



Restás Ágoston, PhD<sup>1</sup>

## LÉGI TŰZOLTÁS INSTANT HABBAL: I4F TECHNOLOGIA<sup>2</sup>

*Az I4F technológia a légi tűzoltás hatékonyságának növelésére szolgáló új megoldás. Alapeleme egy kompozit anyagból készült nyomástartó edény, amelyet a légijárművek fedélzetére installálnak. Az I4F technológia egyik előnye az, hogy a tartályban szállított oltóanyag kibocsátáskor homogén minőségű lesz, a másik, hogy csupán elhanyagolható a veszteségek mértéke. Az utóbbi, valamint az előállított hab homogén minősége lehetővé teszi, hogy az oltás olyan spektrumokba is kitolódjon, ahol a hagyományos technológiák, vagy a vízzel való oltási módok objektív okoknál fogva nem alkalmazhatóak. Az I4F technológia a légi tűzoltásban úgy eredményez taktikai áttörést, hogy annak költséghatékonyságának megvalósulása gazdaságossági számításokkal is igazoltó.*

### AERIAL FIRE FIGHTING BY INSTANT FOAM: I4F TECHNOLOGY

*I4F technology is a new solution for making the efficiency of aerial fire fighting much better. The basic element of this technology is a pressure vessel made of composite, which is installed on the aircraft or helicopter's board. Advantages of I4F technology is once that the issued extinguishing agent will be homogenous; the other that only negligible the amount of the losses. The minimal losses, as well as the homogeneous quality of foam result that its capacity will turn in such a spectrum, where conventional technologies for objective reasons can not be applied. The I4F technology leads to breakthrough in aerial fire fighting tactics in such a way the cost-effectiveness of this technology is evidenced by economical calculations.*

## BEVEZETÉS

A globális klímaváltozás egyik várható hatása az, hogy az erdő és vegetációtüzek kockázata megnő, a bekövetkezett tüzesetek intenzívebbé válnak, súlyosabb károkat okozhatnak. A szakemberek szinte egyöntetű véleménye alapján a mediterrán térségre jellemző tüzek északi határa kitolódhat, elérve hazánkat is, főleg annak déli és alföldi területeit. Ez mindenképpen az erdőtüzek elleni védekezés fontosságát mutatja és az új megoldások, technológiák utáni kutatást indokolja.

Kiterjedt erdőtüzek oltásánál a nemzetközi gyakorlatban általános a repülőgépeket és helikopterek alkalmazása. Ezek, közúton járhatatlan helyekre is óriási mennyiségű oltóanyagot, többnyire vizet képesek eljuttatni, ám sokszor még ez a mennyiség sem elegendő a tüzek elfojtásához. A következőkben az oltóanyag hatékonyságát növelő új módszer, az I4F<sup>3</sup> technológia kerül bemutatásra.

Az I4F technológia alapja egy magyar szabadalom<sup>4</sup>, amely instant tűzoltóhab alkalmazásával kívánja az olajiparban használatos hatalmas tartályok tüzeinek oltását hatékonyan megoldani.

<sup>1</sup> egyetemi docens, mb. tanszékvezető, Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katasztrófavédelmi Intézet Tűzvédelmi és Mentésirányítási Tanszék, arestas@r-fire.hu

<sup>2</sup> Prof. Dr. Óvári Gyula, egyetemi tanár, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, ovari.gyula@uni-nke.hu

<sup>3</sup> Rövidítés: Instant Foam for Fighting Forest Fire – I4F

<sup>4</sup> Az eredeti szabadalom elnevezése Foam Fatal, szabadalmas: Dr. Szöcs István.

A szabadalom tulajdonosának egyetértésével és hozzájárulásával az eredeti technológiát légi tűzoltásra adaptálták, valamint továbbfejlesztve, várhatóan új szabadalom bejelentését is eredményezi.

Az I4F technológia prototípusának jelenleg a kicsinyített mása áll rendelkezésre. Ennek valós méretű elkészítése, földi és légi tesztelése, valamint piacra jutásának előkészítése várhatóan kockázati tőke bevonásával, vagy pályázati forrás igénybevételel fog megvalósulni. A fejlesztés háttérében jelenleg az R-Fire Kft. humán erőforrása nyújt segítséget, illetve biztosítja annak kereteit.

## A VÍZZEL OLTÁS LEHETŐSÉGEI ÉS KORLÁTAI

### A vízzel oltás égésselméleti háttere

A légi tűzoltás során különböző oltóanyagok alkalmazhatóak. Az oltás környezetében található természetes vízforrások mindenképp alapvető jelentőségűek, mivel a belőlük származó víz felhasználható önmagában, illetve alapként szolgálhatnak a habok, vagy retardánsok elkészítéséhez.

Az erdőtüzeknél alkalmazott legáltalánosabb oltóanyag a víz. Felhasználásának gátat szab az, hogy az egységnyi felületen jutatható mennyisége korlátokba ütközik. A maximális mennyiség  $4\div5\text{ l/m}^2$  lehet<sup>5</sup>, mivel a lombkorona legfeljebb ennyit képes magán megtartani, ennyi „nedvesíti” a tűlevelek felületét, a többi lecsorogva a talajra hull. [1] Az itt felgyülemelő mennyiség a koronatűz terjedésére gyakorlatilag nincs hatással, vagyis, az oltás szempontjából fölösleges kijuttatás veszteségként értékelhető.

