

Waterbezwaarlijkheid van blusschuimen

Resultaten van een inventariserend
onderzoek

RIZA rapport 98.008

Dit rapport is te bestellen bij Koninklijke Vermande, RIZA service, Postbus 20, 8200 AA Lelystad à f 25,- per stuk.

Betaling na levering; een acceptgiro wordt bijgevoegd.

Het rapport is gratis voor dienstonderdelen van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat.

This publication can be ordered through Koninklijke Vermande, RIZA service, PO Box 20, 8200 AA Lelystad, The Netherlands at DFL 25,- per copy. Payment on delivery.

Dit rapport is te bestellen bij Hageman Verpakkers, Postbus 281, 2700 AG Zoetermeer à f 25,- per stuk.
Betaling na levering ; een acceptgiro wordt bijgevoegd.

Het rapport is gratis voor dienstonderdelen van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat.

This publication can be ordered through Hageman Verpakkers, PO Box 281, 2700 AG Zoetermeer, The Netherlands at DFL 25,- per copy. Payment on delivery.



Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat

RIZA Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling



Rijkswaterstaat/RIZA
Rijksinstituut voor
Integraal Zoetwaterbeheer en
Afvalwaterbehandeling
Documentatie
Postbus 17
8200 AA Lelystad

Waterbezwaarlijkheid van blusschuimen

*Resultaten van een inventariserend
onderzoek*

RIZA rapport 98.008

ISBN 9036951534

Auteur: W.J. Luttmer

RIZA

Lelystad, januari 1998

Voorwoord

In het kader van de Wvo worden vergunningverlenende instanties regelmatig geconfronteerd met vergunningaanvragen voor brandblus oefeningen met blusschuimen. Blusschuim bestaat uit water waaraan schuimvormend middel is toegevoegd. Schuimvormende middelen bevatten componenten die negatieve effecten kunnen hebben op het aquatische milieu. De waterkwaliteitsbeheerders beschikken slechts over een geringe hoeveelheid informatie om dergelijke vergunningaanvragen te kunnen beoordelen. Dit rapport geeft de resultaten weer van een inventariserend onderzoek naar de milieubezwaarlijkheid van blusschuimen. Het rapport moet gezien worden als een uitgangsdokument voor het beoordelen van de waterbezwaarlijkheid van brandblus oefeningen.

Het rapport is tot stand gekomen in samenwerking met de leveranciers van de onderzochte schuimvormende middelen. Ik wil de volgende personen en bedrijven bedanken voor hun nuttige bijdrage aan de totstandkoming van dit rapport: J.H. Rijnbout, D. van Well en B. Cox van de firma 3M, F.C.J.K. Hertel van de firma Ajax, M.P. van Zanten van de firma Algebra Technische Handelsonderneming B.V., J. de Zwart van de firma Saval, I.V. Helmlinger van de firma Total Walther GmbH, de Vereniging van BeveiligingsOndernemingen in Nederland (VEBON), R.P.M. Berbee van het RIZA en de overige collega's van de afdeling emissies procestechnologie.

Inhoudsopgave

Samenvatting 7

1. Inleiding 9

2. Werkwijze 11

3. Markt en toepassingen van schuimvormende middelen 13

3.1 De Nederlandse schuimmarkt 13

3.2 Toepassingen van blusschuim 13

3.3 Wanneer wordt blusschuim gebruikt? 14

4. Algemene beschrijving schuimvormende middelen 17

4.1 Eisen aan blusschuim 17

4.2 Verschillende soorten blusschuim 17

4.3 Slotopmerkingen 20

5. Informatie verstrekt door leveranciers en producenten 21

5.1 Aqueous Film Forming Foam (AFFF) 21

5.2 Synthetische schuimen 22

5.3 Fluorproteïne schuimen 23

5.4 Proteïneschuimen 23

6. Aanvullende informatie op basis van literatuurgegevens 25

6.1 Surfactanten 25

6.2 Gefluoreerde surfactanten 26

6.3 Proteïnes 27

6.4 Glycolen 27

6.5 Biociden/conserveringsmiddelen 28

6.6 Ureum 29

6.7 Slotopmerkingen 29

7. Verwijderingstechnieken 31

7.1 Afvoeren naar een RWZI of biologische behandeling in een AWZI 31

7.2 Verdamping in bassins 32

7.3 Verwijdering na voorbehandeling 32

7.4 Afvoeren naar een vuilverbrandingsinstallaties 32

8. Discussie 33

9. Conclusies en aanbevelingen 37

10. Referenties 39

Bijlagen

1a. Lijst met afkortingen 41

1b. Methoden en gehanteerde begrippen bij blusschuim 43

2. Overzicht contactpersonen benaderde producenten/leveranciers 45

3. Overzicht van de door leveranciers geleverde informatie 46

4. Synoniemenlijst glycolen 50

5. Samenvatting toxiciteitsrapport "Deutsche Bundesamt für Wehrtechnik und Beschaffung" 51

Samenvatting

Vergunningverlenende instanties worden regelmatig geconfronteerd met vergunningaanvragen voor lozingen van blusschuim als gevolg van brandblusoefeningen. Blusschuim bestaat uit water waaraan 2 - 6 % schuimvormend middel als "actieve stof" is toegevoegd. De veiligheidsinformatiebladen van de schuimvormende middelen bevatten te weinig informatie over samenstelling en relevante ecologische gegevens zoals biodegradatie; toxiciteit voor vis, kreeftachtigen, algen en bacteriën; $\log P_{ow}$; bioaccumulatie. Hierdoor is een goede beoordeling van de waterbezwaarlijkheid van lozingen van schuimvormende middelen niet mogelijk.

Om de invloed van schuimvormende middelen op het aquatische milieu te kunnen beoordelen is een inventariserende studie uitgevoerd naar de mogelijke effecten van in Nederland gebruikte schuimvormende middelen op het oppervlaktewater. Dit rapport bevat de resultaten van deze studie en moet gezien worden als een uitgangsdokument voor het beoordelen van de waterbezwaarlijkheid van blusschuim.

De brandweer moet accuraat en snel kunnen optreden om bij branden mensenlevens te redden en schade aan materiaal en milieu te beperken. Het is daarom noodzakelijk dat zij oefenen met de blusmiddelen die tot hun beschikking staan, waaronder blusschuimen. Veel objecten met een verhoogd risico voor brandgevaar zijn uitgerust met automatische blussystemen die gevuld zijn met schuimvormende middelen. Deze moeten periodiek op hun goede werking worden getest. Bij oefeningen en testen komen schuimvormende middelen vrij die vervolgens in het oppervlaktewater kunnen komen.

De Nederlandse markt voor schuimvormende middelen laat een tendens zien naar toepassing van filmvormende schuimen die inzetbaar zijn bij calamiteiten van zowel polaire vloeistoffen (zoals alcoholen en aceton), als apolaire vloeistoffen (vliegtuigbrandstof). Aanvragen voor vergunningen voor brandblusoefeningen zullen dan ook vaak betrekking hebben op deze zogenaamde Alcohol-Resistant Film Forming Foams. Deze schuimvormende middelen zijn verkrijgbaar op basis van synthetische surfactanten en op basis van proteïnen. Omzetgegevens zijn niet beschikbaar, maar volgens schattingen van leveranciers wordt in Nederland ongeveer 150.000 liter schuimvormend middel per jaar gebruikt voor oefeningen, testen en kleine calamiteiten.

Blusschuimen zijn voor een groot deel biologisch goed afbreekbaar. Directe lozingen op het oppervlaktewater kunnen door de grote zuurstofvraag plaatselijk leiden tot zuurstofloosheid. Hierdoor kan sterfte van waterorganismen optreden. Daarnaast bevatten schuimvormende middelen componenten die negatieve effecten kunnen hebben op waterorganismen. De meest kritische stoffen in schuimvormende middelen met betrekking tot het oppervlaktewater lijken de gefluoreerde surfactanten en de biociden te zijn. De gefluoreerde surfactanten komen in percentages van 5 - 15 % in het schuimvormend middel voor. Deze stoffen zijn persistent en kunnen bioaccumuleren. De biociden zijn meestal in lage concentraties aanwezig, maar hebben giftige eigenschappen. Over hun gedrag in het oppervlaktewater is weinig informatie beschikbaar.

Het verdient aanbeveling om brandblus oefeningen met blusschuim op het land te houden op een vloeistofdichte ondergrond en met een gecontroleerde afvoer naar het riool. Gecontroleerde lozing op de RWZI, met een maximale concentratie van 50 - 100 mg schuimvormend middel per liter influent, zal naar verwachting geen nadelig effecten hebben op de werking van de RWZI. Om deze influentconcentratie te bereiken moet het blusschuim 600 tot 1200 keer worden verdund. Verdunning kan het best tot stand worden gebracht door in onderling overleg met de beheerder van de riolering het afvoerdebiet zodanig te sturen, dat in de riolen geen problemen ontstaan door schuimvorming. De RWZI is echter geen afvalverwerker. Overjarig schuimvormend middel wordt bij voorkeur geretourneerd naar de leverancier of verwerkt in een afvalverbrandingsinstallatie. Een vergunningaanvrager kan van mening zijn dat het noodzakelijk is dat een oefening direct op het oppervlaktewater wordt uitgevoerd. De aanvrager dient dit duidelijk te motiveren. Geadviseerd wordt om oefeningen op oppervlaktewater uitsluitend toe te staan indien daaraan goede voorwaarden zijn verbonden zoals:

- uitsluitend oefenen op voldoende doorstromend water;
- gegevens over type en samenstelling schuimvormend middel;
- voldoende informatie om waterbezwaarlijkheid te kunnen beoordelen;
- hoeveelheid schuimvormend middel.

Bij een werkelijke brand op oppervlaktewater is het wenselijk de hoeveelheid schuimvormend middel tot een minimum te beperken.

1. Inleiding

Blusschuimen spelen wereldwijd een cruciale rol bij het bestrijden en voorkomen van zogenaamde klasse B branden (branden van brandbare en ontvlambare vluchtige vloeistoffen). Sommige soorten filmvormende schuimmiddelen zijn tevens zeer geschikt om klasse A branden (branden van vaste stoffen zoals samengeperste balen katoen of papier) te blussen. Blusschuimen kunnen een bijdrage vormen aan de redding van mensen, de beperking van materiële schade en de beperking van milieuverontreiniging die het gevolg is van ongecontroleerde branden van ontvlambare brandstoffen, oplosmiddelen en industriële vloeistoffen.

Door snel en accuraat optreden kan de brandweer de milieueffecten van een brand tot een minimum beperken. Om snel en accuraat te kunnen optreden is het echter noodzakelijk dat de brandweer oefeningen houdt met verschillende blussystemen, waaronder blusschuim. Blusschuim bestaat uit water waaraan 2 - 6 % van een geschikt schuimvormend middel is toegevoegd. Dit mengsel, de zogenaamde premix, wordt direct op het brandend oppervlak opgebracht (onbelucht schuim) of via een beluchtingsbuis (luchtschuim). Veel objecten met een verhoogd risico voor brandgevaar zijn uitgerust met automatische blussystemen die gevuld zijn met schuimvormende middelen. Deze moeten periodiek op hun goede werking worden getest.

Bij oefeningen op doelmatig ingerichte oefenterreinen kan verspreiding van blusschuim naar het oppervlaktewater relatief eenvoudig beperkt worden. Bij oefeningen vanaf blusboten in open water of oefeningen met vaste blusinstallaties op steigers in havens en offshore installaties kan blusschuim in het oppervlaktewater terecht komen. In het kader van de Wvo worden vergunningverlenende instanties daarom regelmatig geconfronteerd met vergunningaanvragen voor lozingen van blusschuim afkomstig van brandblusoefeningen of systeemtesten. Schuimvormende middelen bevatten componenten die negatieve effecten kunnen hebben op het aquatische milieu. De veiligheidsinformatiebladen van de schuimvormende middelen bevatten te weinig informatie over samenstelling en relevante ecologische gegevens zoals biodegradatie; toxiciteit voor vis, kreeftachtigen, algen en bacteriën; logPow, bioaccumulatie. Hierdoor is een goede beoordeling van de waterbezwaarlijkheid van lozingen van schuimvormende middelen niet mogelijk.

Gezien het belang van een goede calamiteitenbestrijding hebben vergunningverlenende instanties tot dusver ingestemd met oefeningen met blusschuim op open water. Om de waterbezwaarlijkheid van blusschuim beter te kunnen beoordelen, heeft de Directie Zuid-Holland van Rijkswaterstaat het RIZA verzocht om een inventariserende studie uit te voeren naar de mogelijke effecten van blusschuim op het aquatische milieu. Dit rapport bevat de resultaten van deze studie en moet gezien worden als een uitgangsdokument voor het beoordelen van de waterbezwaarlijkheid van blusschuim.

Dit rapport is als volgt opgebouwd. In hoofdstuk 2 wordt de gevolgde werkwijze weergegeven voor de totstandkoming van deze notitie. Hoofdstuk 3 geeft een beschrijving van de markt voor schuimvormende middelen in

Nederland, de toepassingen van dergelijke blusmiddelen en de verschillende scenario's waardoor schuimvormende middelen in het oppervlaktewater kunnen komen. Een algemene beschrijving van de verschillende schuimvormende middelen wordt gegeven in hoofdstuk 4. De samenstelling en ecologische informatie op de veiligheidsinformatiebladen van de verschillende schuimen is vermeld in hoofdstuk 5, waarna in hoofdstuk 6 uitgebreider op de milieuaspecten van de verschillende componenten wordt ingegaan. Tevens wordt in dit hoofdstuk getracht om door middel van een worst-case benadering een beeld te schetsen van de invloed van de verschillende componenten bij oefeningen op het oppervlaktewater. Hoofdstuk 7 gaat kort in op de verwijderingsmethoden van blusschuim. Een discussie naar aanleiding van de resultaten van dit oriënterende onderzoek wordt gegeven in hoofdstuk 8, gevolgd door conclusies en aanbevelingen in hoofdstuk 9.

