

I. évfolyam, 1. szám – 2016. március

Pimper László

AZ OLAJ- ÉS VÍZTASZÍTÓ TULAJDONSÁGÚ, ÜREGES GYÖNGYÖKBŐL ÁLLÓ, ÚSZÓKÉPES TŰZÁLLÓ SZÁRAZHAB TARTÁLYTŰZOLTÁSÁRA TÖRTÉNŐ ALKALMAZÁSA

Absztrakt

A tartálytüzek felszámolása különleges beavatkozási feladat, mely napjainkban elsődlegesen tűzoltó hab bevetésén alapul. A vízalapú habképzéshez alkalmazott tűzoltó habanyagokkal szennyezett oltóvíz visszatartása, felügyelt, szabályozott és ellenőrzött elvezetése, valamint semlegesítése a legtöbb kárhelyszínen nem biztosított: így nem garantált a talaj és talajvíz szennyeződésének megakadályozása. A tartálytűzoltás hagyományos oltóanyagainak optimalizált felhasználására irányuló kutatások mellett új fejlesztési irány jelent meg az elmúlt években: olaj- és víztaszító tulajdonságú, üreges gyöngyökből álló, úszóképes, tűzálló anyag tűzoltási célú felhasználása.

A szerző a bostoni székhelyű Trelleborg Offshore Co. vállalat által kifejlesztett, „DryFoam” alkalmazásával végrehajtott tűzoltási kísérletsorozatot foglalja össze írásában. A „szárazhab” – éghető folyadékot tároló tartályok tűzoltására történő – alkalmazásának, empirikus kutatása nem kizárólag e termék, de más, hasonló tulajdonságú anyag felhasználására irányuló fejlesztésekhez is megfelelő alapot biztosít.

Kulcsszavak: tűzvédelem, tűzoltás, tűzoltóhab, tartálytűz-oltás, szárazhab

RESEARCH OF TANKFIRE-FIGHTING APPLICATION OF THE OIL AND WATER RESISTANT, BEAD SHAPED, FIREPROOF, BUOYANT DRY FOAM

Abstract

Tankfire-fighting is a special response task, which nowadays is primarily based on the application of fire fighting foam. On most incident sites holding back the contaminated extinguishing water, and monitoring, controlling and checking of proper diversion as well as its decontamination are not ensured; therefore, there is no guarantee for preventing soil and groundwater pollution.

Besides the research in connection with the optimized usage of traditional extinguishing agents at tank-firefighting a new development direction appeared in the past few years: the usage of fireproof, oil and water resistant, bead-shaped and buoyant material for fire fighting.

In this article the author summarizes the test serial that was performed by applying the DryFoam, which has been developed by Trelleborg Offshore Co., based in Boston.

The empirical research of DryFoam application for extinguishing fires on storage tanks containing flammable liquids is not only giving basic information on the usage of DryFoam but on the development of other materials with similar properties as well.

Keywords: fire protection, fire fighting, foam agent, tank fire-fighting, DryFoam

1. BEVEZETÉS

A tartálytüzek eloltásának és kárelhárításának eredményessége – a legtöbb ipari tüzesethez hasonlóan – a közvetlen károkon túl az eset környezeti hatásait is érdemben befolyásolja. Az elmúlt években többen kutatták az ipari balesetek környezeti hatásait. A tartálytüzek felszámolásához kapcsolódóan, „*a környezetbiztonság megvalósulásának feltételeként*” kerültek azonosításra a szükséges tervek, módszerek, a rendelkezésre álló szervezetek és azok alkalmazási garanciái. [1]

A tartálytüzekkel kapcsolatos környezeti hatások alapvetően két fő csoportra oszthatók. „*Az első csoport a tűz által okozott elsődleges környezetszennyezés, amely lényegében levegőszennyezés. A környezeti hatások második csoportjába az oltóanyag alkalmazása következtében létrejövő környezetszennyezés tartozik.*” [2] E megközelítésben tisztán kirajzolódik a környezet biztonságát veszélyeztető hatások csökkentésének jelentősége a tartálytűzoltás eredményességét és hatékonyságát illetően: A tüzeset által okozott környezetterhelés a szabadégés és a beavatkozás időszakának csökkentésével, míg a tűzoltás környezetszennyezése a felhasznált oltóanyag mennyiségének minimalizálásával és minőségi jellemzőinek javításával csökkenthető. Vegyi anyag tartalmuk miatt a „hagyományos”, vízalapú habképzéshez alkalmazott tűzoltó habanyagok nagymértékben terhelik környezetünket. [3] Környezeti hatásuk eltérő és a vonatkozó előírások folyamatosan változnak, ezzel is csökkentve az oltóanyag által okozott környezetterhelést. Napjainkban a habképzőanyagok fluor tartalmának csökkentésére irányuló törekvések határozzák meg az oltóanyagok minőségével összefüggő, környezettudatosságot erősítő erőfeszítéseket.

A habképző anyagok minőségében rejlő kockázatok mellett még nagyobb kihívást jelent a habbaloltás során képződött, vegyi anyagokkal szennyezett oltóvíz megfelelő kezelése. Az oltóvíz visszatartása, felügyelt, szabályozott és ellenőrzött elvezetése, valamint semlegesítése a legtöbb kárhelyszínen nem biztosított. A tartályok és különösen felfogóterek, valamint a csapadékvíz elvezetésére kialakított csatornarendszerek nem minden esetben alkalmasak a talaj és a talajvíz szennyeződésének megakadályozására, de gyakran az általánosan alkalmazott biológiai szennyvíztisztító rendszerekben „működő” baktériumok is elpusztulnak a habanyagokkal történő találkozás következtében.

Munkám során a mobil tartálytűzoltást meghatározó alapoktól elindulva kutattam a környezetszennyezés csökkentésének lehetőségét. Vizsgáltam új anyagok bevezetésének lehetőségét, melyek alkalmazásával elkerülhető a szennyező anyag ellenőrizetlen ki- és szétáramlása, valamint a beavatkozást követően az oltóanyag összegyűjthető és semlegesíthető.