Nyári időjárási körülményeket figyelembe véve<sup>6</sup> 1 liter víz hőelvonó-képessége a fajhő<sup>7</sup> ( $4,2\text{ kJ/kgC}^\circ \times 80\text{ C}^\circ = 336\text{ kJ/kg}$ ) alapján, valamint a párolgáshőjével<sup>8</sup> ( $2684\text{ kJ/kg}$ ) összesen  $3020\text{ kJ/kg}$ . A fentiek alapján a maximálisan alkalmazható  $5\text{ l/m}^2$  mennyiség veszteség nélküli oltási potenciálja  $15100\text{ kJ}$ .

Egy sűrű, kifejlett fenyőerdő egységnyi felületre vetített biomassza mennyisége széles skálán mozoghat, tapasztalataim alapján az égés során figyelembe vehető mennyiségét<sup>9</sup>  $6\text{--}10\text{ kg}$  körülre becsülöm. Ennek a mennyiségnek az égéshője szakirodalmi adatok alapján  $18500\text{ kJ/kg}$  értékből számítva  $111000\text{--}185000\text{ kJ}$ . [2]

Az égés szempontjából figyelembe vehető biomassza nedvességtartalma  $70\%$ -nak vehető [2], száraz nyári napok esetén bizonyára kevesebb. A lombzatnak így  $6\div10\text{ kg}$  tömegre vonatkoztatva  $4,2\div7\text{ kg}$  –nyi része a saját égéshőjével elpárologtatni szükséges víznek a tömege. Ennek a mennyiségnek a hőelvonó-képessége  $12684\text{--}21140\text{ kJ}$ .

A fentiek alapján a fenyőlomb égés szempontjából figyelembe vehető mennyiségének az

<sup>5</sup> A talajon mérhető nettó csapadékmennyiség számítása alapján a lombkorona maximum  $5\text{ l/m}^2$  mennyiséget képes megtartani.

<sup>6</sup> A víz hőmérsékletét  $20\text{ }^\circ\text{C}$  –nak véve.

<sup>7</sup> A víz fajhője (c):  $4,2\text{ kJ/kgC}^\circ$  ; Képlete:  $E_c = c \cdot m \cdot dT = 1680\text{ kJ}$

<sup>8</sup> A víz párolgáshője (p):  $2684\text{ kJ/kg}$ ; Képlete:  $E_p = p \cdot m$

<sup>9</sup> Az égés szempontjából az  $10\text{ mm}$ -nél vékonyabb ágak vehetők figyelembe.

égéshője (111000-185000 kJ) jelentősen meghaladja a lomb tömege víztartalmának (12684-21140 kJ), valamint a maximálisan alkalmazható oltóanyagnak (15100 kJ) az együttes hőelvonó képességét, vagyis ezzel a módszerrel hatékonyan nem lehet felvenni a koronatűz elleni küzdelmet. Az alsó értéknél négyszeres, míg a felsőnél ötszörös különbséget mutatkozik az égéshő javára!

A fentiekkel indokolható, hogy amennyiben az alkalmazható maximális mennyiség nem elegendő az oltáshoz, úgy az aktív, azaz támadó taktikát nem is alkalmazzák, még repülőgépekről történő oltás esetén sem. [3]

A téma szempontjából nem releváns, de a teljesség kedvéért meg kell jegyezni, hogy az előzőek csupán statikus összehasonlításra alapulnak, a valóságban számos más tényező is befolyásolja a fentiek egymásra gyakorolt hatását, így pl. az égés intenzitása is. Az elégtelen oltóanyag kapacitás miatt gyakran nem is cél a tűz azonnali eloltása, a taktika az égés intenzitásának folyamatos csökkentésére irányul; mint időbeli folyamatot tekintve ennek végeredményeként fog a tűz elaludni.

## A légi tűzoltás veszteségei

### Szállítási veszteség

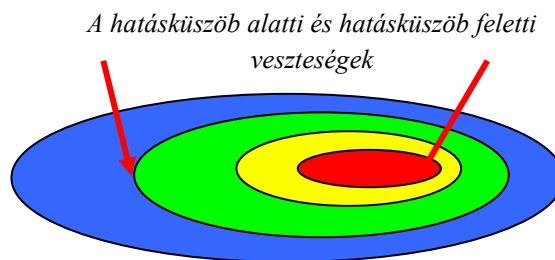
A helikopterek esetében, a külső függesztmény nyitott teteje miatt a szállítás során jelentős veszteség keletkezhet. Ennek egyik összetevője, hogy az oltóanyagnak repülés közben a nyitott tartály oldalfalával való ütközve túlfolyik, kifröccsen. A másik jelentős veszteség a folyadék felszínének a levegővel való sűrűlődésszerűsítéséből származik. Ez a hatás - mint egy Bernoulli csőben - a folyadék felszínéről folyamatosan, akár jelentős mennyiségű oltóanyag elszívódását is okozhatja. A veszteség mértéke arányos a repülési sebességgel, a repülési útvonal hosszával és a folyadék szabad felszínének nagyságával is. Megfigyelések szerint 30 %-ot is meghaladhat a szállítási vesztesége. [4]



1. ábra A légi tűzoltás szállítási és kibocsátási veszteségei. Szerkesztés: szerző

### Kibocsátási veszteség

A porlasztást külön berendezés is elősegítheti, vagy a már részletezett módon a kibocsátáskor a levegővel való ütközés, sűrűlődésszerűsítés okozza. A repülési sebesség növelésével a porlasztás mértéke is nő. Ez lehetővé teszi, hogy a nagyon apró cseppek veszteségként elhagyják a kívánt területet anélkül, hogy a felszínre történő kihullásuk mérhető lenne. Ez a veszteség általában kb. 5 %, de adott körülmények között a 10 %-ot is meghaladhatja.



