

I. évfolyam, 2. szám – 2016. június

Restás Ágoston

**MÓDSZERTANI TANULMÁNYOK OLTÓHABOK
HATÉKONYSÁGÁNAK VIZSGÁLATÁHOZ:
AZ OLTÁSI KÉPESSÉG MEGHATÁROZÁSA A SZIGETELŐ HATÁS
VÍZEGYENÉRTÉKKEL TÖRTÉNŐ KIFEJEZÉSÉVEL**

Absztrakt

Bevezetés: A légi tűzoltás köztudomásúan nagyon drága oltási módszer, ennek ellenére csupán vizet alkalmazva az sokszor mégsem elegendő a sikeres oltáshoz. Ezért sokszor habképző anyagok hozzáadásával próbálunk javítani annak hatékonyságán. Módszer: a vizsgálatához száraz fenyőfa lapocskák kerültek felhasználásra, amelyek két csoportba lettek osztva: kezeletlen minták a referencia adatokhoz és kezelt minták a habok szigetelő hatásának meghatározásához. A mérésekhez 3 %-os haboldat került alkalmazásra, amelyből 6-9-12 habkiadóságú hab lett készítve. A habtakaró magasságát a mintadarabokhoz rögzített 2-5 mm magasságú fémgyűrűk biztosították. A meggyulladás idejének méréséhez a folyamatos hőszugárzást egy speciális készülék $3,5 \text{ kWm}^{-2}$ értéken biztosította. Eredmények: a mérések azt mutatják, hogy a habtakaróval kezelt mintáknál a meggyulladás ideje hosszabb, mint amennyi annak víztartalmából számított érték lenne. Ez egyértelműen a hab szigetelő hatásának a következménye, amely víz egyenértékben kifejezve elérheti akár a 2,3 értéket is.

Kulcsszavak: hab, szigetelő hatás, víz egyenérték,

**METHODOLOGICAL STUDIES FOR MEASURING FOAM
EFFECTIVENESS:
SUPPRESSION CAPABILITY MEASURING THE WATER
EQUIVALENCE OF THE ISOLATION EFFECT**

Abstract

Introduction: It is well-known, aerial firefighting is a very expensive solution however bombing just pure water is not always enough to suppress the fires. In many cases special agents are added to water to increase its efficiency. Methods: This research used dried pine wood pieces as samples. Samples were divided into different groups: not treated samples for giving the reference data or treated samples to ensure data for calculating the isolation effect of foam. During the experiment a 3% foam solution was mixed. From this solution 6 – 9 – 12 expansion rate foams were generated. Samples were also provided with 2 – 5 mm high metal ring to ensure the exact depth of foam blanket. Each sample was put in a special heat oven which ensured the permanent 35 kWm⁻² heat fluxes and measured the different ignition time. Results: Experiment demonstrated that the ignition times in case of foams are longer than in case of same equivalent pure water. It comes from the isolation effect of the foam, which can be expressed by the water equivalent up to 2.3 values.

Keywords: isolation effect, foam, water equivalence of isolation effect

1. BEVEZETÉS

A rendelkezésre álló oltóanyagok fajtája, a felhasználható mennyisége jelentősen befolyásolja mind az alkalmazott tűzoltás-taktikát, mind a taktika hatékonyságát (Bleszity, 1990), ezért nem csak azok fontossága miatt, de mind a beavatkozók biztonságára (Pántya, 2011), mind a hatékonyságra gyakorolt hatása miatt előnyös a különböző befolyásoló tényezőket áttekinteni. Tűzoltók számára közismert, hogy egy – egy oltóanyag oltóképessége általában több tényező együttes hatásaként jelenik meg. A haboknál fő oltóhatásnak a fojtóhatást tekintjük, ezen belül a

szigetelő hatás, mint al-oltóhatás jelentős szerepet kap számos esetben; példaként ilyen lehet, amikor habtakaróval kívánjuk a még nem égő anyagot megvédeni a meggyulladástól.

