

SLÄCKMEDELSTILLSATSER FÖR SKOGSBRANDBEKÄMPNING

RAPPORT RÄDDNINGSTJÄNSTAVDELNINGEN R53-119/95



**RÄDDNINGSGS
VERKET**

SLÄCKMEDELSTILLSATSER FÖR SKOGSBRANDBEKÄMPNING

Författare: Anne Rosvall
Anja Andersson

Bearbetad version av examensarbete vid Högskolan i Karlstad
Räddningsverkets kontaktperson: Leif Sandahl

Författarna svarar för innehållet i rapporten

1995 Statens räddningsverk, Karlstad
Räddningstjänstavdelningen, Metod och teknik

ISBN-nummer 91-972023-8-X
Beställningsnummer R53-119/95
1995 års utgåva

Abstract

In our study we have been doing a research about the four most commonly used types of additives for forest fire fighting, that is foam, retardent, wet water and viscous water. Out of these four foam and retardent are the ones that are mainly used today.

Foam contains a surfactant, a detergent, a stabilizer and a corrosion inhibitor. By changing the concentration of the foam solution one can have the foam that is needed for the specific type of forest fire. One can also change the characteristic of the foam by using different kinds of equipment. Research about foams are made, and new foams reach the market, continuously. We have made a limitation in our paper to the products approved today by USDA (United States Department of Agriculture).

Retardents contain mainly ammonium phosphate and ammonium sulfate as well as a corrosion inhibitor, a stabilizer, a thickener and in some cases colour. Retardents react through a chemical reaction with the fuel, and prevent the fire from spreading any further.

The retardents and foams does not show any environmental effects at normal use. Retardents and foams can be applied from the ground or the air, depending on the different kinds of vegetation and the availability of equipment.

The combination of foam and retardent have shown the best results in the efficiency tests. This combinations makes use of the advantage of the foam's initial extinguishing effect and the retardent's long lasting effect.

When choosing which additiv to use one should have in mind some important facts, that is:

- the properties of the additive
- the environmental effect of the additive
- the cost of the additive
- the appliability of the additiv

We will with this paper point out the most common additives used today, and their properties.

Innehållsförteckning

	Sidan
1. Inledning	7
2. De fyra typerna av släckmedelstillsatser	8
2.1 Visköst vatten eller vattengel	8
2.2 Vått vatten	9
2.3 Retardenter	9
2.4 Skum	10
3. Släckmedel och släckmedelsförsäljare	14
4. Släckmedlens produkttegenskaper	15
4.1 Färg	15
4.2 Viskositet	16
4.3 Korrosion	18
4.4 Blandningsförhållande	19
4.5 Lagringsförhållande	19
4.6 pH	20
4.7 Ytspänning	20
4.8 Övrigt	21
5. Släckeffekter	21
6. Kostnadsanalys	26
7. Miljökrav	28
8. Lagen om kemiska produkter	28
9. Hälsorisker	29
10. Miljöeffekter	29
10.1 Retardenters miljöpåverkan	30
10.2 Skums miljöpåverkan	31
11. Utrustning	33
12. Flygplan och helikoptrar	34
Ordförklaring	35
Källförteckning	36

Bilaga 1. Korrosionskrav ställda på brandbekämpningsmedel för skogsbrand

Bilaga 2. USDA:s test för produkter som släpps på marknaden

Bilaga 3. Toxicitetskrav för släckmedelskoncentrat

Bilaga 4. Akut fisktoxicitet orsakad av retardenter och skum

Bilaga 5. Bionedbrytbarhet

Sammanfattning

Vi har i detta arbete tagit upp släckmedelstillsatserna som används för skogsbrandssläckning idag, nämligen visköst vatten, vått vatten, retardenter och skum. Av dessa fyra används retardenter och skum i stor skala, medan visköst vatten och vått vatten minskar i betydelse. (Kap.2)

Produktegenskaperna som är av betydelse för uppdelning och rangordning av de olika släckmedlen är: färg, viskositet, korrosion, blandningsförhållande, lagringsförhållande, pH och ytspänning. (Kap.3-4) En viss förståelse av produktens egenskaper krävs vid val av släckmedel.

Effektstudier av släckmedelstillsatser visar att skum kombinerat med en retardent har den bästa släckeffekten. I denna kombination förenas skummets goda initiala släckeffekt med retardenternas långtidsverkan. (Kap.5)

På grund av mångfald parametrar som bör tas i beaktande vid varje brandsituation är det svårt att upprätta en kostnadsanalys för släckmedelstillsatserna. Vi har dock utfört en approximativ kostnadsanalys där vi har jämfört skum och vatten vid applicering från helikopter. (Kap.6)

Släckmedelstillsatsernas miljö- och hälsoeffekter har studerats noga i USA under de senaste fem åren. Man har i rapporter kunnat konstatera att hälsoeffekterna är ringa, men att miljöeffekterna varierar stort mellan släckmedlen. (Kap.7-10)

Utrustning för applicering av släckmedelstillsatserna finns i olika framföranden och prisklasser. Beroende på valet av släckmedel tillkommer en specifik utrustning eller delar av utrustning, som går att kombinera med befintlig dito. (Kap.11)

Vid brandsläckningsarbetet används ofta helikoptrar och flygplan. Fördelen med dessa är att de kan släcka bränder i otillgänglig terräng, och att de kan förflyttas långa sträckor på kort tid. (Kap.12)

Vi hoppas att vi genom denna uppsats har kunnat belysa de mest använda släckmedelstillsatserna och deras egenskaper.

1. Inledning

Vi vill med detta examensarbete belysa egenskaper hos tillsatser i släckningsmedel för skogsbrand. Kunskapen på detta område i Sverige var liten, om inte obefintlig, då vi började vår undersökning i februari 1995. Utgående från Räddningsverkets frågeställningar har vi satt upp följande mål för vårt examensarbete:

- att ta fram uppgifter om släckeffekter av olika släckmedelstillsatser
- att göra en kostnadsanalys och jämförelse av olika släckmedelstillsatser
- att utreda konsekvenserna för miljön vid användandet av släckmedelstillsatser
- att ta reda på vilka släckmedel som finns och hur dessa används vid skogsbrandssläckning

Vårt arbete har i huvudsak inneburit ett omfattande informationssökande utomlands, främst i USA, Kanada, Australien, Nya Zeeland och de sydeuropeiska länderna, eftersom dessa länder har stor erfarenhet av släckmedelstillsatser.

Idag finns fyra typer av släckmedelstillsatser nämligen visköst vatten, vått vatten, retardenter och skum. Av dessa fyra används skum och retardenter mest idag. Forskning och undersökning kring skums och retardenters effekter och miljöpåverkan har bara bedrivits sedan ca. 10 år tillbaka. P.g.a. detta har vi endast ett fåtal rapporter att referera till inom de här områdena, men under de kommande fem åren kan man förvänta sig ett antal nya undersökningar.

Idag pågår ett frenetiskt arbete kring släckmedelstillsatser för skogsbrand runt omkring i världen. Producenterna av släckmedel förbättrar sina produkter fortlöpande, organisationer och myndigheter upprättar nya standard och lagar för släckmedel och forskninginstitut och universitet utför undersökningar av släckmedlens egenskaper.

Vi tycker det har varit roligt att arbeta med ett ämne som är så högaktuellt som tillsatser i släckningsmedel för skogsbrand. Vi har knutit många intressanta kontakter inom skogsbrandsläckningsområdet runt omkring i världen, som vi hoppas att Räddningsverket i Karlstad kan ha nytta av även i fortsättningen. Vi hoppas också att detta examensarbete kan belysa de frågeställningar vi fick som uppgift att utreda, av Räddningsverket.

2. De fyra typerna av släckmedelstillsatser

I alla tider har vatten använts för att släcka skogsbrand. I ogänglig terräng kan det dock vara svårt att finna och föra fram vatten. Därför har man börjat utveckla nya metoder för att utnyttja den tillgängliga vattenmängden effektivare. Genom att tillsätta kemikalier i släckvattnet kan man enligt undersökningar som diskuteras nedan, öka vattnets släckeffekt med över 20 %.

Krav som ställs på tillsatser, även kallat additiv, är följande:

De skall stoppa elden.

De skall bilda en effektiv barriär i eldens spridningsriktning.

De skall ge brandsläckningspersonalen en möjlighet att stoppa elden lätt och säkert.

De skall vara applicerbara i alla typer av vegetation.

Deras randutrustning skall gå att basera på befintlig brandsläckningsutrustning.

De skall kunna nyttja tillgänglig vattenmängd mer ekonomiskt.

Behandlad areal skall lätt kunna urskiljas.

Det finns fyra olika typer av additiv nämligen, visköst vatten, vått vatten, retardenter och skum. Nedan följer en redogörelse över dessa.

