



EXPLOSIE AAN BOORD

van de duw-/sleepboot Jannie-B op 9 augustus 2000

Den Haag, Juni 2002

De eindrapporten van de Raad voor de Transportveiligheid zijn openbaar. Een ieder kan daarvan gratis een afschrift verkrijgen door schriftelijke bestelling bij Sdu Grafisch Bedrijf bv, Christoffel Plantijnstraat 2, Den Haag, telefax nr. 070 3789744.

Alle rapporten zijn bovendien beschikbaar via de website van de raad: www.rvtv.nl

RAAD VOOR DE TRANSPORTVEILIGHEID

De Raad voor de Transportveiligheid is een Zelfstandig Bestuursorgaan met een eigen rechtspersoonlijkheid dat bij de wet is ingesteld met als taak te onderzoeken en vast te stellen wat de oorzaken of vermoedelijke oorzaken zijn van individuele of categorieën van ongevallen in alle transportsectoren te weten, de scheepvaart, de luchtvaart, het railverkeer en het wegvervoer, alsmede buisleidingen transport. Het uitsluitend doel van een dergelijk onderzoek is toekomstige ongevallen of incidenten te voorkomen en indien de uitkomsten van een en ander daartoe aanleiding geven, daaraan aanbevelingen te verbinden. De organisatiestructuur bestaat uit een overkoepelende Raad voor de Transportveiligheid en daaronder een onderverdeling in Kamers per transportsector. Deze worden ondersteund door een staf van onderzoekers en een secretariaat.

SAMENSTELLING VAN DE RAAD EN DE KAMER SCHEEPVAART

Raad

Voorzitter: mr. P. van Vollenhoven
F.W.C. Castricum
J.A.M. Elias
Mw. mr. A.H. Brouwer-Korf
mr. D.M. Dragt
mr. J.A.M. Hendriks
mr. E.R. Müller
ir. K. Nije
prof. dr. U. Rosenthal
Mw. mr. E.M.A. Schmitz
J. Stekelenburg
dr. ir. J.P. Visser
mr. G. Vrieze
prof. dr. W.A. Wagenaar

Secretaris-directeur: mr. S.B. Boelens
Senior secretaris: drs. J.H. Pongers
Senior-Projectleider: H.J. Klumper

Kamer Scheepvaart

Voorzitter: J.A.M. Elias
Leden: mr. D.M. Dragt
prof. dr. Ir. A. Aalbers
Jhr. mr. B.C. De Savornin Lohman
K.J. van Dorsten
dr. G.A. Egas Repáraz
P.M.J. Kreuze
Mw. M.J. Torpstra
H.J.G. Walenkamp
L.P.A. de Winter
Secretaris: drs. H.J.A. Zieverink
Onderzoekers: W. Boutkan
A.P.C. de Meijer

Bezoekadres: Prins Clauslaan 18
2595 AJ Den Haag
telefoon (+31) 070 333 7000
Internet: <http://www.rvtv.nl>

Postadres: Postbus 95404
2509 CK Den Haag
telefax (+31) 070 333 7077/78

INHOUD

INHOUD	3
VOORWOORD	5
SAMENVATTING	7
AFKORTINGEN	9
HET ONDERZOEK	11
ALGEMENE INFORMATIE OVER HET ONGEVAL	13
1 FEITENONDERZOEK	15
1.1 De duw-/sleepboot Jannie-B	15
1.2 Het ongeval	15
1.3 Het onderzoek aan boord	16
1.4 Het achterverblijf	18
1.5 De schroefas	19
1.6 De schroefasruimte	21
2 ANALYSE	23
2.1 Nationale en internationale wetgeving	23
2.1.1 Nederlandse wetgeving	23
2.1.2 Wetgeving internationale Rijnvaart	23
2.2 Technische regels voor vrachtschepen, sleepboten en duwboten	23
2.3 Toezicht schipper en/of eigenaar	23
2.4 Wettelijk verplichte informatie m.b.t. schroefasvet en schroefaspakking	23
2.4.1 Het schroefasvet	24
2.4.2 De schroefaspakking	24
2.5 De toegepaste betimmering in het achterverblijf	24
2.6 Analyse van vrijkomende gassen bij verhitting van materialen	24
2.6.1 Het schroefasvet	25
2.6.2 Het multiplex plaatmateriaal	25
2.6.3 Het MDF-plaatmateriaal	25
2.6.4 De schroefaspakking	25
2.7 Aanvullend laboratoriumonderzoek	25
2.7.1 Het schroefasvet	26
2.7.2 De schroefaspakking	26

3 CONCLUSIES	27
3.1 Nationale en internationale wetgeving	27
3.2 Technische regels voor vrachtschepen, sleepboten en duwboten	27
3.3 Toezicht schipper	27
3.4 Product informatie schroefasvet en schroefaspakking	27
3.5 De toegepaste betimmering in het achterverblijf	28
3.6 Onderzoek naar de vrijkomende gassen bij verhitting van de betrokken materialen	28
3.7 Laboratoriumonderzoek van andere schroefasvetten en -pakkingen	28
4 CAUSALE FACTOREN	29
5 AANBEVELINGEN	31
Bijlage 1: Analyse van vrijkomende gassen bij verhitting van materialen (28 september 2000)	33
Bijlage 2: Analyse van vrijkomende gassen bij verhitting van materialen (13 augustus 2001)	39