2. Werkwijze

Getracht is om een indruk te krijgen van het verbruik, samenstelling en ecologische informatie van de verschillende soorten schuimvormende middelen die in Nederland op de markt gebracht worden. Overzichten van het verbruik en samenstelling van schuimvormende middelen in Nederland zijn niet voorhanden. Navraag bij het Ministerie van Binnenlandse Zaken, afdeling Techniek en Logistiek, Directie Brandweer en Rampenbestrijding, alsmede bij de brancheorganisatie Vereniging van BeveiligingsOndernemingen in Nederland (VEBON) leverde geen informatie op. De VEBON deelt het standpunt dat er relevante informatie omtrent effecten van schuimvormende middelen op het milieu beschikbaar moet zijn en hebben aangekondigd een projectgroep op te richten met als doel een en ander te inventariseren.

Daarop zijn de leveranciers benaderd. Uit telefonische gesprekken met de leveranciers is een overzicht gemaakt van de grootste leveranciers in Nederland. In Nederland worden geen schuimvormende middelen geproduceerd, deze worden alle geïmporteerd. De producenten zijn gevraagd om de veiligheidsinformatiebladen te verstrekken van de meest geleverde schuimvormende middelen, met daarop samenstellingen en relevante ecologische informatie. Kleinere leveranciers zijn vaak wederverkopers en zijn dan ook niet gevraagd om nadere informatie te verstrekken. Met enkele producenten en leveranciers is overleg geweest over meer gedetailleerde informatie betreffende samenstelling en ecologische gegevens van het schuimvormend middel als geheel en de componenten.

Met deze gegevens is een worst-case benadering uitgevoerd om de invloed van schuimvormende middelen op waterorganismen te kunnen beoordelen wanneer deze rechtstreeks op het oppervlaktewater worden geloosd.

3. Markt en toepassing van schuimvormende middelen

3.1 De Nederlandse schuimmarkt

Het is niet mogelijk gebleken om op een centraal punt betrouwbare gegevens te krijgen van het jaarlijks verbruik van schuimvormende middelen. Omzetgegevens zijn niet ontvangen. Voor een globale indruk worden daarom schattingen van het verbruik gepresenteerd die verkregen zijn uit gesprekken met enkele grote leveranciers.

De totale omzet van schuimvormend middel in Nederland bedraagt ongeveer 500.000 liter per jaar. Hiervan zit 60 - 70 % opgesloten in vaste blusinstallaties en wordt uitsluitend ingezet bij calamiteiten en systeemtesten. Ongeveer 150.000 liter wordt toegepast bij de brandweerkorpsen van de overheid en de industrie. De overheidsbrandweer verbruikt daarvan circa 25.000 liter.

De grootste afnemers zijn: DOW, Esso, Shell, luchtmacht, luchthavens en het Gemeentelijk Havenbedrijf Rotterdam. Ongeveer 50.000 liter wordt verbruikt bij kleine calamiteiten, waaronder preventieve afdekking van spills van vloeistoffen. Er is een sterke trend naar het gebruik van zogenaamde universele schuimvormende middelen. Dergelijke middelen kunnen worden toegepast bij zowel polaire (met water mengbare) vloeistoffen als bij apolaire (niet met water mengbare) vloeistoffen (hoofdstuk 4).

3.2 Toepassingen van blusschuim

Om de negatieve effecten van branden te beperken moeten die meestal zo snel mogelijk geblust worden. In uitzonderlijke situaties wanneer er geen direct gevaar is voor personen en de milieuschade veroorzaakt door blusstoffen groter is dan die als gevolg van de brand, zal men kiezen voor gecontroleerd laten uitbranden (NIBRA, 1996). Blussen van branden kan bereikt worden door:

- verstoring van de goede mengverhouding van de reagerende stoffen;
- afkoeling van de brandbare stof om herontsteking te voorkomen;
- onderbreking van de kettingreactie van de verbranding.

Meestal wordt blussing bereikt door op de brandhaard een blusstof te brengen die een of meer van de hiervoor beschreven werkingen heeft. Water is een goedkope niet milieubezwaarlijk blusmiddel dat veelal in voldoende mate voorhanden is. Blussing met water berust op het koelend effect door verdamping van het water en op de verdringing van zuurstof door waterdamp. Ongeveer 94% van de branden wordt geblust met water (Gahlen, 1991).

Brandbare vluchtige vloeistoffen hebben een lager soortelijk gewicht dan water. Wanneer daar water opgebracht wordt zal de brandstof gaan drijven op het blusmiddel en is er geen sprake van afkoelend of verstikkend effect van het blusmiddel. Water is derhalve geen geschikt blusmiddel voor de meeste vloeistofbranden. Door 2 - 6 % van een geschikt schuimvormend middel aan het water toe te voegen krijgt het water een aanzienlijk lager soortelijk gewicht. Het water/schuim mengsel blijft wel op de brandende vloeistof drijven en kan zijn blussende werking doen.

Bij vloeistofbranden wordt de brand gevoed door de dampmoleculen die uit de vloeistof treden. Vloeistofbranden worden geblust door op het brandstofoppervlak een deken van blusschuim aan te brengen. De werking van blusschuim is gebaseerd op:

- het vermogen om het oppervlak van de brandstof af te sluiten, waardoor de mengverhouding van de reagerende stoffen wordt verstoord. De zuurstoftoevoer wordt afgesloten, zodat de brand verstikt en de verdamping van brandstof wordt tegengegaan;
- hittebestendigheid, waardoor de blussende werking wordt verlengd;
- de lage soortelijke massa, waardoor het blusschuim op de brandbare vloeistof blijft drijven;
- koelende werking van het water dat langzaam uit het blusschuim zakt.

Blusschuim kan ook preventief worden ingezet om brand te voorkomen, bijvoorbeeld bij lekkage van brandbare vloeistoffen. Deze worden dan afgedekt met een schuimlaag zodat de dampmoleculen van de brandbare vloeistof niet in contact komen met zuurstof.

Sommige soorten filmvormende schuimvormende middelen (hoofdstuk 4) zijn ook zeer geschikt bij het bestrijden van branden van vaste stoffen (klasse A-branden) zoals samengeperste balen katoen, papier en dergelijke. Onder invloed van deze middelen wordt het penetrerend vermogen en het contactoppervlak van het bluswater vergroot. Het bluswater blijft niet aan het oppervlak maar dringt in de materie, waardoor het bluseffect toeneemt. In dergelijke gevallen hoeft niet de normale hoeveelheid schuimvormend middel te worden toegevoegd, maar kan worden volstaan met een lagere dosering (Rijnbout, 1997). In de Verenigde Staten worden deze schuimvormende middelen aangeduid als wetting agents (NFPA, 1995).

In bijlage 1 wordt nader ingegaan op de wijze waarop blusschuim wordt gevormd en op enkele belangrijke begrippen die bij de toepassing van schuim worden gehanteerd.

3.3 Wanneer wordt blusschuim gebruikt?

Blusschuim wordt gebruikt tijdens onvoorziene omstandigheden (calamiteiten), systeemtests, of bij geplande oefeningen.

3.3.1 Onvoorziene omstandigheden

Bij calamiteiten kan sprake zijn van manuele brandbestrijding of brandpreventie door brandweerkorpsen of door het automatisch activeren van speciale vaste schuimblussystemen. Schuim/water oplossingen die bij calamiteiten worden gebruikt kunnen ernstig vervuild zijn met brandstof of de thermische ontledingsproducten ervan. Bij calamiteiten bestaat het gevaar dat het schuim direct wegspoelt naar het oppervlaktewater, wegsijpelt in de bodem, of via de riolering naar een RWZI wordt afgevoerd.

Indien de omstandigheden en de beschikbare manschappen het toelaten wordt de verspreiding van blusstof beperkt door het aanbrengen van verplaatsbare dammen en het afdichten van de riolering. Onvoorziene lozingen van blusschuim bij calamiteiten met vaste blussystemen kunnen beperkt worden door het aanbrengen van tijdelijke voorzieningen tijdens calamiteiten zoals hierboven aangegeven of met speciale opvangsystemen. Het opgevangen schuim/water mengsel kan vervolgens gecontroleerd worden afgevoerd naar een RWZI, waarbij rekening gehouden moet worden met de eigenschappen van de brandstof.

3.3.2 Systeemtests

Veel objecten met een verhoogd risico voor brandgevaar zijn uitgerust met

automatische blussystemen die gevuld zijn met schuimvormende middelen. Deze moeten periodiek op hun goede werking worden getest. Deze systeemtesten worden eenmalig uitgevoerd bij de goedkeuringsstest van nieuwe installaties en vervolgens veelal jaarlijks bij de onderhoudscontrole. Deze testen kunnen in principe opgezet worden zonder emissies naar het oppervlaktewater. De testen kunnen worden uitgevoerd met water waaraan eventueel niet schuimende milieuvriendelijke alternatieven zijn toegevoegd zoals milieuvriendelijke kleurstoffen. Wanneer toch schuimvormend middel moet worden gebruikt, bijvoorbeeld om het systeem optimaal in te regelen en de juiste hoeveelheid schuimvormend middel te bepalen, kan het schuim/water mengsel uit de sproeiers worden opgevangen en afgevoerd naar een opslagtank. De test kan verder met water worden uitgevoerd.

3.3.3 Brandblus oefeningen

Brandblus oefeningen worden doorgaans uitgevoerd onder omstandigheden die gericht zijn op het beperken van emissies. Speciale oefencentra zijn voorzien van vloestofdichte vloeren en opvangsystemen. Het verzamelde schuimvormend blusmiddel kan vervolgens gecontroleerd kan worden afgevoerd naar een RWZI. Op oefencentra zijn de risico's voor het aquatische milieu derhalve aanzienlijk geringer dan bij calamiteiten in de nabijheid van oppervlaktewater of bij oefeningen vanaf blusboten en offshore installaties. Enkele oefencentra hebben voorzieningen (olie/benzine afscheiders, coalescentie afscheider) om het bluswater te behandelen. Het behandelde water wordt vervolgens hergebruikt bij de oefeningen. Voor brandblus oefeningen met blusschuim hebben enkele leveranciers speciale oefenschuimen ontwikkeld die minder milieubezwaarlijke stoffen bevatten. Dergelijke oefenschuimen zijn niet geschikt voor daadwerkelijke brandbestrijding. Enkele experts zijn van mening dat oefeningen met speciale oefenschuimen weinig zinvol zijn omdat dit weinig realiteitsgehalte heeft. In de praktijk zal blusschuim heel anders reageren. Een brandweerman moet zoveel mogelijk oefenen met hetzelfde materiaal als waarmee hij in de praktijk te maken heeft.

4. Algemene beschrijving schuimvormende middelen

4.1 Eisen aan blusschuim

Niet elk schuim is geschikt als blusmiddel. Het schuim moet voor verschillende doelen specifieke eigenschappen hebben. Eigenschappen waaraan speciale eisen worden gesteld voor blusschuim zijn onder andere:

- *snelheid*. Het vuur moet snel onder controle gebracht kunnen worden. Dit wordt wel het "knock-down" effect genoemd;
- *hittebestendigheid*. Het schuim moet bestand zijn tegen stralingshitte en mag niet te gemakkelijk verbranden;
- *weerstand tegen brandstofopname*. Een goed schuim heeft een goede brandstofverdraagzaamheid en moet de eigenschap hebben om na onderdompeling in de brandstof zeer weinig brandstof op te nemen. Indien het schuim te snel verzadigd raakt met brandstof zal het schuim zelf verbranden;
- *schuimvorming*. Het middel moet goede schuimvormende eigenschappen hebben, schuimvorming moet veelal binnen 0.05 seconden gerealiseerd worden (Mulligan, 1991);
- *stabiliteit (watervasthoudendheid)*. Schuim moet in staat zijn om gedurende enige tijd een stevig dek te vormen op de brandstof. Dit lukt alleen als het schuim/water mengsel enige tijd in de schuimdeken behouden blijft. Water moet daarom zo lang mogelijk in het schuim blijven en niet verdwijnen door verdamping aan het oppervlak of door uitzakken uit de onderste laag. Een uitzondering hierop vormen speciale schuimvormende middelen, waarbij het schuim/water mengsel juist snel moet uitzakken om een snelle blussing te kunnen realiseren;
- *stabiliteit bij opslag*. Blusmiddelen worden hoofdzakelijk geproduceerd om bij calamiteiten ingezet te worden. Zij moeten gedurende lange tijd opgeslagen kunnen worden zonder vermindering van de schuimvormende eigenschappen;
- *milieubezwaarlijkheid*. De schuimvormende middelen moeten zo gering mogelijke milieubezwaarlijke eigenschappen hebben.

Om corrosieproblemen te voorkomen moet het schuimvormend middel worden bewaard in de door de producent voorgeschreven kwaliteit containers (NFPA, 1995). Schuimvormende middelen zijn op zich niet corrosief maar zij versnellen het corrosieproces als gevolg van de oppervlakreactieve eigenschappen. Zij verhogen het indringend vermogen van de vloeistof, waardoor het contactoppervlak wordt vergroot en dus de kans op corrosie groter wordt.

4.2 Verschillende soorten blusschuimen

Blusschuimen kunnen op basis van het schuimvormend middel in twee categorieën worden ingedeeld: synthetische schuimen op basis van synthetische surfactanten (oppervlak-reactieve stoffen) en schuimen op basis van proteïne (proteïneschuimen). Tabel 1 geeft een overzicht van de verschillende schuimen.

Tabel 1
Overzicht blusschuimen.

Synthetische schuimen	Proteïne-schuimen
Synthetisch schuim (Syndet)	Standaard proteïne (P)
Aqueous Film Forming Foam (AFFF)	FluoroProteïne (FP)
Alcohol Resistant Aqueous FilmForming Foam (AR-AFFF)	Film Forming FluoroProteïne (FFFP)
	Alcohol Resistant Film FormingFluoroProteïne (AR-FFFP)

In het volgende zal kort worden ingegaan op deze blusschuimen.