2. ábra A felületi eloszlás hatástalan részei  
Forrás: szerző.

### ***Hatásküszöb alatti és feletti veszteség***

A hatékony oltáshoz biztosítani kell az adott tűzintenzitás csökkentéséhez elegendő mennyiségű oltóanyagot. Amennyiben ez a mennyiség nem éri el a kívánt szintet, akkor az oltás hatástalan, a kibocsátott oltóanyag veszteségként értékelhető. A 2 ábrán bemutatott szórás kép az oltóanyag felületi eloszlásának inhomogenitását mutatja. A  $0,2 \text{ l/m}^2$  minimális szint szakirodalomtól függően eltérő lehet bár [68][20], de taktikailag mindig hatástalan<sup>10</sup>.

A szórás kép centrumában a túl sok oltóanyag mennyiség okoz gondot, hiszen annak  $5 \text{ l/m}^2$  feletti mennyisége szintén nem vesz részt az oltásban, a növényzet levelein lefolyva a talajra kerül.

Hatásküszöb alatti és feletti veszteségek a kibocsátott oltóanyag kb. 10-25 %-os arányt jelentik.

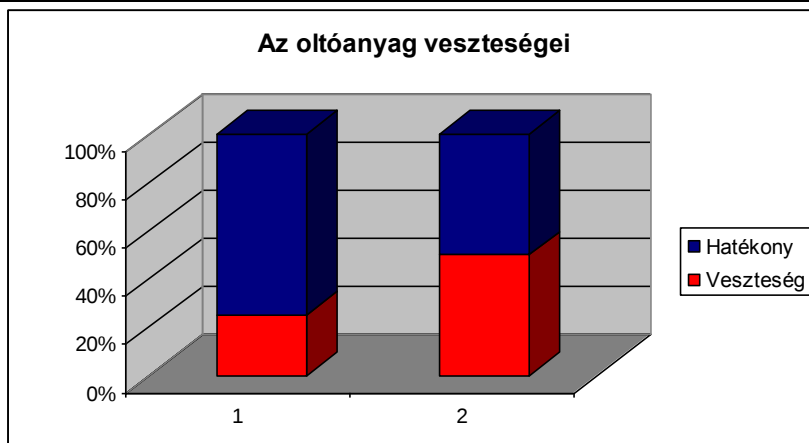
### ***Párolgási veszteség***

Amennyiben az oltóanyag kibocsátása nem közvetlenül a tűz frontjára történik, úgy akár jelentős párolgási veszteséggel is számolhatunk, amire az részt vesz a tűz oltásában, vagyis a tűz frontvonala eléri a nedves felületet. A viszonylag magas felületi és környezeti hőmérséklet miatt az apró cseppek nagy felülete gyors párolgást tesz lehetővé, amely meghaladhatja a 25 %-ot is (3. ábra, 1-es oszlop).

### ***Egyéb veszteségek***

Az olyan veszteségeket, mint pl. a célba juttatási és téves helyzetmegítélésből adódó, nem veszem figyelembe, hiszen azok egyrészt nem technológia függők, másrészt bárhol előfordulhatnak. A fenti veszteségek összességének átlagos nagysága tartályból történő kibocsátás esetén 25 %-ra, a függesztménynél 50 %-ra tehető (3. ábra, 2-es oszlop).

<sup>10</sup> A szakirodalomban megadott minimális értéke eltér:  $0,5 \text{ l/m}^2$  [68] és  $0,8 \text{ l/m}^2$  [20].



3. ábra Az oltóanyag veszteségei. Forrás: szerző

### A víz oltóhatásának növelési lehetőségei

Az erdőtűzek oltásában érdekelt szakértők, kutatók keresik a víznél hatékonyabb megoldások lehetőségét is. Ilyenek lehetnek a retardánsok, gélek, habok, sőt speciális robbanó oltókészülékek<sup>11</sup>, vagy teljesen újfajta oltóanyagok kifejlesztése<sup>1213</sup> is.

#### Szerkezeti megoldások

A veszteségek elemzéséből látható, hogy azok egy része nyilvánvalóan elkerülhetetlen, másik része - főleg a helikoptereknél - a külső függesztmény alkalmazásával függ össze. Ez utóbbi a Venturi-hatás miatt, a szállítási oltóanyag kb. 30 %-ának elvesztését okozza. Utóbbi, zárt tartály alkalmazásával teljesen kiküszöbölhető, ezért a megjelentek a teherter belsejében elhelyezett, illetve a helikoptertörzs aljára szerelhető lapos fenekű tartályok.