Foto: *Jannie-B*

VOORWOORD

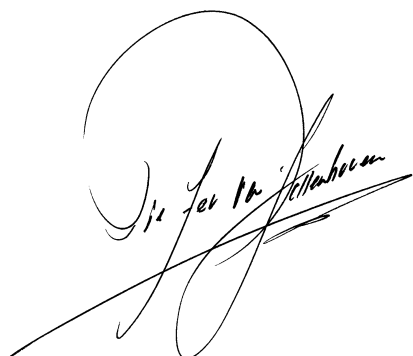
Op 9 augustus 2000 vond een explosie plaats aan boord van de duw/sleepboot Jannie-B. De explosie die plaatsvond in verbazingwekkend achterverblijf van het schip, liet zich allereerst aanzien als een op zichzelf staand ongeval. Aan boord van het schip waren namelijk geen stoffen aanwezig die deze explosie hadden kunnen veroorzaken. De precieze plaats van de explosie, het achterverblijf, was echter wel duidelijk. Uit het onderzoek bleek al snel dat de schroefas, die zich eronder bevond, weinig of geen smering had gehad. De schroefas is als gevolg hiervan zeer gegroefd en blauw verkleurd geraakt. Deze verkleuring duidde op een verhitte door wrijving van de as tot maar liefst 400-450° Celsius. Dit laatste gegeven is aanleiding geweest om gericht onderzoek te verrichten naar de mogelijke uitgassing bij deze hoge temperaturen van vetten en andere materialen die zich in de directe omgeving van deze schroefas bevonden. De analyses van deze stoffen tonen aan dat de in de scheepvaart zeer gebruikelijke schroefasvetten, schroefaspakkingen en eveneens sommige plaatmaterialen bij verhitte boven de 200° Celsius in afgesloten ruimten, een explosief gasmengsel kunnen geven. De oorzaak van de explosie van de Jannie-B is dan ook vrijwel zeker het gevolg geweest van de uitgassing van materialen over langere periode door opwarming door de oververhitte schroefas in een afgesloten ruimte. Deze uitgassing vond plaats bij oververhitting van smeervet en pakkingmateriaal die aan boord van de meeste binnenvaartschepen gebruikt worden.

Deze uitgassing vindt in beperkte mate plaats bij het gebruik onder normale bedrijfs-temperaturen en -omstandigheden. Uit aanvullend onderzoek dat verricht is, blijkt echter dat dit effect niet alleen voor de specifieke aan boord van het ongevalschip aangetroffen stoffen geldt. Bij overschrijding van de werktemperaturen, gassen vrijwel alle in de binnenvaart gangbare vetten en smeermiddelen, maar ook pakkingen en plaatmaterialen, echter uit. Dit wordt niet op de verpakking van vetten en smeermiddelen vermeld, en is slechts bij hoge uitzondering terug te vinden op bijbehorende veiligheidsinformatiebladen.

Hoewel er zich geen vergelijkbare ongevallen in het gegevensbestand van de Raad voor de Transportveiligheid bevinden, tonen deze onderzoeksresultaten wel het belang aan van orde en netheid, alsmede van goede materiaalkeuzen. De uitgassingsrisico's van vetten en smeermiddelen bij overschrijding van de werktemperaturen, dienen duidelijk vermeld te worden. De aanwezigheid van een oververhitte schroefas alleen, was onvoldoende om een explosie te doen ontstaan. Als er in de directe omgeving van deze warmtebron weinig of geen vetrestanten waren geweest, zou de gasconcentratie naar verwachting onder de explosiegrens zijn gebleven.

Mr. Pieter van Vollenhoven
Voorzitter van de Raad

Mr. S.B. Boelens
Secretaris-Directeur

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Pieter van Vollenhoven', with a large, stylized flourish underneath.A handwritten signature in black ink, appearing to read 'S.B. Boelens', with a horizontal line underneath.

SAMENVATTING

Naar aanleiding van een explosie aan boord van de duw-/sleepboot Jannie-B op 9 augustus 2000, is door de Raad voor de Transportveiligheid een onderzoek ingesteld. De explosie in het achterverblijf vond plaats op de Westerschelde ter hoogte van de gemeente Hontenisse tijdens het duwen van een geladen ponton. Tijdens de explosie bevonden de twee bemanningsleden van de Jannie-B zich in de stuurhut. Aan boord van de Jannie-B werden geen met drijfgas gevulde spuitbussen, vluchtige stoffen of gelijksoortig materiaal aangetroffen die een dergelijke explosie konden veroorzaken. Ook was er geen vloeibaar gasinstallatie aan boord. Uit het onderzoek bleek dat de schroefas oververhit was geraakt en dat er een kleine brand was geweest in de betimmering ter hoogte van het achterschot in het achterverblijf. Om een mogelijke oorzaak van de brand en de explosie te achterhalen, is een aantal materialen, zoals het schroefasvet, het multiplex plaatmateriaal, het Multi Density Fibreboard (MDF) plaatmateriaal voorzien van een houtnerf motief en is de schroefaspakking onderzocht of deze mogelijk spontaan of alleen bij sterke verhitting potentiële explosieve gassen afgeven. Naar aanleiding van de resultaten van dit onderzoek is besloten om een nader uitgebreid onderzoek in te stellen naar de meest gebruikte soorten schroefasvet en schroefaspakking in de binnenvaart. Na deze inventarisatie zijn van deze producten monsters genomen en vervolgens geanalyseerd op vrijkomende gassen. Dit tweede onderzoek is uitgevoerd op vrijwel identieke wijze als het eerste onderzoek. Voor de onderbouwing van de bevindingen is gebruik gemaakt van de resultaten uit deze onderzoeken. Deze bevindingen tonen aan dat wanneer schroefaspakking en schroefasvet zich langdurig en dicht bij een hittebron (boven de 200° Celsius) bevinden, deze relatief vluchtige en potentieel explosieve gassen afgeven. De concentraties waren echter na verhitting van enkele minuten niet bijzonder hoog. Doordat er een langere periode van verhitting in een afgesloten ruimte heeft plaatsgevonden, kon de gasconcentratie in de mengverhouding brandbaar gas/lucht met meerdere volume procenten toenemen, zodat een explosief mengsel¹ kon ontstaan. De resultaten van de meting bij een lagere temperatuur (tot 50° Celsius) van de vier onderzochte stoffen bij het eerste onderzoek, waren van dien aard dat vanwege de lage afgifte van vluchtige stoffen vrijwel uitgesloten is dat deze tot een explosie zouden kunnen leiden.

