



MEMORANDUM 61 d.d. 29 april 2004

HI-EX INSIDE AIR SYSTEMEN IN CPR 15-2 OBJECTEN

Vervolgstappen naar aanleiding van het Tebodin rapport nr. 3318001 d.d. 28 september 2001

1 Probleemstelling

Hi-Ex Inside air systemen worden in CPR 15-2 opslaglocaties met verschillende risico's toegepast. Deze systemen kennen bij toepassing in opslaglocaties voor gevaarlijke stoffen zoals beschreven in de CPR 15-2 (en andere daarbij behorende door VROM uitgegeven circulaire) aanzienlijke voordelen ten opzichte van met name sprinklerinstallaties, zoals de eisen m.b.t.:

- De productopvang;
- De bluswateropvang;
- De bouwkundige scheiding;
- De afstand(en) tot omliggende bebouwing.

Het referentiekader dat gehanteerd wordt bij de certificering van deze systemen wordt in grote mate bepaald door de criteria die zijn ontleend aan de circulaire IBP 03892009 van 31 augustus 1992 en de aanvullende brief met kenmerk IBP 31195002 d.d. 31 januari 1995, beide van VROM, hier verder aangeduid met 'VROM test'. Tebodin stelt in haar Rapport terecht dat de 'VROM test' voor het testen van het schuimvormend middel (SVM) uitgaat van zware criteria omdat:

- het systeem tijdens de test pas in werking mag worden gezet, nadat gedurende 15 s een temperatuur van 1000 °C op 15 cm van de inlaat van de generator is gemeten.
- de rookgassen een hoge zuurgraad moeten hebben. Dit omdat zure rookgassen een sterk schuimafbrekend vermogen hebben op het gevormde blusschuim.

Het SVM, waarvan aan de hand van testen is gebleken dat deze bij gebruik in een Hi-Ex Inside Air systeem voldoet aan de eisen gesteld in de "VROM-test", mag worden aangeduid met 'listed' zoals vereist in NFPA 11¹.

Hierbij dient wel opgemerkt te worden dat bij rookgassen met een temperatuur van 1000°C geen schuim kan worden gevormd. Dit is fysisch namelijk onmogelijk. De water-concentraat mix, die uit de generator treedt, zal de temperatuur aan het dak als gevolg van de stoomvorming die optreedt, terugdringen. Waar in de generator de temperatuur zakt tot onder de 100 °C (de temperatuur in de omgeving van de generator zal dan nog 400°C kunnen bedragen), zal schuimvorming optreden. Dit proces zet zich voort zodat na betrekkelijk korte tijd de generator zijn nominale schuimopbrengst realiseert. Hoewel dit niets af doet aan de waarde van de test, moet men zich wel realiseren dat de test er dus niet vanuit gaat dat het SVM in staat moet zijn om bij een temperatuur van 1000°C schuim te vormen.

In de NFPA 11 is een brede opsomming van stoffen opgenomen waarvan branden met Hi-Ex systemen bestreden kunnen worden. NFPA 11 geeft ook de volgende een opsomming van stoffen die **niet** met Hi-Ex systemen kunnen worden bestreden:

- A. Chemicaliën, zoals cellulose nitraat, die voldoende zuurstof of andere oxiderende stoffen genereren, om de verbranding in stand te houden.
- B. Onder spanning staande open elektrische apparatuur.
- C. Met water reagerende metalen zoals Natrium, Kalium en NaK (Natrium Kalium legeringen).
- D. Gevaarlijk met water reagerende materialen zoals Triethylaluminium en Fosforpentoxide.
- E. Tot vloeistof verdicht ontvlambaar gas.

NFPA 11 waarschuwt nadrukkelijk dat rekening gehouden moet worden met de mogelijk negatieve invloed op de blussende werking van het schuim indien rook aangezogen kan worden door de Hi-Ex generatoren. In het verleden is te gemakkelijk geconcludeerd dat met de 'VROM test' ook dit aspect voldoende werd beproefd. Tebodin heeft in haar rapport voor een aantal groepen stoffen met dezelfde eigenschappen aangegeven in hoeverre Hi-Ex Inside Air systemen kunnen worden toegepast. Het probleem dat zich hierbij voordoet, is dat tekst in de rapporten niet altijd strookt met de conclusies die naar aanleiding van de tekst zijn getrokken. Tevens is er sinds het rapport is opgesteld sprake van voortschrijdende inzichten.