Az I4F technológia szempontjából ez utóbbi, atmoszférikus tartályok tekinthetők technológiai versenytársnak, amennyiben azokkal habbal történő oltást végeznek.

#### Ütőhatás

A víz oltóhatásának növelésére többféle lehetőség is adódik. A gyakorlatban sokszor alkalmazzák az ún. „ütőhatást”. Ebben az esetben a víz kinetikai energiáját hasznosítják, a lángok felületről történő leszakítására; azaz a láncreakció megtörésével az égés megszüntetésére. Ezt a módszert megfelelő körülmények esetén a légi tűzoltás során is alkalmazhatjuk. 180 km/h sebességgel 20 méter magasból történő kibocsátás során 1 kg víznek a mozgási<sup>14</sup> és helyzeti<sup>15</sup> energiájának összege 1,45 kJ, ami eltölpül mind a fajhő, mind a párolgáshő értéke mellett (4. ábra). Ezért ezt a módszert csak helyileg tekinthető hatékonnak, általánosságban a felhasználható potenciális energia szempontjából alacsony hatásfokú, ezért pazarlásnak ítélem<sup>16</sup>.

<sup>11</sup> Pl. Beaextin robbanó oltókészülék, Spanyolország; Embention S.L.

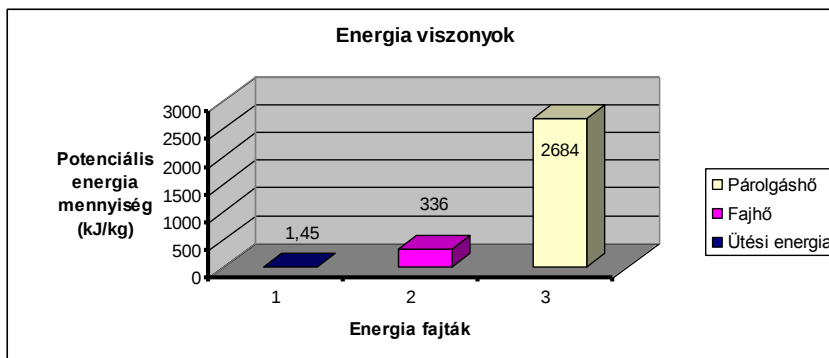
<sup>12</sup> Speciális sókeverék alkalmazása, kutatási projekt, BASF előadás; AFFC 2008. október, Athén, Görögország.

<sup>13</sup> Magyar szabadalomként bejegyzett FireLess fantázianévű oltófoliadék.

<sup>14</sup>  $E_{\text{mozgási}} = 1/2 mv^2$ ; a példában 1250 J

<sup>15</sup>  $E_{\text{helyzeti}} = mgh$ ; a példában 200 J

<sup>16</sup> Mégis érdekes, hogy milyen gyakran kerül alkalmazásra ez a módszer. Ez is azt igazolhatja, hogy a víz potenciális oltási képessége milyen alacsony fokon kerül kihasználásra.

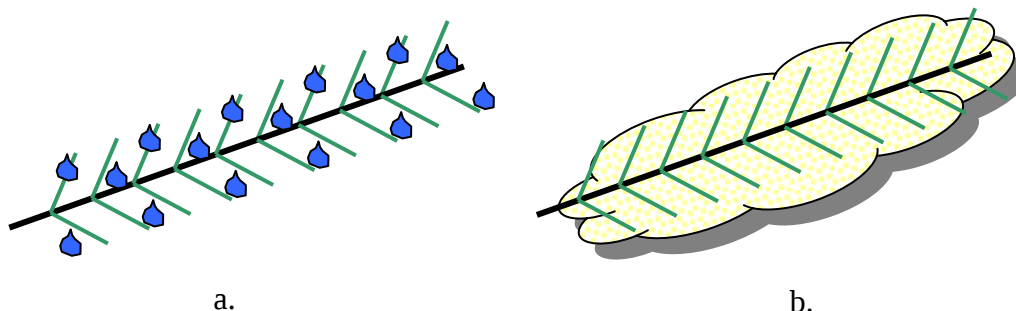


4. ábra A kibocsátott oltóvíz energia viszonyai. Szerkesztés: szerző

### Retardánsok

A víz oltóhatásának egy másik növelési módszere különböző adalékanyagok hozzáadásán alapszik. Az egyik a retardánsok alkalmazása, amellyel a kibocsátott vízmennyiség egyenletesebb eloszlását és kisebb szórási veszteséget lehet elérni (5.a. ábra). A vizsgálataim során az oltóanyag teljes mennyiségének potenciális energia viszonyait (hőelvonó képesség) vettem számba, ezért itt a retardánsok hatékonyságot növelő hatása irreleváns, további elemzést nem igényel.

### Habok



5. ábra Az oltóanyaggal kezelt minták elvi szemléltető rajza. Forrás: szerző

A víz oltóhatásának egy további növelési módszere a habképző anyagok alkalmazásán alapszik. Ezzel elérhető, hogy a vízzel azonos tömegű oldat azonos nagyságú felületre vonatkoztatva ne csak a víz (oldat) hőelvonó képességével számoljunk, de a habnál megjelenő egyéb előnyös oltóhatásokkal is.