Az oltóanyagok hatékonyságának mérésével jelenleg is számos kutatás foglalkozik (pl. Batista, 2011; Morris, 2011), illetve arra külön mérési módszereket is alkottak^{1 2 3}. A habok szigetelő hatásának említésével szinte mindenhol találkozhatunk (Igishev, 1993; Boyd, 1997, Salgado, 2007), azonban ennek meghatározása, az erre vonatkozó célzott kutatások még – a szerző véleménye alapján – bizonyosan hiányosak. A kutatás során célkitűzésként fogalmazódott meg, hogy a habok szigetelő hatásának bizonyítására és az ebből levonható következtetések bemutatására egy egyszerű, könnyen reprodukálható, az oktatást és szemléltetést is biztosító módszer kerüljön kidolgozásra. Ehhez a szerző a hab szigetelő hatásának víz-egyenértékben kifejezhető módját választotta. A tesztelésre a piacon forgalmazott termékek közül random került egy kiválasztásra. Ez utóbbi azért elfogadható, mert a vizsgálat célja nem egy nevesített oltóanyag szigetelő hatásának megállapítására, hanem a módszer alkalmazhatóságának bemutatására irányult.

2. KUTATÁSI MÓDSZER

2.1 A hab passzív és aktív oltóhatásának értelmezése

A habképző anyagok összetett oltóhatásának mérésére nincs objektív mérőmódszer. A különböző habok oltási képességét, teljesítményét különböző méretű, un. egységtűzek oltásával mérik, hasonlítják össze. Ez a módszer az aktív tűzoltási képesség mérésére szakmailag teljes mértékben helyes és elfogadott.

¹ American Society for Testing and Materials. Standard Test Method for Determining Material Ignition and Flame Spread properties; E1321-1997(02)

² Underwriters Laboratories Inc. Project Reports to USDA Forest Service; 98NK32277, 99NK35219, 01NK12843, 03NK13445, 04NK16188, and 06CA42655.

³ STP 2007 Standard Test Procedures, Evaluation of Wildland Fire Chemicals, Lateral Ignition and Flame Spread (LIFT)

A habok sugárzó hő elleni védőképességének kifejezésére, vagy konkrét meghatározására azonban nincs elfogadott módszer. Ennek nyilvánvalóan objektív oka is lehet, hiszen a hab struktúrája nem állandó, egyes esetekben ez gyorsan változik, a hab „összeesik”, azaz a védőképessége is folyamatosan csökken. Ez az oltóhatás a habok takaróhatásából származtatható, ami egy passzív oltóhatás és valójában hőszigetelésben nyilvánul meg. Számos gyártó igyekszik termékének ezt az előnyös tulajdonságát kihangsúlyozni, azonban objektív mérése, a különböző termékek összehasonlításának alapja hiányzik. Ez mindaddig nem okoz hiányérzetet, amíg a szigetelő hatásra, mint passzív oltóhatás tekintünk, illetve nem kell számolnunk az alkalmazás mennyiségi korlátaival. A nemzetközi gyakorlat a habok alkalmazásának előnyeit erdőtüzeknél is bizonyítja, azonban ilyenkor már a hab felhasználásának mennyiségi korlátaival és a passzív oltóhatás kényszerű feladásával is találkozunk, azaz nem csak szigetelésként van rá szükség, de magában az oltási folyamatban is részt vesz.

A mennyiségi korlátok miatt az alkalmazott oltóanyag felhasználásának optimalizálására van szükségünk, ezért ennek elősegítésére mindenképp szükséges egy olyan mérési módszer kidolgozása, amely egyrészt objektív, másrészt a különböző termékek szigetelő hatását – ebben az esetben a passzív oltóhatás aktívvá válását – egymással összemérhetővé teszi. A passzív és aktív oltóhatás közötti különbség magyarázatára – nagyon egyszerűen – a következőket mondhatjuk. A habok oltóhatását addig tekinthetjük passzívnak, amíg azzal számolunk, hogy az egy adott paraméterekkel jellemezhető tűznek akár tetszőleges ideig is képes ellenállni. Amennyiben az hab szigetelőhatására úgy tekintünk, mint ami egy adott paraméterekkel jellemezhető tűznek csupán egy meghatározott ideig képes ellenállni, úgy az oltóhatását aktívnak tekinthetjük. Az elsőre példát jelenthet a hősugárzás elleni védekezésként alkalmazott biztonsági habtakaró, a másodikra egy olyan eset, amikor a hab egy része bizonyosan megsemmisül, de alkalmazásával az oltás hatékonyabban végezhető, vagyis a hab maga is aktívan vesz részt az oltásban.. Természetesen az égés és oltás fizikai hátterét ismerve a fentiek további pontosítást igényelnének, azonban a cikk szempontjából ezek most nem relevánsak.