Op grond van de bevindingen is een tweetal aanbevelingen geformuleerd. Deze zijn:
Ten aanzien van de schroefaspakking en schroefasvet

1. De Vereniging van Smeerolieondernemingen Nederland (VSN) wordt aanbevolen om haar leden te wijzen op het belang om nadere informatie te vermelden op de veiligheidsinformatiebladen. Met name dient de informatie gericht te zijn op de risico's wanneer het product aan een hogere temperatuur wordt blootgesteld dan de bedrijfstemperatuur.

Ten aanzien van de voorzorgsmaatregelen

2. Het Centraal Bureau voor de Rijn- en Binnenvaart, het Kantoor Binnenvaart en de Koninklijke Schuttevaer worden aanbevolen om hun leden te wijzen op het belang van goed onderhoud, met name op die onderdelen die minder in het oog springen.

¹ Om een mengsel van brandbaar gas en lucht tot ontploffing te laten komen, moet dit gasmengsel de juiste samenstelling hebben. Dit gebied wordt aangegeven met een onderste explosiegrens (OEG) en een bovenste explosiegrens (BEG). De waarden van de explosiegrenzen worden aangegeven in volumepercenten brandbaar gas. De explosiegrenzen zijn voor elke soort brandbaar gas verschillend.

AFKORTINGEN

ADNR	Accord européen relatif au transport international des marchandises Dangereuses de Navigation par Rhin (Reglement voor het vervoer over de Rijn van gevaarlijke stoffen)
AmvB	Algemene maatregel van Bestuur
BSB	Binnenschepenbesluit
BSW	Binnenschepenwet
GC/MS	Gaschromatografie en massa spectometrie
IWW	Inspectie Verkeer en Waterstaat, Ministerie van Verkeer en Waterstaat
KLPD	Korps Landelijke Politiediensten
MDF	Multi Density Fibreboard
ROSR	Reglement onderzoek schepen op de Rijn 1995
RPR	Rijnvaartpolitierglement 1995
SRW	Scheepvaartreglement Westerschelde 1990
SVW	Scheepvaartverkeerswet
VSN	Vereniging van Smeerolieondernemingen Nederland
Wms	Wet milieugevaarlijke stoffen

HET ONDERZOEK

Het onderzoek is uitgevoerd door het bureau van de Raad voor de Transportveiligheid onder supervisie van de Kamer Scheepvaart. De uiteindelijke weergave van dit rapport en de aanbevelingen zijn vastgesteld door de Raad voor de Transportveiligheid.

Op 10 augustus 2000 is door de Raad voor de Transportveiligheid aan boord van de Jannie-B een onderzoek ingesteld. Tevens hebben het Korps Landelijke Politie Diensten (KLPD), Inspectie Verkeer en Waterstaat (IVW) Divisie Scheepvaart en een expert van een expertise- en taxatiebureau (namens de verzekerings-maatschappij) een onderzoek ingesteld. Dit rapport is mede tot stand gekomen door interviews, rapportages van diverse instanties en de medewerking van de diverse producenten en verkopers van de in het onderzoek onderzochte producten.

Op grond van het onderzoek aan boord, is besloten om het onderzoek te richten op het toegepaste materiaal van de betimmering en het gebruikte schroefasvet en schroefaspakking. Hiervan werden monsters genomen en deze zijn vervolgens in een laboratorium geanalyseerd door middel van gaschromatografie en massa spectrometrie (GC/MS). Naar aanleiding van de resultaten van dit onderzoek, is besloten om het onderzoek verder uit te breiden en te richten op het schroefasvet en schroefaspakking. Na een inventarisatie van de meest gebruikte soorten in de binnenvaart te hebben gemaakt, zijn vervolgens 17 monsters van schroefasvet en 12 monsters van schroefaspakking geanalyseerd op vrijkomende gassen. Dit onderzoek is uitgevoerd onder vrijwel identieke laboratorium omstandigheden als het eerste onderzoek.

ALGEMENE INFORMATIE OVER HET ONGEVAL

Plaats ongeval:	Westerschelde, ter hoogte van boei 52
Gemeente:	Hontenisse
Datum ongeval:	9 augustus 2000
Tijdstip ongeval:	Omstreeks 14.00 uur
Scheepstype:	Duw-/sleepboot Jannie-B
Opvarenden:	2
Werkzaamheden:	Duwen van een geladen ponton
Soort ongeval:	Explosie en een brand
Zicht:	Helder
Bewolking:	Licht
Wind:	Geen

1 FEITENONDERZOEK

1.1 *De duw-/sleepboot Jannie-B.*

Bouwjaar:	1955
Lengte:	21,60 meter
Breedte:	5,46 meter
Maximum diepgang:	2,66 meter
Waterverplaatsing:	152,942 ton
Scheepsnummer:	2316747
Voortstuwing:	schroef
Vermogen:	669,3 kW
Bouwjaar:	1989
Dienstsnelheid:	14 km/uur
Maximalsnelheid:	21 km/uur

De Jannie-B, is bij aankoop in 1994 gekeurd door de Inspectie Verkeer en Waterstaat, (IVW) divisie Scheepvaart, en heeft een Certificaat van Onderzoek geldig tot 1 maart 2002. Tevens voldoet het vaartuig aan de eisen gesteld in het Accord européen relatif au transport international des marchandises Dangereuses de Navigation par Rhin (ADNR), en heeft derhalve hiervoor een Certificaat van Onderzoek (CvO) verkregen, geldig tot 1 maart 2002.