A hab a fenyőlomb tűlevelein egy szigetelő réteget hoz létre (5.b. ábra), amely a vastagságtól függően jelentős védelmet nyújthat a hőszugárzás ellen. Ez olyan mértékben lassíthatja, vagy csökkentheti a hőterjedés folyamatát, hogy a lombozat már nem képes az égés láncreakciójához szükséges hőtermelést fenntartani, azaz megszűnik az égés. Méréseim és vizsgálataim alapján<sup>17</sup> a szigetelő hatásnak az optimalizálásával elérhető, hogy a víz oltóhatásának szélső értéke jelentősen kitolódjon, és elérje, illetve meghaladja a hatékony oltáshoz szükséges összetett oltóhatás mértékét.

<sup>17</sup> R-20F vizsgálati és R-10A mérési módszer.



6. ábra Légi tűzoltás habbal

A habképző anyagok alkalmazásának lehet egy másik célja is. Amennyiben nem kívánunk habot előállítani, a felületi feszültség csökkentésével növelhetjük a víz oltóhatását. Ez már nagyon kis habképző anyag ( $<1\%$ ) hozzáadásával is elérhető. A habok alkalmazásával a párolgási veszteség is alacsonyabb. A haboknál a vízkiválás természetes jelenség, azonban helyes tűzoltási taktikával „megelőzhető”, azaz a jól megválasztott kibocsátási hellyel a rövid „várakozási” idő miatt eltekinthetünk, vagy minimálisan vehetjük számításba.

A fentiek alapján a további vizsgálatok a hab hatékonyságának növelésére vonatkoznak, azok elméleti igazolását és gyakorlati megvalósításának módját tartalmazza.

## A HABBAL OLTÁS PROBLÉMAKÖRE

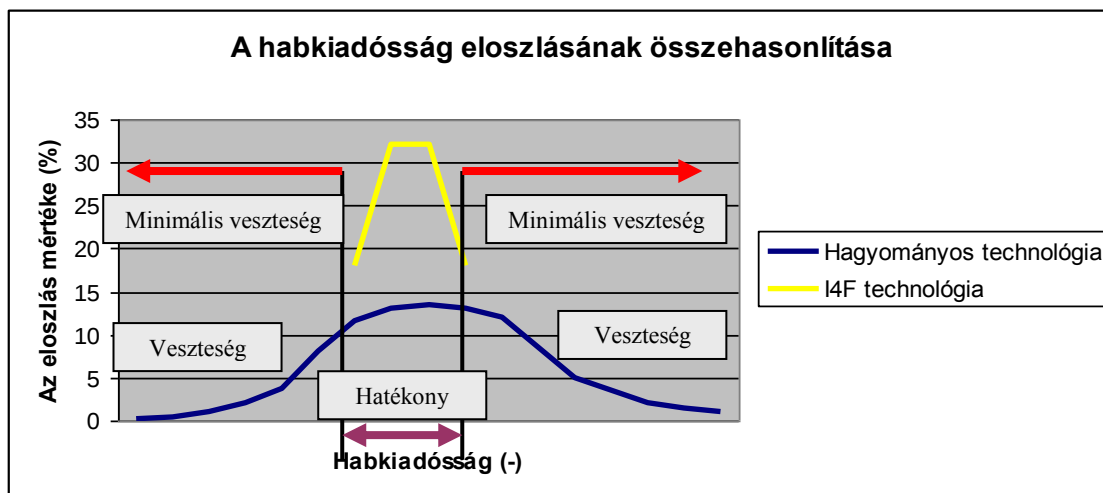
Általános esetben a tüzek oltására a korszerű habok alkalmazása nagyon hatékornak ítéltető. A víznek, a hozzáadott habképző anyag hatására kisebb felületi feszültsége lesz, így jobban és egyenletesebben képes a felületet takarni, un. nedvesítő hatása van. A hozzáadott mennyiség növelésével, ill. a kijuttató eszköztől függően, többnyire mechanikus ütköztetés által<sup>18</sup> különböző minőségű habot lehet előállítani.

A repülőgéppel történő tűzoltás során is találkozhatunk a habokkal, azonban hatékony alkalmazásuknak számos korlátja van. A jelenlegi módszer szerint a tartályban lévő vízmennyiséghez hozzáadagolják a habképző anyagot, majd az a kijuttatáskor egy rácson, vagy speciális hálón átáramolva, vagy csak a levegővel spontán ütközve felhabosodik. A külső függesztmények esetén a tartályok alá egy un. habzsákot csatolnak, amelynek eredményeként

<sup>18</sup> Habsugárcső, habágyú, habszita, stb. alkalmazásával.

a rajta keresztülamló oldat a levegővel keveredik és képez bizonytalan minőségű habot.

A habok alkalmazásának hatékonyságát számos tényező csökkenti, így az előállított hab heterogén minősége, az oldat bizonytalan és egyenetlen bekeverési aránya, a nem ideális kijuttatási sebesség, stb.



7. ábra A habkiadósság eloszlásának összehasonlítása hagyományos és I4F technológia esetén

A különböző minőségű habok keletkezésük után eltérő módon viselkednek (7. ábra). Az ún. könnyűhabok kategóriájába eső rész a helikopter forgószárny légárama, vagy esetleg a tűz által generált konvekció miatt el sem jut a kívánt felületre. A lombkorona felületére jutó mennyiség fajsúlytól függően viselkedik, a könnyebb részek a lombkorona felső részén megragadnak, a nehezebbek newton-i folyadékként viselkedve lefolynak.

