász László professzornak

Dr. (PhD) Nagy Lajos tü. ezds.-nek

Dr. (PhD) Beda Lászlónak

Szócsné Varga Ilonának

Szócs Ábelnek

A MOL Rt.-nek