2.1 Visköst vatten eller vattengel

Visköst vatten (viscous agents, viscous water, thickened water), även kallat vattengel (water gel), utvecklades och användes till största del under 1950- och 1960-talet. Ämnena som används för att tillverka visköst vatten är, olika salter, CMC (natriumcarboxymethylcellulosa), organiska polymerer, ammonium pectat, alginatgeler, lera mm. Fördelarna med visköst vatten framför vanligt vatten är att visköst vatten håller ihop vattendropparna och bildar därmed en hinna på bränslet i motsats till vanliga vattendroppar som på grund av sin polaritet rinner av bränslet (när vi talar om bränsle avser vi brännbar skogsvegetation). Visköst vatten har inga dimmeffekter såsom vanligt vatten. Vid applicering av visköst vatten har man därför fördelen att inte få synfältet skynt av vattenånga eller -strålar. Användning av visköst vatten ger också mindre vattensador än användning av rent vatten, då man skyddar hus, telefonstolpar o.dyl.

Nackdelarna med visköst vatten är att det lägger sig på bränslet och kväver branden, men det tränger inte in i bränslet som bl.a. vatten och övriga additiv gör.

Visköst vatten kan också utgöra en stor risk för brandsläckningsmanskaper p.g.a. sina hala egenskaper.

Visköst vatten är också känsligt för yttre störningar. Bakteriel- eller kemisk-kontamination samt variationer i vattentemperaturen kan förorsaka variationer i viskositeten.

Visköst vatten går inte heller att bereda långt i förväg just p.g.a. sina viskösa egenskaper. Ifall reaktionen har hunnit gå för långt stelnar nämligen vattnet i blandningkärlet, och är svårt eller omöjligt att applicera.

2.2 Vått vatten

Vått vatten (wetting agent, wet water) är vatten som p.g.a. tillsats av ett s.k. vätningsmedel har en minskad ytspänning och en förbättrad spridningsförmåga. Den minskade ytspänningen ger upphov till att vattnet kan brytas ner i fina partiklar som sedan lättare tränger in i bränslet. Vått vatten används till stor del vid eftersläckningen (mop-up), och då i all synnerhet punktvis på ställen där brandhårdar kan finnas kvar i bl.a. högar av förkolnat bränsle, stubbar, stockar, och lövhögar. Det är viktigt att vått vatten i dessa situationer appliceras heltäckande över bränslet, så att syre inte kan tränga in i bränslet och starta upp branden igen. Vått vatten har tre gånger högre effekt än rent vatten vid släckning av skogsbrand. Vått vatten har funnits tillgängligt sedan tiderna efter andra världskriget.

2.3 Retardenter

Retardenter (retardents), fungerar som inhibitorer m.a.o. hindrar de brandförloppet. Alla additiv kallas numera i dagligt tal retardenter, eftersom dessa på ett eller annat sätt hindrar brandförloppet, antingen genom att släcka branden eller genom att hindra brandens ytterligare spridning. I vårt arbete ansluter vi oss dock till den allmänt vedertagna definitionen att retardenter är de långtidsverkande kemikalierna, som appliceras framför brandfronten för att hindra brandens fortsatta spridning.

Retardenternas verkningstid varierar från 30 min ända upp till flera timmar. Retardenterna fungerar genom att reagera med brandprodukterna så att branden inte ytterligare sprids. Retardenterna bildar också en glansig yta som kyler och förhindrar syretillförseln till bränslet.

De två huvudbeståndsdelarna i retardenterna är ammoniumfosfat och ammoniumsulfat, som även allmänt används som konstgödsel inom lantbruket. Ammoniumfosfat är ungefär 1.5 gånger effektivare än ammoniumsulfat.

Detta beror främst på att fosfater har en effekt både på flam- och glödinitieringen, medan sulfater endast påverkar flaminieringen. Retardenternas effektivitet är direkt beroende av mängden kemikalie per areaenhet. För att öka mängden kemikalie per areaenhet kan man höja koncentrationen, men man kan också tillsätta ett industriellt tillverkat förtjockningsmedel eller gummi ex. CMC, guar gum eller lera, som ger ett tjockare täcke istället för bara en tunn film. Övriga tillsatser förutom ammoniumfosfat, ammoniumsulfat och förtjockningsmedel i de långtidsverkande släckmedlen är färg (järnoxid och flyktig färg - m.a.o. färg som försvinner då den exponeras i ljus), korrosionsinhibitor, stabiliserare samt baktericider, d.v.s. bakteriehämmande medel.

Fördelar med retardenter är:

- att inget fysiskt handhavande av oförtjockade retardenter krävs
- att retardenterna inte behöver lagras färdigutblandade
- att lösningen är stabil, m.a.o. ingen utfällning förekommer
- att lösningen endast fryser vid extremt låga temperaturer
- att retardenten kan blandas och appliceras samtidigt
- att samma ämne kan användas både vid applicering från luft och på marken

Nackdelar med retardenter är:

- att retardenterna i vissa fall är korrosiva
- att kostnaderna kan bli höga ifall man måste inhandla mobila tankar

2.4 Skum

Skum är det vanligaste släckningsmedlet idag, därför har vi valt att behandla det lite utförligare än de övriga släckmedlen. Skum har funnits sedan 1930-talet, men först under de senaste tjugo åren har skum fått ett ordentligt uppsving, och man forskar alltmer i skum.

Det finns fyra olika typer av skum med följande beteckningar och verkningsområden:

Klass A - trä- och cellulosamaterial

Klass B - flambenägna lösningar

Klass C - elektrisk utrustning

Klass D - flambenägna metaller

I vårt arbete behandlar vi enbart klass A skum, eftersom detta är det aktuella skummet vid skogsbrandbekämpning. Fortsättningsvis kommer vi att använda oss av benämningen skum då vi talar om klass A skum.

Skum är ett kvävmedel (suppressant). Ett kvävmedel kväver branden aktivt, medan en retardent enbart hindrar brandförloppet. Av detta kan man också dra slutsatsen att skum lämpar sig att appliceras direkt på branden, men den används också i förebyggande syfte bl.a. vid upprättande av brandgator.

Då skum används vid upprättande av brandgator bör det appliceras minst 5 min eller högst 60 min innan brandfronten når fram. Tidsskillnaden är beroende på verkningstiden på skummet som används. Skum delas in i lång- och korttidsverkande beroende på den tid det tar för skummet att brytas ner. Det finns dock ingen standard på var gränsen mellan dessa två dras tidsmässigt.

Definitionen av skum är: en luftad lösning som tillverkats genom att påtvinga luft, i en vattenlösning innehållande skumkoncentrat, med hjälp av specialutrustning eller genom att spruta den i en kaskad genom luften. Detta förfarande genererar sammanfogade bubblor, som har lägre densitet än vatten.

<p>Skumkoncentrat = Hanteringsform vid transport och försäljning Skumlösning = Skumkoncentrat löst i vatten Skum = Expanderad skumlösning</p>
--

De korttidsverkande skummen består av relativt stora bubblor, medan de långtidsverkande skummen innehåller små bubblor. Bubblornas storlek står i direkt relation till verkningstiden. De långtidsverkande skummens små bubblor växer allt eftersom värmen eller gravitationskraften ökar för att till slut spricka och släppa ifrån sig det inkapslade vattnet. Genom att tillsätta ett vätningsmedel i skummet kan man få det att tränga in i bränslet på samma sätt som vått vatten. Se vidare under stycket vått vatten.

Förutom vätningsmedlet, även kallat ytaktivt ämne (surfactant), innehåller skumkoncentratet oftast också skumbildande medel, en stabiliserare och en korrosionsinhibitor.

Fördelarna med skum är:

- att skum fäster vid bränslet
- att skum ger en bättre vattenekonomi, eftersom det hindrar vattnet från att dräneras direkt

- att skum fungerar som en termisk barriär, genom att absorbera strålningsvärmens som uppstår och utnyttja denna energi till att avdunsta vattnet i skummet istället för att underhålla branden samt att den ogenomskinliga vita ytan reflekterar värme bort från bränslet
- att skum kväver branden genom att hindra syret från att nå bränslet
- att skum kan förhindra brandförloppet
- att skum kan kvarhålla och långsamt frigöra vatten
- att det frigjorda vattnet har en vätande karaktär och tränger in i bränslet
- att skum är vitt och därmed synligt
- att skum kan appliceras från luften och på marken
- att skum är lågkorrosivt
- att skum kan ersättas och varieras med vatten, skum och vått vatten vid användningen
- att skum går att använda till alla typer av vegetation
- att skum går att applicera på vertikala ytor

Nackdelarna med skum är:

- att effekterna av skumanvändningen är beroende av yttre faktorer, som temperatur, bränslemängd, vindhastighet etc.
- att skum kan ha negativa miljökonsekvenser, ifall stora mängder tillförs på liten yta
- att skum förkortar läderskodons och övriga läderprodukters livslängd
- att skum kan irritera hud och ögon
- att skum har en korroderande inverkan på en del metaller och därigenom påskyndar åldrandet av takbeläggning o.dyl.