Az oltás szempontjából az lenne a kívánatos, hogy a lombkorona teljes keresztmetszete a lehető legegyszerűsebben legyen habbal takarva. Ez utóbbi kíváncsalom teljesítését a növényzet véletlenszerű eloszlása miatt valószínűleg egyetlen technológia sem képes tökéletesen megoldani, ettől függetlenül az arányokon való javítás a hatékonyság jelentős növekedését jelentheti.

A hab hatékony oltásával szemben támasztott alapvető követelmények:

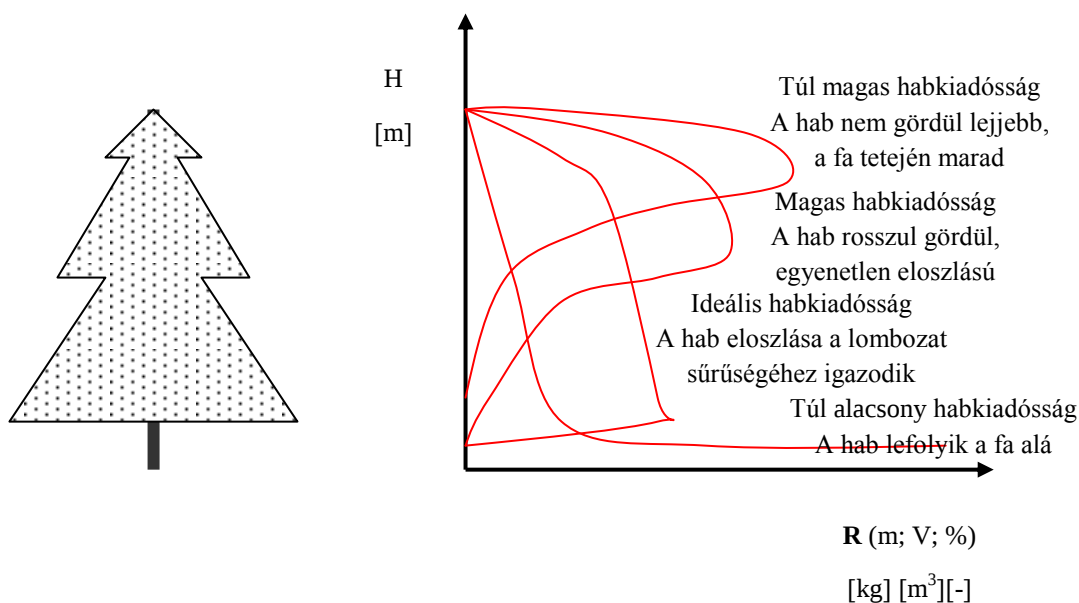
1. A felületre juttatott oltóanyag habkiadóssága képes legyen a lombkoronán megfelelő minőségben át-, ill. lecsorogni, de kellő takarást is biztosítani a lombkorona teljes keresztmetszetében.
2. Az egységnyi felületre kijuttatott mennyiség oltóhatása elegendő legyen a tűz továbbterjedésének megakadályozásához.
3. Az oltóanyag eredeti védőképessége (oldatkiválás) sokáig megmaradjon, illetve az csak lassan csökkenjen.

A fenti problémák összegzése:

1. Olyan habra van szükségünk, amely homogén minőségű, sűrűsége megfelelő ahhoz, hogy a hab kedvező szigetelő tulajdonságait megtartsa, de képes legyen a lombkoronán „lecsorogni” és annak teljes keresztmetszetében a kívánt ideig védelmet nyújtani.
2. A kívánt ideig történő megmaradás feltételét a speciálisan erdőtüzek oltására kifejleszt-

tett habok feltételezéseim, valamint a gyártók adatai alapján képesek teljesíteni<sup>19</sup>.

3. A homogén minőség előállítását a jelenlegi kijuttató módszerek és eszközök csak korlátozottan képesek biztosítani. Ez a habok potenciális oltóképességét csökkenti.
4. A hab kedvező tulajdonságainak megjelenése már viszonylag alacsony habkiadósság<sup>20</sup> esetén is bizonyos ideig fellelhetők.
5. Alacsony habkiadósság esetén a hab megőrzi a Newton-i folyadékokra jellemző folyékonyságát, gördülékenységét.



8. ábra A hab eloszlása különböző  $H_K$  habkiadósság esetén a fa magasságának függvényében  
Jelleggörbe. Forrás: szerző.

Az I4F technológia biztosítja, hogy a habkiadósság spektruma megfelelően szűk legyen. Ezáltal a 8. ábrán bemutatott grafikon alapján a túlságosan magas és túlságosan alacsony részek okozta jelentős veszteség minimálisra csökken.

A fentiek alapján megállapítható, hogy technológia szempontjából az I4F piaci versenytársának a hagyományos habbal oltást biztosító megoldások tekinthetők. Ez utóbbiak közé sorolható a piac kb. 90-95 %-át lefedő SEI Industry, amely a Magyarországon is alkalmazott ún. Bumbi Bucket vízhatlan zsákokat gyártja. A piac maradék részét 5-6 kisebb gyártó, manufaktúrális üzem termékei fedik le. Ezek közös jellemzője, hogy nagyon egyszerűek, gyakorlatilag olyan függeszmenyek, amelyek csak egy vízhatlan zsákból és egy csatlakozó elemből állnak.