2. A SZÁRAZHAB ÉGHETŐ FOLYADÉKOT TÁROLÓ TARTÁLYOK TŰZOLTÁSÁRA TÖRTÉNŐ ALKALMAZÁSÁNAK EMPIRIKUS KUTATÁSA

Céljaimmal összefüggésben a tartálytűzoltás környezetterhelő hatásának csökkentésére törekedve vizsgálni kezdtem a DryFoam alkalmazásának lehetőségét. Hipotézisem szerint a szárazhab-gyöngy réteg egy nyílt folyadékfelszínen a korábbi kutatások alapján bizonyított gázzáró hatásán túl tűzoltásra is alkalmas, azaz a falhatás - mint tűzoltást nehezítő körülmény – elleni megfelelő védelemmel, és a szárazhab bejuttatására alkalmas módszerrel, tűzoltó anyagként is felhasználható. [4] [5] [6] [7]

Meggyőződésem, hogy a szárazhab gyakorlati alkalmazása – a vízalapú tűzoltóhabok felhasználásánál – kisebb környezetterhelést okozva kínál kitűnő beavatkozási lehetőséget. A hő hatására aktiválódott DryFoam részecskék habkéregben állnak össze, de a különálló szárazhab-gyöngyök is összegyűjthetők és eltávolíthatóak, így elkerülhető a szennyező anyag visszamaradása.

A szárazhab kedvező tulajdonságai alapján folyadéktűz-oltási kísérletsorozatot folytattunk a százhalmombattai tűzoltó gyakorló pályán 2013. november és 2016. február között. A tűzoltási próbákhoz a DryFoam gyártója, a Trelleborg Offshore Co. által rendelkezésemre bocsátott szárazhab gyöngyöket használtam, azonban kutatásom során nem kizárólag e termékre fókuszáltam: más olaj- és víztaszító tulajdonságú, üreges gyöngyökből álló, úszóképes tűzálló szárazhab tűzoltásra történő alkalmazhatóságát is meg kívántam alapozni.

A kísérletsorozattal - a szárazhab, mint tűzvédelmi anyag jobb megismerése mellett - azon hipotézist igyekeztem igazolni, mely szerint a szárazhab gyöngyökből kialakítható tűzoltásra alkalmas oltóanyag réteg. Pozitív eredménynek azt tekintem, ha a tűzoltási modellkísérletek során sikeres tűzoltásokat hajtok végre ezen anyag felhasználásával, más tűzoltó anyag, vagy technika alkalmazása nélkül.

A kísérletsorozat keretében négy fázisban vizsgáltam a szárazhab gyöngyök tűzoltási alkalmazhatóságát, a vizsgálati szakaszok főbb jellemzőit a 1. táblázat szemlélteti.

Kísérleti szakasz	Tűzoltási tesztek száma	Égetőedény				Éghető folyadék		Elő-égetés	Szárazhab felhasználás tesztenként		Szárazhab bevezetés	
		típus	átmérő	magasság	hűtés		réteg-vastagság		tömeg	átlagos vastagság	iránya	kialakítása
I.	2	tartály	3,8 m	4,0 m	hűtés nélkül	középbenzin	5-7 cm	1 perc	25-50 kg	2-4 cm	Alsó bevezetés	Külső tartályból folyadékárammal bejuttatva

II.	4	tálca	1,2 m	0,3 m	hűtés nélkül/ hűtéssel	9-12 cm	1-3 perc	11-19 kg	8,7-15 cm	Felső bevezetés	A lángterbe "szórva"
III.	2	magas tálca ("hordó")	0,57 m	0,94 m	hűtés nélkül	3-3,4 cm	1 perc	1,45- 2,85 kg	5-10 cm	Alsó bevezetés	Az égetőedény alján elhelyezett belső szárazhab tartályból
IV.	1	tartály	3,8 m	4,0 m	hűtés nélkül	3,1 cm	1 perc	127 kg	10 cm	Alsó bevezetés	Az égetőedény alján elhelyezett belső szárazhab tartályból

1. táblázat: A szárazhab tűzoltási kísérletek szakaszai, készítette a szerző 2016.

A kísérletekhez a Trelleborg Offshore Co. által biztosított DryFoam könnyebb volt, mint a gyártó által megadott adat, mindössze 0.112 g/cm^3 -t mértem, szemben a közölt 0.17 g/cm^3 fajsúly értékkel. [4]

A kísérleti égető edényeket vízzel töltöttem fel, majd ennek felszínére került az éghető folyadékként alkalmazott középbenzin. Mindhárom kísérleti szakaszban közel azonos tulajdonságokkal bíró üzemanyagot alkalmaztam, melynek a legfontosabb jellemzőit a 2. táblázat tartalmazza. A feltüntetett adatok a II. és III. kísérleti fázis során felhasznált benzin laborvizsgálata során megállapított anyagjellemzők, az I. kísérlet üzemanyagáról ilyen részletességű elemzés nem készült.

	Érték	Mértékegység
Sűrűség 15°C-on	0,7405	g/cm^3
Kezdforrpont	59,8	°C
5 tf% átdestillál	89,8	°C
10 tf% átdestillál	101,2	°C
30 tf% átdestillál	120,2	°C
50 tf% átdestillál	130,2	°C
70 tf% átdestillál	139,2	°C
90 tf% átdestillál	152,4	°C
95 tf% átdestillál	159,6	°C
Végforrpont	171,0	°C
Átdestillált mennyiség	98,2	% (V/V)
Lepárlási maradék	1,1	% (V/V)

2. táblázat: A II és III. kísérleti szakasz során felhasznált középbenzin anyagjellemzői, készítette a szerző 2015.