Skummets expansion bestäms bl.a. av mängden koncentrat som används, blandningsproportionerna, åldern på koncentratet och metoden som används för att producera skum. Expansionsförhållandet betecknar förhållandet mellan den mängd skum som produceras och mängden skumlösning som åtgår för att tillverka skummet.

Expansionsförhållandet 10 till 1 betyder alltså att en 1 %-ig lösning bildar skum som till 90 % är luft, 9,9 % vatten och 0,1 % skumkoncentrat (100 % skum och 9,9 % + 0,1 % = 10 % skumlösning därav, 10:1).

Expansionsförhållandena brukar delas in i tre intervall:

Låg expansion	1:1	till	20:1
Medel expansion	20:1	till	200:1
Hög expansion	200:1	till	1 000:1

Lågexpansionsskummen har flest användningsområden, och är det vanligaste p.g.a. sin stora räckvidd. Den stora räckvidden beror på det ringa luftmotståndet som är en följd av den låga expansionen.

Medelexpansionsskum används främst för att lägga barriärer, skydda egendom samt i eftersläckningsarbetet.

Högexpansionsskummet är mest effektivt då det gäller att lägga barriärer vid högreaktiva bränslen och då man vill skydda höga träd samt vertikala ytor.

Det finns fyra olika skumtyper. Dessa lågexpansionsskum karakteriseras av ett specifikt expansionsförhållande och en specifik torktid. De fyra olika skumtyperna är:

Expansionsförhållande		Torktid
1:1	Skumlösning (foam solution, 0,1 - 0,3 %) - en klar till mjölkaktig lösning - saknar bubblor i strukturen - innehåller mest vatten	Snabb
	Vått skum (wet foam, 0,3 %) - vattnig - små och stora bubblor - saknar fast skumkropp	Snabb
	Flytande skum (fluid foam, 0,5 %) - påminner om vattnigt rakskum - medelstora till stora bubblor - flyter ut lätt	Måttlig
20:1	Torrt skum (dry foam, 0,8 - 1,0 %) - påminner om rakskum - medelstora till stora bubblor - innehåller till största del luft - fäster på vertikala ytor	Långsam

Skumlösning och vått skum har enligt ovanstående alltså en snabb vätande inverkan på bränslet, medan flytande skum och torrt skum lägger sig ovanpå bränslet och dräneras så småningom, för att på så sätt kyla bränslet under en längre tid. De olika ämnena används vid olika tillfällen, vilket kan jämföras med expansionsförhållandena och appliceringsmöjligheterna ovan.

3. Släckmedel och släckmedelsförsäljare

Det finns sju stycken stora försäljare av släckmedel för skogsbrand i den industriella världen. Dessa sju är godkända försäljare/producenter enligt amerikanska, kanadensiska och australiensiska standard inom området ex. Interim Specifications for Foam Concentrates and Water Solutions, Standard 298, Foam Metering System etc. De flesta av företagen har kontor eller agenter i ett antal stora av skogsbrand utsatta länder ex. USA, Canada, Australien, Nya Zeeland, Frankrike, Spanien, England, Tyskland och Norge. Några mindre företag förutom dessa sju stora, finns i Europa, men vi har valt att främst behandla dessa sju.

<u>Företag</u>	<u>Släckmedel/Produkter</u>
Angus Fire Armour	ForExpan S (skum)
Ansul Fire Protection/Wormald Fire System	Silv-Ex (skum)
Chemonics Industries	Fire-Trol Skum: - Firefoam 103, 103 B, 104 - Durafoam Retardenter: - GTS-R - LCA-R och LCG-R - LCA-F och LCG-F
Monsanto Wildfire Control	Phos-Chek Skum: - WD-861 och WD-881 Retardenter: - G-75 F och G-75 R - D-75 F och D-75 R - 259 F, GW, GWX och GF - AF
Texas Dept. of Corrections	Fire Quench (skum)
Unified Industries/Pyrocap International Corp.	Pyrocap B-136
3 M Fire Protection Systems	3 M brand Fire-Brake Bushfire Fighting Foam (skum)

F, R och W efter namnen eller numren på produkterna avser retardenternas färg. F betyder fugitive m.a.o. att färgen försvinner en viss tid efter applicering, tiden varierar beroende på produkt. R betyder red m.a.o. röd. W står i sin tur för färglös. Retardenternas färg varierar från röd och rödbrun via orange till färglös.

Vad är det då som skiljer dessa ämnen från varandra ? Nedan jämför vi produkterna med hänsyn tagen till de likheter och olikheter produkterna uppvisar.

4. Släckmedlens produkttegenskaper

4.1 Färg

Alla de ovan nämnda företagen har en egen färg på de olika retardenterna och skummen. Färgen som används är inte av så stor betydelse, huvudsaken är ifall färg används eller inte, detta gäller i all synnerhet retardenterna. En tumregel i detta sammanhang är, att färg används i de fall då det är viktigt att se var retardenterna (för skummen syns ändå p.g.a. sin karraktär) har applicerats. I närheten av samhällen, och då brandaktionen har en bredare publik, än bara de som släcker, brukar man dock använda färglösa retardenter eller retardenter som mister sin färg vid appliceringen (fugitive).

<u>Företag</u>	<u>Produkt</u>	<u>Färg</u>
Angus Fire Armour	ForExpan S	-
Ansul Fire Protection/Wormald Fire System	Silv-Ex	Lösning: Klar, ljusgul
Chemonics Industries	Fire-Trol - 103, 103 B och 104 - Durafoam - GTS-R - LCA-R och LCG-R - LCA-F och LCG-F	- Mörk Röd Röd Koncentratet: Magenta Lösningen: Rosa

Monsanto Wildfire Control	Phos-Chek	
	- WD-881	Lösning: Brun-orange
	- WD-861	Lösning: Kornbrun
	- G-75 F och G-75 W	Koncentratet: Orange eller Färglös
	- D-75 F och D-75 R	Koncentratet: Orange Lösningen: Jordfärgad eller Röd
	- 259 F, GF	Röd
	- GWX, GW	Färglös
	- AF	-
Texas Dept. of Corrections	Fire Quench	-
United Industries/Pyrocap International Corp.	Pyrocap B-136	Mörkt röd-brun
3 M Fire Protection Systems	3 M brand Fire- Brake Bushfire Fighting Foam	-
Streck efter produktnamn anger att produktinformation inte funnits tillgänglig.		

4.2 Viskositet

Alla retardenter främst, men även skum, innehåller en viss mängd viskositets-höjande medel. Av dessa medel bör främst framhållas guar gum och attapulgit-lera, som är de mest använda. Guar gum har enligt en undersökning, "Air Attack: Retardents, Rheology and Some New Options" av H.L. Vandersall, visat sig ha en bättre släcke-effekt av dessa två. Detta beror på att gummi-tillsatsen håller ihop vattendropparna effektivare än lera. M.a.o. ifall yttre krafter ex. jordens dragningskraft, vindeffekten och fallrörelsen strävar efter att splittra vattenmassan som fälls ex. från helikopter så sammanförs massan igen vid nedslaget. Detta leder till att dessa medel har en bättre kvävande effekt och appliceras jämnare än rent vatten eller vatten med lertillsats.

Viskositet delas oftast in i fyra olika klasser:

Viskositetsklass	Viskositet (cps)	
Viskositet likt vatten		< 60
Låg viskositet	> 60 men	< 250
Medel viskositet	> 250 men	< 1000
Hög viskositet		> 1000

Valet av viskositet på retardenten är beroende på i vilken situation den skall användas. Följande förslag har upprättats för att visa vilken viskositetsklass som är mest lämpad för olika typer av användningsområden och vegetation.

Viskositet likt den för vatten, lämpar sig bäst för:

- jämn terräng
- små höjdskillnader
- svag vind
- långsamt framskridande brand
- små mängder bränsle
- brand på tundra och i torv
- vid eftersläckningen

Lågviskositet lämpar sig bäst för:

- jämn terräng
 - små höjdskillnader
 - svag vind
 - brand i lågvuxen vegetation
 - medelmåttiga mängder bränsle
 - blandat bränsle ex. gräs, buskar, löv
 - speciellt bra lämpat för olika typer av gräs.
- bör beaktas som ett alternativ till helt viskositetlöst.

Medelviskositet lämpar sig bäst för:

- varierande terräng
 - större höjdskillnader
 - medelmåttig till hård vind
 - brand i högvuxen vegetation
 - stora mängder bränsle
- bör beaktas som alternativ till högvisköst.

- Högviskositet lämpar sig bäst för:
- extrema förhållanden då det gäller:
 - terräng
 - höjdskillnader
 - vind
 - brandintensitet, samt bränsle

Den största fördelen hos en retardent som är viskös framför rent vatten, är alltså den sammanhållande effekten som gör att man kan applicera en retardent mer exakt där man vill ha den utan att den rinner av eller dunstar för snabbt. Retardenten fördelar sig som sagt jämnare än vatten, och med hjälp av en retardent kan man också centrera en större mängd vatten på en liten areal, och på det här sättet förlänga verkningstiden i jämförelse med vatten.