A hatékonysági vizsgálatokhoz valamely jól meghatározható kiindulási pontot kell meghatározni. Mivel a víz általánosan alkalmazott és a tűzoltások során költség nélkül alkalmazható oltóanyag, így kiindulási, illetve összehasonlítási alapként a szerző ezt határozta meg.

2.2 A vizsgálat folyamatának meghatározása

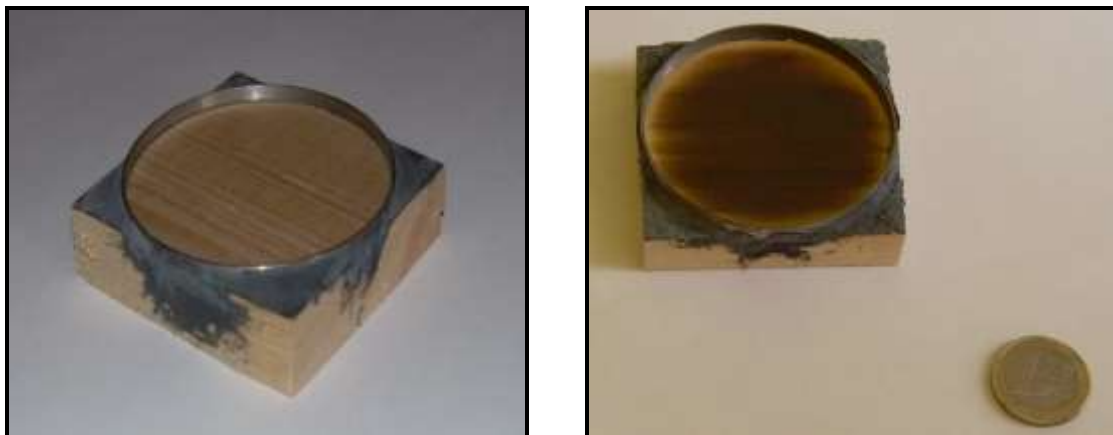
A vizsgálathoz alkalmazott eszközök a következők:

1. Hitelesített, KAL-115 típusjelű mérőműszer, $3,5 \text{ kWm}^{-2}$ hőszugárzó teljesítmény biztosításával (Szent István Egyetem, Tűzvédelmi laboratórium),
2. Acél mérőgyűrűk (2 – 3 – 4 – 5 mm) az oltóanyagok magasságának beállításához,
3. Száraz fenyőfa mintadarabok, méret: 0,06m x 0,06m x 0,01m,
4. Tiszta víz, hőmérséklete 293 K ($T = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$),
5. Vizsgálni kívánt random választott habképző anyag.

Elsőként a kezeletlen minta gyulladási idejét szükséges meghatározni. A minták a vizsgálati műszerbe kerülnek és lemérjük a meggyulladásig eltelt időt. A sugárzó felület és a mintadarab közötti távolságnak pontosan olyannak kell lenni, amely biztosítja a $3,5 \text{ kWm}^{-2}$ hőfluxus leadását. A vizsgálat során minimum 3 db mérés történik, amelyek eredményeit átlagolni szükséges. Ez az érték, mint passzív tényező szerepel a vizsgálatokban és valamennyi esetben a később kapott eredményekből kivonásra kerül.