## AZ I4F TECHNOLÓGIA

### Az instant habbal oltás módszerének adaptálása

Az instant habbal oltás módszere nem új keletű. Megtalálható a kézi habbal oltó készülékeknél, de magyar szabadalomként bejegyezve a szénhidrogén tároló tartályok tűzvédelménél

<sup>19</sup> Pl. PhosChek 881 WD

<sup>20</sup> Habkiadósság,  $H_{kmin} = 5 \div 6$

is<sup>21</sup>. Ez utóbbi szabadalom birtokosa írásbeli hozzájárulását adta a technológia erdőtüzek oltására történő adaptálásához, továbbfejlesztéséhez.

Meg kell jegyezni, hogy oltási képességeit tekintve az instant habbal, valamint a sűrített levegős (CAFS<sup>22</sup>) habbal történő oltás között nem teszünk lényegi különbséget. Ez utóbbi technológia egyik megvalósulási formájának<sup>23</sup> első hazai szakfordítását is jelen cikk szerzője végezte (Vergessen).



9. ábra Az IFEX technológia alkalmazása. Egyszerű és hatékony. Forrás: [www.ifex.hu](http://www.ifex.hu)

### Instant Foam for Fighting Forest Fires – az I4F technológia elve

Egy nyomástartó edényt (6. ábra), tartályt feltöltünk max. 4/5-öd részig vízzel, majd az előírt arányban hozzáadagoljuk a megfelelő mennyiségű habképző anyagot (0,1–6 %). Ezután egy speciális szivattyúval folyékony gázt táplálunk a tartályba mindaddig, amíg a nyomás el nem éri a technológia által megkívánt értéket. A gáz, az adagolás során jelentős mértékben elnyelődik az oldatban. Ezzel gyakorlatilag kész is az oltásra alkalmas instant haboldat.

Az oltás indítása a tartály szelepének teljes keresztmetszetű nyitásával történik. Utóbbi egy pillanat alatt szabaddá teszi az oldat útját, amely a csővezetéken keresztül történő áramlása során gyors nyomáscsökkenést szenved. Emiatt, az oldott gáz az oldatból felszabadul, és nagyon intenzíven felhabosítja azt. A folyamatosan felszabaduló gáz hatására a tartályban a nyomás csak lassan csökken, lehetővé téve a folyadék, illetve az instant hab folyamatos és nagy sebességű kiáramlását. A csővezeték végén elhelyezkedő sugárcső után a homogén minőségű instant hab nagy távolságra jut el, úgy áramlik ki, mintha kötött vízsugár lenne.

### Gyakorlati megvalósítás repülőgépekre

A repülőgépre szerelhető változat esetén a legkomolyabb elvi problémát a berendezés teljes, illetve hasznos tömege (szállítható oltóanyag) kedvező arányának biztosítása jelenti<sup>24</sup>. Napjainkban a hasznos tömegarány növelésének bevált módja, könnyű kompozit anyagból készült oltóanyag tároló tartály beépítése. Ez a költségeket jelentősen növeli, de a technológia hatékonysága miatt összességében mégiscsak előnyösebb és gazdaságossági szempontból is hatékonyabb megoldás.

<sup>21</sup> Dr. Szócs István, IFEX cégcsoport, Budapest

<sup>22</sup> CAFS – Compressed Air Foam System; Adaptálása légi tűzoltásra technikai problémák miatt nem lehetséges.

<sup>23</sup> Schmitz One Seven System

<sup>24</sup> A felszínre telepített változatoknál a tartály saját, valamint töltetének tömegaránya nem jelent problémát.

Az alkalmazni kívánt tartály üzemi nyomása kb. 15÷22 bar közötti, kb. 30 bar-nál nyitó biztonsági szeleppel, az előző nyomásértékekhez előírt szabványos, kb. 40÷45 bar-os próba- és az üzemítői- kb. négyszer nagyobb felhasadási nyomással.



10. ábra M-17 többcélú helikopter. Az I4F technológia alkalmazásának tervezett alaptípusa

A tartályhoz kapcsolódó csővezetéseket úgy tervezik meg (átmérő, hossz, anyagminőség, nyomásállóság), hogy az oltóhab kívánt fizikai és minőségi jellemzői biztosíthatóak legyenek. Az oltófolyadék kiáramlása taktikai megfontolások alapján határozzák meg. A kiáramlást biztosító csővezeték átmérőjének és hosszának, valamint ezek arányának elegendőnek kell lennie ahhoz, hogy az oldatból a gáz felszabaduljon és a kívánt minőségű instant hab a csővezeték végén kialakuljon. A kiáramlás jellemzőivel biztosítható a növényzet felületén a 15 kg/m<sup>2</sup> oltóanyag mennyiséget. Nagyobb repülési sebesség egységnyi idő alatt így nagyobb kiáramló oltóanyag sebességet kíván, és fordítva. A helikopterek esetében a kiáramló keresztmetszet azonos nyomásviszonyok esetén kisebb lehet, míg repülőgépeknél nagyobb. A repülési paraméterekhez igazított kiáramló keresztmetszet méreteit a megvalósítás során empirikus mérésekkel kívánjuk meghatározni.