Företag	Produkt	Viskositet i <u>bruksfärdig lösning</u>
Chemonics Industries	Fire-Trol	
	- GTS-R	1200-1800
	- LCA-R och LCG-R	< 50
	- LCA-F och LCG-F	< 50
Monsanto Wildfire Control	Phos-Chek	
	- G-75 F och G-75 W	50-150
	- D-75 F och D-75 R	1200-1800
	- 259 F, GW, GF	låg viskositet
	- GWX	vattenlik viskositet
	- AF	hög viskositet

Skummens viskositet är inte av lika stor betydelse vid val av produkt, därför har vi valt att i detta stycke främst behandla retardenternas viskositet. (Skummens viskositet ligger oftast kring 50 cps, men viskositeter ända upp till 450 cps kan förekomma, beroende på temperatur, salthalt och vattenhårdhet.)

4.3 Korrosion

Flera av skummen och retardenterna har en korroderande inverkan på metaller, men genom tillsatts av ett korrosionshämmande medel kan denna

påverkan begränsas till nivåer under det tillåtna. Gränsvärdena som här avses är de av USDA (United States Department of Agriculture) uppsatta. Värdena är standarder för brandsläckningsmedel idag. Samtliga produkter vi tar upp i arbetet är godkända i USDA:s korrosionstest för 2024-T3 Aluminium, 4130 Stål och Gul mässing. Däremot är retardenterna inte godkända för applicering från helikopter med fast tank, på grund av USDA:s korrosionstest för AZ-31-B Magnesium, undantaget utgör Phos-Chek 259.

Skummen kan appliceras både från luften och från marken. Av skummen vi har behandlat är Fire-Trol Fire Foam 103, Phos-Chek WD 881 och Fire Quench de enda som är godkända för applicering från helikopter med fast tank. Applicering från marken, och från luften ur behållare (bucket) är godkänt för samtliga medel. De av USDA uppsatta gränsvärdena på maximal korrosion återfinns i bilaga 1.

4.4 Blandningsförhållande

Blandningsförhållandet, koncentrat-vatten, varierar beroende på produkt-egenskaperna, men för retardenterna gäller en tillsats på 0.12 till 0.2 kilo/liter vatten.

Skummens blandningsförhållande är beroende av vilken appliceringsmetod som används, tumregeln här är:

Pumpsystem och brandslangar	0.1 till 0.5 %
CAFS (Compressed Air Foam System)	0.1 till 0.3 %
Helikoptrar/ Fasta tankar	0.2 till 0.5 %
Helikoptrar/ Behållare	0.2 till 0.5 %
Flygplan	0.5 till 0.6 %

(% avser tillsatt mängd koncentrat/mängd vatten)

4.5 Lagringsförhållande

Temperaturen har en stor betydelse både när det gäller skum och retardenter. Temperaturskillnaden påverkar, som vi redan nämnt, retardenternas viskositet, men temperaturen kan också spela en stor roll när det gäller skum.

Minusgrader medför att vatten fryser och p.g.a. att skummen till största delen består av vatten, fryser även dessa. Alla produkters skumlösningar går att

använda trots att de frusit, undantag utgör Silv-Ex i vilket en viss utfällning förekommer.

Nedan en tabell över produkternas fryspunkter:

<u>Företag</u>	<u>Produkt</u>	<u>Temperatur C° i brukslösningen</u>
Angus Fire Armour	ForExpan S	-15
Ansul Fire Protection/ Wormald Fire Systems	Silv-Ex	-7
Chemonics Industries	Fire-Trol - 103, 103 B - 104 - Durafoam	- tål extrem köld -7
Monsanto Wildfire Control	Phos-Chek -WD-881 och WD-861	-
Texas Dept. of Corrections	Fire Quench	-
Unified Industries/ Pyrocap International Corp.	Pyrocap B-136	-10
3 M Fire Protection Systems	3 M brand Fire-Brake Bushfire Fighting Foam	-
Strecken betecknar att produktinformation inte funnits tillgänglig.		

4.6. pH

pH-värdet för de olika skummen varierar från 7.0 till 8.0, enda undantaget är Chemonic Industries produkter 103,103 B och 104 som har ett pH från 9.0 till 9.5.

4.7 Ytspänning

Som vi redan nämnt i introduktionen för skum innehåller dessa ett s.k. ytaktivt ämne eller vätningsmedel (surfactant). Ytspänning hos vatten uppstår p.g.a. att vatten är polärt. Vid kontakt mellan flera vattenmolekyler stävar dessa efter att hålla ihop. På det här viset uppstår ett "täcke" av vattenmolekyler som ger

upphov till ytspänningen. Det ytaktiva medlet tar sig emellan vattenmolekylerna och bryter ytspänningen. En låg ytspänning ger vattnet egenskaper som gör att det lättare tränger in i bränslet och att det sprider sig över en större yta.

Följande förhållande mellan blandningstal och ytspänning, gäller för de flesta skummen:

Skumkoncentrat (%)	Ytspänning (dyn/ cm)
0.00	73.0
0.01	43.6
0.10	23.4
0.30	22.3
0.50	22.4

För lösning med större blandning än 0.5 % ökar ytspänningen.

4.8 Övrigt

I alla skumlösningar sker en sedimentering och utfällning som är mindre än 0.05 %. Detta är så marginellt att det inte påverkar skumbildningen på något nämnvärt sett.

Alla skumlösningar är blandningsbara i färskt, bräckt eller salt vatten. Färskt vatten är dock att föredra, eftersom blandning i detta ger bäst resultat.

5. Släckeffekter

Först år 1989 väcktes det *stora* intresset för alternativa brandsläckningsmedel, m.a.o. additiv av olika slag. Sedan dess har undersökningar genomförts för att belysa korrosion, ytspänning, miljöpåverkan, alternativa användningsområden etc. Väldigt få studier har syftat till att utreda de olika produkternas effekter på brandförloppet. Detta beror främst på att det finns så många olika parametrar, som bör tas i beaktande vid släckning av en skogsbrand. Dessa parametrar utgörs av luftfuktighet, vegetationstyp, vindförhållanden etc.

En av de rapporter som finns, är: " A comparison of Water Additives for Mopping-up After Forest Fires " av David Rawet, Russell Smith och Garry Kravainis. I denna rapport jämförs vatten med fem olika typer av additiv eller kombinationer av additiv enligt följande:

1. Vatten
2. Retardent
3. Skum
4. Retardent + skum
5. Retardent + vått vatten
6. Vått vatten

För att undvika skillnader i resultaten baserade på yttre faktor använder man sig av samma tryck (262 kPa) i slangarna hela tiden. Dessutom använder man samma person, som applicerar additiven varje gång, eftersom erfarenhet i brandsläckningsarbete ger stora skillnader i vattenåtgång. Man mäter under försöken sex olika parametrar, nämligen:

Tid 1:	Den tid i minuter som krävs för att initialt släcka flammor och glöd
Tid 2:	Den tid i minuter som krävs för att släcka återantändning
Vatten 1:	Den mängd vatten i liter som krävs för att initialt släcka flammor och glöd
Vatten 2:	Den mängd vatten i liter som krävs för att släcka återantändning
TTid (Totaltid):	Tid 1 + Tid 2
TVatten (Totalvatten):	Vatten 1 + Vatten 2

Resultatet av undersökningen redovisas i tabellform nedan. Därav framgår att skum släckte branden på betydligt kortare tid (Tid 1) än vatten, retardent + vått vatten och vått vatten. Skum släckte även betydligt snabbare än retardent och retardent + skum. Skum och retardent + skum behövde betydligt mindre mängd vatten initialt (Vatten 1) än alla andra additiv.

Variabler:

	<u>Tid 1 (s)</u>	<u>Vatten 1 (l)</u>	<u>Tid 2 (s)</u>	<u>Vatten 2 (l)</u>	<u>TTid (s)</u>	<u>TVatten (l)</u>
<u>Släckmedel:</u>						
Vatten	357	107	123	12	480	119
Retardent	344	100	140	12	483	112
Skum	308	88	191	23	500	111
Retardent + skum	332	89	156	9	487	99
Retardent + vått vatten	360	102	127	9	487	111
Vått vatten	363	101	136	12	499	112

Visavi återantändning (Tid 2), var skummet sämst och vattnet bäst. Men skillnaderna ifrågasätts, eftersom tiden för att kontrollera bränslet samt själva släckningstiden på återantändningen räknades ihop. Vattenåtgången för att släcka återantändning (Vatten 2) var högst för skum och lägst för retardent och retardent + vått vatten. Detta kan förklaras med retardenternas huvudsakliga egenskap nämligen den förlängda effekten och skummets motsvarande långsamma dränering av vatten.

Den totala tidåtgången (TTid) var i stort sett lika för alla metoder. Skillnaden kan man se i den totala vattenåtgången (TVatten) som är betydligt mindre för retardent + skum än för övriga.

Vad kan man då dra för slutsatser utgående från refererade undersökning?