Referencia értéként a víz meggyulladást késleltető hatását is figyelembe kell venni. A víz meggyulladást késleltető hatása a hőelvonó képességével függ össze, így annak mértéke kerül felhasználásra összehasonlítási alapként. A vizet a mérési sorozatoknak megfelelően 2 – 3 – 4 – 5 mm vastagságban a mintadarabokon lévő oltóanyagtartó fémgyűrűbe kell tölteni, majd be kell helyezni a mérőműszerbe és meg kell határozni a meggyulladásig eltelt időt. A vizsgálat során minimum 3 db mérés történik, amelyek eredményeit átlagolni szükséges. Az átlagolt eredményt a későbbiekben le kell vonni a többi vizsgálatnál használt oltóanyag eredményéből.

A hab szigetelő hatásának meghatározása a következőképp történik. Az előre elkészített és meghatározott jellemzőkkel, különböző habkiadóssággal ($H_k = 3 - 6 - 9$) bíró habot a mintadarabra juttatjuk és az előzőekben ismertetett módon biztosítjuk a 2 – 3 – 4 – 5 mm vastagságú rétegeket, majd be kell helyezni őket a mérőműszerbe és meg kell határozni a meggyulladásig eltelt időt. A vizsgálat során minimum 3 db mérés történik, amelyek eredményeit itt is átlagolni szükséges.



1. ábra. Mintadarabok mérés előtt és után. Forrás: szerző

3. SZÁMÍTÁSOK ÉS EREDMÉNYEK

A hab anyagát biztosító oldat hőelvonó képességének hatása jelentősen befolyásolja a hab szigetelő hatásának mértékét, ezért ez utóbbi értékének a meghatározásához az előbbi hatást ki kell vonni. Erre a szerző a következő módszert alkalmazta: a hab egyik jellemzőjét, a habkiadósságot vesszük alapul és a mintadarabon lévő hab térfogatából számítjuk a hab anyagát biztosító oldat hőelvonó képességét.

A hab, valamint a víz késleltető hatásánál kapott eredményekből arányszámítással meghatározzuk azt az időt, amely a hab anyagát biztosító oldat hőelvonó képességének tulajdonítható. A kapott értéket a kezeletlen mintadarabnál mért meggyulladásási idővel együtt kivonjuk a habnál mért

meggyulladásági időből és megkapjuk a hab szigetelő hatásának meggyulladását késleltető időértékét (1. táblázat).



2. ábra. Mérési mátrix, valamint egy mintadarab mérése. Forrás: szerző

1. táblázat. A szigetelő hatás időértékének mért átlagos adatok

No	Gyűrű magasság h [mm]	Habkiadósság Hk [-]	Meggyulladásági idő - kezelt minta - t [sec]	Meggyulladásági idő - kezeletlen minta - t [sec]	Idő különbség - szigetelő hatás - t [sec]
1.	2	1 (víz)	108	19	89
2.		6	45	19	26
3.		9	42	19	23
4.		12	36	19	17
5.	3	1 (víz)	153	19	134
6.		6	51	19	32
7.		9	47	19	28
8.		12	44	19	25
9.	4	1 (víz)	197	19	178
10.		6	58	19	39
11.		9	50	19	31
12.		12	46	19	27
13.	5	1 (víz)	242	19	223
14.		6	60	19	41
15.		9	53	19	34
16.		12	44	19	25

Ebből az időből a fentiekben részletezett módon, szintén arányszámítással megkapható a vízre számított egyenérték (a valós és a víztartalomhoz tartozó késleltető hatás aránya). Ez azt fejezi ki,

hogy a mért késleltetési idők milyen vízoszlop magassághoz tartoznának. A többlet vízoszlop magasság mutatja a szigetelő hatást, mint többlet oltóhatást. Ebben az esetben természetesen már, mint aktív oltóhatásról beszélünk.