In dit memorandum wordt, gebruikmakend van NFPA 11, het Tebodin rapport en voortschrijdende inzichten, aangegeven naar stofcategorie welke branden wel en welke niet met Hi-Ex Inside Air systemen bestreden kunnen worden en bij welke stofcategorieën de brandbestrijding door een Hi-Ex Inside Air systeem als twijfelachtig wordt gekenmerkt. Van die laatste categorie wordt vervolgens de test omschreven, die met positief gevolg moet worden uitgevoerd om de stofcategorie wel in een met een Hi-Ex Inside Air systeem beveiligd opslaggebouw te mogen opslaan. De indelingen worden waar nodig voorzien van toelichtingen, met name waar discussie in het werkveld bestaat en het afwijkt van het Tebodin rapport.

2 Stoffen en producten waarvan branden wel effectief met Hi-Ex Inside Air bestreden kunnen worden:

- klasse A stoffen.
Deze categorie is overgenomen uit het Tebodin rapport. Het gaat hierbij om gangbare vaste stoffen, die niet in de overige stofcategorieën kunnen worden ingedeeld.
- klasse B stoffen.
Deze categorie is overgenomen uit het Tebodin rapport. Het gaat hierbij om gangbare (licht)ontvlambare en brandbare vloeistoffen, die niet in de overige stofcategorieën kunnen worden ingedeeld. NFPA 11 waarschuwt nadrukkelijk voor het effect van de met water mengbare brandbare vloeistoffen (alcohol-type), ook wel polaire vloeistoffen of alcoholen genoemd. Testen van Ajax en Skum (op dit moment de twee leveranciers in Nederland van Hi-Ex Inside Air systemen) tonen aan dat de aanwezigheid van deze stoffen geen aantoonbaar negatief effect hebben op de blussende werking van deze systemen. Wel wordt onderkend, dat er een relatie bestaat met schaalgrootte. Dit heeft niets te maken met de schuimvorming vanuit de generator (rookgassen van alcoholen beïnvloeden niet de schuimvorming), maar wel met de schuimbellen, die in aanraking komen met niet (meer) brandende alcohol op de vloer. Deze zullen worden afgebroken. Het systeem wordt geacht niet effectief genoeg te zijn indien in één keer een grote plasbrand ontstaat, met na blussing nog een resterende alcohol laag van meer dan 0,5 cm dikte². Binnen een CPR 15-2 opslagconfiguratie is sprake van opslag in emballage en geldt bij een grenslaagdikte van 0,5 cm en een 1000 liter verpakking een oppervlak van 200 m² en bij een 1500 liter verpakking een oppervlak van 300 m². Dit wordt beschouwd als een hanteerbare situatie.

3 Stoffen en producten waarvan branden niet effectief met Hi-Ex Inside Air bestreden kunnen worden:

- Stoffen die niet met water geblust kunnen worden.
Deze categorie is overgenomen uit het Tebodin rapport.
- Zuurstofgenererende producten.
Tot deze stoffen behoren bijvoorbeeld stoffen uit ADR 5. Deze categorie is overgenomen uit het Tebodin rapport. Echter in het Tebodin rapport behoren deze producten tot de categorie twijfelachtig. Met verwijzing naar de opsomming uit NFPA 11 (zie onder 1) is het reëler (mede op indicatie van de specialisten uit de branche) deze producten in de categorie 'niet' te plaatsen. Er kan echter reden zijn producten die bekend staan als oxiderend, toch op te slaan (bijvoorbeeld als het gaat om kleinverpakking en kleine hoeveelheden alsmede een beperkte heftigheid van oxidatie). Dan is het in overleg met het bevoegd gezag toegestaan dit te doen onder voorwaarde van een geslaagde grootschalige test, waarvan de testopzet overeengekomen moet worden met het bevoegd gezag, assuradeur, inspectie-instelling en certificeringinstelling.
- Sproeiapparaten/aërosolen.
Deze categorie ontbreekt in het Tebodin rapport (althans in de conclusie van dat Rapport). Bekend is dat met Hi-Ex Inside air systemen nog niet eerder een "geslaagde test" is uitgevoerd (in tegenstelling tot de Hi-Ex Outside Air systemen, waar op beperkte schaal positieve resultaten zijn geboekt⁴). Ook recent uitgevoerde testen⁵ tonen aan dat een exploderende sproeiapparaat er vrijwel zeker voor zorgt dat de generatoren basisproduct en drijfgas, in vernevelde vorm, gaan aanzuigen. Juist door de nevel is een maximaal negatieve beïnvloeding op de schuimvorming mogelijk (maximaal aanrakingsoppervlak met het uitredende water-concentraat-mengsel in de generator). Dit was al bekend van siliconen houdende sproeiapparaten. Maar ook exploderende sproeiapparaten met bijvoorbeeld slagroom (geen gevaarlijke stof, noch drijfgas dus ogenschijnlijk onverdacht) onderbreekt de schuimproductie (door het vet) volledig. Bovendien levert ook de opsomming uit NFPA 11 (zie onder 1) een negatief oordeel op voor sproeiapparaten met een drijfgas van tot vloeistof verdicht ontvlambaar gas (bijvoorbeeld propaan, butaan). Het oordeel 'niet' komt aldus vanuit verschillende aspecten tot stand. Er zullen echter sproeiapparaten zijn, waarbij geen van deze aspecten van toepassing is. Dan is het in overleg met het bevoegd gezag toegestaan dit te doen onder voorwaarde van een geslaagde grootschalige test, waarvan de testopzet overeengekomen moet worden met het bevoegd gezag, assuradeur, inspectie-instelling en certificeringinstelling.
- Producten die gevoelig zijn voor kernbranden, veroorzaakt door broei.
Deze zijn in de conclusie van het Tebodin rapport ingedeeld in de categorie 'twijfelachtig'. Hoewel mogelijk bij broei een Hi-Ex installatie in staat zal zijn de uitbreiding van brand te vertragen en aldus een controlerende functie uit te oefenen, wordt niet het primaire doel bereikt, namelijk blussen. Om deze reden worden deze producten in de 'niet' categorie geplaatst.