Undersökningen visar det som är allmänt känt inom brandsläckningsbranschen, nämligen att skum är det bästa brandsläckningsmedlet vid en initial attack. Genom att använda skum kan man tygla branden i väntan på ytterligare brandmanskaper. Retardenterna däremot är mindre effektiva vid en initial attack, och används främst för att på lång sikt kväva branden och hindra vidare spridning samt återantändning. Kombinationen retardent + skum har prövats alltsedan 1991 och verkar vara en ännu bättre metod att släcka skogsbränder på än övriga, p.g.a. dubbel inverkan på branden, nämligen den snabba initiala släckeffekten hos skum och den långtidsverkande effekten hos retardenterna.

Vått vatten har i denna studie visat sig ha en släckeffekt som motsvarar den för vatten. Man har allt mer börjat tvivla på det våta vattnets goda egenskaper.

Detta är den huvudsakliga orsaken till att vått vatten håller på att försvinna helt och hållet som brandsläckningsmedel.

Vatten har visat sig vara ett bra brandsläckningsmedel som sådant p.g.a. sin stora kylande effekt. Vid bränder där det krävs stora mängder brandsläckningsmedel och tillgången på vatten är stor, är rent vatten ett bra släckningsmedel.

Enligt en rapport av M. Dando, N.P. Cheney och P.T. Hutchings med titeln " An evaluation of synthetic foam as a bushfire suppressant ", har skum 100 % bättre förmåga att kvarhålla vatten under en 30 minuters period, i gräsbevuxen terräng och på träd med bark, än vad vatten har. Denna förmåga beror främst på att skummet bildar en sammanhängande struktur av bubblor på bränslet, och p.g.a. att skum med hjälp av vätningsmedlet lättare tränger in i bränslet. Både skum och vatten torkar lika fort, så den förbättrade effekten beror främst på den större mängden vatten per ytenhet som skummet tillför.

För bränslen med lågt energiinnehåll är skum ett utmärkt brandsläckningsmedel, men rapporten varnar även för att använda skum för bränslen med högt energiinnehåll, eftersom det inte har någon eller liten inverkan på dessa i jämförelse med vatten. Rapporten visar också att en ökad kännedom om additivens egenskaper samt användningserfarenhet ger förbättrat resultat vid brandsläckning.

På University of Toronto, har The Faculty of Forestry publicerat en rapport med titeln " Investigation of Foamed Water Systems as Fire Suppressants ". Denna rapport jämför fyra olika tillverkares produkter (Ansul Fire Protection, Chemonics Industries, Monsanto Wildfire Control och 3 M Fire Protection System) och deras effekter. Rapportens resultat visar att det inte är så stor skillnad mellan de olika produkternas effekter. Små skillnader kan dock skönjas.

	<u>Bränsleåtgång.</u> <u>viktminskning i medeltal</u>		<u>Relativ</u> <u>temperatur</u>	<u>Tid till</u> <u>fullständig</u> <u>antändning</u>	<u>Skummets stabilitet</u>	
	i gram	i %	°C	min	t ₅₀ min	t ₉₅ min
<u>Retardenter</u>						
Vatten	720	55	100	8.5	-	-
3 M, 1.0 %	655	50	90	15	4	5
3 M, 0.5 %	717	55	100	14	1	3
Silv-Ex, 1.0 %	712	55	98	14	1.5	3
Silv-Ex, 0.5 %	720	55	102	11	<0.5	0.5
Chemonics, 1.0 %	673	52	97	14.5	2	2.5
Chemonics, 0.5 %	685	53	95	12	<0.5	0.5
Monsanto, 0.5 %	688	53	95	18	1	2.5

Bränsleåtgång eller viktminskning i medeltal (i gram och %) mätt genom att väga bränslet före och efter brand.

Den relativa temperaturen som har utvecklats under försöket är högst för släckvätska med 0,5 % koncentrat i vatten, samt för rent vatten. Detta betyder att medlen är minst effektiva som släckningsmedel i denna typ av test. Av släckmedlen med högre koncentration (1 %), har 3 M:s produkt lägst relativ temperatur, medan Chemonics kommer på andra plats och Silv-Ex på tredje. Monsanto's 1 %-iga lösning har inte testats.

Bränsleåtgången för produkterna med 1 %-ig koncentration följer samma ordning som ovan. För produktlösningarna med lägre koncentration är ordningen följande: Chemonics och Monsanto visar minst bränsleåtgång, medan 3 M och Silv-Ex har en något högre bränsleåtgång.

Skummets stabilitet varierar beroende på koncentration. Allmänt kan sägas att ju lägre koncentration desto sämre stabilitet. Därav har skum med 0.5 %-ig koncentration kortare nedbrytningstid (0.5-3.0 för t₉₅) än lösning med 1 %-ig koncentration (2.5-5.0 för t₉₅).

Rapporten som är gjord på University of Toronto, på uppdrag av 3 M, visar några anmärkningsvärda resultat. 3 M:s produkt uppges nämligen vara bättre i fyra fall av fem vid 1 %-ig koncentration, men bara i ett fall av fem vid 0.5 %-ig koncentration.

Tillförlitliga och oberoende jämförelser mellan de olika leverantörernas produkter saknas eller är svåra att finna. De flesta rapporter är gjorda av berörda företag eller på uppdrag av dessa. Vad som framgår av litteraturen på

området är, att brandmanskapet själva för det mesta prövar de släckmedel de anser vara mest effektiva. Utgående från erfarenheterna drar de sedan slutsatser om släckmedlen.

6. Kostnadsanalys

Då man talar om de fyra huvudsakliga släckmedelstillsatserna, finns det inga färdiga underlag, som kan användas vid uppställandet av en kostnads kalkyl. På grund av ett mångfald parametrar, som bör tas i beaktande vid varje brandsituation blir problemet, att räkna ut en kostnad, så komplex att även sakkunniga på området, har medgett att uppställningen av en sådan kalkyl är, nästan omöjligt.

Enligt uppgifter och erfarenheter, som vi har fått ta del av, kan man spara 20-80 % i släckningstid, om man använder skum och retardenter istället för vatten. Brandmanskaper hävdar också att släckeffekten genom applicering från luften, kan förbättras med 50-100 % och genom applicering från marken med 40-60 % vid användning av retardenter och skum framför vatten. Denna minskning i utryckningstid och förlorad egendom gör släckmedelstillsatserna ekonomiskt försvarbara. Kostnader för de olika släckmedelstillsatserna varierar stort mellan producenterna och är beroende av den totala mängden släckmedel kunden köper.

För att man ska få en aning om, kostnads minskningen genom användning av skum vid skogsbrandssläckning, så har vi med Räddningsverkets hjälp tagit fram uppgifter på en fiktiv brand. Vi räknar endast med hur mycket kostnaderna minskar vid vattenbombning med helikopter.

Förutsättningarna är följande:

- brandens tidsomfattning är 1 h (timme)
- helikoptern tar 2 m³
- helikoptern gör 30 lyft/h
- kostnaden för helikopter 1 är 7.500 kr/h
- kostnaden för helikopter 2 är 15.000 kr/h
- skumlösningen som används är 0,3 %. Det går åt 6 liter skumkoncentrat/lyft
- priset för skumkoncentrat är 20 kr/l
- släckeffekten ökar med 10-40 % vid användning av skumtillsats

Varje lyft tar 2 min, ex. vid 10 % bättre effekt spar man 3 lyft eller 6 min helikoptertid/h.

Kostnadsminskningen beräknas genom denna uppställningen:

Kostnad för helikopter/h

-Kostnadsminskning då helikoptertiden minskar

+Kostnad för skumkoncentrat

=Kostnad för helikopter då skum används

Kostnad för helikopter/h då vatten används

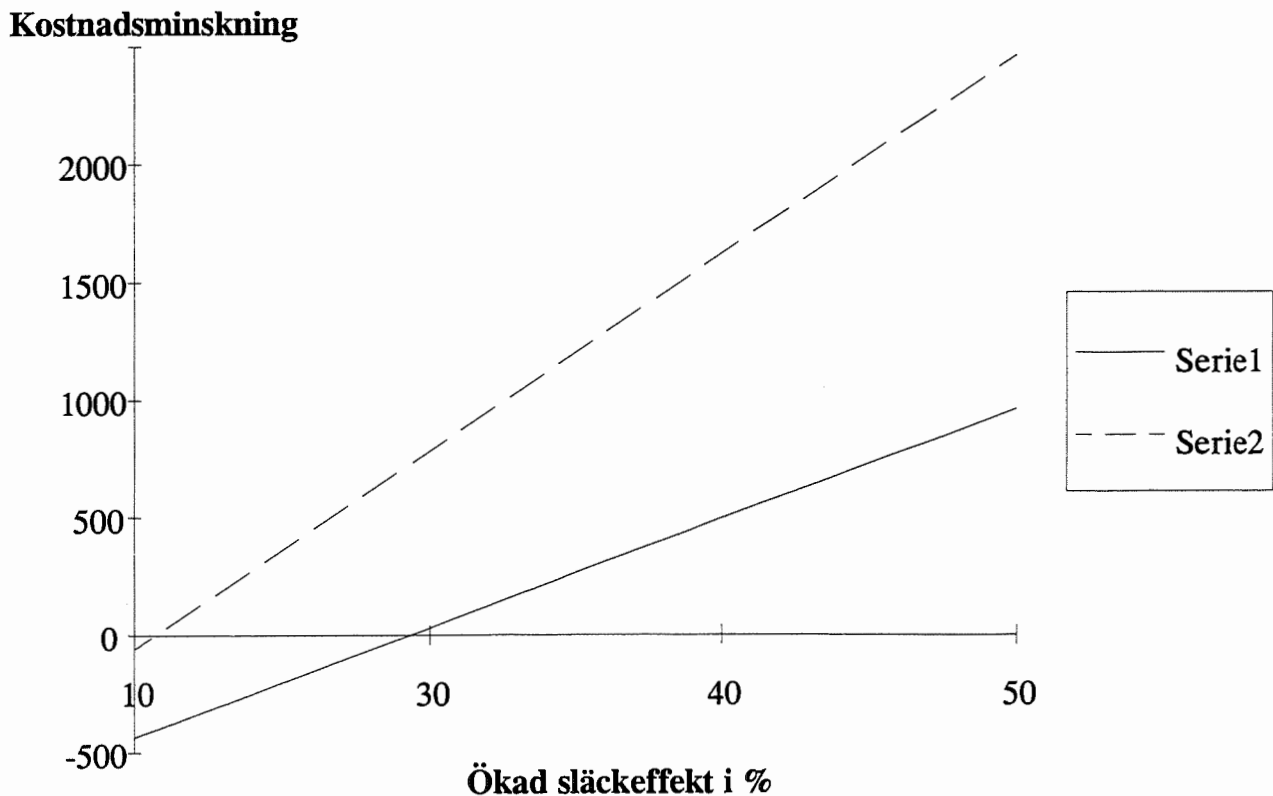
-Kostnad för helikopter när skum används

=Kostnadsinbesparing för helikopter/h då skum används

Den grova kalkylen visar att man sparar mest pengar då skum används vid höga helikopterkostnader och då den förbättrade släckeffekten är hög.

Diagram 1.

Kostnadsminskning per timme vid användning av skum



Serie 1/helikopter 1.

Serie 2/helikopter 2.

7. Miljökrav

I Sverige finns det inga speciella miljökrav gällande skum och retardenter för skogsbrandsläckning. Detta beror på att man ännu inte har använt produkterna i större skala. I övriga Europa, där man använder produkterna, finns inte heller några direkta miljökrav.

Det enda som finns, är ett kort stycke i den europeiska standarden CEN, som upptar följande: "det är extremt viktigt att skumvätskekoncentratet efter utspädning, till den rekommenderade koncentrationen, inte utgör en påtaglig risk för liv i vår omgivning ". Det sägs ingenting om, hur produkterna borde fungera i naturen, vid eller efter användning.

I USA finns det mycket klara specifikationer från USDA (United States Department of Agriculture), om hur skum och retardenter skall vara utformade för att få säljas och användas. I övriga länder såsom, Canada, Australien och Nya Zeeland, används stora kvantiteter av dessa skum och retardenter vilka följer USDA:s specifikationer.

I USDA:s specifikationer finns det test, som berör miljön men det finns också ett antal andra test som produkterna måste klara före de släpps ut på marknaden. Se bilaga 2.

Om man i EU tar fram en standard för släckmedel, så vore det bra att följa USDA:s standard och samarbeta med USDA, eftersom dessa besitter en stor kunskap på området.

8. Lagen om kemiska produkter

Alla kemikalier som hanteras i, importeras till eller exporteras från Sverige berörs av lagen om kemiska produkter (1985:426 senaste ändring 1994:1778). Syftet med lagen är att förebygga skador på människor och miljö. Skum och retardenter, som kommer att användas i Sverige berörs naturligtvis av denna lag.

Den som hanterar, importerar eller exporterar en kemisk produkt, har vissa skyldigheter.

Skyldigheterna är:

- vidta åtgärder och försiktighetsmått som krävs för att inte människa eller natur skall skadas
- se till att det finns tillfredsställande undersökningar angående hälso- och miljöskador, som produkten kan förorsaka

- märk produkterna och inlämna uppgifter rörande produkternas hälso- och/eller miljöpåverkan
- lämna in uppgifter, som myndigheterna begär, för bedömning av hälso- och miljörisker
- lämna in anmälan om tillverknings- och forskningsresultat samt import om produkten inte tidigare funnits i Sverige. Detta bör ske inom utsatt tid.

9. Hälsorisker

De retardenter och skum, som är godkända enligt USDA, har genomgått orala- och dermatologiska test för primär hud- och ögonirritation. Se bilaga 3. Alla har klarat de minimikrav som ställts.

Skumkoncentrat är lika ofarligt som tvål och hårtvättmedel, men trots det kan en del av släckpersonalen få allergiska besvär av både koncentrerad och utspädd skumlösning. Besvären kan yttra sig som hudseksem och huduttorkning som senare utvecklas till svåra hudsprickor. Svåra yrselanfall kan även förekomma, ifall man är överkänslig för något av ämnena i produkterna. För att undvika att få dessa problem, bör man följa tillverkarnas rekommendationer, då det gäller den personliga skyddsutrustningen speciellt handskar samt skyddsdräkt och -glasögon. Användning av hudkrämer minskar naturligtvis ytterligare risken för att få besvär.

Det finns inga bevis på att retardenter och skum är cancerogena eller att de skulle ge reproduktiva-, teratogena- eller mutagenaeffekter. På detta område bör man dock fortsätta forskningen, eftersom produkterna inte har används tillräckligt länge vid skogsbrandsläckning för att kunna skönja långtidseffekterna på människor.

10. Miljöeffekter

I dagens samhälle försöker man undvika människans skadliga inblandning i naturens ekosystem. Därför är det mycket viktigt att undersöka retardenters och skums miljöeffekter. I Nordamerika och Australien har man inte undersökt retardenternas och skummens miljöpåverkan förrän på senare år.

Nedan skall vi behandla retardenternas och skummens miljöpåverkan.

10.1 Retardenters miljöpåverkan

Retardenterna innehåller till stor del gödningsämnen, nämligen ammonium-sulfat och/eller diammoniumfosfat, vilka i stora mängder är skadliga för miljön. När man använder retardenter vid skogsbrandsläckning är det viktigt att ta reda på vattendragens känslighet i området, eftersom det kan räcka med ett enda felaktigt utsläpp, för att fisk och andra vattenorganismer skall slås ut.

Giftnivån beror på ett antal faktorer, nämligen:

- mängden utsläpp från källan
- mängden verkligt utsläpp i vattendraget
- vattendragets storlek
- vattendragets strömning
- vattnets hårdhet

Produkternas ammoniumjoner förorsakar i allmänhet förgiftning.

Susan Finger har gjort en studie med tre av de mest använda retardenterna på marknaden, Fire-Trol LCG-R, Fire-Trol GTS-R och Phos-Check D-75 F.

Hon har också undersökt två skum, Silv-Ex och Phos-Check WD-881.

Undersökningen omfattar mätning av ammoniumhalten och den akuta toxiciteten för ett antal olika organismer såsom regnbågslax, mört och daphnie. Se bilaga 4.

Det visade sig att retardenterna innehöll avsevärt högre halter ammonium än skummen, den akuta toxiciteten påvisar dock motsatsen. Skummen har de lägsta LC₅₀-talen och är därför giftigare och skadar den marina miljön mer än retardenterna.

LC₅₀-metoden ger en bättre bild över den egentliga toxiciteten än metoden att mäta enbart ammoniumhalten. Detta beror på att LC₅₀ tar det totala ingående ämnenas giftverkan i beaktande, inte enbart ammoniumhalten.

LC₅₀ -talen delas in i ett antal olika toxicitetsklasser:

Mycket toxisk	< 1,0 mg/l
Toxisk	1 till 10 mg/l
Något toxisk	10 till 100 mg/l
Mycket lite toxisk	100 till 1000 mg/l
Ej toxisk	> 1000 mg/l

Av de tre retardenter som undersöktes, visade det sig att Fire-Trol GTS-R och Monsanto's Phos-Chek D-75 F var ungefär lika giftiga medan Fire-Trol LCG-R var ogiftig.

Om retardenter används för att släcka skogsbränder, fungerar de i efterhand som gödningsmedel, men när de används i för höga koncentrationer i känslig skogsvegetation "bränner" gödningsämnen sönder buskar och träd. Det kan gå så långt att vegetationen dör helt och hållet.

Genom att regn och smältvatten lakar ur gödningsämnen kan berörda vattendrag drabbas av indirekta miljöeffekter som övergödning.