A kísérletek időpontjában mért meteorológiai adatokat rögzítettem, azonban az időjárási körülmények nem voltak hatással a tesztek alakulására. A mért legnagyobb szélesebbég $1-1,1 \text{ m/s}$ volt, míg a levegő hőmérséklete $5,9-9 \text{ °C}$ között alakult.

A kísérletek lefolyásáról videokamerákkal filmfelvételt készítettem, törekedve a szárazhab égő folyadékfelszínen történő működésének felső helyzetből történő rögzítésére. A kísérletek II. szakaszában infravörös kamerával is rögzítettem a lángtér változásait, melyhez Dräger UCF 9000 típusú hőkamerát használtam.

2.1. I. kísérleti szakasz

A szárazhabbal Százhalombattán folytatott kísérletek első szakaszára 2013. november 25-26-án került sor. A teszteken részt vettek a DryFoam-ot gyártó amerikai vállalat képviselői, akik aktívan részt vettek a vizsgálati feltételek kialakításában.

Az alkalmazott kísérleti tartály adatai:

- Állóhengeres, nyitott tartály;
- Átmérője 3,8 méter;
- Magassága 4,0 méter.






1. fénykép: A kísérleti tartály Forrás: FER Tűzoltóság

A DryFoam bevezetését 1 perces előégetést követően kezdtük meg a 1. fénykép:en látható külső szárazhab tartályból a folyadékfelszín alatt (subsurface application). A gyöngyök mozgását a szárazhab tartályba szivattyúzott vízzel biztosítottuk, majd a tartályba juttatott DryFoam részecskék az üzemanyag-rétegen áthaladva érték el a felszínt. A lángtérbe felúszó szárazhab-gyöngyök a hő hatására aktiválódtak, és megkezdődött a „habkéreg” kialakulása.

A két alkalommal végrehajtott tűzoltási próba során alkalmanként 2-4 cm-es szárazhab-réteg kialakításához szükséges oltóanyag mennyiséget használtunk fel.

A kísérlet lefolyását magasból, a tartály felett – emelőkosaras gépjármű kosarában – elhelyezett videokamerával rögzítettük. Az így készített felvételeken jól megfigyelhető és elemezhető a bevezetett szárazhab hatása. A szárazhab-réteg a folyadékfelszín középső részén bizonyos mértékű zárást biztosított, így ott néhány perc elteltével csökkent a tűz intenzitása, majd átmenetileg nagyobb felületen megszűnt a lángolás. Nem volt sikeres a tűzoltás azonban a tartálypalást melletti sávban, ahol körgyűrűszerű tűzfelület alakult ki. E jelenség hátterében a hasonló tűzoltási feladatoknál jól ismert „falhatás” azonosítható: A tűzveszélyes folyadék intenzív gőzképződése megakadályozta a habtakaró zárását és folyamatos utánpótlást biztosított a lángoknak [8], aminek következtében nem sikerült a teljes felületen megszüntetni a lángolást. A túlforrósodott tartálypalást hűtésére kézi vízsugarak kerültek alkalmazásra, azonban ezen eszközökkel sem volt biztosítható az acélfelület egyenletes hűtése.

A folyadék felület középső részén a habtakaró tartósnak bizonyult, de teljes záróképességét gyorsan elveszítette: a szárazhab rétegen áttörve kisebb lángok jelentek meg a korábban már eloltott felszínen. Később ezek a visszagyulladások folyamatosan égő felületként maradtak vissza, és a tartályfal mellett is állandósult a lángolás. [9]

<p>A DryFoam működésbe lép</p>	
<p>A szárazhab záróréteg kialakulása</p>	
<p>Állandósult lángolás a tartálypalást mentén</p>	

3. táblázat: Az I. kísérleti szakasz, készítette a szerző, 2015.

Az I. kísérleti szakaszban lefolytatott tűzoltási próbák során az alkalmazott szárazhab nem szüntette meg a lángolást. A „sikertelenség” okait kutatva három meghatározó kedvezőtlen körülményt azonosítottam: 1. a felforrósodott tartálypalást okozta „falhatás”; 2. a túl vékony szárazhab réteg; 3. a szárazhab bevezetés módjának kedvezőtlen hatásai (például: áramlásokat és keveredést okozott a tartály tartalmában, a szállító közegként bevezetett víz, az üzemanyagon áthaladó gyöngyök szennyeződése).

2.2. II. kísérleti szakasz

A vizsgálatok következő szakaszában a korábban azonosított kedvezőtlen körülményeket kiiktatva igyekeztem végrehajtani tűzoltási próbákat. A II. szakasz tűzoltási tesztjeire 2015. december 4-én került sor a korábbiakkal megegyező helyszínen.

A kísérletsorozat e fázisában 1,2 méter átmérőjű, 30 centiméter magas acél égetőedényt használtam, amit egy nagyobb (2,5 méter átmérőjű) és magasabb (0,5 méter) tálcába alá rögzítettem. A külső edény vízzel történő feltöltésével az égetőtálca palástjának hűtésére kívántam lehetőséget biztosítani, mely megoldást a 4. tűzoltási próba során alkalmaztam. Felső szárazhab bevezetésre került sor, különféle módzatokban; a kísérletek részleteit a 4. táblázat tartalmazza.