2. táblázat. A valós és a víztartalomhoz tartozó késleltető hatás arányának számítása

No	Gyűrű magasság h [mm]	Habkiadósság y [-]	Szigetelő hatás t [sec]	Vízoszlop magasság h [m]	Vízoszlop magassághoz tartozó késleltető hatás t [sec]	A valós és a víztartalomhoz tartozó késleltető hatás aránya [-]
1.	2	1 (víz)	89	2	89	1
2.		6	26	0,333	14,8	1,76
3.		9	23	0,222	9,9	2,32
4.		12	17	0,167	7,4	2,3
5.	3	1 (víz)	134	3	134	1
6.		6	32	0,5	22,3	1,43
7.		9	28	0,333	14,8	1,89
8.		12	25	0,25	11,2	2,23
9.	4	1 (víz)	178	4	178	1
10.		6	39	0,667	29,7	1,3
11.		9	31	0,444	19,8	1,57
12.		12	27	0,333	14,8	1,82
13.	5	1 (víz)	223	5	223	1
14.		6	41	0,833	37,2	1,1
15.		9	34	0,555	24,8	1,37
16.		12	25	0,417	18,6	1,34

A fenti számítással kapott tényezővel már egyszerűen számítható a hab (aktív) oltóhatásának víz egyenértéke is, amelyet vízoszlop magassággal tudunk kifejezni, illetve szemléltetni (3. táblázat).

3. táblázat. A szigetelő hatás víz egyenértékének kimutatása vízoszlop magassággal

No	Gyűrű magasság h [mm]	Habkiadósság Hk [-]	A valós és a víztartalomhoz tartozó késleltető hatás aránya [-]	Vízoszlop magasság h [m]	Víz egyenérték vízoszlop magassága h [mm]
1.	2	1 (víz)	1	2	2
2.		6	1,76	0,333	0,586
3.		9	2,32	0,222	0,515
4.		12	2,3	0,167	0,384
5.	3	1 (víz)	1	3	3
6.		6	1,43	0,5	0,715
7.		9	1,89	0,333	0,629
8.		12	2,23	0,25	0,558
9.	4	1 (víz)	1	4	4
10.		6	1,3	0,667	0,867
11.		9	1,57	0,444	0,697
12.		12	1,82	0,333	0,606
13.	5	1 (víz)	1	5	5
14.		6	1,1	0,833	0,916
15.		9	1,37	0,555	0,76
16.		12	1,34	0,417	0,559

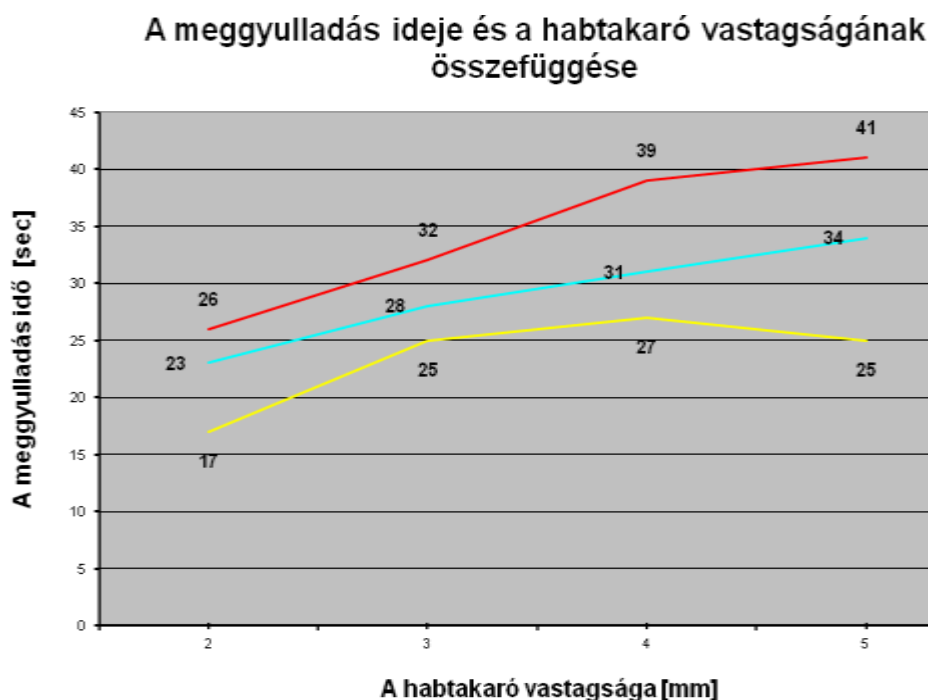
4. AZ EREDMÉNYEK ÉRTÉKELÉSE

A mérések tapasztalatai, valamint a grafikon elemzése alapján a szerző a következő megállapításokat teszi:

1. Azonos mérési feltételek esetén – ideális mérés - logikusan lineáris változásokkal számolhatnánk. A mérés sajátosságaiból adódóan azonban ilyen feltételek nem biztosíthatók;
2. A hab vastagságának növelésével a meggyulladást késleltető idő növekedik. A növekedés karakterisztikájára pontos meghatározás a mérések alapján még bizonyosan nem adható.
3. A hab vastagságának növekedésével észlelhető volt az ún. „kiforrás” jelensége. Ez különösen jellemző volt növekvő habkiadósság és habvastagság esetén ($H_k=12$; $h_{hab}=5$

mm), ami bár mérési hibának számít, minden bizonnyal jelentősen csökkentette a meggyulladás késleltetésének idejét.

4. Figyelembe véve a kiforrás jelenségét, valamint a $Hk=6$ és $Hk=9$ habkiadósságú görbék vonalát, a meggyulladás késleltető hatások növekedése az *1. grafikon* alapján közel lineárisnak is megítélhetők lehetnének.
5. A grafikon 1 mm vastagságú hab (víz) esetén a hatást a jelentősre becsült mérési hibahatárok miatt nem vizsgálta. Emiatt a grafikon kiindulási pontjára logikusan generált jellegű görbék alapján azok a habkiadósság növekedése irányába inkább exponenciálisan csökkenő növekedést sejtetnek.



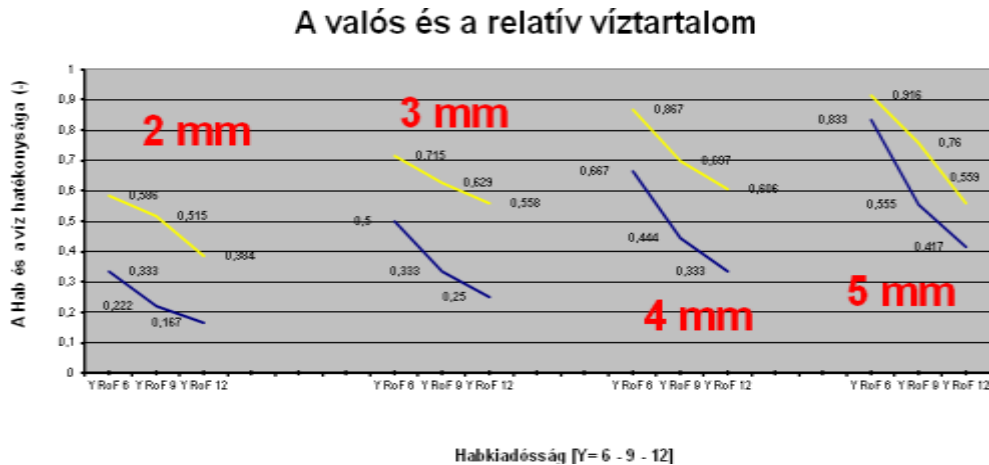
1. grafikon. Különböző habkiadósságú habok (piros: $Hk=6$; kék: $Hk=9$; sárga: $Hk=12$) nettó meggyulladási ideje a habtakaró vastagságának függvényében.

A hab meggyulladás késleltető hatása két tényezőből tevődhet össze:

1. Ez egyrészt, a hab oldat hőelvonó képességéből származtatható, amelyet jelen esetben a habképző anyag alacsony bekeverési aránya (3%), valamint a habképző anyag víztől

markánsan nem eltérő értéke miatt a szerző a vízával azonosnak vett. Ez úgyis értékelhető, mint egy mennyiségi érték.