10.2 Skums miljöpåverkan

Skum består huvudsakligen av ytaktiva ämnen (surfactant). När skum appliceras i naturen sker kemisk och biologisk nedbrytning av skumkomponenterna vilket medför att skummets karaktär och biologiska effekter förändras.

Bionedbrytning och adsorption till jordpartiklar är de två processerna som påverkar skummens toxicitet i naturen.

Bionedbrytningen av ytaktiva ämnen har skett då det inte längre går att finna någon skumkaraktär, eller då det inte längre går att spåra de kemiska föreningarna, som skummet bestod av från början. Helst skall nedbrytningen vara fullständig, för då omvandlas komponenterna till koldioxid, vatten och oorganiska salter.

De ytaktiva ämnena i skummen bryts ner genom tre olika oxidationsprocesser:

- beta-oxidation av fettsyror
- oxidation av terminala metylgrupper till karboxylsyror
- aromatisk oxidation där benzenringen bryts

Huvuddelen av skummet bryts ned av bakterier och hastigheten regleras av koncentrationen och aktiviteten hos enzymer. Om det sker mikrobiell tillväxt under nedbrytningen, ändras den enzymatiska aktiviteten och nedbrytningshastigheten påverkas mot det bättre.

Vid mycket låga koncentrationer, gynnas inte mikrobiell tillväxt och det har ifrågasatts om det då sker någon nedbrytning alls. Undersökningar har visat att raka alkoholetoxysulfater (AES) bryts ner mycket snabbt och effektivt.

Man har undersökt ett antal olika ytaktiva ämnen, för att se om det är någon skillnad på dessa och om koncentrationen har någon inverkan på nedbrytningseffektiviteten.

Detta görs genom att mäta den biokemiska syreförbrukningen BOD₅ och det totala organiska innehållet, COD, i de ytaktiva ämnena. Nedbrytningsförhållandet BOD₅/COD används.

De ämnen man jämför är:

- alkyl sulfat, AS
- alfa olefin sulfonat, AOS
- polyoxyetylen alkyl sulfonat, AES
- n-alkyl benzen sulfonat, LAS

Om man rangordnar ämnena så, att det som har de bästa nedbrytnings-egenskaperna ställs först, ser det ut enligt följande: AS > AOS > AES > LAS. AS och AOS har BOD₅/COD större än 0,5 vid nästan alla koncentrationer som undersöks. AES har endast BOD₅/COD större än 0,5 för koncentrationer mindre än 30 mg/l. Högre koncentrationer av AES är nästan helt oförändrade.

De skum som är godkända enligt USDA, är alla biologiskt nedbrytbara. Tyvärr har företagen använt sig av olika metoder för att mäta nedbrytbarheten, så resultaten är ej jämförbara. Se bilaga 5.

Undersökningar har trots allt visat, att alla produkter förutom Silv-Ex bryts ner till över 80 % inom 24 dagar.

De ytaktiva ämnena i produkterna minskar ytspänningen på vattnet så att vattenorganismerna får svårt att uppta syre ur vattnet.

Beroende på vilket ytaktivt ämne, som ingår i produkterna, varierar LC₅₀ för fisk mellan 1-100 mg/l.

När man undersökt daphnier, som utsatts för ytaktiva ämnen visar det sig att en andra och tredje generation är känsligare än den första. Ämnen som har undersökts är, natriumsulfetoxylat, en AES-förening, och natriumolefin-sulfonat, en AOS-förening. AES visade sig vara mer toxiskt än AOS. Den dödliga koncentrationen under 25 dagar var för AES 78 mg/l och för AOS 126 mg/l.

Den akuta toxiciteten för de två ämnena visade samma tendens som den dödliga halten nämligen, att AES-föreningen är giftigast med ett LC₅₀-tal på 27mg/l och AOS kommer på andra plats med 80 mg/l.

Producenterna är ej skyldiga att tala om vilket ytaktivt ämne de använder i sina produkter. Men eftersom det är stor skillnad i toxicitet mellan ämnena så är det viktigt att tillverkarna väljer de ur miljöhänseende mindre toxiska ämnena.

Toxiciteten hos de testade skummen varierar något (Bilaga 5.). Man kan notera att Silv-Ex är giftigast. De övriga ligger samlade med ForExpan S högst upp i giftighet medan 3M FB 100 ligger lägst.

Det är viktigt att inte skummen förstör vegetationen vid användning.

Undersökningar har gjorts med skum. Man har sprayat skum på träd, för att se hur skummen påverkar vegetationen.

När 3 M FB 100 och Firefoam 103 används syns inga som helst tecken på yttre skada, ingen minskning i tillväxt ses heller. Silv-Ex visar små tecken på skada vid låga koncentrationer (0,1-1,0 %), bladen blir bl.a. bruna. Vid högre skumkoncentrationer 3-5 % dör träden.

11. Utrustning

Vid markapplicering av klass A skum, kan man använda samma utrustning som för klass B skum. Skumkoncentrationerna för klass A skum ligger på 0,1-1,0 % och för klass B skum på 3,0-7,0 %.

För de höga koncentrationerna av klass A skum räcker det tryck som finns i vanliga brandslangar, men för lägre skumkoncentrationer fungerar inte detta. Det går att utveckla den gamla utrustningen, så att den ger ett bättre skum, genom att använda olika sorters munstycken. Brandslangens munstycke följs av en venturirörslänkande del, vars uppgift är att föra in luft i skumlösningen så att skum bildas.

Det finns olika utrustningar för skum, nämligen:

- inline suction side inductor/proportioners
- round-the-pump-proportioners
- round-the-pump proportioners with an intergrated plumbing operating system
- discharge side automatic regulaton proportioners
- compressed air foam system, CAFS

Namnen anges på engelska eftersom svenska motsvarigheter ej ännu finns.

Samtliga ovannämnda system används. CAFS utvecklat i nordamerika är det mest effektiva av dem.

CAFS består av vattenpump, luftkompressor och doseringsutrustning.

Först tar man pumpen där efter injiceras skumkoncentratet och slutligen luften. Skummet bildas då i slangen i stället för i munstycket .

Om man jämför med den vanliga utrustningen, har CAFS-systemet en större räckvidd, högre expansionstal, stabilare skum och en mindre åtgång av skumkoncentrat. Detta medför också ett mycket lättare slangsystem, vilket minskar belastningsskadorna hos användaren.

Nackdelarna vid användning av CAFS är:

- att det kostar att byta från ett gammalt system till CAFS
- att fler mekaniska delar ingår
- att fler komplexa operationer ingår
- att luftfickor kan uppstå i slangen, om förhållandet mellan skumkoncentration och luftmängd inte är det rätta.

I Australien har man utvecklat ett helt annat system som fungerar på både klass A och klass B skum. Det fungerar genom en tryckreglerare efter pumpen, som gör att man kan använda olika skumkoncentrationer och -sorter.

Retardenter används i de vanliga systemen vid markapplikation. Munstycken som används, ska bilda ett lätt spray för att ge lagom mängd, som inte rinner av, eftersom retardenter inte fastnar lika bra som skum.

12. Flygplan och helikoptrar

Flygplan eller helikoptrar används ofta där det är svårt för brandmanskapet att ta sig fram. Genom tillsats av skum eller retardenter vid brandbombning, ökar effekten hos nedsläppen.

Hur effektivt skumlösningen omvandlas till skum beror på blandningsförhållandet, flyghastigheten och från vilken höjd man släpper blandningen. För retardenterna beror effektiviteten på blandningsförhållandet och omblandningen av lösningen.

Ett antal olika typer av plan och helikoptrar används vid brandbombning:

- jordbruksplan, som tar upp till 3.200 liter och som endast behöver kort start- och landningsbana.
- skopande plan, som tar upp till 6.000 liter. Skum kan injiceras direkt i tanken i luften. Skopande plan behöver minst en 1,2 km lång sträcka, för att ta upp vattnet. Start- och landningssträckan bör vara minst 0,5 km.
- plan med tank är vanliga. De är ofta ombyggda för att används vid vattenbombning. Planen tar minst 11.300 liter och kan endast fyllas på marken. Tiden utgör ett problem.
- små- och medelstora helikoptrar, kan ta behållare på 450-1.600 liter. De medelstora helikoptrarna kan ha en inbyggd tank på upp till 1.400 liter. Helikoptrarna behöver endast den yta, som rotorbladen upptar vid påfyllning av vatten.

Ordförklaring

BOD_5/COD = Andel av ämne som bryts ner på fem dagar.

LC_{50} = Den koncentration vid vilken 50 % av de undersökta organismerna dör vid en definierad tid.

LD_{50} = Den dos vid vilken 50 % av de undersökta organismerna dör vid en definierad tid.

Retardenter = Långtidsverkande kemikalier som appliceras framför brandfronten för att hindra brandens fortsatta spridning.

Skum = En luftad lösning som tillverkats genom att påtvinga luft i en vattenlösning innehållande skumkoncentrat, med hjälp av specialutrustning eller genom att spruta den i en kaskad genom luften.