Kísérlet	Égetőtálca külső hűtése	Benzin réteg-vastagság	Előégetés	Dryfoam felhasználás		Dryfoam bevezetés		Tűzoltás
				tömeg	átl. réteg-vastagság	módja	leírása	
II/1.	nem	10 cm	3 perc	19 kg	15 cm	Fólia zsák	A felfüggesztett, gyöngyökkel töltött fóliazsák a lángtérbe mozgatás után kiégett, a gyöngyök (teljes mennyiség) az égő felszínbe zuhantak.	nem
II/2.	nem	12 cm	1 perc	19 kg	15 cm	Csúszda, majd a szárazhab szétterítése	Egy - a vízszinteshez képest 40-45 ^o -os helyzetű acéllemez csúszdát emeltünk a lángtér fölé, majd ezen "lefolyattva", két szakaszban (50, majd 150 másodperccel később újabb 50%) juttattuk a szárazhabot a felszínre. A középső részen felhalmozódott szárazhabot a lánggyűrűbe húzva eloltottuk a tüzet, azonban a benzinnel szennyezett oltóanyag az ellenőrző lángtól azonnal visszalobbant.	nem/ részben
II/3.	nem	9 cm	1 perc	15,1 kg	11,92 cm	Csúszda	A II/2. teszttel megegyező elhelyezkedésű csúszdán, valamint közvetlenül a felszínre juttattuk a szárazhabot, 8 adagra felosztva, szakaszosan felhasználva. (Az első 7 adagot 4 percen belül felhasználva.)	nem
II/4.	igen	12 cm	1 perc	11,08 kg	8,75 cm	Csúszda, majd irányított oltás	9,5 kg szárazhabot egyszerre, a fentiek szerinti csúszdával, majd 80 másodperccel később 1,58 kg mennyiségű gyöngyöt a palást mellett fennmaradt láng-gyűrű oltására - irányítottan öntve - használtunk fel.	igen

4. táblázat: A II. kísérleti szakasz tesztjei, készítette a szerző, 2015.

A tesztek lefolyását és a tapasztalatokat az 5. táblázat foglalja össze.

Kísérlet	Idő (min:sec)	A kísérlet leírása
II/1.	0:00	Gyújtás
	3:20	Szárazhab bevezetés. A lángtérbe zuhanó oltóanyagtól a benzin kifröccsent a külső tálcába, ahol kb. 4 percig lángolt, de a kísérlet alakulását ez nem befolyásolta.
	3:42	Kb. 15 % felületen "lábnyomszerű" alig lángoló felület alakult ki,

	3:53	A felület középső részén (65-70 %) csökkent a lángolás intenzitása,
	5:00	A középső 70-75 % kiterjedésű felszínen szárazhab kéreg alakult ki, ezen csak kisebb szórványos "lángocskák" törtek át, a gyűrű változatlan intenzitással égett.
	5:00-tól	A lánggyűrűből szétterjedve egyre nagyobb felszínen nőtt a lángolás intenzitása.
	16:35	Tűzoltás porlasztott vízzel: A szárazhab által korlátozott lángolású felszín tűzoltása nagyon könnyen, minimális mennyiségű porlasztott vízzel végrehajtható volt.
II/2.	0:00	Gyújtás
	1:12	Szárazhab bevezetés (50%): A felület 30-35 %-án habkéreg kialakulása nélkül kialudt, fehér gyöngyfelszín látható. A lángmagasság a korábbi 15 %-ra csökkent.
	3:43	Szárazhab bevezetés (50%):150 másodperccel az elsőt követően a szárazhab másik fele is bejuttatva: a középső 65-70 %-os felületen a tűz megszűnt, körben lánggyűrű égett.
	4:32	A középső részen felhalmozódott szárazhab széthúzásával eloltottuk a tüzet.
	5:30	A benzinnel szennyezett oltóanyag az ellenőrző lángtól visszalobbant (25-30%-on).
	6:20	A felszín 50%-a ég.
	9:10	A felszín 80%-a ég.
	10:00-től	Az égő felszín felületen egyre nagyobb mértékben csökken a lángolás intenzitása.
	13:50	A felszín 90%-a ég.
	14:40-től	Az összefüggő lángoló felszín közepén habkéreg van, amely alig ég, csak apró "lidérc-lángok" láthatóak, ez a felszínrész egyre nagyobb.
	15:50	A felszín 50%-án alig lángoló habkéreg.
	18:00	A felszín 55%-át fedő habkéreg felszínén megszűnt a lángolás, további 10% nem gyulladt vissza (fehér szárazhab takarja); 35% ég.
28:10	Tűzoltás porlasztott vízzel.	
II/3.	0:00	Gyújtás
	1:11-1:21	3,7 kg DryFoam bevezetése csúszdán, továbbra is lángolt a teljes felszín. Lángmagasság az eredeti 40%-ra csökkent, majd kb. 60%-os magasságig növekedett.
	2:25-2:32	Újabb 3,7 kg DryFoam bevezetése csúszdán, továbbra is lángolt a teljes felszín. Lángmagasság az eredeti 25-35 %-ra csökkent, majd kb. 60%-ra növekedett.
	3:30-tól	Szárazhab-kéreg látható foltokban a lángoláson át, de a teljes felszín ég.
	4:17-5:05	További 2 kg szárazhab szórás a lángtérbe - nincs változás.
	5:40-6:18	Újabb 3,7 kg DryFoam felhasználása, változás nincs, habkéreg látható a tűzben.
	14:56-16:00	Újabb 2 kg DryFoam felhasználása, közvetlenül a lángtérbe szórva. Továbbra is lángolt a teljes felszín, változás nincs, habkéreg látható a tűzben.
16:35	Tűzoltás porlasztott vízzel.	
II/4.	0:00	Gyújtás
	1:08	9,5 kg DryFoam bevezetése csúszdán, a középső felszínt eloltotta, kb.15-20% gyűrűként ég tovább, a tűzgyűrű határán aktiválódás, állandó égés a palást mellett.
	2:35-2:58	1,58 kg mennyiségű gyöngyöt a palást mellett fennmaradt láng-gyűrű oltására - irányítottan öntve - használtunk fel, tűz eloltva.

5. táblázat: A II. szakaszban végrehajtott kísérletek lefolyása, készítette a szerző, 2015.

2.3. III. kísérleti szakasz

A tűzoltási tesztek következő fázisát 2015. december 22-én hajtottam végre, mely során ismét a felszín alatti szárazhab bevezetés mellett döntöttem. Az I. fázisban alkalmazottnál „kíméletesebb” szárazhab bejuttatás érdekében, a lángoló felszín alatt elhelyezett tartályból az

oltóanyag gyöngyök úszóképességét (alacsony fajsúlyát) kihasználva kívántam tűzoltásra képes réteget kialakítani.