4 Stoffen en producten waarvan het twijfelachtig is of branden effectief bestreden kunnen worden:

- Lucht (of zuurstof) bevattende producten (niet chemisch gebonden).
Deze categorie is overgenomen uit het Tebodin rapport. Expertise van de leveranciers van de Hi-Ex installatie zal vereist zijn om te beoordelen, of producten tot deze categorie behoren. Opslag van deze producten is in overleg met het bevoegd gezag toegestaan onder voorwaarde van een geslaagde grootschalige test, waarvan de testopzet overeengekomen moet worden met het bevoegd gezag, assuradeur, inspectie-instelling en certificeringinstelling.
- Siliconen
In het tebodin Rapport zijn deze stoffen in de conclusie ingedeeld in de categorie 'niet te blussen met Hi-Ex Inside Air systemen'. Deze conclusie is niet juist. Dit geldt uitsluitend voor siliconen houdende spuitbussen (zie onder 'spuitbussen'). In de tekst van het rapport is dit ook als zodanig geformuleerd. Recent uitgevoerde testen⁶ tonen aan dat schuimvorming niet negatief wordt beïnvloed door siliconen die als vloeistof (atmosferisch - dus niet onder druk) worden opgeslagen. Dit geldt zowel voor de 'koude' aanraking met siliconen, als met de verbrandingsgassen van brandende siliconen. Dit resultaat dient wel voor elk fabrikaat te worden aangetoond door middel van kleinschalige testen (zie punt 7). Om deze redenen worden siliconen in de categorie 'twijfelachtig' geplaatst.
- Overige samengestelde stoffen. Dit is een restcategorie, die door betrokken partijen (bevoegd gezag, assuradeur) in overleg met de installateur/leverancier en de inspectie instelling gezamenlijk moet worden aangeven. Dit is dus een project gebonden categorie. Het geeft betrokken partijen de mogelijkheid stoffen waar weinig tot niets van bekend is aan een kleinschalig onderzoek te kunnen onderwerpen. Te denken valt vooral aan chemische samengestelde stoffen, waar te weinig informatie in het MSDS (Material Safety Data Sheet) is opgenomen. Omdat deze materie te complex is om alle voorkomende gevallen in één memorandum te kunnen beschrijven en voorzien, kunnen eisende partijen kleinschalige testen (zie punt 7) eisen door stoffen in deze restcategorie te plaatsen.