1.2 *Het ongeval*

Gedurende de periode van 8 juli tot en met 7 augustus 2000 heeft de Jannie-B afgemeerd gelegen in de haven van Zierikzee. Op dinsdag 8 augustus 2000 omstreeks 19.30 uur is de Jannie-B met aan boord de schipper en een matroos vertrokken van Zierikzee naar Kallo te België. Op woensdag 9 augustus 2000 omstreeks 11.45 uur is men vertrokken met bestemming Zeebrugge. De Jannie-B duwde een ponton met daarop geladen een kleine dragline kraan. Omstreeks 14.00 uur voer men ter hoogte van boei 52 op de Westerschelde en bevonden de schipper en de matroos zich in de stuurhut toen zij een luide doffe knal gevolgd door een sissend geluid hoorden. Direct werd door de schipper de reguleur in de neutrale stand gezet (motor ontkoppeld) en zagen de schipper en de matroos dat de hardhouten trap van het achterverblijf circa 50 tot 60 meter aan stuurboordsachterzijde van de Jannie-B in het water dreef. Daarnaast zagen zij witte rook uit het achterverblijf komen die vrij snel daarna overging in zwarte rook.

De schipper en de matroos gingen naar het achterverblijf toe, dat als slaapverblijf in gebruik was bij de matroos. Vanaf het achterdek zagen zij dat in de hoek van het verblijf, nabij de wastafel tegen het schot, een kleine brand was ontstaan. Met behulp van een pikhaak werd een dekbed die vlam had gevat, uit het achterverblijf gepakt en aan dek geblust. De brand in het achterverblijf werd tevens met water geblust. Nadat de situatie onder controle was, meldde de schipper via de mobiele telefoon aan de verkeerspost Hansweert dat er aan boord een explosie had plaatsgevonden. Door de schipper werd geconstateerd dat verder varen niet meer mogelijk was. Hij heeft vervolgens een sleepbedrijf van een collega ingeschakeld. De Jannie-B werd omstreeks 15.40 uur met het ponton de haven van Hansweert binnengesleept.

1.3 *Het onderzoek aan boord*

Op 9 augustus 2000 werd aan boord van de Jannie-B te Hansweert een onderzoek ingesteld. Hierbij werd het volgende geconstateerd. Op het achterdek werd een slaapzak met brandsporen aangetroffen. Het loopdek aan de voorzijde van de stalen opbouw van het achterverblijf stond licht bollend. De stalen opbouw van het achterverblijf was zwaar ontzet. De beide trossen geleiders die zich boven de opbouw van het achterverblijf bevonden, waren verbogen. Het aluminium toegangsluik van het achterverblijf was ontzet en bij beide scharnieren afgebroken. Op de plaats waar de trap naar het achterverblijf had gestaan, stonden nu twee houten vloerluiken overeind. Deze luiken waren van multiplex plaatmateriaal en aan de bovenzijde voorzien van linoleum. Rondom de vloerluiken was een aluminium deklíjst aangebracht. Op één van de vloerluiken was het linoleum aan de linkerzijde verbrand en was het aan de onderzijde aan dezelfde zijde verkoold.



Figuur 1: *Het vloerluik tegen het achterschot van het achterverblijf.*

Het andere vloerluik vertoonde geen brandsporen. Het derde vloerluik lag enigszins verschoven van zijn plaats in het achterverblijf, nabij de ingang. In het achterverblijf was de houten betimmering van de staande houten schotten naar binnen gedrukt, en was het houten plafond ontzet.

Op de achterwand van het achterverblijf was een radiator bevestigd en was aan de linker- en achterzijde en vanonder naar boven een roetspoor zichtbaar.



Figuur 2: Roetspoor op de achterwand van het achterverblijf

Achter de radiator was de houten betimmering aangetast door brand. De spiegel en het planchet boven de wastafel waren nog intact en hingen op hun plaats. Door het ontbreken van de twee vloerluiken was het scheepsvlak, een pompje en de schroefas waren zichtbaar. Het pompje was rechtstreeks aangesloten op de afvoer van de douche en voorzien van een vlotter en schakelaar die het douchewater overboord pompt tijdens het douchen. De ijzeren persleiding van het smeersysteem naar het binnengland van de schroefas was gescheurd en aan de buitenzijde van de leiding was smeervet zichtbaar.