4.2.1 Synthetische schuimen

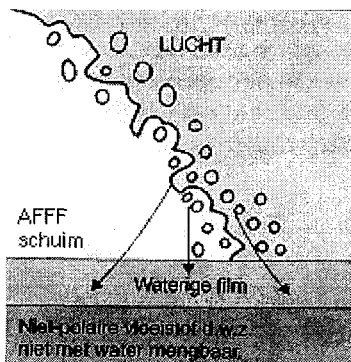
Synthetische schuimen (Syndets) zijn schuimen op basis van synthetische surfactanten en worden voornamelijk voor lichte en middelzware schuimen gebruikt, dus bij ingesloten branden. De synthetische surfactanten in synthetische schuimen bestaan uit een polair hydrofiel deel en een apolair hydrofoob deel (Wiel, van de, 1995). Als gevolg hiervan bevinden deze stoffen zich bij voorkeur niet in de bulk van een oplossing, maar aan het grensvlak. Surfactanten worden op basis van hun hydrofiel (polair) deel ingedeeld in:

- anionisch: negatief geladen hydrofiel deel;
- kationisch: positief geladen hydrofiel deel;
- non-ionisch: ongeladen hydrofiel deel;
- amfoteer: zowel positief als negatief geladen deel.

Schuimvormende middelen in de synthetische schuimen zijn veelal gebaseerd op anionische surfactanten. Non-ionische surfactanten worden veelal niet gebruikt omdat zij onvoldoende schuimende eigenschappen hebben en een slechte oplosbaarheid hebben bij hogere temperaturen. Kationische surfactanten worden niet gebruikt vanwege de compatibiliteit tussen de schuimen bij een gemeenschappelijke bestrijding van een brand met verschillende merken schuimen. Amfotere surfactanten zijn wel geschikt. Blusschuimen op basis van synthetische surfactanten zijn weinig visceus, waardoor zij goede uitvloeiende eigenschappen hebben. Het resultaat is dat een oppervlakte snel wordt afgedekt. Nadeel van de lage viscositeit is dat het schuim snel ontwatert waardoor gevaar van herontsteking bestaat.

4.2.2 Aqueous Film Forming Foam (AFFF)

Figuur 1
Werking AFFF-schuim.
(bron: 3M catalogus)



AFFF schuimen zijn gebaseerd op synthetische surfactanten waaraan gefluoreerde surfactanten zijn toegevoegd. De snelle bluswerking van dit type schuim berust op de vorming van een waterige dampdichte film tussen het schuim en de brandstof (zie fig. 1). De film wordt gevormd door gefluoreerde surfactanten met een extreem lage oppervlaktespanning.

Oppervlaktespanning en filmvorming

Oppervlaktespanning is een belangrijk aspect bij de vorming van de dampdichte film tussen het schuim en de brandbare vloeistof. Vloeistofmoleculen trekken elkaar sterk aan door cohesiekrachten. Moleculen in de bulk van de vloeistof zijn door andere moleculen omringd waardoor de som der krachten nul wordt. De moleculen aan het oppervlak worden meer naar de vloeistof getrokken dan naar de gasfase. Hierdoor ontstaat een spanning van het oppervlak, de zogenaamde oppervlaktespanning.

Het ontstaan van de dampdichte film is afhankelijk van:

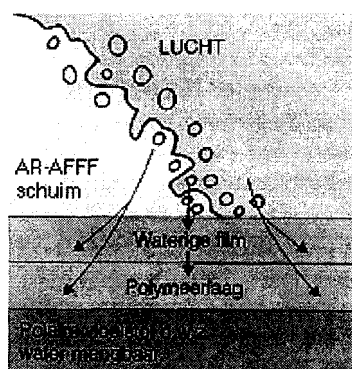
- de oppervlaktespanning van de blusstof (T_w);
- de grensvlakspanning tussen brandstof en blusstof (T_{ow});
- de oppervlaktespanning van de brandstof (T_o).

Tussen deze drie krachten bestaat het verband: $S = T_o - T_w - T_{ow}$. (S = spreidingscoëfficiënt). Er wordt een film gevormd als $S > 0$ (Mulligan, 1991). In dat geval spreidt de opgebrachte blusstof zich uit over de brandstof en zorgt voor een dampdichte scheiding tussen de brandende vloeistof en lucht. Hoe optimaler de scheiding hoe langer het bovenstaande schuim in tact blijft. Is $S < 0$ dan zal de blusstof in druppels op de brandstof blijven liggen en door de brandstof heen zakken. De toevoeging van gefluoreerde oppervlakte-actieve stoffen verlaagt de oppervlaktespanning waardoor het schuim zeer snel uitvloeit als het op het brandende vloeistofoppervlak wordt aangebracht. Proteïneschuimen hebben doorgaans een oppervlaktespanning $> 40 \text{ mNm}^{-1}$ en synthetische schuimen $> 30 \text{ mNm}^{-1}$. Gefluoreerde surfactanten daarentegen hebben een oppervlaktespanning van ongeveer 16 mNm^{-1} .

4.2.3 Alcohol Resistant Aqueous Film Forming Foam (AR-AFFF)

AR-AFFF zijn synthetische schuimen voor het afdekken of bestrijden van branden van polaire (met water mengbare) vloeistoffen, zoals bijvoorbeeld alcoholen en aceton. Wordt normaal AFFF-schuim op polaire vloeistoffen gebracht, dan zal deze vloeistof zich mengen met het in het schuim aanwezige water en de schuimlaag afbreken. Polaire vloeistoffen kunnen de oppervlakte-actieve eigenschappen van schuimcomponenten teniet doen. Door toevoeging van wateroplosbare polymeren (polysacchariden) wordt een barrière gevormd tussen het schuim en de brandstof. Deze polymeren zijn onoplosbaar in een mengsel van water en polaire organische vloeistoffen. Zij vlokken dan uit onder vorming van een polymeerfilm op het brandstofoppervlak. Deze laag is niet dampdicht, maar zorgt voor een scheiding tussen water en organische vloeistof. Indien deze laag eenmaal gevormd is kan de dampdichte film gevormd worden (fig 2). Er is een verschuiving gaande naar het gebruik van zogenaamde universele blusschuimen. Deze kunnen zowel voor met water mengbare als niet met water mengbare brandbare vloeistoffen worden ingezet (Rijnbout, 1997).

Figuur 2
Werking AR-AFFF-schuim.
(bron: 3M catalogus)



4.2.4 Proteïneschuimen

Proteïneschuimen zijn gebaseerd op gehydrolyseerde proteïnes. Proteïnes zijn grote organische moleculen met een complexe structuur en een verscheidenheid aan hydrofiele en hydrofobe groepen. De proteïnemoleculen rangschikken zich op het grensvlak van water en lucht op de energetisch meest voordelige wijze. Meerwaardige metaalionen, zoals Mg^{2+} en Zn^{2+} , zorgen voor crosslinking tussen de moleculen waardoor een skeletstructuur ontstaat, resulterend in een hoge stabiliteit en hittebestendigheid. Proteïneschuimen zijn stabiel in aanwezigheid van koolwaterstoffen. Zij hebben van nature een hoge viscositeit, waardoor zij minder goed uitvloeien over het brandstofoppervlak. Wanneer proteïneschuim met kracht op het

brandoppervlak wordt aangebracht, zal de brandstof zich gemakkelijk mengen met het schuim, waardoor continu nieuwe brandhaarden in de schuimdeken zullen ontstaan. Proteïneschuimen zijn uitsluitend geschikt voor zwaar schuim. Het geeft een goede schuimkwaliteit, maar is beperkt houdbaar.

4.2.5 Fluorproteïne schuimen

Om de problemen van minder goed uitvloeien bij proteïne schuimen te ondervangen zijn fluorproteïne schuimen (FP) ontwikkeld. FP-schuim heeft eenzelfde structuur als de standaard proteïneschuimen, met dezelfde stabiliteit en hittebestendigheid. Door toevoeging van gefluoreerde surfactanten wordt de oppervlaktenspanning van het schuim verlaagd, waardoor het schuim beter uitvloeit als het op de brandende vloeistof wordt aangebracht.

4.2.6 Film Forming FluoroProteïne (FFFP)

FFFP-schuim is een schuim op basis van proteïne gecombineerd met filmvormende gefluoreerde surfactanten. FFFP-schuimen vloeien zeer snel uit over het brandstof oppervlak en zijn zeer stabiel. De snelle bluswerking van deze schuimen berust op de vorming van een film tussen het schuim en de brandstof, waardoor de brandstof dampdicht wordt afgedicht overeenkomstig de AFFF-schuimen.

4.2.7 Alcohol Resistant Film Forming FluoroProteïne (AR-FFFP)

AR-FFFP-schuim is speciaal ontwikkeld om branden van met water mengbare vloeistoffen zoals alcoholen te blussen. De werking van deze schuimen is overeenkomstig die van AR-AFFF-schuimen.

4.3 Slotopmerkingen

Schuimvormende middelen moeten ook goed werken wanneer zij met hard, zout of verontreinigd water worden geproduceerd. Dit is in het algemeen geen probleem voor proteïneschuimen. De eventueel aanwezige metaalionen versterken immers de verschuiming. Synthetische oppervlakteactieve stoffen hebben een minder effectieve werking in hard water of zee-water door de vorming van metaal-surfactant neerslagen. Om dit probleem op te lossen zijn speciale schuimen ontwikkeld op basis van geëthoxylerde alcohol-sulfaat of alcohol-ethersulfaat. Deze surfactanten zijn minder gevoelig voor zouten of verontreinigingen in het water (Mulligan, 1991). De schuimvormende middelen op de Nederlandse markt hebben doorgaans geen problemen met zout of verontreinigd water. Het zijn meestal de schuimvormende middelen van lagere kwaliteit die problemen hebben met dergelijk water (Van Zanten, 1997).

Voor een goede blussende werking is het belangrijk dat het schuim niet te snel ontwaterd. Door de hitte is verdamping van water onvermijdelijk. Om snelle ontwatering te voorkomen worden stabiliserende stoffen toegevoegd. Bij proteïneschuimen wordt ontwatering soms tegengegaan door de toevoeging van meerwaardige metaalionen, resulterend in een meer visceus schuim. Bij synthetische schuimen worden vaak vetalcoholen gebruikt om de stabiliteit te vergroten. Voor beide typen schuim kunnen eveneens polymeren voor dit doel gebruikt worden.

Bovenstaande geldt niet voor de AFFF's en AR-AFFF's waar het schuim/water mengsel juist snel moet uitzakken om de snelle filmvormende werking te kunnen realiseren.

5. Informatie verstrekt door leveranciers en producenten

In Nederland worden geen schuimvormende middelen geproduceerd, deze worden alle geïmporteerd. De producenten is gevraagd om de veiligheidsinformatiebladen te verstrekken van de meest geleverde schuimvormende middelen, met daarop samenstellingen en relevante ecologische informatie. Kleinere leveranciers zijn vaak wederverkopers en zijn daarom niet gevraagd om nadere informatie te verstrekken. Een overzicht van de leveranciers en contactpersonen wordt gegeven in bijlage 2.

In totaal zijn 27 veiligheidsinformatiebladen verstrekt, onder te verdelen in 12 AFFF, 7 synthetische, 6 fluorproteïne en 2 proteïne schuimen. Op de veiligheidsinformatiebladen is niet aangegeven of een fluorproteïneschuim filmvormende eigenschappen heeft. Daarom zijn de filmvormende fluorproteïne schuimen bij de fluorproteïne schuimen gevoegd. De Alcohol-Resistant schuimen zijn ondergebracht bij de AFFF respectievelijk fluorproteïne schuimen omdat zij in samenstelling alleen afwijken door de toevoeging van een polysaccharide.

Op een aantal informatiebladen ontbreekt de samenstelling van het product. In dat geval wordt alleen vermeld dat het een schuimvormend middel betreft op basis van (gefluoreerde) oppervlakte-actieve stoffen of eiwitten. Volgens de leverancier/producent is de samenstelling bedrijfsgeheim. Één producent leverde helemaal geen informatie over samenstelling of ecologische gegevens. In een aantal gevallen is de samenstelling als vertrouwelijke informatie verstrekt. Gegevens van gefluoreerde surfactanten ontbreken op alle informatiebladen. Dit wordt aangegeven als bedrijfsgeheim van de producent van deze componenten.

Veel informatiebladen zijn vergezeld van de achterliggende toxiciteits- en afbreekbaarheidstesten. De beschrijving van deze testen is niet altijd even duidelijk. In een aantal gevallen is navraag gedaan of de testen betrekking hebben op het geconcentreerde schuimvormend middel of op de gebruiksverdunding. Door deze extra informatie wordt een duidelijker beeld verkregen van de betrouwbaarheid van de ecologische informatie. In het volgende zal worden ingegaan op de verstrekte informatie over samenstelling, biologische afbreekbaarheid en aquatische toxiciteit van de schuimvormende middelen. In bijlage 3 wordt per schuimvormend middel een overzicht gegeven van de verzamelde informatie. Van een aantal producten zijn uitsluitend toxiciteitsgegevens verstrekt op basis van de verdunde gebruiksooplossing. Omwille van de duidelijkheid zijn deze omgerekend naar het schuimvormend middel. De schuimvormende middelen worden afgevuld tot 100 % met water, dit wordt verder in deze notitie niet vermeld.

5.1 Aqueous Film Forming Foam (AFFF)

De verzamelde gegevens zijn weergegeven in bijlage 3a.

Samenstelling

De 12 AFFF-schuimvormende middelen zijn in hoofdzaak samengesteld uit surfactanten (10 - 40 %), glycolen (15 - 58 %) en gefluoreerde surfactanten (5 - 15 %). Om bacteriële afbraak tegen te gaan bevatten 4 producten conserveringsmiddelen/biociden in een concentratie van <0.1 %.

Twee AFFF-schuimen bevatten 10-15 % ureum. De schuimvormende middelen voor polaire vloeistoffen, de zogenaamde Alcohol Resistant (AR)-schuimen, bevatten polysachariden in concentraties ≤ 1 %.