5 Randvoorwaarden om Hi-Ex Inside Air systemen te certificeren

- Hi-Ex Inside air systemen moeten worden gecertificeerd naar analogie van het Loss Prevention Scheme (LPS) 1233 schema voor sprinklerinstallaties. In voor alle (bestaande) installaties nieuw op te stellen PvE's moeten de randvoorwaarden en prestatie-eisen worden geformuleerd. In zijn algemeenheid moet worden opgenomen, dat voldaan moet worden aan CPR 15-2 (indien van toepassing), NFPA 11, de 'VROM test', Memorandum 48 en dit Memorandum.
- Het PvE moet aantoonbaar zijn gebaseerd op dit Memorandum. Voor de categorie 'twijfelachtig' waarvoor een kleinschalige test uitgevoerd moet worden, is de testomschrijving opgenomen onder punt 7. Hoeveel en welke producten precies moeten worden onderworpen aan deze test, is afhankelijk van de verscheidenheid van de opslag en zal per object moeten worden vastgesteld. Voor dit doel moet een testprotocol worden opgesteld dat minimaal ter goedkeuring wordt voorgelegd aan bevoegde gezag en brandweer. Certificeringinstelling, verzekeraars en inspectie-instelling kunnen eveneens eisen stellen aan de uit te voeren testen. Van de bevindingen van de testen moet een

rapport worden opgesteld dat tenminste overgelegd dient te worden aan het bevoegde gezag, de brandweer en de assuradeur. Naar aanleiding van de bevindingen in het rapport kunnen door het bevoegde gezag, de brandweer en de assuradeur (en eventueel andere partijen) nadere eisen worden gesteld, zowel met betrekking tot het uitvoeren van nieuwe testen als aan het PvE.

- Elk te certificeren Hi-Ex Inside Air systeem moet bij oplevering in een nieuwbouwsituatie voor certificering worden onderworpen aan een schuimproef in een lege opslaghal, waarbij de goede werking en de prestatie eisen van het totale systeem moet worden aangetoond. Voor bestaande systemen wordt een alternatieve testmethode ontwikkeld.
Noot: indien alternatieve testmethoden succesvol blijken en worden geaccepteerde, dan worden deze vastgelegd in een revisie op memorandum 48, waarmee dan tevens de schuimproef in de nieuwbouwsituatie als normatieve verplichting komt te vervallen.

6 Overgangstermijn bestaande gecertificeerde systemen

Alle bestaande gecertificeerde Hi-Ex Inside Air systemen moeten worden getoetst aan dit Memorandum. Alle maatregelen om te voldoen aan dit Memorandum moeten voor 1 januari 2006 zijn uitgevoerd. Tot 1 januari 2006 wordt nog tegen het oorspronkelijke PvE gecertificeerd.

7 Algemene eisen kleinschalige test ten behoeve van de stofcategorie ‘Twijfelachtig’.*

Plaats van de kleinschalige test in de totale certificering van Hi-Ex Inside Air systemen:

- Het gaat om een **indicatieve** test. Deze testprocedure behandelt de verificatietest voor de bepaling in hoeverre de verbrandings- en /of pyrolyse gassen afkomstig van de teststof de productie van lichtschuim beïnvloeden
- De test geldt als aanvulling op en niet ter vervanging van de ‘VROM test’.
- Een stof of product uit de categorie “Twijfelachtig” moet geklasseerd worden in de categorie “**niet te blussen**” indien het verschuimingsgetal vermindert met 10 % of meer ten opzichte van het verschuimingsgetal, dat in dezelfde testopzet tot stand komt bij de verbranding van een zuivere brandstof, waarvoor Aceton, Isopropylalcohol (IPA) of n-Heptaan moet worden gebruikt.

Prestatie-eisen, te stellen aan de uitvoering van de kleinschalige test:

- De test dient zodanig te worden uitgevoerd, dat de volgende parameters gelijk zijn aan die in het betrokken object:
 - het fabrikaat SVM
 - het type SVM
 - het bijmengpercentage
 - het verschuimingsgetal. Dit houdt in dat een andere generator omwille van de schaalgrootte van de test, mag worden toegepast, zolang het verschuimingsgetal van het door die generator gevormde schuim gelijk is aan het verschuimingsgetal van de in het betrokken project toegepaste generator