Figuur 3: Gescheurde persleiding van het smeersysteem

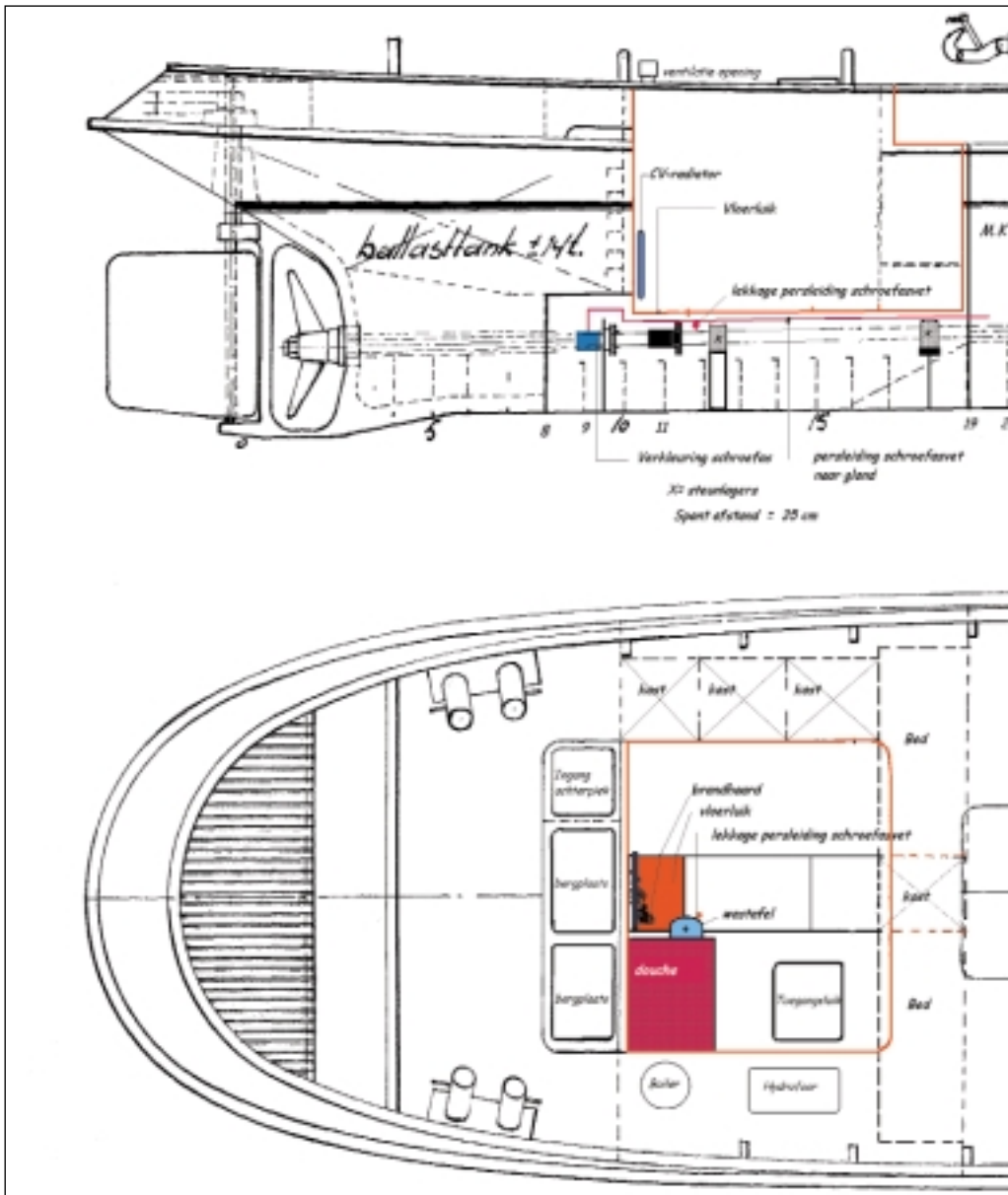
Het scheepsvlak tussen de sporen in de onmiddellijke omgeving van de lekkage was voorzien van een vette aanslag. Onder in het vlak was een kleine hoeveelheid water vermengd met olie aanwezig. Aan boord van de Jannie-B waren geen vloeibaar gasinstallatie of vluchtige stoffen aanwezig. Voor en tijdens de explosie waren de

220 volt installatie en het pompje voor het afvoeren van het douchewater niet in bedrijf.

1.4 Het achterverblijf

Het achterverblijf is in gebruik bij de matroos en is in de breedte opgebouwd tussen bak- en stuurboords scheepshuid en in de lengterichting tussen de spanten 10 en 19 van het schip. Het achterverblijf heeft een breedte van 4,80 meter en een lengte van 3,10 meter. Op de plaats waar de scheepshuid aan bak- en stuurboordszijde overgaat van ronding naar verticaal zijn rechtopstaande wanden geplaatst, bestaande uit watervast verlijmd multiplex plaatmateriaal. Aan bakboordszijde is kastruimte gecreëerd, onder andere bestemd voor de werkvoorraad voor kleine werkzaamheden aan boord. De verfoorraad van in totaal 6,5 liter stond ten tijde van de explosie in deze kastruimte. Na de explosie waren geen sporen zichtbaar die er op duiden dat er een blik had gelekt of ontploft was. Aan stuurboordszijde zijn de hydrofoor en de boiler geplaatst. De wanden aan de binnenzijde van het achterverblijf bestonden uit Multi Density Fibreboard (MDF) plaatmateriaal voorzien van een witte coating met een houtnerf motief. De vloer van het verblijf bestond uit multiplex platen en was aan de bovenzijde voorzien van linoleum. De vloer was vastgeschroefd op vurenhouten balken die rechtstreeks op stalen hoekprofielen waren bevestigd. Deze hoekprofielen waren vervolgens op verticaal stalen hoekprofielen gelast die op het scheepsvlak stonden. De voorzijde van het achterverblijf, ter hoogte van spant 19, is geplaatst tegen het waterdicht uitgevoerde machinekamerschot. De douche bevindt zich aan stuurboordszijde in de hoek tegen de achterwand. Tegen de voorwand van het achterverblijf waren evenwijdig twee bedden geplaatst die in het midden gescheiden waren door een schakelkast.

Op de opbouw van het achterverblijf is aan stuurboordszijde een aluminium toegangs-luik aangebracht. Het luik was op het moment van de explosie niet afgesloten door middel van de knevel. Het luik stond met de knevel op de staande rand van de opbouw in ventilatiestand. De hardhouten trap heeft onder dit luik gestaan en stond door middel van twee haken, tegen de binnenzijde van de opbouw vast.