Surfactanten zijn de belangrijkste componenten van het schuimvormend middel maar worden op de informatiebladen vaak niet gespecificeerd. Vaak wordt volstaan met de term alkylsulfaat. Van drie schuimvormende middelen zijn de CAS-nummers van twee surfactanten vermeld. Het blijkt te gaan om surfactanten waarvan het apolaire deel wordt gevormd door een C8 of C10 alkylketen. Een middel bevat alkylglycoside. Dit is een surfactant opgebouwd uit een alkylketen waaraan als hydrofiele groep een suiker is gebonden, waardoor de oplosbaarheid in water wordt vergroot. Van de gefluoreerde surfactanten worden in het geheel geen specificaties vermeld. De glycolen worden doorgaans duidelijker gespecificeerd.

Biologische afbreekbaarheid

De AFFF schuimvormende middelen zijn doorgaans goed afbreekbaar, volgens de informatiebladen is de biologische afbreekbaarheid (BZV₂₈) van het schuimvormend middel in alle gevallen >70 % en veelal >90 %. De verhouding BZV/CZV varieert tussen 0.33 en 0.78. De verstrekte informatie heeft betrekking op het totale preparaat.

Aquatische toxiciteit

Alle leveranciers/producenten hebben toxiciteitsgegevens verstrekt van hun producten. Echter, deze informatie staat niet altijd op de informatiebladen, maar is apart verstrekt. De verstrekte informatie heeft betrekking op het totale schuimvormend middel. In enkele gevallen wordt de toxiciteit van de eindverdunding gegeven. De meeste informatie betreft toxiciteit voor vissen. De LC₅₀ voor vissen is in de range van 870 - 7500 mg/l, de EC₅₀ voor Daphnia's 270 - 2800 mg/l, de LC₅₀ voor bacteriën 130 - 3600 mg/l. In enkele gevallen wordt volstaan met EC₀-waarde voor bacteriën variërend tussen 600 - 8000 mg/l. Een schuimvormend middel is in bovenstaande opsomming buiten beschouwing gelaten. De LC₅₀-waarden hiervan zijn een factor 10 lager dan de bovengenoemde ondergrens.

5.2 Synthetische schuimen

De verzamelde gegevens zijn weergegeven in bijlage 3b.

Samenstelling

Naast het surfactant (vaak aangeduid als alkylsulfaat) in de concentratierange van 10 - 55 %, bevatten de 7 synthetische schuimen één of meer glycolen (10 - 30 %) en een vetalcohol (< 5 %). Één schuimvormend middel bevat primair alcohol ethersulfaat, wat een synoniem is voor een surfactant op basis van geëthoxyleerde alcohol sulfaat. Dinatriummonoethanolamidosulfosuccinaat is een surfactant op basis van lineaire alcoholen. Daarnaast bevatten de meeste synthetische schuimen ureum (10 - 25 %). Aan één schuimvormend middel is tevens een biocide toegevoegd (0.2 %). Van één schuimvormend middel is de samenstelling op het informatieblad vermeld.

Biologische afbreekbaarheid

De schuimvormende middelen van de synthetische schuimen zijn doorgaans goed afbreekbaar, uitgezonderd één met een BZV₂₈ van 33 % en een BZV/CZV verhouding van 0.14. De BZV₂₈ varieert tussen 70 en 90 %, de BZV/CZV verhouding varieert tussen 0.63 en 0.88. Van één schuimvormend middel zijn geen afbreekbaarheidsgegevens verstrekt.

Aquatische toxiciteit

Ook voor synthetische schuimen geldt dat niet altijd de toxiciteitsgegevens op de informatiebladen zijn vermeld, maar in een aparte bijlage. Van één middel is informatie verstrekt van alle 4 trofische niveau's. De LC₅₀ voor vissen varieert tussen 3 en 850 mg/l. Van twee producten is de LC₅₀ voor Daphnia's verstrekt, die varieert tussen 3.8 en 10 mg/l. De EC₀ voor bacteriën ligt in de range van 50 - 800 mg/l. Van één product is zowel de EC₅₀ voor bacteriën als voor algen gegeven en bedraagt respectievelijk 0.9 en 0.6 mg/l.

5.3 Fluorproteïne schuimen

De verzamelde gegevens zijn weergegeven in bijlage 3c.

Samenstelling

De 6 fluorproteïneschuimen zijn hoofdzakelijk samengesteld uit gehydrolyseerde proteïne (20 - 60 %), gefluoreerde surfactanten (<5 %) en glycolen (5 - 20 %). Aan 3 schuimvormende middelen zijn biociden toegevoegd (<2 %) en aan 2 schuimvormende middelen (alcohol-resistent) polysacchariden (<5 %). Één schuimvormend middel bevat ammoniumligninesulfonaat (<15 %) en een andere bevat niet nader gespecificeerde metaalzouten (<5 %).

Biologische afbreekbaarheid

De fluorproteïneschuimen zijn doorgaans goed afbreekbaar. De BZV₂₈ varieert tussen 70 en 100%. De BZV/CZV verhouding varieert tussen 0.35 en 0.93. Van twee schuimvormende middelen zijn geen gegevens over de afbreekbaarheid verstrekt.

Aquatische toxiciteit

De LC₅₀ voor vissen varieert tussen 1300 en 4200 mg/l en die van Daphnia tussen 10000 en 38000 mg/l. Van één schuimvormend middel is uitsluitend de EC₁₀ voor bacteriën en algen vermeld, >30000 mg/l. Van één product zijn geen toxiciteitsgegevens verstrekt.

5.4 Proteïneschuimen

De verzamelde gegevens zijn weergegeven in bijlage 3d.

Samenstelling

Van twee proteïneschuimen zijn informatiebladen ontvangen. Deze zijn hoofdzakelijk samengesteld uit proteïne (50 - 70 %) en bevatten daarnaast nog ligninesulfonaat (<3 %), anorganische ijzorzouten (<3 %) en niet nader gespecificeerde antivries zouten (<15 %).

Biologische afbreekbaarheid

De gegevens over biologische afbreekbaarheid zijn erg summier, alleen BZV en CZV van de verdunde oplossingen zijn vermeld. De BZV/CZV verhouding bedraagt 0.16 en 0.13. Dit lijkt erg laag omdat eiwitten doorgaans goed afbreekbaar zijn.

Aquatische toxiciteit

Het LC₀ niveau voor vissen varieert van 2700 - 5000 mg/l. Bij bacteriën zijn geen effecten waargenomen.

6. Aanvullende informatie op basis van literatuurgegevens

In dit hoofdstuk zal worden ingegaan op milieubezwaarlijkheid van de diverse componenten op basis van literatuurgegevens en informatie van producenten. Aan de hand van deze informatie wordt door middel van een worst-case benadering een globale schatting gemaakt van de concentraties in het oppervlaktewater, indien het schuim direct in het oppervlaktewater komt.

6.1 Surfactanten

Bij synthetische schuimvormende middelen wordt overwegend gebruik gemaakt van anionische surfactanten. De belangrijkste groepen van anionische surfactanten voor technische toepassingen zijn: lineair alkylbenzeen sulfonaten (LAS), alcohol ethoxy sulfaten (AES), alkyl sulfonaten (SAS), alkylsulfaten/ vetalcohol sulfaten (FAS). De mate van biologische afbreekbaarheid is sterk afhankelijk van de mate van vertakking van de organische "back-bone". Lineaire koolwaterstof ketens zijn beter biologisch afbreekbaar dan de vertakte ketens. De biodegradatie van een groot aantal lineaire anionische surfactanten is uitgebreid onderzocht, waarbij de conclusie is dat deze verbindingen in het algemeen goed biologisch afbreekbaar zijn (Steber & Berger, 1995).

Van de toxiciteit van anionische detergenten is in de literatuur veel bekend, waarbij het meeste onderzoek gericht is op reinigingsmiddelen en met name LAS (Schöberl et al, 1988; Lewis, 1991). Aangenomen wordt dat de toxiciteit van de anionische detergenten in grote lijnen vergelijkbaar is met dat van LAS (Lewis, 1991). De LC_{50} voor vissen varieert tussen 1 en 20 mg/l, de EC_{50} voor Daphnia's ligt in dezelfde orde grootte. Voor algen ligt de EC_{50} in de orde grootte van 10 - 100 mg/l. Uitzonderingen op bovenstaande zijn LAS met een ketenlengte > 11.6 en a-methylestersulfonaat die een toxiciteit <1 mg/l kunnen hebben. Voor LAS geldt dat de primaire biodegradatie volledig verdwenen is. Chronische toxiciteit van anionische detergenten is in de orde grootte van 0.1 mg/l (Lewis, 1991).

De anionische surfactanten die voor AFFF schuimvormende middelen worden gebruikt hebben vaak een ketenlengte van C8-C10 (enkele informatiebladen en Cox, 1997).

Anionische en nonionische detergenten worden > 99 %, respectievelijk >95 %, verwijderd in een actief slibstelsel, waarbij de grootste verwijdering plaats vindt in de beluchtingstank (Prats et al, 1997).

Geschatte maximale concentratie bij oefeningen op oppervlaktewater

Om een indruk te krijgen van de omvang van de lozing bij brandblus oefeningen op oppervlaktewater wordt een schatting gedaan aan de hand van gegevens van vergunningaanvragen en mededelingen van experts. Uitgegaan wordt van een oefening op een stagnant water met een diepte van 2 meter en waarbij een oppervlakte van 50 bij 100 meter met schuim wordt bedekt. Blusschuim wordt vaak in grote hoeveelheden opgebracht. Moderne blusschuiminstallaties kunnen omvangrijke stromen premix (mengsel van water en schuimvormend middel) produceren. Aangenomen wordt een oefening met een monitor met een capaciteit van 2500 l/min en een mengverhouding van 6 % gedurende een blusperiode van 2 minuten.

In dat geval wordt 300 liter schuimvormend middel verbruikt. Bij toepassing van AFFF-schuim zal dan globaal 30 - 120 kg anionactieve surfactant rechtstreeks in het oppervlaktewater geloosd worden en bij synthetische schuimen 30 - 165 kg.

De standtijd van schuim op het wateroppervlak is circa 1 uur. In de beginfase na het schuim opbrengen verloopt de uitwisseling van componenten tussen het schuim en de waterfase traag. Naarmate de tijd verstrijkt zal dit proces zich versneld doorzetten (asymptotisch), waarna uiteindelijk alles in de waterfase bevindt. Aangenomen is dat in deze tijd geen biologische afbraak plaats vindt. Indien deze hoeveelheid zich volledig mengt met het oppervlaktewater dan varieert de surfactantenconcentratie tussen 3 en 12 mg/l voor AFFF en tussen 3 en 16.5 mg/l voor synthetische schuimen. Voor een aantal surfactanten kunnen bij deze concentraties acuut toxische effecten verwacht worden. Deze effecten zullen nog groter zijn in de bovenste waterlaag wanneer het schuimvormend middel nog niet volledig gemengd is met de waterfase.

6.2 Gefluoreerde surfactanten

Om de filmvorming te bevorderen worden gefluoreerde surfactanten toegevoegd. Gefluoreerde surfactanten hebben de grootste oppervlaktespanning verlagende eigenschappen van alle bekende surfactanten, wat deze stoffen uitzonderlijk geschikt maakt als toepassing in filmvormende blusschuimen. Door de extreem lage oppervlaktespanning vloeit het schuim zeer snel over het brandoppervlak uit en vormt het een dampafdichtende deken.

Het hydrofiele deel is analoog aan gewone synthetische surfactanten en is dus in principe biologisch afbreekbaar. De hydrofobe koolstof "backbone" is een gefluoreerde alkylketen waarbij alle waterstofatomen zijn vervangen door fluor-atomen (perfluor-surfactanten). Gefluoreerde surfactanten worden geproduceerd door middel van klassieke chemische reacties of door electrolyse. Perfluor-surfactanten zijn biologisch niet afbreekbaar en dus uitermate persistent (Key et al, 1997). Informatie is zeer moeizaam te verkrijgen. Om iets te kunnen zeggen over de toxiciteit, mogelijke afbraakproducten en verwijderingsprocessen in het milieu is nader onderzoek noodzakelijk. In openbare literatuur is hierover tot dusver niets vermeld (Key et al, 1997). Van de twee meest gebruikte gefluoreerde surfactanten (FS1 en FS2) in AFFF-schuim is door de producent ecologische informatie verstrekt. In tabel 2 wordt deze informatie weergegeven.

Tabel 2
Ecologische gegevens van de twee meest toegepaste gefluoreerde surfactanten in schuimvormende middelen (Cox, 1997).

	CZV g/g	BZV _s g/g	BZV _s /CZV	LC _{50,96h} vis mg/l	EC _{50, 48h} Daphnia mg/l	EC _{50,24h} algen mg/l	NOEC bacteriën mg/l
FS1	0.99	0.23	0.23	35	31	8	>1000
FS2	0	0	0	38	50	80	>1000

De lengte van de alkylketen varieert tussen C6 en C8. De gedeeltelijke biologische afbreekbaarheid van FS1 wordt veroorzaakt door een niet gefluoreerde groep. Na biologische afbraak resteert de gefluoreerde alkylketen. De logP van FS1 wordt geschat op 2-3, die van FS2 en afgebroken FS1 op 3-5. Exacte logP_{ow} waarden zijn niet beschikbaar. Door de extreem hoge waarden voor de oppervlaktespanning zijn de meetwaarden onbetrouwbaar (Cox, 1997).

Gelet op de logP_{ow} en de relatief geringe molecuulgrootte is het gevaar van bioaccumulatie aanwezig indien de stof in het oppervlaktewater komt. Recentelijk is de BioConcentratiefactor (BCF) bepaald (OECD 305C) van een

nauw verwante gefluoreerde surfactant. Bij een concentratie van 0.05 mg surfactant per liter is de BCF = 83 (45 - 144).

Ervaringen bij de biologische afvalwaterzuivering van de producent geven aan dat de gefluoreerde surfactanten voor 80 % worden verwijderd door adsorptie aan slib. Concrete emissiegegevens van deze stoffen vanuit biologische zuiveringen ontbreken echter. Ter vergelijking: PAK's zijn ook slecht afbreekbaar en hebben vergelijkbare $\log P_{ow}$ waarden. Deze verbindingen worden doorgaans voor meer dan 80 % verwijderd in een RWZI. Het grootste deel wordt verwijderd in de primaire bezinkers (Berbee, 1993). In industriële zuiveringen met hogere influentconcentraties worden voor PAK's rendementen van >90 % gehaald. Een vrij behoorlijke verwijdering van de gefluoreerde surfactanten ligt dus in de lijn der verwachtingen.