Släckmedel = Företagens produkter ex. ForExpan S, Silv-Ex, Fire-Trol.

Släckmedelstillsatser eller -additiv = Visköst vatten, vått vatten, skum och retardenter

Källförteckning

Skriftliga källor:

Alberta Environmental Protection-Land and Forest Services, *Wildfire Foam Manual*. April 1994.

Ansul Fire Protection, "*Silv-Ex*", *Forest Fire Control Concentrate-Product information*.

Australian Fire Authorities' Council, *Position Paper on Fire Bombing in Australia*. 1994.

CEN, *Remiss 2212*. Januari 1995.

Dando, M., Cheney, N.P., Hutchings, P.T., *An Evaluation of Synthetic Foam as A Bushfire Suppressant*. 1988.

Finger Susan, *Toxicity of Fire Retardents and Foam Suppressant Chemicals to Plant and Animal Communities*. September 1993.

Forest Fire Research Institute Ottawa, *Development of Foams for use in Forest Fire Control*. Januari 1967.

Forest Service-USDA, *Manufacturer Submission Procedures for Qualification Testing of Wildland Fire Chemicals*. 1989.

Ingoldby, M.J.R., Smith, R.O., *Forest Fire Fighting with Foam*. 1982.

Kemikalieinspektionen, *Lag (1985:426) om kemiska produkter*. 1994.

Marsden, B.C., *The Application of Class A Foam Technology to Fire Fighting in Victoria, Australia*. Maj 1994.

Ministry of Natural Resources, *A Primer on Wildland Fire-Fighting Foams with A Summary of Experience to Date and Recommendations for Operational Use*. Juli 1989.

Monsanto Wildfire Control, *Phos-Chek Fire Retardent in Prescribed Burning*.

- Monsanto Wildfire Control, *Phos-Chek Foam: Making Water a Better Firefighter*. 1993.
- National Fire Protection Association, *Chemicals for Forest Fire Fighting*. 1967.
- National Fire Protection Association, *NFPA 298-Standard on Fire Fighting Foam Chemicals for Class A Fuels in Rural, Suburban, and Vegetated Areas*. 1994.
- National Wildfire Coordinating Group, *Aerial Applications*. 1995.
- National Wildfire Coordinating Group, *Foam vs Fire-Class A Foam for Wildland Fires*. Oktober 1993.
- National Wildfire Coordinating Group, *Foam vs Fire-Primer*. Oktober 1992.
- Norecol Environmental Consultants Ltd., *Toxicological Review of Fire Fighting Foams*. April 1989.
- Rawet, D., Smith, R., Kravainis, G., *A Comparison of Water Additives for Mopping-up After Forest Fires*.
- Renewable Resources-Territorial Forest Fire Centre, *Class "A" Foam for Wildland Fire Management Research Questionnaire*. November 1992.
- Rochna, R.R., Schlobohm, P.M., *The Effectiveness of Class A Foams*.
- 3 M Fire Protection Technical Bulletin, *What every Fire Fighter should know about controlling Bushfires with Foam*. Februari 1995.
- United States Department of Agriculture, *Interim Requirements and Manufacturer Submission Procedures for Wildland Fire Foam*. Augusti 1986.
- United States Department of Agriculture, *Qualified/Approved Wildland Fire Chemicals*. Januari 1995.
- University of Toronto-Faculty of Forestry, *Investigation of Foamed Water Systems as Fire Suppressants*. Oktober 1987.

Vandersall, H.L., *Air Attack: Retardents, Rheology and Some New Options*.
December 1991.

Faktablad:

Angus Fire Armour, *Data sheet*.

Ansul Fire Protection/Formald Fire Systems, *Data sheet*.

Chemonics Industries, *Data sheet*.

Monsanto Wildfire Control, *Data sheet*.

Pyrocap International Corp., *Data sheet*.

3 M Fire Protection System, *Data sheet*.

Muntlig källa:

Ramsey Gordon, Petawawa National Forestry Institute.

Korrosionskrav ställda på brandbekämpningsmedel för skogsbrand

Taget ur " Interim Requirements and Manufacturer Submission Procedures - for Wildland Fire Foam " publicerad av USDA (United States Department of Agriculture)

Max tillåten korrosionshastighet i mm/år

Komponent:	<u>2024-T3 Aluminium</u>				<u>4140 Stål</u>				<u>Gul mässing</u>				<u>Az-31-B Magnesium</u>			
	<u>Totalt nedsänkt</u>		<u>Delvis nedsänkt</u>		<u>Totalt nedsänkt</u>		<u>Delvis nedsänkt</u>		<u>Totalt nedsänkt</u>		<u>Delvis nedsänkt</u>		<u>Totalt nedsänkt</u>		<u>Delvis nedsänkt</u>	
	<u>70°</u>	<u>120°</u>	<u>70°</u>	<u>120°</u>	<u>70°</u>	<u>120°</u>	<u>70°</u>	<u>120°</u>	<u>70°</u>	<u>120°</u>	<u>70°</u>	<u>120°</u>	<u>70°</u>	<u>120°</u>	<u>70°</u>	<u>120°</u>
Skumkoncentrat	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	10.0	10.0	10.0	10.0
<u>Blandning:</u> Flygplan	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	5.0	5.0	2.0	2.0	5.0	5.0	-	-	-	-
Helikopter med fast tank	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	5.0	5.0	2.0	2.0	5.0	5.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Applicering från marken eller från helikopter med behållare	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	5.0	5.0	2.0	2.0	5.0	5.0	-	-	-	-

USDA:s test för produkter som släpps på marknaden

Test

Produkt stabilitet:

- förvaring
- separation
- åldrande
- förstöring

Slitage

Korrosion:

- jämn korrosion
- intergranulär korrosion

Förbränningsfördröjning:

- effektivitet

Synlighet:

- på fält
- i laboratoriet

Pumpbarhet

Vättningsförmåga

Löslighet

Skumbenägenhet

Flampunkt

Bionebrytbarhet

Hälsa och säkerhet

Toxicitetskrav för släckmedelskoncentrat

<u>Studie</u>	¹ <u>Krav</u>
Akut oral toxicitet	LD ₅₀ > 5000 mg/kg. 500 mg/kg < LD ₅₀ < 5000 mg/kg-demonstrera skyddsutrustning samt tillvägagångssätt.
Akut dermal toxicitet	LD ₅₀ > 2000 mg/kg. 200 mg/kg < LD ₅₀ < 2000 mg/kg-demonstrera skyddsutrustning samt tillvägagångssätt.
Akut inandnings toxicitet	Inandning LC ₅₀ > 2,0 mg/l om oral LD ₅₀ är < 500 mg/kg eller dermal LD ₅₀ < 1000 mg/kg.
Primär ögon irritation	Milt irriterande demonstrera skyddsutrustning samt tillvägagångssätt.
Primär dermal irritation	Primära irritationstal < 5,0 mg/kg eller om det blir mer irriterande, demonstrera skyddsutrustning samt tillvägagångssätt.

¹Kravdefinitioner finns i handledningarna för varje studie (USDA, Interim Requirements and Manufacturer Submission Procedures)

Akut fisktoxicitet orsakad av retardenter och skum

<u>Företag</u>	<u>Retardent</u>	<u>96h LC₅₀-tal, mg/l</u>
Chemonics Industries	Fire-Trol LCG-R	1006
	Fire-Trol GTS-R	234
Monsanto Wildfire Control	Phos-Chek D-75 F	218

Taget ur " Toxicity of Fire Retardent and Foam Suppressant Chemicals to Plant and Animal Communities "

<u>Företag</u>	<u>Skum</u>	<u>LC₅₀-tal, mg/l</u>
Angus Fire Armour	ForExpan S	10,9
Ansul Fire Protection/ Wormald Fire Systems	Silv-Ex	9,3
Chemonics Industries	Firefoam 103	41,1
Monsanto Wildfire Control	Phos-Chek WD-861	18,0
	Phos-Chek WD-881	22,0
3 M Fire Protection Systems	3M FB100	32,0

Taget ur "Toxical Review of Fire Fighting Foams"

Bionedbrytbarhet

Bionedbrytbarheten är testad på skumkoncentrat.

<u>Företag</u>	<u>Skum</u>	<u>Test</u>	<u>Tid</u>	<u>%</u>
Angus Fire Armour	ForExpan S	BOD ₅ /COD	5	20
Ansul Fire Protection/ Wormald Fire Systems	Silv-Ex	BOD ₅ /COD	5	19
Chemonics Industries	Firefoam 103	River die away test	5	100
Monsanto Wildfire Control	Phos-Chek WD-881	Shakeflask Test	21	80
3 M Fire Protection Systems	3M FB100	Modified OECD Screening	7	88

Taget ur "Toxical Review of Fire Fighting Foams"

**STATENS
RÄDDNINGSVÄRK**

Karolinen

651 80 Karlstad

Tfn 054-10 40 00

ISBN-nummer 91-972023-8-X

Beställningsnr R53-119/95

Tfn 054-10 42 86, fax 054-10 42 10