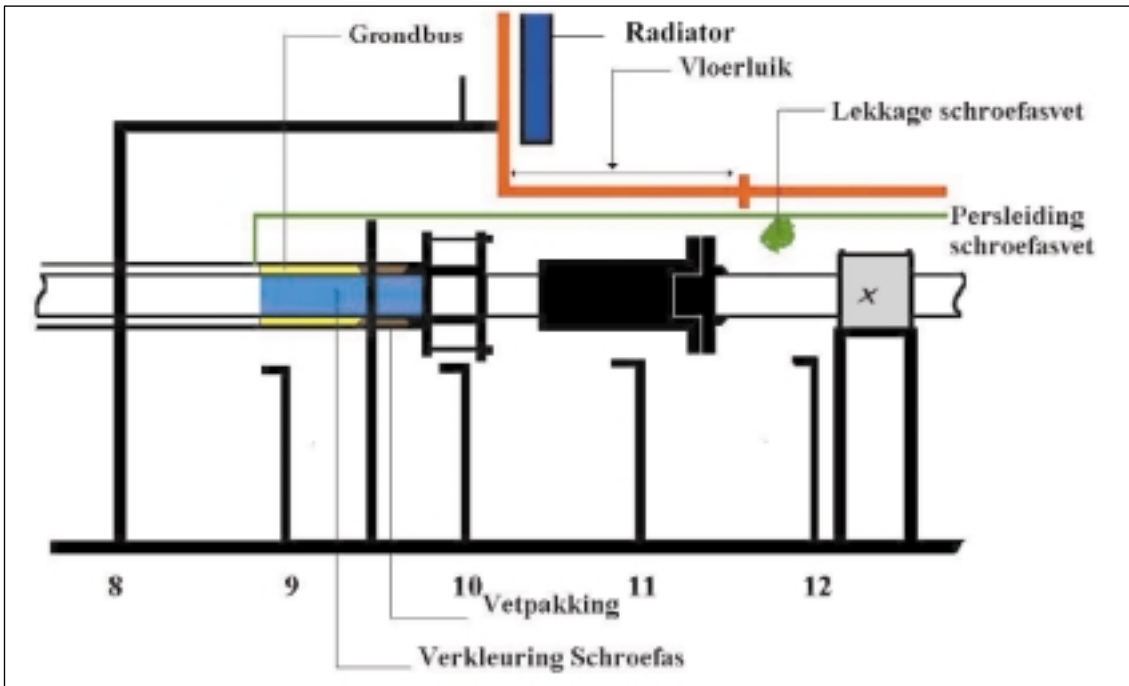


Figuur 4: Dwarsdoorsnede en bovenaanzicht van het achterschip

1.5 De schroefas

De schroefas bestaat uit drie lengtes respectievelijk 3,915 meter met een diameter van 16 centimeter, 3,335 meter met een diameter van 14,5 centimeter en 0,3 meter met een diameter van 15 centimeter, in totaal een lengte van 7,65 meter. Het laatste stuk van de driedelige schroefas wordt gesmeerd door middel van een tweetal smeerpunten. Het achterste smeerpunt bevindt zich op ongeveer 1 meter vanaf de achterzijde van de schroefas. Het voorste smeerpunt bevindt zich op ongeveer 0,35 meter vanaf de voorzijde. De ijzeren leiding naar dit smeerpunt was gescheurd. De leiding was aangesloten op een in de machinekamer geplaatst vetsmeerapparaat². Deze wordt door de schroefas aangedreven door middel van een riemoverbrenging.

² Het type vetsmeerapparaat aan boord van de Jannie-B, bestond uit een bus die gevuld kon worden met vetten tot de consistentieklasse NLGI 3, die voor automatische smering geschikt waren. Geschikt voor elk aandrijvend toerental van de motor en in beide draairichtingen smeerde. Op het vetsmeerapparaat kunnen tussen de 1 en 20 afzonderlijke pompelementen worden aangesloten, die elk afzonderlijk regelbaar zijn.



Figuur 5: Schematische weergave van de schroefasruimte

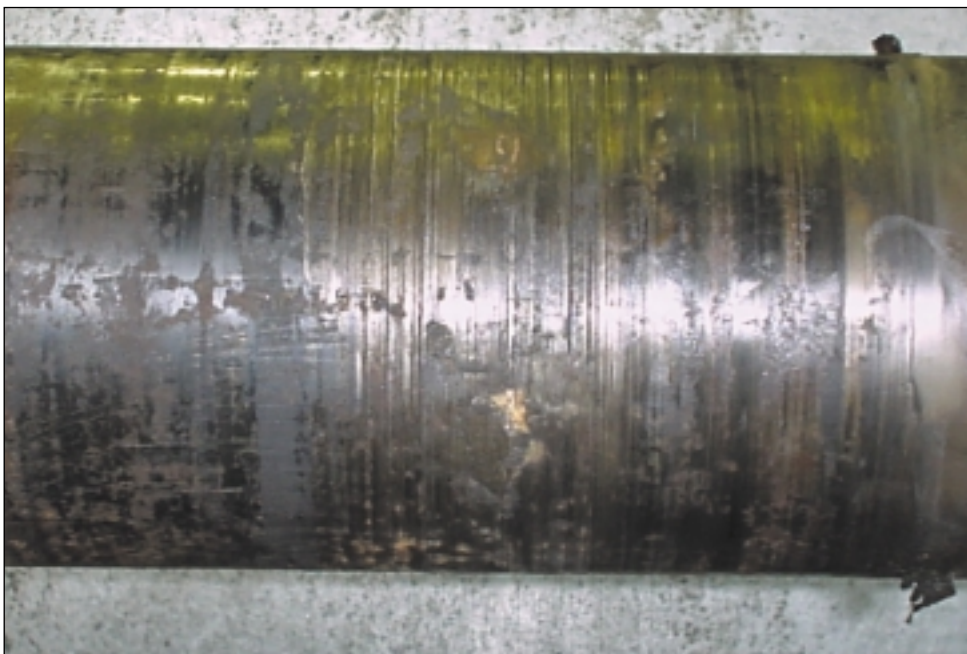
De flexibele keerkoppeling die tussen de motor en de koppeling was gemonteerd, bleek na demontage getordeerd en "vers" afgescheurd te zijn. De schroefas wordt vanaf de keerkoppeling tot aan de schroefaskoker ondersteund door middel van een tweetal steunlagen met witmetalen binnenlagen. De voorste steunlager is bevestigd tussen spant 17 en 18. Het achterste steunlager is bevestigd tussen spant 11 en 12. Tijdens de demontage van de schroefas bleek dat het achterste steunlager geen smeerolie bevatte en hierdoor geheel droog gelopen was.