Geschatte maximale concentratie bij oefeningen op oppervlaktewater

Analoog aan de gevolgde berekening voor anionactieve surfactanten varieert de geschatte maximale concentratie voor gefluoreerde surfactanten tussen 1.5 en 4.5 mg/l voor AFFF schuimen. Voor gefluoreerde proteïneschuimen is deze concentratie ongeveer 1.5 mg/l. Op basis van de ecotoxicologische informatie worden bij deze concentratie geen acuut toxische effecten verwacht. Wel bestaat het gevaar van bioaccumulatie bij herhaalde oefeningen op oppervlaktewater.

6.3 Proteïnes

Van proteïnes of eiwitten mag doorgaans worden aangenomen dat zij goed afbreekbaar zijn. Hoe snel zij afbreken is onder andere afhankelijk van de vertakking van zijketens en de hoeveelheid stikstofatomen. Globaal bestaat proteïne uit 53 % C, 7 % H, 16 % N, 22 % O en 1-2 % S. Bij de afbraak van eiwitten is de eerste afbraakstap heel snel, waarbij ammoniak wordt gevormd. In een biologische zuivering zal dit ammoniak door de aanwezige micro-organismen snel worden omgezet naar nitraat. In oppervlaktewater zal de omzetting naar nitraat veel trager verlopen omdat de micro-organismen voor deze stap in mindere mate aanwezig zijn.

Geschatte maximale concentratie bij oefeningen op oppervlaktewater

De totale concentratie aan proteïnes in het schuimvormend middel varieert tussen 20 en 60 % voor fluorproteïneschuimen en tussen 50 en 70 % voor proteïneschuimen. Bij een verbruik van 300 kg schuimvormende middel varieert de geschatte maximale proteïneconcentratie tussen 6 en 18 mg/l voor fluorproteïneschuimen. Voor proteïneschuimen varieert de concentratie tussen 15 en 21 mg/l. De maximale hoeveelheid ammoniak (NH_3) die hierbij gevormd kan worden, varieert tussen 1 en 3.4 mg/l. Concentraties voor NH_3 waaronder geen acute effecten verwacht worden bij toxiciteitstesten zijn 2.2 mg/l voor vis, 3.8 mg/l voor watervlooiën en 2.4 mg/l voor algen (De Graaf et al, 1997). Indien totaal geen afbraak van NH_3 zou plaats vinden, dan kunnen toxische effecten optreden bij vissen en algen. Echter in het oppervlaktewater wordt NH_3 ook wel omgezet in nitraat, zij het dat dit een langzamer proces is dan in een biologische zuivering.

6.4 Glycolen

De meeste schuimvormende middelen bevatten speciale oplosmiddelen (glycolen, glycol-ethers) om hun verschuimbaarheid te verbeteren. Ethyleenglycol wordt veelal als antivriesmiddel toegevoegd. Schuimvormende middelen voor gebruik in gebouwen bevatten doorgaans geen ethyleen-

Tabel 3
Literatuurgegevens (Hommel, 1997) betreffende toxiciteit en afbreekbaarheid van de glycolen in schuimvormende middelen.

Noot

- 1) = stof is verdacht teratogeen, stoort de embryo-ontwikkeling bij ongewervelde waterorganismen en kan lange termijn effecten hebben (Hommel, 1997).
2) = stof kan vermoedelijk de productie van spermatozoiden en eicellen beïnvloeden of vruchtbeschadiging veroorzaken.

glycol. Glycolen zijn alifatische koolwaterstoffen die twee hydroxylgroepen bevatten aan verschillende koolstofatomen. Bij eenvoudige glycolen zijn beide hydroxylgroepen gebonden zijn aan een niet gesubstitueerde koolwaterstofketen met de formule $C_nH_{2n}(OH)_2$. Polyglycolen zijn opgebouwd uit eenvoudige glycolen en zijn te onderscheiden door tussenliggende etherbindingen in de koolwaterstofketen en hebben de formule $C_nH_{2n}(OH)_2$. Lokatie van de hydroxylgroepen, molecuulgewicht, aanwezigheid van vertakte koolwaterstofketens en het aantal etherverbindingen bepalen de eigenschappen van de glycolen. Glycolen zijn doorgaans weinig toxisch voor waterorganismen. Van 2-butoxy-ethanol bestaat het vermoeden dat het de productie van spermatozoiden en eicellen kan beïnvloeden of vruchtbeschadiging kan veroorzaken. Hexyleenglycol is verdacht teratogeen en kan lange termijn effecten hebben (Hommel, 1997). In tabel 3 zijn de literatuurgegevens over LC_{50} waarden en biologische afbreekbaarheid weergegeven van de glycolen die voorkomen op de informatiebladen van de schuimvormende middelen.

Glycol	CAS nummer	LC_{50} vis (mg/l)	LC_{50} daphnia (mg/l)	LC_{50} alg (mg/l)	LC_{50} bacterie (mg/l)	afbreekbaarheid (%)
Ethyleenglycol	107-21-1	>10000	>10000	>2000	>10000	>90
2(2'-butoxy ethoxy)ethanol	112-34-5	1800	2850	53-1000	255	>70
hexyleen glycol ¹⁾	107-41-5	>5000	NB	NB	NB	NB
2-butoxy ethanol ²⁾	111-76-2	1400	1800	35-700	700	>70
diethyleen glycol	111-46-6	>1000	>10000	1700-40000	8000	>90

De synoniemen voor glycolen zijn zeer divers en de producenten zijn niet eenduidig in het gebruik ervan. In bijlage 4 wordt een overzicht gegeven van de synoniemen van de glycolen.

Geschatte maximale concentratie bij oefeningen op oppervlakte water

De totale concentratie aan glycolen in de schuimvormende middelen varieert tussen 15 en 58 % voor AFFF-, tussen 10 en 30 % voor synthetische- en tussen 5 en 20 % voor fluorproteïne schuimen.

Uitgaande van eerder genoemde benadering wordt bij een oefening tussen 45 en 174 kg glycolen rechtstreeks in het oppervlaktewater gebracht. De concentratie in het oppervlaktewater wordt maximaal 17 mg/l. In principe ligt deze waarde ver beneden de LC_{50} waarden, acuut toxische effecten worden dan ook niet verwacht als gevolg van de glycolen.

6.5 Biociden/conserveringsmiddelen

Biociden/conserveringsmiddelen worden toegevoegd om biologische aantasting te voorkomen. Deze componenten worden op de meeste informatiebladen niet gespecificeerd. De verkregen informatie is vaak op verzoek door de producent verstrekt. Aan enkele schuimvormende middelen is het middel methyleenbisthiocynaat toegevoegd. Algen zijn zeer gevoelig voor dit biocide. De groei van algen wordt al geremd bij een concentratie van 5.5 mg/l. De LC_{50} voor vissen varieert tussen 0.2 en 0.4 mg/l. De LC_{50} voor daphnia's is 0.07 mg/l. De hydrolyse halfwaardetijd is 5 uur bij pH8 en een temperatuur van 24 °C. In oppervlaktewater mag verwacht worden dat de hydrolyse langzamer gaat door de doorgaans lagere temperaturen. Over biologische afbraak processen is weinig bekend. Bij een concentratie van 1 mg/l kan remming van de activiteit van actief slib optreden. Over verwijdering in een biologische zuivering zijn geen gegevens bekend (Baltus & Berbee, 1996).

Twee schuimvormende middelen bevatten quaternaire ammoniumverbindingen. Hiervan zijn weinig gegevens bekend. Uit de literatuur blijkt dat deze verbindingen door hun uiteenlopende chemische structuren verschillend gedrag in het milieu kunnen vertonen. Door de positieve lading kunnen ze binden aan organisch materiaal en aan anionische deeltjes, waardoor de toxiciteit afneemt. Een behoorlijke verwijdering in een biologische zuivering ligt derhalve in de lijn der verwachting, maar concrete gegevens hierover zijn niet bekend (Baltus & Berbee, 1996).

Ammoniumligninesulfonaat wordt ook toegepast om bacteriële aantasting te voorkomen. Het vormt complexen met nutriënten waardoor deze niet meer beschikbaar zijn voor bacteriegroei. In de papierindustrie wordt dit middel gebruikt in combinatie met een biocide, waardoor het verbruik van biocide wordt verlaagd. Volgens de leverancier van ligninesulfonaten is het middel niet toxisch. Concrete literatuurgegevens ontbreken echter. In een biologische zuivering worden ligninesulfonaten voor 40 - 60 % verwijderd (Stuhlbacher, 1991).

Geschatte maximale concentratie bij oefeningen op oppervlakte water

Uitgaande van een biocideconcentratie van 0.1 % in het schuimvormend middel zal bij een directe lozing maximaal 0.3 kg biocide in het oppervlaktewater geloosd worden. De geschatte concentratie in het modelwater bedraagt in dat geval 0.03 mg/l. Bij gebruik van methyleenbisthiocyanaat in een stagnant water kunnen bij deze concentratie toxische effecten optreden bij algen.

6.6 Ureum

Ureum wordt als antivriesmiddel aan schuimvormende middelen toegevoegd in concentraties tussen 10 en 15 %. Ureum ($(\text{NH}_2)_2\text{CO}$) is de belangrijkste vorm waarin stikstof in huishoudelijk afvalwater voorkomt. Ureum wordt zeer snel omgezet in CO_2 en NH_3 en wordt derhalve in een biologische zuivering goed verwijderd. Het wordt als stikstofbron toegevoegd aan het influent van biologische zuiveringen indien het stikstofgehalte te laag is voor een optimale werking van de zuivering. Ureum is weinig toxisch, de LC_{50} voor vissen, *Daphnia magna* en algen is > 10000 mg/l, de LC_{50} voor bacteriën is > 100000 mg/l. Bij verbranding van ureum kunnen nitreuze dampen ontstaan die veel toxischer zijn. De LC_{50} voor jonge regenboogforellen voor $\text{NO}_2\text{-N}$ ligt tussen 0.19 en 0.39 mg/l.

Geschatte maximale concentratie bij oefeningen op oppervlakte water

Uitgaande van een ureumconcentratie tussen 10 en 15 % zal bij een oefening op oppervlaktewater circa 30 tot 45 kg ureum in het oppervlaktewater terecht komen. De concentratie in het fictieve stagnante water varieert tussen 3 en 4.5 mg/l. In oppervlaktewater van 20 °C wordt dit in 4 - 6 dagen volledig afgebroken. Bij lager temperaturen gaan de afbraakprocessen langzamer.

6.7 Slotopmerkingen

6.7.1 Biologische afbreekbaarheid

Het CZV gehalte van de premix varieert tussen 9000 en 35000 mg/l. De BZV_5/CZV -verhouding is doorgaans > 0.6 , met andere woorden het blusschuim breekt snel af. Bij oefeningen op oppervlaktewater kan dit leiden tot lokale zuurstofdepletie, waardoor organismen problemen krijgen met

hun ademhaling. Wilkinson (1994) geeft in zijn rapportage aan dat zuurstofgebrek als belangrijkste milieubezwaar van blusschuimen wordt beschouwd.

Geschatte zuurstofgehalte bij oefeningen op oppervlakte water

Bij complete CZV verwijdering in het stagnante water zal het zuurstofgehalte variëren tussen 5.5 mg/l en 0 mg/l. Hierbij is aangenomen dat de zuurstofconcentratie in het water vooraf 10 mg/l bedraagt en dat er geen sprake is van zuurstoftoevoer. Gedurende korte tijd bestaat dus het gevaar dat waterorganismen sterven door zuurstofgebrek.

6.7.2 Toxiciteit voor waterorganismen

De toxiciteit van de verschillende schuimvormende middelen loopt nogal uiteen, zowel binnen een bepaald type schuim, als tussen de verschillende soorten schuimvormende middelen (zie bijlage 3). Om een goede vergelijking te kunnen maken moeten de toxiciteitsgegevens van alle 4 trofische niveaus bekend zijn. Slechts enkele producenten verstrekken deze informatie. In veel gevallen wordt volstaan met de toxiciteit voor vissen, meestal goudvis. Op voorhand kan echter niet gezegd worden dat de vis het meest gevoelige organisme is. Door de incomplete dataset is een goede vergelijking moeilijk. Een globale tendens is wel te geven. Uit bijlage 3 blijkt dat de schuimvormende middelen voor synthetische schuimen het meest toxisch zijn, gevolgd door de AFFF-middelen. De (gefluoreerde) proteïneschuimen lijken het minst toxisch.

Bovenstaande is gebaseerd op de informatie die verstrekt is op de veiligheidsinformatiebladen. In de literatuur zijn weinig gegevens bekend over de toxiciteit van schuimvormende middelen. Slechts één onafhankelijk onderzoek in Duitsland bevat gegevens over de toxiciteit van schuimvormende middelen voor waterorganismen (Ising, 1989). Bij dit onderzoek is de toxiciteit voor vier trofische niveaus en de biologische afbreekbaarheid bepaald van verschillende schuimvormende middelen. De algen zijn doorgaans het meest gevoelige organisme. De variatie in toxiciteit binnen de verschillende soorten schuimvormend middel was groot. De resultaten van dit onderzoek worden weergegeven in bijlage 5. De waarden op de veiligheidsinformatiebladen van dit onderzoek komen overeen met het Duitse rapport.

Volgens eerder genoemde schatting van de omvang van de lozing zal bij een brandblus oefening circa 300 liter schuimvormend middel verbruikt worden. Analoog aan de voorgaande berekeningen voor de hoofdbestanden wordt de maximale concentratie van het product 30 mg/l in het oppervlaktewater. Enkele producten zijn bij deze concentratie acuut toxisch voor waterorganismen.

7. Verwijderingstechnieken

Alternatieven voor verwijdering zijn:

- afvoeren naar een RWZI of biologische behandeling in een AWZI;
- verdamping in bassins;
- lozing na voorbehandeling;
- afvoeren naar een vuilverwerkingsinstallatie.