- De testomgeving moet zodanig zijn dat het verschuimingsgetal voldoende nauwkeurig kan worden vastgesteld. Als referentie verschuimingsgetal geldt het gemeten verschuimingsgetal bij de test op Aceton, Isopropylalcohol (IPA) of n-Heptaan
- De door de generator aangezogen rookgassen/damp dient nagenoeg voor 100 % uit rookgassen van het te testen product te bestaan. Zonodig dient ‘bijgestookt’ te worden met behulp van de referentie brandstof.
- De rookgassen dienen afkomstig te zijn van het product, eventueel aangevuld met rookgassen van de verpakking, doch zeker niet uitsluitend van de verpakking.
- Voor het te testen product geldt dat voldoende product aanwezig moet zijn, zodat gedurende de doorlooptijd van de test het product niet op kan branden.
- Gedurende de test moet de temperatuur ter plaatse van de generator en het verschuimingsgetal in de tijd worden geregistreerd⁷.
- Alle testen moeten onder toezicht van een deskundig onafhankelijke organisatie worden uitgevoerd. Dit ter garantie dat de testresultaten onafhankelijk worden verkregen.
- Rapportage moet door de leverancier van de hardware en het schuimvormend middel worden opgesteld. Elke leverancier legt een databank aan van de aldus verkregen resultaten. Deze databank moet te allen tijd door de certificeringinstelling, de brandweer en de assuradeur kunnen worden geraadpleegd.

8 Uitwerking van de kleinschalige test

8.1 De beschrijving van de testopzet en de apparatuur.

De test wordt uitgevoerd in een stalen testcel met de afmetingen lengte en hoogte 2,0 m en een breedte van 1,0 m.

Aan de achterzijde bevindt zich een deur van 2 bij 1 m en aan de voorzijde is boven de schuimgenerator gemonteerd.

De schuimgenerator is een gespecificeerd model met een verschuimingsgetal gelijk aan de in werkelijkheid toe te passen generator.

Luchtaanzuiging vanuit de cel, de schuimproductie wordt aan de buitenzijde opgevangen.

In de achterzijde van de cel is een opstelplaats voor de te testen monsters.

Aan de bovenzijde is in de cel een geperforeerde stalen plaat van 0,5 m hoog aangebracht om een betere verdeling van de verbrandingassen te verkrijgen.

De cel staat 0,1 m van de grond, waardoor een goede toevoer van lucht naar de test brand gegarandeerd is.

In de cel zijn twee gespecificeerde thermokoppels aangebracht, een snel koppel direct in de luchtinlaat van de generator met een diameter van 0,25 mm en een trager koppel er vlak naast met een diameter van 4 mm.

De te testen stoffen worden in een brandpan van 250 x 250 x 50 mm gegoten of geplaatst.

Per test wordt 1000 ml vloeibare testbrandstof gebruikt.

De hoeveelheid te gebruiken teststof kan eventueel aangepast worden op de verbrandingssnelheid van de teststof.

Voorbrandtijd tot eerste schuimvorming is 75 seconden.

De testbrand moet tussen 5 en 6 minuten na ontsteking de hoogste temperatuur bereiken en na 10 minuten gedoofd zijn.

Afhankelijk van de teststof kan ook gebruik gemaakt worden van een aanvullende hittebron om voldoende verdamping / vergassing te verkrijgen.

Het schuimvormend middel (SVM) –watermengsel wordt aangemaakt in een cilinder van 14 liter en op druk gebracht. Via een leiding buiten de testcel wordt de schuimgenerator van dit mengsel voorzien.

De opvang van het gevormde schuim is in een kunststof bak met een inhoud van 800 liter en een schaalverdeling per 100 liter.

8.2 Testuitvoering

De mengselcilinder met een inhoud van 14 liter (richtwaarde; de inhoud moet voldoende zijn voor de totale testduur) wordt gevuld met een mengsel van SVM en water in een verhouding zoals die ook in de installaties wordt gebruikt. Temperatuur van dit mengsel is tussen de 18° en 22° C

De tijdwaarneming wordt gestart.

De cilinder wordt onder een gespecificeerde luchtdruk gebracht en aan gesloten op het testsysteem.

Er wordt een “0”- test gedaan om het verschuimingsgetal te bepalen, omdat dit afhankelijk van niet controleerbare omstandigheden als b.v. temperatuur en luchtvochtigheid en deze dus kan afwijken van de theoretische waarde.

De brandpannen worden gevuld met de te testen (vloeistof).

De stoffen worden steeds ontstoken op hetzelfde tijdstip na het starten van de tijdwaarneming.