Figuur 6: Achterste steunlager van de schroefas

Het voorste steunlager verkeerde in een soortgelijke staat van onderhoud. De schroefas draaide zeer zwaar in de schroefaskoker en bij verwijdering van de schroefas bleek, dat de gietijzeren grondring (waarin doorgaans de schroefas vrij van draait) door de warmteontwikkeling vast zat aan de schroefas. De schroefas is met

behulp van een hydraulische vijzel met een trekkracht van 25 tot 30 ton uit de schroefaskoker getrokken. Op de schroefas waren na verwijdering achter de plaats waar de pakkingen hadden gezeten, groeven en een groenblauwe verkleuring zichtbaar. De verkleuring geeft aan dat de schroefas een temperatuur tussen de 400 en 450° Celsius heeft bereikt. Tevens was op de schroefas een aantal bramen zichtbaar die afkomstig waren van de gietijzeren grondring.



Figuur 7: *Detailfoto van de beschadiging en verkleuring van de schroefas*

1.6 *De schroefasruimte*

Tussen het machinekamerschot en het achterpiekschot bevindt zich de schroefasruimte. Op deze schroefasruimte is het achterverblijf gebouwd. De ruimte onder de houten vloer van het achterverblijf heeft een inhoud van ongeveer 4,5 m³. De schroefas bevindt zich op een hoogte gemeten vanaf het scheepsvlak op 55 centimeter. De ruimte onder de schroefas bedraagt ongeveer 1,6 m³.

2 ANALYSE

2.1 *Nationale en internationale wetgeving*

In algemene zin kent de binnenvaart twee regelgevende regimes: Nederlandse wetgeving en wetgeving gericht op de internationale Rijnvaart.

2.1.1 *Nederlandse wetgeving*

De wettelijke grondslag ligt in de Scheepvaartverkeerswet (SVW) en de Binnenschepenwet (BSW). De vaarregels voor de Westerschelde zijn opgenomen in een Algemene maatregel van Bestuur (AmvB), het Scheepvaartreglement Westerschelde 1990 (SRW). De bouwtechnische- en uitrustings-eisen staan in het Binnenschepenbesluit (BSB).

2.1.2 *Wetgeving internationale Rijnvaart*

De wettelijke grondslag ligt in een multilateraal verdrag, de herziene Rijnvaart akte (akte van Mannheim). De vaarregels zijn opgenomen in het Rijnvaartpolitie-reglement (RPR). De bouwtechnische- en uitrustings-eisen staan in het Reglement onderzoek schepen op de Rijn 1995 (ROSR). Voor Nederland is de implementatie van het RPR en het ROSR geregeld in de SVW en de BSW.

2.2 *Technische regels voor vrachtschepen, sleepboten en duwboten*

In het BSB en het ROSR zijn bepalingen gesteld met betrekking tot de deugdelijkheid van schepen op binnenwateren, de inrichting en de uitrusting daarvan, alsmede ten aanzien van de arbeidsomstandigheden aan boord.

2.3 *Toezicht schipper en/of eigenaar*

Op grond van artikel 10, 2e lid en artikel 11 van de BSW zijn de eigenaar en de schipper verplicht tot naleving van de regels gesteld in het Binnenschepenbesluit met betrekking tot het handhaven van de deugdelijke staat van het schip. Expliciet worden hierbij de werktuigen en uitrusting van het schip genoemd. Verder moeten zij toezien op alles dat in het belang van de veiligheid van het schip en de opvarenden moet worden verricht of nagelaten.

Een van de taken van een schipper is voor aanvang van een reis na te gaan of het schip de beoogde reis, zowel in technische als operationele zin en in overeenstemming met de wettelijke bepalingen, kan en mag maken. De schipper en/of eigenaar dient zich te realiseren dat een door een expert uitgevoerde inspectie die wordt uitgevoerd binnen de daarvoor gestelde tijd en normen, slechts een momentopname is. De schipper en eigenaar zijn verantwoordelijk voor het handhaven van de conditie van het schip na de inspectie en afgifte van het Certificaat van Onderzoek.

De schipper van de Jannie-B was tevens eigenaar van het vaartuig.

2.4 *Wettelijk verplichte informatie m.b.t. schroefasvet en schroefaspakking*

De onderzochte stoffen worden conform richtlijn 67/548/EEG (de Stoffenrichtlijn) en 88/379/EEG (de Preparatenrichtlijn) niet als gevaarlijk beoordeeld. De inhoud van een

wettelijk verplicht veiligheidsinformatieblad moet voldoen aan richtlijn 93/152 van de Europese Gemeenschap. In de bijlage bij richtlijn 93/112/EG is aangegeven wat de inhoud van de zestien rubrieken is.