Kísérleti tartályként egy – a korábbi próbáknál – kisebb tűzfelületet biztosító, de magasabb oldalfallal rendelkező acéllemez edényt (hordót) választottam, mivel a tartályban a tűzoltásra tervezett gyöngy mennyiséget is el kívántam helyezni előzetesen. Az oltóanyagot egy hasonló oldalarányú, de kisebb méretű fém edénybe töltöttem, amit a kísérlet előtt a folyadék alatt rögzítettem. A belső edény fedelét leemelve a DryFoam gyöngyök felúsztak a felszínre és kialakították a tervezett vastagságú szárazhab réteget. A kísérletek jellemző adatait a 6. táblázat tartalmazza, kísérlet lefolyását az 1. ábra szemlélteti.

Kísérlet	Égetőedény		Szárazhab tartály		Vízréteg	Éghető folyadék			Elő- égetés	Szárazhab felhasználás		Tűzoltás
	átmérő	magasság	átmérő	magasság		típus	réteg	tömeg		tömeg	átl. réteg- vastagság	
III/1.	57 cm	94 cm	36 cm	64 cm	77 cm-ig vízzel feltöltve	közép- benzin	3,4 cm	6,05 kg	1 perc	2,85 kg	10 cm	igen
III/2.							3,0 cm	5,66 kg		1,45 kg	5 cm	nem

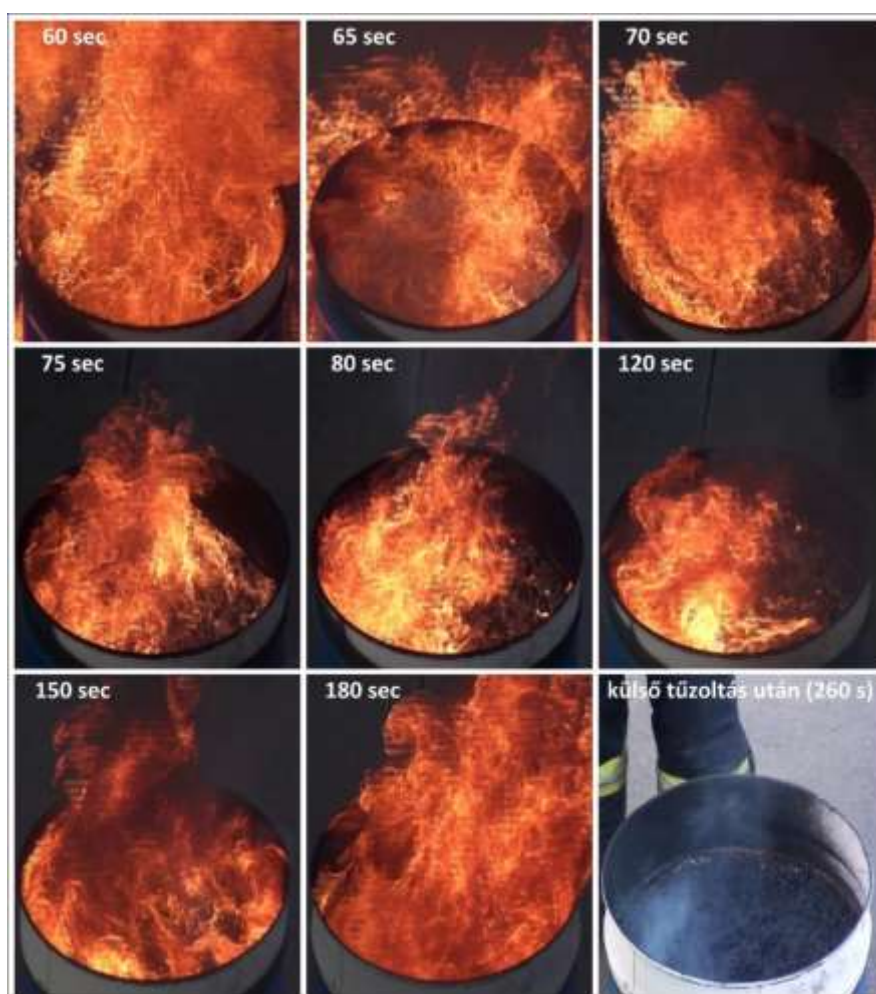
6. táblázat: Tűzoltási tesztek a III. kísérleti szakaszban

Az alkalmazott szárazhab mennyiséget a II/4. számú – sikeres tűzoltást eredményező – teszt alapján határoztam meg. A rétegvastagságot 10 cm-re növeltem, mivel ebben az esetben a kísérleti edény falát nem hűtöttem, illetőleg nem terveztem kiegészítő gyöngy-mennyiség utólagos, irányított alkalmazását sem a tűzoltás befejezése érdekében. A közvetlen külső palásthűtés elmaradásának hatását ellensúlyozta a tartályba töltött nagy mennyiségű folyadék hűtő hatása. A kísérlet kezdetekor az égetőedény a térfogatának több mint 85%-ig volt feltöltve vízzel, valamint középbenzinnel.

Az első (III/1. számú) kísérlet eredményessége után a szárazhab-mennyiség megfelezéséről döntöttem. A csökkentett mennyiségű, 5 cm rétegvastagságra elegendő szárazhab nem volt képes a tűz eloltására. A lángolás intenzitása eleinte csökkent, majd ismét erőteljesebbé vált (2. ábra).



1. ábra: A III/1. kísérlet tűzoltásának lefolyása, készítette a szerző, 2015.



2. ábra: A III/2. számú (sikertelen) tűzoltási kísérlet 5 cm rétegvastagságú szárazhabbal, készítette a szerző, 2015.