7.1 Afvoeren naar een RWZI of biologische behandeling in een AWZI

Biologische behandeling in een RWZI of AWZI is een aanvaardbare methode om blusschuim te verwijderen. Schuimoplossingen kunnen problemen geven in een biologische zuiveringsinstallatie. Objecten die voorzien zijn van een vaste schuimblussysteem zijn ook veelal voorzien van een opvangsysteem voor vloeibare koolwaterstoffen. Deze zijn ook geschikt voor de opvang van blusschuim. De opvangsystemen zijn vaak uitgerust met een brandstof/waterafscheider om de koolwaterstoffen te scheiden van de waterfase. Schuimoplossingen kunnen emulsies vormen met de koolwaterstoffen en met enkele polaire, gedeeltelijk in water oplosbare, brandstoffen. Daarnaast mengen wateroplosbare polaire brandstoffen goed met het schuim/water mengsel. De vorming van deze emulsies belemmeren daardoor de werking van de afscheider, wat er toe kan leiden dat brandstoffen direct in het afvalwatercircuit terecht komen en afgevoerd worden naar de bioloog. Veel brandbare vloeistoffen zijn toxisch voor actief slib. Bij overvloedig gebruik van blusschuim moet de afscheider kortgesloten worden en moet de schuim/water oplossing direct naar opslagtanks gevoerd worden. Vandaaruit kan gecontroleerd geloosd worden op de RWZI, mede afhankelijk van de toxiciteit van de brandstof.

Surfactanten kunnen overvloedige schuimvorming in de beluchtingsbassins veroorzaken. Met name gefluoreerde surfactanten geven reeds bij lage concentraties overvloedige schuimvorming. Dit kan leiden tot slibuitspoeling. Bij te hoge slibuitspoeling zal het systeem niet meer naar behoren functioneren. Om dergelijke problemen te voorkomen moet de schuimoplossing worden verdund voordat het op de zuiveringsinstallatie wordt geloosd.

Schuimoplossingen hebben veelal hogere BZV5-waarden dan het normale influent van een biologische zuivering. Wanneer hoge concentraties schuimvormende middelen op een biologische zuivering geloosd worden kunnen problemen ontstaan door "shock-loading". Welke concentratie toelaatbaar is voor een zuiveringsinstallatie, c.q. hoe ver een schuim/water mengsel moet worden verdund voordat het op de bioloog komt, is mede afhankelijk van de toxiciteit (nitrificatie-/respiratieremming) van het schuimvormend middel en de afbreekbaarheid. Onderzoek zal moeten uitwijzen welke verdunning van het schuimvormend middel toelaatbaar is om problemen op de RWZI te voorkomen. Om slibuitspoeling en shock-loading te voorkomen adviseren producenten om het gebruikte blusschuim te verdunnen tot een concentratie van 50 - 100 mg schuimvormend middel per liter in het influent van de RWZI. Hierbij wordt rekening gehouden met de verdunningen in het riool. Uitgaande van een 6 % mengverhouding moet het blusschuim dus 1200 - 600 keer verdund worden.

7.2 Verdamping in bassins

Verwijdering door verdamping in bassins biedt een goede bescherming voor het aquatische milieu. Deze methode lijkt alleen zinvol bij relatief kleine hoeveelheden schuimoplossing en wordt voor zover bekend niet toegepast.

7.3 Verwijdering na voorbehandeling

Naast biologische verwijdering zijn er fysisch/chemische zuiveringsmethoden, zoals precipitatie, actief kool adsorbtie en membraanfiltratie. Deze technieken worden voor zover bekend nog niet toegepast voor het verwijderen van oppervlakte-actieve stoffen (Darwin et al, 1995). In Duitsland heeft men een mobiele zuiveringsinstallatie op pilot-schaal ontwikkeld (Pohl, et al, 1997). Deze installatie is in principe inzetbaar als voorbehandeling van verontreinigd bluswater voordat het op de rioolwaterzuivering wordt geloosd. De installatie bestaat uit een microfiltratiemodule en een actief kool filter. Voor gebruik bij blusschuim zou een basische ionenwisselaar moeten worden toegevoegd. In de praktijk wordt dit systeem nog niet toegepast. De auteurs verwachten ook niet dat dit op korte termijn zal gebeuren, omdat tussen 1986 en 1990 slechts 0.07 % van de brandweerinzet betrekking had op grote industriële branden waarbij blusschuim is gebruikt.

7.4 Afvoeren naar een vuilverbrandingsinstallatie

Het kan noodzakelijk zijn om het schuimvormend middel te vervangen, bijvoorbeeld in geval van verstrijken houdbaarheidsdatum of door verandering van het risico als gevolg van wijzigingen in stoffen. In dat geval kunnen schuimvormende middelen het best afgevoerd worden naar een vuilverbrandingsinstallatie. Eventueel kan het schuimvormend middel door de leverancier worden teruggenomen met als doel de surfactanten terug te winnen (Rijnbout, 1997). Echter, dit is niet altijd rendabel en het is derhalve een financiële overweging om het schuimvormend middel te recyclen of te verbranden.

8. Discussie

Waterkwaliteitsbeheerders worden in het kader van de Wvo regelmatig geconfronteerd met vergunningaanvragen voor lozingen van blusschuim. De schuimvormende middelen in het blusschuim zijn samengesteld uit verschillende componenten. Wanneer die in het oppervlaktewater komen, kunnen ze negatieve effecten hebben op waterorganismen. De mate van milieubezwaarlijkheid moet worden bepaald aan de hand van gegevens omtrent verbruik, samenstelling en relevante ecologische informatie van de toegepaste schuimvormende middelen.

8.1 Verstrekte informatie

In de openbare literatuur is weinig bekend over de milieubezwaarlijkheid van schuimvormende middelen. De producenten/leveranciers hebben echter, op een enkele uitzondering na, hun medewerking verleend bij het verstrekken van informatie. Veel gegevens omtrent de milieubezwaarlijkheid in dit rapport zijn daarom gebaseerd op de informatie die verkregen is van leveranciers en/of producenten. De geleverde informatie is in alle gevallen echter te beperkt om een beoordeling te kunnen uitvoeren aan de hand van de methodiek zoals deze beschreven wordt in "De beoordeling van stoffen en preparaten in het kader van de Wvo" (Benschop, 1997). Schuimvormende middelen zijn samengesteld uit verschillende componenten. Om een goede beoordeling te kunnen maken zijn van preparaten de globale samenstelling en de ecologische gegevens nodig van alle componenten die meer dan 0.1 % van het totale preparaat vertegenwoordigen.

De glycolen worden vaak wel gespecificeerd, maar van de (gefluoreerde) surfactanten en de biociden/conserveringsmiddelen zijn weinig gegevens verstrekt. Ook in de literatuur zijn hiervan weinig gegevens bekend. In enkele gevallen hebben de producenten de samenstelling wel op vertrouwelijke basis aan het RIZA verstrekt. Deze informatie mag echter niet aan derden worden doorgegeven. Voor een waterkwaliteitsbeheerder geeft dit problemen bij het beoordelen van een lozing van blusschuim.

De verstrekte gegevens over aquatische toxiciteit en afbreekbaarheid hebben betrekking op het totale schuimvormend middel. Dit geeft slechts beperkte informatie over het gedrag van het schuimvormend middel in het oppervlaktewater. Na biologische afbraak van bijvoorbeeld de filmvormende blusschuimen zullen de relatief gemakkelijk afbreekbare componenten, zoals proteïnen, surfactanten en glycolen, voor een groot deel zijn verwijderd. Wat resteert zijn de persistente verbindingen zoals de gefluoreerde surfactanten en waarschijnlijk een deel van de biociden. Kortom, voor een goede beoordeling op waterbezwaarlijkheid is specificatie van alle componenten noodzakelijk. Daarnaast is het noodzakelijk dat de ecologische gegevens van de afzonderlijke componenten bekend zijn. Geen van de veiligheidsinformatiebladen bevat bovenstaande informatie. Uit gesprekken met de leveranciers bestaat de indruk dat zij de informatie wel willen leveren, maar dat deze om vertrouwelijke redenen niet voor hen beschikbaar is.

8.2 Waterbezwaarlijkheid van schuimvormende middelen

Alle stoffen en preparaten die toegepast worden dienen een waterbezwaarlijksaanduiding te krijgen via een algemene beoordelingsmethodiek (Benschop, 1997). Aan de hand van deze methodiek is nagegaan welke aanduiding de gezamenlijke schuimvormende middelen uit dit onderzoek dienen te krijgen. De aanduiding is voor dit rapport uitsluitend bedoeld om een indruk te krijgen van de waterbezwaarlijkheid. In de praktijk moeten de middelen afzonderlijk beoordeeld worden.

Overeenkomstig de beoordelingsmethodiek is eerst van de afzonderlijke componenten saneringsinspanning bepaald. Vervolgens is de waterbezwaarlijkheid van het totale schuimvormend middel bepaald.

De schuimvormende middelen zijn globaal samengesteld uit:

- surfactanten of proteïnen
- gefluoreerde surfactanten
- glycolen
- biociden/conserveringsmiddelen
- ureum

In tabel 4 wordt de saneringsinspanning per component weergegeven.

Daarnaast wordt aangegeven wat het verwijderingsrendement in een RWZI of biologische AWZI is en het mogelijke effect van de afzonderlijke componenten op waterorganismen bij lozing via een RWZI of rechtstreeks op het oppervlaktewater.

Tabel 4

Saneringsinspanning voor de afzonderlijke componenten van schuimvormende middelen en het mogelijke effect op waterorganismen.

Component	Saneringsinspanning	Verwijdering RWZI (%)	Effect op oppervlaktewater	
			Lozing via RWZI	Rechtstreekse lozing
Surfactanten	BUT	>95	nihil	kortstondige overschrijding LC ₅₀
Proteïnes	BUT	>70	nihil	hoge Kj-N gehalten
Gefluoreerde surfactanten	BBT	>80	vermoedelijk beperkt	risico bioaccumulatie
Glycolen	BUT	>70	nihil	
Biociden	BBT	?	?	zeer toxisch
Ureum	BUT	>90	nihil	beperkt

De betrokken schuimvormende middelen krijgen op grond van de beoordeling van de afzonderlijke componenten en de gehalten waarin zij in het middel voorkomen, de waterbezwaarlijksaanduiding "weinig schadelijk voor in water levende organismen". Lozingen van dergelijke middelen dienen te worden aangepakt volgens de best uitvoerbare technieken (BUT).

De schuimvormende middelen zijn doorgaans voor het grootste deel biologisch goed afbreekbaar. Dit kan een probleem vormen indien deze middelen ongezuiverd op het oppervlaktewater komen. In Engeland is bij calamiteiten waarbij schuimvormende middelen zijn ingezet gebleken, dat zuurstofafname het grootste effect had op waterorganismen (Wilkinson, 1994).

Na bepaling van de waterbezwaarlijkheid is het noodzakelijk om, na zuivering in een RWZI of een biologische AWZI, de invloed van een lozing op het ontvangende oppervlaktewater te kunnen beoordelen. Met behulp van de waterkwaliteitstoets (immissietoets) stelt de waterkwaliteitsbeheerder vast of de lozing die resteert na behandeling in een zuiveringsinstallatie toelaatbaar is voor het ontvangende oppervlaktewater. Resten blusschuim die ontstaan bij oefeningen op land lijken in principe te kunnen worden behandeld in een RWZI. Volgens de informatie van de leveranciers moet het influent-gehalte van het schuimvormend middel de 50 - 100 mg middel

per liter niet overschrijden. Dit is niet in alle gevallen op het veiligheidsinformatieblad vermeld.

Het CZV gehalte in de premix van de onderzochte schuimvormende middelen varieert tussen 9000 en 35000 mg/l. Wanneer voor een oefening uitgegaan wordt van de worst-case benadering van 5000 liter premix, dan levert dat op basis van uitsluitend CZV een lozing met een vervuilingswaarde globaal variërend tussen 300 en 1300 i.e. Om de werking van de RWZI te garanderen moet het schuim 1200 tot 600 keer verdund worden voor het de RWZI bereikt. Bij rioleringen met een lage afvoer kunnen wellicht onderweg naar de RWZI, als gevolg van onvoldoende verdunning, problemen met schuimvorming ontstaan. In principe zijn hiervoor twee oplossingen. In de eerste plaats kan het blusschuim ter plaatse worden verdund met een grote hoeveelheid schoon water. Gezien de kosten die de beheerder van de RWZI moet maken om deze hoeveelheid schoon water hydraulisch te verwerken, is dit geen optimale oplossing. In de tweede plaats kan, in onderling overleg met de beheerder van de riolering, het afvoerdebiet van het schuimblusmiddel zo worden gestuurd (verkleind) dat ook in riolen met een klein afvoerdebiet toch snel de juiste verdunning wordt bereikt.

De RWZI moet echter niet worden gezien als een verwerker van overjarig schuimvormend middel. Daarvoor ontbreken te veel relevante ecologische gegevens en gegevens over de samenstelling. Niet gebruikt schuimvormend middel wordt bij voorkeur geretourneerd naar de leverancier voor eventuele terugwinning van grondstoffen of verbrand in een vuilverwerkingsinstallatie.

Volgens de leveranciers zijn oefeningen met blusschuim op oppervlaktewater zeer uitzonderlijk. Bovendien zijn de kosten van het schuimvormend middel dermate hoog dat oefeningen met dit blusmiddel zijn beperkt tot het hoogst noodzakelijke. In principe zijn alle oefeningen met blusschuim in oefencentra op het land na te bootsen. In de oefencentra is het blusmiddel relatief eenvoudig op te vangen in verzameltanks. Vanuit deze tank kan het blusschuim gecontroleerd naar een RWZI worden afgevoerd.

Uit gesprekken met enkele leveranciers blijkt dat er een sterke tendens is naar het gebruik van universele Alcohol Resistant Film Forming Foams. Het lijkt dan ook waarschijnlijk dat de meeste vergunningaanvragen daarop betrekking zullen hebben.