A berendezéseknek meg kell felelniük továbbá a repülés biztonságát szavatoló ICAO előírásoknak is. Mivel a repülőgépeken és helikoptereken egyébként is vannak nyomástartó edények, szabványos rögzítő pontok és nyílások, ezért valójában csak a kialakítandó tartályt, valamint annak tartozékait kell az előírásoknak megfelelően elkészíttetni. A tervek alapján a rendszer dinamikus hatásainak minimálisra csökkentése érdekében a tartály rögzítését a helikopter súlypontjához közel, a helikopterek hajtóműveinek rögzítésére is szolgáló főtartóhoz kívánjuk rendelni.

A mintarendszer alaptípusként a Mi-17 többcélú helikopter alkalmazásával számol. Ezt olyan megfontolások indokolták, mint az elterjedtség, legyártott és alkalmazott darabszám, a kísérletekhez való hazai elérhetőség, stb. A mintarendszer összeállításához a következő berendezésekre van szükség:

- acél, majd kompozit anyagból készült nyomástartó edény, tartály (3000 l Mi-17);
- elektromos működtetésű szelep;
- csővezeték, kiegészítő szerelvények, nyomásmérők, szelepek, tartozékok;
- speciális sugárcső.

A megfelelő habminőség és sugárkép kialakításához a csővezeték, valamint a sugárcső formája, méretezése később kerül meghatározásra. Mivel részben rendelkezünk a felszíni telepítés és alkal-

mazás gyakorlati tapasztalataival, így a tervezésnek a jelenlegi fázisában ez utóbbiak nem jelentenek akadályt a megvalósításban. A kísérletek eredményei alapján ezekre spontán is születhet javaslat.

Tűzoltáskor, a minél gyorsabb fordulókörök megtétele, valamint a fölösleges idővesztés elkerülése érdekében célszerű a repülőgép tartályába már a kész instant habot beletölteni. Ez technikailag nem bonyolult, és jelenleg a következőképp tűnik a legegyszerűbbnek: egy gépjárműre vehető speciális konténerbe két olyan acéltartály kerül telepítésre, amelyek a hozzájuk kapcsolódó berendezésekkel a repülőgépek fordulókörrei alatt előre elkészíthetik az instant oltóhabot. Így a leszálló légijárműbe egy gyors rácsatlakozás után az előre elkészített instant hab nyomás alatt a szükséges mennyiségben áttölthető. Ennek végén a repülőgép felszállhat. Bár ez a megoldás logisztikai háttértámogatást igényel, jelentősen mégsem növeli a költségeket, hiszen az ilyen többlettámogatásra az eddigi hagyományos megoldásoknál is szükség volt, illetve van.

A fenti módszerrel a helikopterek felszállást követő gyorsítása – amennyiben nincs külső függesztmény – a légpárna hatás zónájában történhet, lehetővé téve a maximális terhelhetőség optimális kihasználását.

## ÖSSZEGZÉS

Az I4F technológia olyan új eljárást, amellyel a jelenlegi megoldásoknál jelentősen hatékonyabb oltási képességekre tehetünk szert. E módszer biztosítja, hogy a felületre kijuttatott oltóanyag a jelenleg elérhetőnél lényegesen nagyobb mennyiségű legyen, ami ezzel arányosan nagyobb hőelvonó képességet, sőt a homogén minőségű hab további előnyöket is biztosít, amely egyrészt a veszteségek jelentős csökkenésében, másrészt az R-20F vizsgálatok által igazoltan többlet oltóhatásban nyilvánul meg.

Az I4F technológia magyar szabadalom alapján továbbfejlesztett – várhatóan újabb szabadalom bejelentésével záruló – megoldás, amely a globális klímaváltozás okozta szélsőségek egyik megnyilvánulására, a nagy kiterjedésű intenzív erdőtüzek hatékony oltására kíván megoldást nyújtani.

## FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] CSONTOS, Péter (et.al.): Feketefenyveseink kutatása, Tanulmány, MTA-ELTE Elméleti Biológiai és Ökológiai Kutatócsoport, Budapest, 2007.
- [2] NAGY Dániel: A közvetlen taktika korlátainak fizikai/égéseméleti háttere. Védelem, XIV évfolyam 6. szám, 7-9 oldal, Budapest, 2007, ISSN 1218-2958.
- [3] RESTÁS Ágoston: Az erdőtüzek légi felderítésének és oltásának kutatás-fejlesztése. Ph.D. értekezés. ZMNE 2008.
- [4] JAMBRIK Rudolf: Légi támogatás nélkül nehéz lett volna, Védelem, XIV. Évfolyam 6. szám, 51-53 oldal, Budapest, 2007, ISSN: 1218-2958
- [5] RESTÁS Ágoston: Vergessen Sie alles was Sie bisher über Schaum gehört haben – Felejtse el mindent, amit eddig az oltóhabról hallott; Fordítás-kézirat, BM Katasztrófavédelmi Oktatási Központ, Tűzoltó Szakkönyvtár, 1998, Budapest