A III. szakaszban végrehajtott két kísérlet lefolyását és a tapasztalatokat a 7. táblázat tartalmazza.

Kísérlet	Idő (min:sec)	A kísérlet leírása
III/1.	0:00	Gyújtás
	1:03	Szárazhab tartály megnyitása
	1:07	Teljes felszínen DryFoam látható, a teljes felszín csökkent intenzitással lángolt tovább.
	1:30	A felület középső részén (40-50 %) megszűnt a lángolás, a szárazhab felszíne megbarnult.
	2:00	A felszín 20%-a lángol.
	2:20	10% lángol 3 foltban.
	2:44	A felszín 5%-a lángol 2 foltban 6-8 cm-es lángokkal.
	3:10	2-3% lángol 2 foltban 4-5 cm-es lángokkal.
	3:30	1% lángol 2 foltban 2-3 cm-es lángokkal.
	3:57	Tűz további beavatkozás nélkül kialudt.
III/2.	0:00	Gyújtás
	1:00	Szárazhab tartály megnyitása
	1:05	Teljes felszínen DryFoam látható, a teljes felszín csökkent erősséggel lángolt tovább, a lángmagasság kb. 30%-ra csökkent.
	1:30	A felszín egyre erősebben ég, növekvő lángmagasság mellett.
	4:00	Tűzoltás porlasztott vízzel.

7. táblázat: A III. szakasz kísérleteinek lefolyása, készítette a szerző 2015.

2.4. IV. kísérleti szakasz

A tűzoltási tesztek – eddigi – záró fázisát 2016. február 20-án hajtottam végre, mely során a III. fázis eredményes tűzoltási próbájának nagyobb méretekben történő megvalósítása volt a cél. A levegő hőmérséklete a tűzoltási kísérlet időpontjában 6 °C volt, enyhe 1,5-1,8 m/s erősségű, változó irányú délkeleti (140-150°) szél fúj. Visszatértem az I. fázisban már alkalmazott égetőtartályhoz (1. fénykép:) és ismét a felszín alatti szárazhab bevezetés mellett döntöttem.

Az III. fázisban alkalmazottal megegyező módon - a lángoló felszín alatt előzetesen elhelyezett tartályból az oltóanyag gyöngyök úszóképességét kihasználva - terveztem tűzoltásra képes réteget kialakítani. Az oltóanyagot egy 1200 liter térfogatú, IBC konténer-tartályból (1000 liter térfogatú) kialakított, teljes tető-felületen (1,2 m²) külső működtetéssel nyitható tartályban helyeztük el, amit a kísérlet előtt a folyadék-felszín alatt rögzítettünk. A konténer fedelének kinyitása után a gyöngyök felúsztak a felszínre, és ott szétterülve kialakították a tervezett vastagságú szárazhab réteget. Két kísérletet hajtottam végre: A tűzoltási próbát megelőzően egy tűz nélküli működési és „hideg” habterületi próbára került sor. A két kísérlet adatait a 8. táblázat mutatja be.

Kísérlet	Égetőedény		Szárazhab tartály		Vízréteg	Éghető folyadék			Elő-égetés	Szárazhab felhasználás			Tűzoltás
	átmérő	magasság	térfogat	nyílás felület		típus	réteg	menny.		tömeg	átl. réteg-vastagság	bevezetés időtartama	
IV/1. "hideg" próba	3,8 m	3,5 m	1200 liter	1,2 m ²	3,0 m	-	-	-	-	120	95 cm	15 sec	-
IV/2. Tűzoltási próba				0,6 m ²		közép-benzin	3,1 cm	350 liter	80 sec	127	10 cm	12 sec	részleges

8. táblázat: Tűzoltási tesztek a IV. kísérleti szakaszban, készítette a szerző, 2015.

A tűzoltási kísérlet éghető anyaga ebben az esetben is középbenzin volt, amely kicsit „könnyebb” volt mint a korábban alkalmazott. (9. táblázat)

	Érték	Mértékegység
Sűrűség 15°C-on	0,7390	g/cm ³
Kezdőforrpont	56,9	°C
5 tf% átdesztillál	84,6	°C
10 tf% átdesztillál	95,8	°C
30 tf% átdesztillál	116,8	°C
50 tf% átdesztillál	127,0	°C
70 tf% átdesztillál	136,0	°C
90 tf% átdesztillál	149,4	°C
95 tf% átdesztillál	157,5	°C
Végforrpont	168,9	°C
Átdesztillált mennyiség	98,2	% (V/V)
Lepárlási maradék	1,1	% (V/V)

9. táblázat: A IV. kísérleti szakaszban alkalmazott középbenzin anyagjellemzői, készítette a szerző, 2016.

Az alkalmazott szárazhab mennyiséget a korábbi sikeres tűzoltási tesztek alapján állapítottam meg. Az átlagos rétegvastagságot 10 cm-ben határoztam meg, azaz 127 kg szárazhab került felhasználásra. A kísérleti tartály falát nem hűtöttem a tűzoltási kísérlet során.

A tűz nélkül végrehajtott működési és oltóanyag területi próba során (3. ábra) a berendezés megfelelően működött, azonban a gyöngyökből kialakult habréteg vastagsága a tartály középső részén nagyobb, mint fél négyzetméter felületen nagyon vékony volt, 1-2 gyöngynyi vastagságú.



3. ábra: A „hideg” szárazhab-területi próba, készítette a szerző, 2016.

A filmfelvételek elemzése alapján, az oltóanyag-tartály tetején kialakított kiáramlási keresztmetszet csökkentése mellett döntöttem, mivel a szárazhab nagy sebességgel emelkedett a felszínre; valószínűsíthetően ezzel a magas intenzitással okozva a középső felszín kisebb takarását.