9. Conclusies en aanbevelingen

De brandweer moet accuraat en snel kunnen optreden om bij branden mensenlevens te redden en schade aan materiaal en milieu te beperken. Het is daarom noodzakelijk dat zij oefenen met de blusmiddelen die ter beschikking staan. Hoewel meer dan 90 % van de branden met water worden geblust, moet bijvoorbeeld bij vloeistofbranden blusschuim worden ingezet. Blusschuimen zijn uiterst effectief voor het bestrijden of voorkomen van dergelijke branden. Daarnaast zijn gebouwen en installaties met een verhoogd risico voor brandgevaar uitgerust met automatische blusinstallaties die gevuld zijn met dezelfde soort schuimvormende middelen. Bij oefeningen/testen kunnen deze schuimvormende middelen ook vrijkomen in het milieu.

Op de Nederlandse markt voor schuimvormende middelen is een tendens naar toepassing van universele filmvormende schuimen die zowel branden van polaire als apolaire vloeistoffen kunnen blussen of voorkomen. Aanvragen voor vergunningen voor brandblusoefeningen zullen dan ook vaak betrekking hebben op deze Alcohol-Resistant Film Forming Foams. Deze schuimvormende middelen zijn verkrijgbaar op basis van synthetische surfactanten en op basis van proteïnen.

Schuimvormende middelen zijn voor een groot deel biologisch goed afbreekbaar. Bij directe lozingen op het oppervlaktewater lijkt sterfte van waterorganismen door zuurstofloosheid het grootste acute effect te zijn. Schuimvormende middelen bevatten componenten die negatieve effecten kunnen hebben op waterorganismen. De meest kritische stoffen in schuimvormende middelen met betrekking tot het oppervlaktewater lijken de gefluoreerde surfactanten en de biociden te zijn. Gefluoreerde surfactanten zijn persistent en kunnen bioaccumuleren. De biociden zijn meestal in lage concentraties aanwezig, maar hebben giftige eigenschappen. Oefeningen op oppervlaktewater dienen daarom tot een minimum beperkt te worden.

Het verdient aanbeveling om brandblusoefeningen met blusschuim op het land te houden op een vloeistofdichte ondergrond en een gecontroleerde afvoer naar het riool. Gedoseerde lozing op de RWZI, met een maximale concentratie van 50 - 100 mg schuimvormend middel per liter influent, zal naar verwachting geen nadelig effect hebben op de werking van de RWZI. Hiervoor moet het schuim circa 600 tot 1200 keer worden verdund voor het de RWZI bereikt. Verdunning kan het best tot stand worden gebracht door in goed overleg met de beheerder van de riolering het afvoerdebiet van het schuimvormend middel zodanig te sturen dat in de riolen geen problemen ontstaan door schuimvorming. De RWZI is overigens geen afvalverwerker. Overjarig schuimvormend middel wordt bij voorkeur gereïtourneerd naar de leverancier of verwerkt in een afvalverbrandingsinstallatie.

Bij oefeningen op land, met een lozing op het riool is in veel gevallen een Wm-vergunning vereist. Voor lozingen direct op het oppervlaktewater of lozingen op het riool met een vervuilingswaarde > 5000 i.e. of een debiet > 500m³/d is een Wvo-vergunning vereist.

Gefluoreerde surfactanten zijn nadelig voor het watermilieu maar blijken een uiterst effectieve en snelle brandblussende werking tot stand te kunnen brengen. Voor de producenten ligt er een uitdaging om beter afbreekbare middelen te ontwikkelen met overeenkomstige filmvormende eigenschappen. Dit lijkt niet eenvoudig te zijn.

De hoeveelheid informatie op de veiligheidsinformatiebladen van de schuimvormende middelen is onvoldoende om de waterbezwaarlijkheid goed en volledig te kunnen beoordelen. In principe is deze informatie noodzakelijk, zowel voor lozingen op een RWZI als lozingen op het oppervlaktewater. Met name bij oefeningen op oppervlaktewater is het voor de vergunningverlener noodzakelijk om voldoende informatie te hebben. De aanvrager moet heel goed motiveren waarom oefeningen op oppervlaktewater nodig zijn en waarom deze niet op een doelmatig ingerichte oefenlocatie kunnen worden uitgevoerd. Indien dit toch noodzakelijk wordt geacht, dan zouden daar goede voorwaarden aan moeten worden verbonden. Hierbij valt te denken aan:

- uitsluitend oefenen op voldoende doorstromend water;
- hoeveelheid schuimvormend middel vastleggen;
- type en samenstelling schuimvormend middel;
- tijdsduur van de oefening.

Bovenstaande heeft betrekking op oefensituaties. Bij een werkelijke brand worden grotere hoeveelheden schuimvormend middel geloosd. Het is wenselijk ook in dergelijke situaties de hoeveelheid blusschuim tot een minimum te beperken. Indien mogelijk moet bij lozingen op een RWZI worden voorkomen dat de concentratie schuimvormend middel problemen gaat geven in de riolering en op de RWZI.

10. Referenties

Baltus, C.A.M. & R.P.M. Berbee, 1996. Het gebruik van biociden in recirculatiekoelsystemen. RIZA-nota 96.036, 46 p + bijlagen.

Berbee, R.P.M., 1993. Welke PAK normeren in industrieel afvalwater? RIZA rapport nr. 93001, 41 p + bijlagen.

Cox, B., 1997. Manager Product Environmental Affairs Europe, 3M Belgium. Persoonlijke mededeling.

Darwin, R.L., R.E. Ottman, E.C. Norman, J.E. Gott & C.P. Hanauska, 1995. Foam Environmental Issues. Document prepared for the Technical Committee on Foam. National Fire Protection Association, Quincy, MA 02269-9101, USA.

Gahlen, M., 1991. Schaumeinsatz und Umweltschutz. Brandschutz/Deutsche Feuerwehr-Zeitung 3: 143 - 150.

Graaf, P.J.F. de, J. Graansma, M. Tonkes, E.V. ten Kate en J.L. Maas, 1997. Voorlopige handreiking toepassing acute toxiciteitstesten. FWVO-nota 97.03, 38p + bijlagen.

Hommel, D.G., 1997. Handbuch der gefährlichen Güter, neunte Auflage. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.

Ising, E., 1989. Investigations of toxic effects and the biological degradability of foam extinguishing agents in the waste water. German Army report.

Key, B.D., R.D. Howell & C.S. Criddle, 1997. Fluorinated Organics in the biosphere, critical review. *Envir. Sci. & Technol.* 31 (9): 2445 - 2454.

Lewis, M.A., 1991. Chronic and sublethal toxicities of surfactants to aquatic animals: a review and risk assessment. *Wat. Res.* 25 (1): 101 - 113.

Mulligan, D., 1991. Fire-fighting foams true specialities. Speciality Chemicals.

NFPA, 1995. Standard on Wetting Agents. National Fire Protection Association NFPA 18. Quincy, MA, USA.

NIBRA, 1996. Onderbrandmeester Verbranding en blussing. Nederlands Instituut voor Brandweer en Rampenbestrijding, 4e druk, ISBN 90-5643-050-5, p 119 - 144.

Prats, D., F. Ruiz, B. Vázquez & M. Rodriguez-Pastor, 1997. Removal of anionic and nonionic surfactants in a waste water treatment plant with anaerobic digestion. A comparative study. *Wat. Res.* 31 (8): 1925 - 1930.

Pohl, K.D., A. Wieneke, J. Varenau, T. Brieger & R. Kamradt, 1997. Vor-Ort-Reinigung kontaminierter Löschwässer. *WLB Wasser, Luft und Boden* 4: 26 - 28.

Rijnbout, J.H., 1997. Account Development Manager Industrial Chemicals Light Water and fluorad, Fluids, 3M. Persoonlijke mededeling.

Schöberl, P., K.J. Bock & L. Huber, 1988. Ökologisch relevante Daten von Tensiden in Wasch- und Reinigungsmitteln. Tenside Surfactants Detergents 25 (2): 86 - 98.

Steber, J. & H. Berger, 1995. Biodegradability of anionic surfactants. In D.r. Karsa & M.R. Porter (eds), Bioderability of surfactants. Blacky Academic & Professional, London. p 135 - 182.

Stuhlbacher, A., 1991. Mikrobieller Abbau von Ligninsulfonaten unter mikroaeroben Bedingungen. Z. Wasser-Abwasser-Forsch. 24: 57 - 60.

Wilkinson, M., 1994, A review of fire fighting foams to identify priorities for EQS development. National Rivers Authority report R&D Note 339, 48 p + bijlagen.

Zanten, P.M. van, 1997. Algebra Technische Handelsonderneming BV. Persoonlijke mededeling.

Bijlagen

Bijlage 1A: Lijst met afkortingen

AES: Alcohol Ethoxy Sulfaten

AFFF: Aqueous Film Forming Foam

AR-AFFF: Alcohol Resistant Aqueous Film Forming Foam

AR-FFFP: Alcohol Resistant Film Forming Fluor Proteïne

AWZI: AfvalwaterZuiveringsInstallatie

BCF: BioConcentratieFactor

BZV₅: Biologisch ZuurstofVerbruik (na 5 dagen uitgedrukt in mg O₂/l)

BZV₂₈: Biologisch ZuurstofVerbruik (na 28 dagen uitgedrukt in mg O₂/l)

CZV: Chemisch ZuurstofVerbruik (uitgedrukt in mg O₂/l)

EC₅₀: concentratie waarbij, in een vastgestelde tijd, bij 50 % van de organismen een effect optreedt

E(l)C₂₀: concentratie waarbij, in een vastgestelde tijd, bij 20 % van de organismen een effect optreedt

FAS: Alkylsulfaten / vetalcohol sulfaten

FFFP: Film Forming Fluor Proteïne

FP: Fluor Proteïne

LAS: Lineair Alkylbenzeen Sulfonaten

LC₅₀: concentratie waarbij, in een vastgestelde tijd, 50% van de organismen sterft

log P_{ow}: logaritme van de verdelingscoëfficiënt over de fasen n-octanol en water

NFPA: National Fire Protection Association

NIBRA: Nederlands Instituut voor Brandweer en Rampenbestrijding

NOEC: No Observed Effect Concentration

PAK: Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen

RIZA: Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling

RWZI: RioolWaterZuiveringsInstallatie

SAS: Alkyl Sulfonaten

VEBON: Vereniging van BeveiligingsOndernemingen in Nederland

Wvo: Wet verontreiniging oppervlaktewateren

Bijlage 1b: Methoden en gehanteerde begrippen bij blusschuimen

Methoden

Blusschuim wordt gevormd door een mengsel van water en een geschikt schuimvormend middel direct op het brandend oppervlak te spuiten (onbelucht schuim) of via een beluchtingsbuis (luchtschuim). De beluchtingsbuis bevordert de menging van lucht en schuim, waardoor vaak een stabiel schuim wordt verkregen. Er bestaan meerdere mengmethoden voor luchtschuim:

- via injectoren wordt aan het water in de slangleiding schuimvormend middel toegevoegd. Hierdoor wordt de zogenaamde premix gevormd. De premix wordt vervolgens in een speciale schuimstraalpijp of schuimgenerator intensief met lucht gemengd waardoor het schuim ontstaat;
- door middel van Venturi-werking. In een blusschuiminstallatie wordt water onder druk door een doseerunit te leiden. Door venturi werking wordt vloeibaar schuimvormend middel in de waterstroom meegezogen. De premix wordt vervolgens via een nozzle in de straalpijp gevoerd en daar goed gemengd met lucht. Door de turbulentie in de straalpijp wordt een continue stroom van schuim geproduceerd;
- het schuimvormend middel wordt voorgemengd in de pomp;
- het schuimvormend middel en lucht worden in een speciale schuimpomp met water gemengd.

Begrippen

Enkele belangrijke begrippen die de eigenschappen van schuim bepalen zijn:

- schuimvormend middel;
- premix;
- de mengverhouding;
- het verschuimingsgetal;
- de halfwaardetijd;
- de opbrengsnelheid.

Schuimvormend middel

Het schuimvormend middel is de geconcentreerde oplossing van het preparaat dat met water gemengd wordt om blusschuim te produceren

Premix

Premix is het mengsel van schuimvormend middel en water.

De mengverhouding

De mengverhouding is het percentage schuimvormend middel dat aan water moet worden toegevoegd om de vereiste schuimkwaliteit te verkrijgen. Deze mengverhouding ligt meestal tussen de 2 en 6 %.

Het verschuimingsgetal

Het verschuimingsgetal is een maat voor de dichtheid van het schuim. Het geeft het aantal liters schuim aan dat uit een liter premix ontstaat. Op basis van het verschuimingsgetal kan schuim ingedeeld worden in:

- zwaar schuim = schuim met een verschuimingsgetal < 20
- middel schuim = schuim met een verschuimingsgetal tussen 20 en 200
- licht schuim = schuim met een verschuimingsgetal > 200

Zwaar schuim wordt als blusstof toegepast voor vloeistofbranden en voor preventief afdekken van spills van brandbare vloeistoffen. Zwaar schuim kan in grote hoeveelheden worden opgebracht waardoor het bij uitstek geschikt is voor grote vloeistofbranden. Het verschuimingsgetal bij zwaar

schuim kan worden gewijzigd door het percentage schuimvormend middel te wijzigen.

Middel en licht schuim zijn speciaal ontwikkeld om moeilijk te betreden ruimten te blussen, zoals scheepsruimen en opvullen van opslagtanks. Het schuim heeft grote, met lucht gevulde bellen en is zeer licht. De bluswerking berust op verstikking. In open ruimte waait licht schuim gauw weg. Omdat dit document gerelateerd is aan blussen op open water wordt aan middel en licht schuim verder weinig aandacht besteed.

De halfwaardetijd

Met de halfwaardetijd van het schuim wordt de tijdsduur aangegeven waarin 50 % van het water uit het schuim is verdwenen. Een schuimlaag is niet stabiel maar wordt afgebroken doordat:

- water uit de onderste laag van het schuim zakt;
- water uit de bovenste laag van het schuim verdampt;
- verontreinigingen in de vloeistof het schuim beïnvloeden;
- schuim verbrandt door stralingshitte. Dit kan worden verstrekt wanneer het schuim brandbare vloeistof heeft opgenomen, bijvoorbeeld door een heftige beroering van vloeistof en schuim.