- Másrészt, a habnak, mint jellegében a víztől jelentősen eltérő formának és megjelenésnek a „többlet” hatása. Ezt a szakirodalom szigetelő hatásnak tulajdonít, amelyet taktikailag számos esetben alkalmazunk hatékonyan. Ez minőségi értéknek értékelhető.



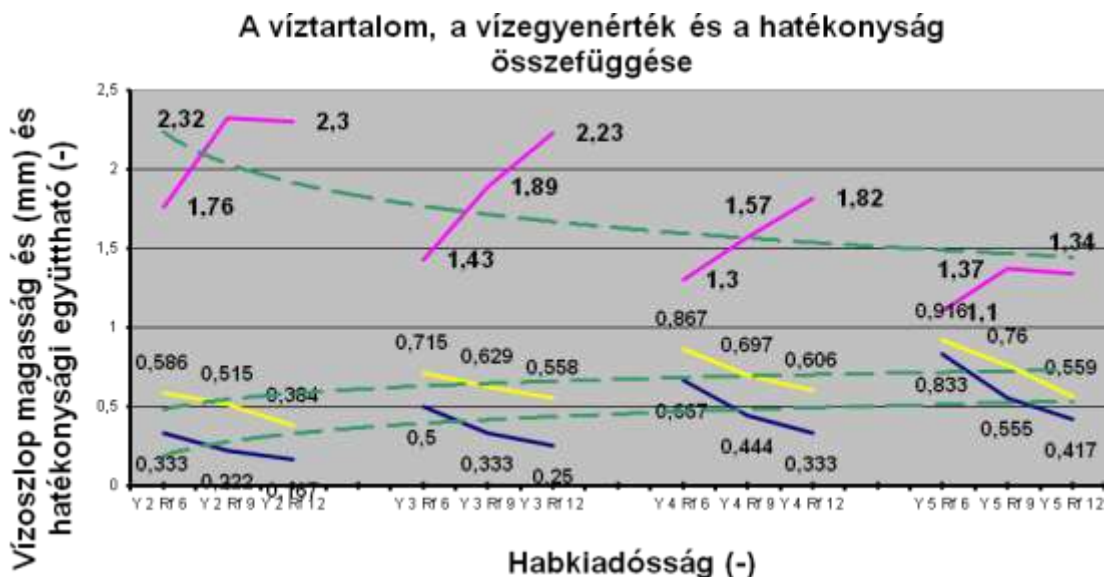
2. grafikon. A valós (kék) és a relatív (sárga) víztartalom különböző vastagságú habtakarók esetén.

Amennyiben a hab meggyulladását késleltető hatása nagyobb, mint a benne található vízmennyiségre kapott késleltető hatás, úgy a többlet a habra jellemző egyedi tulajdonságnak, sajátos szigetelő hatásának tulajdonítható. Mivel a mérések alapján végzett számítások 1-nél mindig markánsan nagyobb értékeket adnak, ezért megállapítható, ill. bizonyítottnak vehető, hogy egyedi jellemzőitől függően a habnak van saját víztartalmától nagyobb szigetelő hatása.

A 2. grafikonon jól látható, hogy a hab vastagságának növekedésével (2 mm \Rightarrow 5 mm) az értékeket jellemző görbék közelítenek egymáshoz, azaz meggyulladását késleltető többlet hatás folyamatosan csökken.

A hatékonysági tényezőket a 3. grafikonra jellemző módon megjelenítve látható, hogy az értékek – az előző megállapításokkal összhangban – a hab vastagságának növelésével csökkennek, és az értékeket jellemző vonalak is az „x” tengellyel csökkenő szöget zárnak be. Az adatokat közösen

ábrázolva a különböző jellemzőkkel bíró habtakarókat, a hozzájuk rendelhető valós és számított vízegyenértékeket, valamint a hatékonysági tényezőket, jól látható az összhang. Valamennyi jellemzőre egy-egy exponenciális trendvonalat generálva az is látható, hogy azok a habkiadósság növelésével az „1” értékű hatékonysági értékhez konvergálnak.



3. grafikon. Különböző habok valós és viszonylagos víztartalmának mennyisége és hatékonysági tényezője.