Kísérlet	Idő (min:sec)	A kísérlet leírása
IV/2.	0:00	Gyújtás
	1:20	Szárazhab bevezetés indítása
	1:33	Szárazhab bevezetés befejeződése, a felszín középső 50 %-os felületén nincs lángolás
	1:36	Körben, gyűrűszerűen, kb. a felszín 50%-án ég a palást melletti felszín, valamint középen a gyöngy beáramlás helyén (kb. kéttenyérnyi felületen) láthatóak lángok
	2:20	A gyűrűszerű lángolás intenzitása és kiterjedése (kb. a felszín 30%-ra) csökkent, középen továbbra is kb. kéttenyérnyi felületen láthatóak intenzív lángok
	2:40	A gyűrűszerű lángolás felszíne alig ég, kiterjedése kb. a felszín 15 %-a, középen továbbra változatlan felületen és intenzitással láthatóak lángok
	3:00	Középen kb. 30 cm átmérőjű felszín lángol intenzíven, valamint a felszín 2-3 %-án láthatóak "lidérclángok" A felszínen átvezető cső (NA 100) mellett folyamatos (kb. 10 cm magasságú) láng látható
	3:40	A csővezeték melletti lángolás (változatlan intenzitással) állandó, a középső tűz átmérője kb. 50 cm
	5:00	Az égő felszín-rész kiterjedése kb. 15 %, a vezeték melletti lángolás kialudt
	6:00	Az égő felszín-rész kiterjedése kb. 16-18 %, nagyon lassan növekszik. A lángolás állandó, nem túl intenzív
	6:12	Habpermet belövellés kézi habsugárból (kb. 1,2 másodperc, 1 liter)
6:15	Tűz eloltva	

10. táblázat: A IV/2. tűzoltási kísérlet leírása, készítette a szerző, 2016.

A IV. szakaszban végrehajtott tűzoltási kísérlet (IV/2.) lefolyását az 4. ábra szemlélteti, a tapasztalatokat a 10. táblázat foglalja össze.

A szárazhab tartály csökkentett kiáramlási keresztmetszete ellenére túl nagy intenzitással áramlott az oltóanyag a felszínre, ami – a IV. számú „hideg” próbához hasonlóan – vékonyabb gyöngyréteget eredményezett a felszín középső részén. A középen visszamaradt lángolás később nagyobb felületen gyújtotta vissza a felszínt, azonban a tűz rendkívül gyorsan, kevés haboldat felhasználással elolthatónak bizonyult.



4. ábra: A IV/2. tűzoltási kísérlet, készítette a szerző, 2016.

A kísérletet követő ellenőrzések során a felszín nagy részén 10 cm-es, vagy annál vastagabb szárazhab-takaró vastagságot mértünk. A felszín közepén, egy hozzávetőlegesen 1 méter átmérőjű felületen ennél vékonyabb réteg alakult ki, a középső negyed négyzetméteren a gyöngyréteg vastagsága alig érte el az egy centimétert.

3. KÖVETKEZTETÉSEK

Az előzetes vizsgálatok során, elsősorban a DryFoam kipárolgás csökkentésben, a tűzveszélyes folyadék felületek tüzmegelőzésében történő alkalmazhatóságát vizsgálták. A kitűnő eredményeket produkáló szárazhab tűzoltási használhatósága korábban nem nyert igazolást.

Kísérleteim során az alábbiakat tapasztaltam:

- Megfelelő körülmények és alkalmazási mód esetén a szárazhab alkalmas tűzoltásra.

- A tűzoltási modellkísérletek során hozzávetőlegesen 10 cm (4 inch) DryFoam réteg alkalmazásával eredményes tűzoltási próbákat sikerült végrehajtani, valószínűsíthetően 8-10 cm-es rétegvastagság a minimális alkalmazási intenzitás.
 - Meghatározó a szárazhab bevezetés időtartama: A szükséges szárazhab-gyöngy mennyiséget rövid idő alatt kell a felületre bevezetni. Időben elnyújtott szárazhab bevezetés esetén a DryFoam nem volt képes tűzoltási hatást kifejteni.
 - A gyártó által közölt adatoktól eltérően nem tapasztaltuk a DryFoam aktiválódása következtében létrejövő mértékű térfogat növekedést. A gyöngyök térfogata nem, vagy csak kis mértékben nőtt a tűzoltás során.
 - Habkéreg csak a lánghatásnak kitett felszínen alakult ki, viszonylagosan kisebb vastagsággal. A kéreg alatti gyöngyrétegen elválkozás nem látható.
 - A tűzoltásra alkalmas mennyiséget megközelítő, de annál kevesebb szárazhab bevezetésének eredményeként átmenetileg számottevően csökkent a lángolás intenzitása: lecsökkent a tűzfelület mérete és/vagy a lángmagasság.
 - A hő hatására aktiválódott szárazhab kéreg az égő felszínen foltokban korlátozta a lángolást, de a szárazhab kérgen áttörve kisebb „lángocskák” jelentek meg. Ezek a lángnyelvek időként kialudtak, majd újabbak keletkeztek; fennmaradt a folyamatos égés. Magyarazatként azt valószínűsítem, hogy a kéreg alatti gyöngyréteg közötti teret az éghető folyadék gőze tölti ki, melynek gőznyomása a tűz hatására megnöve szórványosan, néhány ponton átszakítja a rugalmas kéreg réteget. A átáramló benzingőz kisebb lángolást okozva elég, a láng kialszik, vagy a lángmagasság lecsökken, majd a gőznyomás növekedésével ismét erőre kap.
 - A szárazhab által korlátozott lángolású felszín tűzoltása nagyon könnyen, minimális mennyiségű porlasztott vízzel végrehajtható volt.
 - Az eredményes tűzoltás érdekében külön hűtést kell biztosítani a felforrósodott felületekre, mivel a szárazhabnak nincs hűtőhatása.
- A „szárazhab” alkalmazási lehetőségeinek feltárására további elemzések és tűzkísérletek szükségesek, melyek során - többek között - az alábbiakat javasolom vizsgálni:
- Tartálytűz esetén a DryFoam lehetséges lángtérbe juttatási módozatainak kidolgozása a tartály-, technológia- és tűzjellemzők függvényében.
 - Tűzoltáshoz szükséges legkisebb szárazhab mennyiség, alkalmazási intenzitás, illetőleg rétegvastagság megállapítása.