De laagdikte van het schuim neemt als gevolg hiervan af. Om een permanente schuimlaag te krijgen moet de schuimtoevoer minimaal gelijk zijn aan de schuimafbraak, anders is schuimblussing zinloos. De hoeveelheid water die per tijdseenheid uit de vloeistof verdwijnt door uitzakken (oplossen) in de vloeistof en door verdamping vormt een belangrijke factor voor de stabiliteit van het schuim. Hoe langer het water wordt vastgehouden, hoe beter de schuimlaag in stand blijft.

De opbrengsnelheid

Onder de opbrengsnelheid wordt de minimale hoeveelheid blusstof verstaan die per m² brandoppervlak per minuut moet worden opgebracht om de blussing te bereiken. In de praktijk wordt voor schuim gemiddeld 6 liter schuim (water+s.v.m.) per m² aangehouden waarbij ervan wordt uitgegaan dat deze schuimlaag 20-30 minuten in stand kan worden gehouden (NIBRA, 1996). De waterbelasting voor vloeistofbranden is voor zowel licht, middel als zwaar schuim gelijk.

Bijlage 2: Overzicht contactpersonen benaderde producenten/leveranciers

Ajax Brandbeveiliging B.V.
Contactpersoon F.C.J.K Hertel
Postbus 94105
1090 GC Amsterdam
tel. 020-5909500
fax 020-6682024

Total Walther
Contactpersoon I.V. Helmlinger
Postfach 1127
68520 Ladenburg Duitsland
tel. +49 (0)62039340
fax +49 (0)6203934150

Pyrocol Safety Products B.V.
Contactpersoon J. Lems
Postbus 1042
3000 BA Rotterdam
tel. 010-4549221
fax 010-4549214

Wormald B.V.
Contactpersoon A.R. Stokking
Postbus 283
3440 AG Woerden
tel. 0348-494294
fax 0348-431318

Algebra Technische Handelsonderneming B.V
Contactpersoon M.P. van Zanten
Postbus 509
3130 AM Vlaardingen
tel. 010-4355022
fax 010-4603582

Ansul BV.
Contactpersoon T. Fluite
Postbus 209
8200 AE Lelystad
tel. 0320-240864
fax 0320-247707

Saval
Contactpersoon J. de Zwart
Westrik 17
4841 BM Prinsenbeek
tel. 076-5487000
fax 076-5417922

Grinell Sales & Distribution B.V
Contactpersoon A. Brinson
Postbus 198
7500 AD Enschede
tel. 053-4283434
fax 053-4283377

3M Nederland B.V.
Contactpersoon D. van Well
Postbus 193
2300 AD Leiden
tel. 071-5450204
fax 071-5450294

LIPS
Contactpersoon C. Huijgens
Postbus 59
3300 AB Dordrecht
tel. 078-6394041
fax 078-6394145

3M Nederland B.V.
Contactpersoon J.H. Rijnbout
Postbus 193
2300 AD Leiden
tel. 071-5450360
fax 071-5450368

VEBON
Vereniging van BeveiligingsOndernemingen in Nederland
Contactpersoon J.M. Auping
Boerhavelaan 190
2700 AD Zoetermeer
tel. 079-3531116
fax 079-3531365

3M Belgium N.V.
Contactpersoon B.Cox
Haven 1005 Canadastraat 11
B-2070 Zwijndrecht Belgium
tel. +32 (0)32507510
fax +32 (0)32507514

Bijlage 3a: Overzicht van de door leveranciers geleverde informatie over AFFF-schuimvormende middelen

AFFF		1	2	8	10	11	12	13	19	20	21	22	23
Samenstelling (%)	CAS nr.												
ethyleen glycol	107-21-1	19-21		19-21		18-24			6	8	10-25		10-25
2(2'-Butoxy-ethoxy)ethanol	112-34-5	11-13	12	33-37							5-10		10-25
hexyleen glycol	107-41-5												
2 butoxy ethanol	111-76-2				20		13-16	30	30				
di-ethyleen glycol	111-46-6			25			20						
fluorosurfactant					15	10	15	5	3	2	<5	<5	<5
fluoroalkylamide derivaat		<5	<5	<5									
perfluoralkyl-sulfonaat		<1.5	<1.5	<5									
alkylsulfaat		<5	<5	<5	25	30	15	15	6	4	3X<5	3x<5	3-15
alkylglycoside									6				
magnesiumsulfaat									1				
ureum					15	10							
biocide (cons. middel)		0.07	0.07	<1					0,1				
polysaccharide							<1	<1	1		<1	<1	
Afbreekbaarheid													
BZV ₅ (mg/l)		0.25 g/g			6000*	7200*	8900*	10100*	550000	550000	11500*	4400	17000*
CZV (mg/l)		0.55 g/g	0.35 g/g	1.1 g/g	9300*	9500*	15000*	16100*	708000	708000	35000*	9200	24000*
BZV ₅ /CZV		0.45			0.64	0.76	0.59	0.63	0.78	0.78	0,33	0,47	0,71
BZV _{2B} (mg/l)			0.21 g/g	1.1 g/g		80%		>70%	>96%	96	>70%		99%
Aquatische toxiciteit													
LC50 vis (mg/l)		>1000	1500	1300	1500	7500		1400			2300	870	3000
EC50 Daphnia (mg/l)		1000	2800	1300	>1000						2700	270	3000
EC ₅₀ bacterien (mg/l)		220		>1000									3600
EC ₅₀ algen (mg/l)					130						1400	4200	540
EC ₀ bacterien mg/l					8000		1800	2500	600	4500			
EC ₀ vis mg/l							600	1300	1000	1000			
					*=3%	*=3%	*=3%	*=3%	*=6%		*=6%	*=6%	*=3%

Bijlage 3b: Overzicht van de door leveranciers geleverde informatie over synthetische schuimvormende middelen

Synthetische schuimen		5	9	14	15	18	24	27
Samenstelling (%)	CAS nr.							
ethyleen glycol	107-21-1							
2(2'-Butoxy-ethoxy)ethanol	112-34-5						<12	10-25
hexyleen glycol	107-41-5							
2 butoxy ethanol	111-76-2	10-25		20	28	30		12
di-ethyleen glycol	111-46-6							
vetalcohol		<4		<2	<2	2	<5	<2.5
dinatriummonoethanolamidosulfosuccinaat		<10						
alkylsulfaat				50	55	40	<10	<20
prim. alcohol ethersulfaat		5-20						
ureum	57-13-6			10	10	15	10-25	10-25
biocide (conserveringsmiddel)						0.2		
Afbreekbaarheid								
BZV ₅ (mg/l)		0.087 g/g	0.75 g/g*	18500*	17600*		8533*	750*
CZV (mg/l)		0.62 g/g	1.15 g/g*	21000*	27800*		9952*	1150*
BZV ₅ /CZV		0.14	0.65	0.88	0.63		0.86	0.65
BZV ₂₈ (mg/l)		33%	95%	>70%				90%
Aquatise toxiciteit								
LC ₅₀ vis (mg/l)		45	150	850	600		115*	>150
EC ₅₀ Daphnia (mg/l)		10					126*	
EC ₅₀ bacterien (mg/l)							30*	
EC ₅₀ algen (mg/l)							19*	
EC ₀ bacterieen mg/l			50	500	800	700		
EC ₀ vis mg/l				830		500		
			*=1ml/l	*=3%	*=3%		*=3%	*=1%

Bijlage 3c: Overzicht van de door leveranciers geleverde informatie over schuimvormende middelen op basis van gefluoreerde proteïne

Gefluoreerde proteïne		3	4	6	7	25	26
<i>Samenstelling (%)</i>	<i>CAS nr.</i>						
ethyleen glycol	107-21-1			10-20			
2(2'-Butoxy-ethoxy)ethanol	112-34-5						
hexyleen glycol	107-41-5	<10	<10	5-10	<10		
2 butoxy ethanol	111-76-2						
di-ethyleen glycol	111-46-6						<5
fluorosurfactant		<5	<5	<5	<5	<5	<5
metaalzouten			<5				
zinkoxide	1314=13-2		<1				
natriumchloride	7647-14-5	5-10	5-10				
magnesiumchloride	7791-18-6					10-25	<15
ijzer(II)sulfaat	7720-78-7					<5	<5
ammoniumligninsulfonaat							<15
proteïne		20	40	<30	<30	<50	<60
biocide (conserveringsmiddel)		<2	<2	<1	<2		
polysaccharide (polymeer)				<5	<5		
<i>Afbreekbaarheid</i>							
BZV ₅ (mg/l)		0.12 g/g	0.41 g/g	0.19 g/g			13950
CZV (mg/l)		0.34 g/g	0.65 g/g	0.52 g/g			15000
BZV ₅ /CZV		0.35	0.63	0.36			0.93
BZV ₂₈		100%		70%			98%
<i>Aquatise toxiciteit</i>							
LC ₅₀ vis (mg/l)		1300	4200	4200	2400		
EC ₅₀ Daphnia (mg/l)		38000	12300	13400	10000		
EC ₁₀ bacterien (mg/l)							>30000
EC ₁₀ algen (mg/l)							>30000

Bijlage 3d: Overzicht van de door leveranciers geleverde informatie over schuimvormende middelen op basis van proteïne

Proteïne		16	17
Samenstelling (%)	CAS nr.		
.....
.ethyleen glycol	107-21-1		
2(2'-Butoxy-ethoxy)ethanol	112-34-5		
hexyleen glycol	107-41-5		
2 butoxy ethanol	111-76-2		
di-ethyleen glycol	111-46-6		
ligninesulfonaat		<3	<3
proteïne		70	50
anorg. ijzerzout		<3	<3
antivries zout		<15	<15
Afbreekbaarheid			
BZV ₅ (mg/l)		1700*	2000*
CZV (mg/l)		10300*	14800*
BZV ₅ /CZV		0.16	0.13
Aquatische toxiciteit			
LC ₀ vis (mg/l)		2700	5000
EC ₀ bacterie (mg/l)		30000	60000
		*=3%	*=6%

Bijlage 4: Synoniemenlijst glycolen

In onderstaande tabel wordt een overzicht gegeven van de synoniemen voor glycolen op de veiligheidsinformatiebladen van de schuimvormende middelen.

107-21-1	112-34-5	107-41-5	111-76-2	111-46-6
Glycol	Diethyleen-glycol monobutyl ether	Hexyleen glycol	2- Butoxy ethanol	Diethyleen glycol
Ethaandiol	Butyl "carbitol"	2,4-Dihydroxy-2-methyl-pentaaan	Ethyleen glycol monobutyl ether	2,2-Dihydroxy diethyl-ether
Dihydroxyethaan	Butyldiglycol	1,2-Hexaandiol	Butoxyethanol	Ethyleen diglycol
Ethyleen glycol	2-(2-Butoxy ethoxy)-ethanol	2-Methyl-pentaaan-2,4-diol	Butyl glycol	Glycol ether
Ethaan-1,2-diol	2-Hydroxy-2'-butoxy diethylethaan		Ethyleen glycol n-butyl ether	Glycol ethyl ether
1,2-Ethaandiol			Glycol butyl ether	Bis(2-Hydroxyethyl) ether
Ethyleen alcohol			Glycol monobutyl ether	
Glycolalcohol			1-Hydroxy-2-n-butoxyethan	
Monoethyleen glycol				

Bijlage 5: Samenvatting toxiciteitsrapport Deutsche Bundesamt für Wehrtechnik und Beschaffung

Het Duitse Bundesamt für Wehrtechnik und Beschaffung heeft onderzoek gedaan naar de afbreekbaarheid en toxiciteit van verschillende typen schuimvormende middelen te weten 5 synthetische, 6 AFFF, 3 proteïne- en 1 FFFP-schuim (Ising, 1989). Volgens de leveranciers/producenten is dit het enige wetenschappelijke rapport over aquatische gegevens van schuimvormende middelen. De resultaten van het onderzoek zijn weergegeven in tabel 4.

Tabel 4: Acute toxiciteit, weergegeven als EC50, en afbreekbaarheid van schuimvormende middelen (Ising, 1989).

Type schuim	Bacteriën ^a Photobact. Phosphor.	Algen ^b Scenedesmus	EC ₅₀ (µl/l) Kreeftachtigen ^c Daphnia magna	Vissen ^d Brachydanio rerio	Afbreekbaarheid BZV ₅ /CZV ^e
Syndet 1	7,5	32	120	173	0,40
Syndet 2	6	68	75	109	0,55
Syndet 3	25	30	75	131	0,76
Syndet 4	15	24	58	68	0,29
Syndet 5	25	NB	250	NB	0,86
AFFF 1	460	355	600	161	0,75
AFFF 2	2.000	37	200	141	0,68
AFFF 3	15.000	160	2.000	4.100	0,35
AFFF 4	2.500	160	430	1.600	0,52
AFFF 5	2.000	105	3.000	3.100	0,71
AFFF 6	300	230	1.500	3.100	NB
FFFP	30.000	80	7.500	10.000	0,63
P 1	30.000	6.200	7.500	10.000	0,89
P 2	30.000	225	7.500	6.500	0,62
P 3	5.000	435	600	1.400	0,85

Noot

- a = concentratie waarbij de lichtsterkte van de bacteriën met 50 % is afgenomen
b = concentratie waarbij 50 % groeiremming optreedt met een incubatietijd van 72 uur
c = concentratie waarbij 50 % van de testorganismen immobiel is na 24 uur
d = concentratie waarbij 50 % van de testorganismen is gestorven na 48 uur
e = berekend uit de BZV₅/CZV ratio

Uit de tabel blijkt dat de geteste synthetische schuimen over het algemeen het meest toxisch zijn en de proteïne schuimen het minst, de AFFF schuimen hebben over het algemeen tussenliggende waarden. Op basis van toxiciteitsgegevens worden de filmvormende schuimen AFFF 3, 4, 5 en het filmvormende proteïne-schuim in Duitsland ingedeeld in Wassergefährdungsklasse 1, schwach wassergefährdende Stoffe (Gahlen, 1989). Vanwege de biologische afbreekbaarheid komen deze schuimen in klasse 2 van wassergefährdende Stoffe.