Achtereenvolgens wordt op een vast tijdschema de temperaturen en de hoeveelheid geproduceerd schuim gemeten, zoals hieronder is aangegeven:

Tijd (min.sec)	Activiteit
00.00	Vullen cilinder met mengsel (pre-mix)
00.30	Registratie temperatuur van mengsel
00.30	Registratie temperatuur omgevingslucht en testcel
03.00	Uitvoeren “0”test. Tijd vastleggen om 500 liter schuim te maken en hiermee het verschuimingsgetal te berekenen.
05.00	Prepareren van brandpan (nen) met teststof
6.00	Aansteken van teststof. Temperatuur registratie.
6.30	Temperatuur registratie
7.00	Temperatuur registratie
7.15	Schuimproductie gedurende 15 seconden. Vastleggen geproduceerde schuimvolume.
7.30	Temperatuur registratie

Tijd (min.sec)	Activiteit
8.00	Temperatuur registratie
8.30	Temperatuur registratie
9.00	Schuimproductie gedurende 15 seconden. Vastleggen geproduceerde schuimvolume.
9.30	Temperatuur registratie
10.00	Temperatuur registratie
10.30	Temperatuur registratie
11.00	Temperatuur registratie
11.00	Schuimproductie gedurende 15 seconden. Vastleggen geproduceerde schuimvolume.
11.30	Temperatuur registratie
12.00	Temperatuur registratie
12.00	Schuimproductie gedurende 15 seconden. Vastleggen geproduceerde schuimvolume.
12.30	Temperatuur registratie
13.00	Temperatuur registratie
13.15	Schuimproductie gedurende 15 seconden. Vastleggen geproduceerde schuimvolume.
13.30	Temperatuur registratie
14.00	Temperatuur registratie
14.30	Temperatuur registratie
15.00	Temperatuur registratie
15.00	Schuimproductie gedurende 15 seconden. Vastleggen geproduceerde schuimvolume.
16.00	Temperatuur registratie
16.30	Temperatuur registratie
17.00	Temperatuur registratie

8.3 Vastleggen van testgegevens

Van iedere test worden de volgende gegevens in een rapport vastgelegd.

Datum

Testnummer

Type SVM

Temperatuur mengsel

Luchttemperatuur

Teststof

Tijd versus temperatuur

Temperatuur versus schuimproductie (ook als grafiek).

Verschuimingsgetal van de "0"- test

Uitwateringsgegevens van de "0"- test

8.4 Acceptatie criteria en beoordeling

De resultaten van de een verificatietest worden vergeleken met de resultaten van een identieke test met een referentievloeistof, uitgevoerd op dezelfde dag en omstandigheden.

Indien de schuimproductie van een verificatietest op enig meetpunt lager ligt dan 10 % onder die van de referentietest dan wordt de betreffende stof niet geschikt geacht voor opslag in een met Hi-Ex Inside-Air beveiligde ruimte.

Het rapport met de testgegevens wordt opgesteld door de leverancier van de hardware en het schuimvormend middel, ondertekend door de onafhankelijke 'witness' en beoordeeld door de inspectie instelling.

-
- ¹ De tekst van de NFPA 11-1999 is opgenomen in de NFPA 11-2002.
 - ² Ter informatie: Er zijn locaties bekend, waarbij met betrekking tot dit fenomeen is gekozen voor het initieel aanbrengen van een laag alcohol bestendig zwaarschuim op de vloer, die een afbraakwerende laag vormt voor het daar op aan te brengen lichtschuim. Het betreft opslag in grote tanks. Leveranciers van Hi-ex systemen achten een resterende laagdikte van een polaire vloeistof van 1 à 1,5 cm geen probleem, waarmee een grenswaarde van 0,5 cm als voldoende waarborg wordt beschouwd.
 - ³ Kleinschalige testen in zeecontainer met één generator, uitgevoerd door Ajax Fire Protection Systems in februari 2002. Svenska Skum kan dezelfde resultaten overleggen.
 - ⁴ Testen in een testruimte van 12 m x 5 m x 5 m, uitgevoerd door Svenska Skum in augustus 1996.
 - ⁵ Kleinschalige testen in zeecontainer met één generator, uitgevoerd door Ajax Fire Protection Systems in februari 2002.
 - ⁶ Kleinschalige testen in zeecontainer met één generator, uitgevoerd door Ajax Fire Protection Systems in februari 2002. Svenska Skum kan dezelfde resultaten overleggen.
 - ⁷ Tot op heden uitgevoerde testen geven te zien dat niet zozeer de rook maar de temperatuur van invloed is op de schuimvorming. Deze invloed is goed aan te tonen bij verbranding van IPA of n-heptaan, daar deze stoffen nauwelijks rook(gassen) produceren. Door nu zowel de temperatuur als het verschuimingsgetal als functie van de tijd vast te leggen, wordt inzicht verkregen in het verschuimingsgetal als functie van de temperatuur. De invloed van de rook(gassen) wordt verkregen door het testresultaat te vergelijken met het testresultaat van verbranding van IPA of n-heptaan.