- A DryFoam más oltóanyagokkal, hűtő-oltó rendszerekkel, illetőleg beavatkozási módokkal történő együttes alkalmazásának kutatása a hatékonyság fokozása érdekében. Véleményem szerint - különösen időben és/vagy mennyiségben korlátozott vízellátás esetén - nyithat új lehetőséget a szárazhab és más megoldások együttes alkalmazása.
- Az előzőekben megfogalmazott kutatásokkal összhangban a szárazhab alkalmazására alkalmas technikai rendszer kifejlesztése.
- Kutatni javaslom más, de működését tekintve hasonló, olaj- és víztaszító tulajdonságú úszóképes tűzálló szárazhab anyagok létrehozását és vizsgálatát. Véleményem szerint más (például természetes alapanyagú) szárazhabok is jól alkalmazhatóak a DryFoam esetében azonosított használati célokra, sőt esetleges előnyösebb tulajdonságokkal további tűzvédelmi feladatokra is környezetbarát megoldást kínálhatnak.

Pimper László

ORCID ID: 0000-0003-4092-6871

FER Tűzoltóság és Szolgáltató Kft.

Százhalombatta, Olajmunkás u. 2.

Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Katonai Műszaki Doktori Iskola

lapimper@gmail.com

Cikk benyújtva: 2016. január 25., elfogadva 2016. március 11.

MELLÉKLETEK

1. Hivatkozott irodalom
2. Táblázatok jegyzéke
3. Ábrák, fényképek jegyzéke

1. HIVATKOZOTT IRODALOM

- [1] Muhoray Árpád ; Bartáné Muharay Irén, „Biztonsági és környezetbiztonsági alapelvek érvényesülése a katasztrófák elleni védekezés rendszerében,” in Külkereskedelmi főiskolai füzetek, 2007, pp. 34-42.

- [2] Szócs István, Az éghető folyadékok tárolótartályai tüzeseténél keletkező elsődleges, és a tűzoltási technológiák alkalmazása közben okozott másodlagos környezeti terhelés csökkentésének lehetőségei az oltási paraméterek módosítása révén, Doktori (PhD) értekezés, Budapest: ZMNE KMDI, 2005, p. 103.
- [3] Zólyomi Géza, „Tűzoltási módok környezetvédelmi hatásai; ISSN 1788-1919,” Hadmérnök, pp. 70-87, III. Évfolyam 1. szám - 2008. március .
- [4] Bob Kelly, „DryFoam vapour suppression spheres; Konferencia kiadvány: Ipari Létesítményi Tűzoltóságok 7. Nemzetközi Konferenciája; Budapest, 2013. november 27-28. Compact Disk, ISBN 978-963-08-7588-2,” in FER Tűzoltóság és Szolgáltató Kft., Százhalombatta, 2013.
- [5] Bob Kelly, „Dry Foam Technology; ISSN 0749890X,” Industrial Fire World Vol.26, 2014 Summer.
- [6] Bob Kelly, „Using dry foam for storage tank vapor suppression,” BIC Magazine, p. 52, 2013. June/July.
- [7] Bob Kelly, „Vapour / fire suppression for LNG spill containment: DryFoam; 8th International Conference for Industrial Fire Brigades; Budapest 2015 november 10-11.; Compact Disk; ISBN 978-963-12-4086-3,” in FER Tűzoltóság és Szolgáltató Kft., Százhalombatta, 2015.
- [8] Szócs István, „A falhatás befolyása az oltás hatékonyságára, Védelem folyóirat,” Védelem katasztrófa- és tűzvédelmi szemle; ISSN 1218-2958, pp. 38-40, 2002/3. szám.
- [9] Pimper László, „DryFoam - tűzoltóhab víz nélkül,” Védelem Katasztrófavédelmi Szemle; ISSN 1218-2958, pp. 61-63, 2014/1. szám.

2. TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE

1. táblázat: A szárazhab tűzoltási kísérletek szakaszai, készítette a szerző 2016.....	48
2. táblázat: A II és III. kísérleti szakasz során felhasznált középbenzin anyagjellemzői, készítette a szerző 2015.....	48
3. táblázat: Az I. kísérleti szakasz, készítette a szerző, 2015.....	51
4. táblázat: A II. kísérleti szakasz tesztjei, készítette a szerző, 2015.....	52
5. táblázat: A II. szakaszban végrehajtott kísérletek lefolyása, készítette a szerző, 2015.	53
6. táblázat: Tűzoltási tesztek a III. kísérleti szakaszban	54
7. táblázat: A III. szakasz kísérleteinek lefolyása, készítette a szerző 2015.....	56

8. táblázat: Tűzoltási tesztek a IV. kísérleti szakaszban, készítette a szerző, 2015.	57
9. táblázat: A IV. kísérleti szakaszban alkalmazott középbenzin anyagjellemzői, készítette a szerző, 2016.	57
10. táblázat: A IV/2. tűzoltási kísérlet leírása, készítette a szerző, 2016.	59

3. ÁBRÁK, FÉNYKÉPEK JEGYZÉKE

1. ábra: A III/1. kísérlet tűzoltásának lefolyása, készítette a szerző, 2015.	55
2. ábra: A III/2. számú (sikertelen) tűzoltási kísérlet 5 cm rétegvastagságú szárazhabbal, készítette a szerző, 2015.	55
3. ábra: A „hideg” szárazhab-területi próba, készítette a szerző, 2016.	58
4. ábra: A IV/2. tűzoltási kísérlet, készítette a szerző, 2016.	60
1. fénykép: A kísérleti tartály Forrás: FER Tűzoltóság	49