A fenti mérések alapján a szerző az alábbi végső következtetéseket vonja le:

1. Az ismertetett mérési módszer alkalmas arra, hogy megállapítsa a habok jellemzőiből fakadó, saját víztartalmához viszonyított többlet meggyulladást késleltető hatást.
2. Az ismertetett mérési módszer alkalmas arra, hogy eredményeiből következtetéseket vonjunk le arra vonatkozóan, hogy a leghatékonyabb oltástaktika elérése céljából milyen minőségű és mennyiségű habtakaró előállításra célszerű, különösen erdőtüzoltásnál.
3. A jelenlegi mérési eredmények, számítások és tendenciák alapján a legnagyobb hatékonyság növekedést, meggyulladást késleltető többlet hatást vékony habvastagságok ($h < 5$ mm) de nagyobb habkiadósságok ($H_k > 6$) esetén érhetőek el.

HIVATKOZÁSOK

1. American Society for Testing and Materials. Standard Test Method for Determining Material Ignition and Flame Spread properties; E1321-1997(02)
2. Batista, A.C.: Combustion characteristics tests of Magnolia grandiflora and Michelia champaca for potential use in fuelbreaks in south region of Brazil, Wildfire 2011 Conference, Sun City, South Africa, 2011.05.9-13.
3. Bleszity, J., Zelenák, M.: Tűzvédelmi ismeretek, Budapest: Szövetkezeti Szervezési Iroda, 272 p. 1990
4. Boyd, C.F., Merzo, M. 1996 Fire Protection Foam Behavior in a Radiative Environment; Final Report, Mechanical Engineering Department, University of Maryland, US
5. Igishev, V.G., Portola V.A. 1993 Evaluation of foam parameters in extinction of self-ignition sources; Mine Aerodynamics, Institute of Mining, Russian Academy of Sciences, Prokopyevsk, Fiziko-Tekhnicheskie Problemy Razrabotki Poleznykh Iskopaemykh, No. 4, Russia
6. Morris C.J.: A simulation study of fuel treatment effects in dry forests of the western United States: testing the principles of a fire-safe forest, Wildfire 2011 Conference, Sun City, South Africa, 2011.05.9-13.
7. Pantya, P.: A tűzoltói beavatkozás biztonságának növelése zárttéri tüzeknél (Safety of firefighters during interventions in different areas), HADMÉRNÖK 6: (1) pp. 165-171.
8. Salgado, J., Paz-Andrade, M.I. 2009 The effect of Firesorb as a fire retardant on the thermal properties of a heated soil; Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, Vol. 95 (2009) 3, Akadémiai Kiadó, Budapest, Hungary
9. STP 2007 Standard Test Procedures, Evaluation of Wildland Fire Chemicals, Lateral Ignition and Flame Spread (LIFT), STP 2.2, Revised 5/30/07, Department of Agricultural, Forest Service, US Source: http://www.fs.fed.us/rm/fire/wfcs/tests/documents/stp_02-2.pdf Internet, letöltés: 2012.08.28.
10. Underwriters Laboratories Inc. Project Reports to USDA Forest Service; 98NK32277, 99NK35219, 01NK12843, 03NK13445, 04NK16188, and 06CA42655.

Restás Ágoston PhD, PhD, habilitált egyetemi docens, tanszékvezető, Nemzeti Közsolgálati Egyetem, Katasztrófavédelmi Intézet, Tűzvédelmi és Mentésirányítási Tanszék, H-1101, Budapest, Hungária krt, 9-11; Email: Restas.Agoston@uni-nke.hu;
Orcid: 0000-0003-4886-0117

Ágoston Restás PhD, PhD, associate professor, head, Department of Fire Prevention and Rescue Control, Institute of Disaster Management, National University of Public Service, H-1101, Budapest, Hungaria krt. 9-11; Email: Restas.Agoston@uni-nke.hu;

Orcid: 0000-0003-4886-0117

A kézirat benyújtása: 2016.05.13.

A kézirat elfogadása: 2016.06.12.

Lektorálta: Pántya Péter