2.4.1 *Het schroefasvet*

Het schroefasvet was een sterk hechtend universeel waterbestendig vet, dat geschikt was voor het smeren van schroefaskokers, roeren, diverse soorten lagers, lieren, tandkransen en vis-sorteer machines. De basis bestond uit minerale olie met verdikker (calcium lithium) en een aantal andere additieven, die vrij waren van chloor, zware metalen en zwavelhoudende stoffen die kopercorrosie zouden kunnen veroorzaken. De aanbevolen toepassingstemperatuur lag tussen de -20° en $+130^{\circ}$ Celsius. Het vlampunt³ lag volgens het veiligheidsinformatieblad boven de 150° Celsius.

2.4.2 *De schroefaspakking*

De basis van de schroefaspakking bestond uit katoen, die onder hoge druk en temperatuur was geïmpregneerd met grafiet en vet op petroleum basis. De aanbevolen toepassingstemperatuur lag tussen de -10° en $+90^{\circ}$ Celsius.

2.5 *De toegepaste betimmering in het achterverblijf*

De buitenste wanden van de betimmering en de vloer van het achterverblijf bestonden uit platen watervast verlijmd multiplex met een dikte van 22 millimeter, die bevestigd waren op vuren houten balken. Tussen de betimmering van multiplex en het stalen voor- en achterschot bevond zich isolatiemateriaal, bestaande uit een laag 80 millimeter dik steenwol.

De binnenste wanden van het achterverblijf bestonden uit platen MDF met een dikte van 8 millimeter, voorzien van een witte coating met een houtnerfmotief die bevestigd waren op vuren houten balken. Vanaf de aankoop van het vaartuig in 1994 is door de huidige schipper/eigenaar hierin geen verandering aangebracht.

2.6 *Analyse van vrijkomende gassen bij verhitting van materialen*

Aan boord van de Jannie-B is een aantal monsters genomen van het MDF met houtnerfcoating, het multiplex plaatmateriaal, de schroefaspakking en het schroefasvet. Deze monsters zijn onder laboratorium omstandigheden, verhit tot een temperatuur van 50° en circa 200° Celsius. De resultaten van dit laboratorium onderzoek is als bijlage A bij dit rapport gevoegd.

Van de vrijkomende dampen zijn de samenstelling en de totale hoeveelheid vrijkomende gassen bepaald. Bij verwarming tot 50° Celsius kwam een relatief kleine hoeveelheid gassen vrij. Zowel bij verhitting tot 50° Celsius als tussen de 200° – 220° Celsius kwamen vrijwel dezelfde vluchtige stoffen vrij. Alleen bleek dat bij verhitting van 200° tot 220° Celsius het totale volume van deze gassen toenam. Al deze gassen hadden een relatieve dampdichtheid⁴ groter dan 1. Door de toegepaste techniek bij het laboratoriumonderzoek was het niet mogelijk om per gevonden stof de hoeveelheid aan te geven.

³ Het vlampunt is de laagste temperatuur bij 1 atmosfeer waarbij een vloeistof zo veel brandbare damp afgeeft, dat deze met lucht vermengt tot ontsteking kan komen door een vonk of vlam.

⁴ De relatieve dampdichtheid ten opzichte van lucht is de verhouding tussen de massa van een bepaald volume damp en de massa van hetzelfde volume lucht (gemeten bij gelijke temperatuur en druk).

De meeste van de aangetroffen gassen hadden een zelfontbrandingstemperatuur⁵ lager dan 350° Celsius.

Van de aangetroffen vluchtige stoffen lag het explosiegebied ruwweg tussen de 1,0% en 10% brandbaar gas vermengd met lucht. De laagste onderste explosiegrens was 1,0%, de hoogste bovenste explosiegrens was 13%.

2.6.1 Het schroefasvet

Bij verhitting van het schroefasvet kwamen 13 verschillende vluchtige stoffen vrij. Bij verhitting tot 50° Celsius kwam 8 microgram per gram onderzocht materiaal vrij. Bij verhitting tot 220° Celsius kwam 26 microgram per gram onderzocht materiaal vrij.

2.6.2 Het multiplex plaatmateriaal

Bij verhitting van het multiplex plaatmateriaal kwamen 5 verschillende vluchtige stoffen vrij. Bij verhitting tot 50° Celsius kwam 0,4 microgram per gram onderzocht materiaal vrij. Bij verhitting tot 220° Celsius was de extra afgifte van deze vluchtige stoffen zo gering dat deze niet in microgrammen meetbaar waren.

2.6.3 Het MDF-plaatmateriaal

Bij verhitting van het MDF-plaatmateriaal kwamen 18 verschillende vluchtige stoffen vrij. Bij verhitting tot 50° Celsius kwam 0,3 microgram per gram onderzocht materiaal vrij. Bij verhitting tot 220° Celsius kwam 51 microgram per gram onderzocht materiaal vrij.

2.6.4 De schroefaspakking

Bij verhitting van het schroefaspakking kwamen 14 verschillende vluchtige stoffen vrij. Bij verhitting tot 50° Celsius kwam 0,2 microgram per gram onderzocht materiaal vrij. Bij verhitting tot 220° Celsius kwam 85 microgram per gram onderzocht materiaal vrij.

2.7 Aanvullend laboratoriumonderzoek

Naar aanleiding van de resultaten van het eerder beschreven laboratoriumonderzoek is een vervolg onderzoek ingesteld naar schroefasvetten en schroefaspakkingen in het algemeen. Hierbij zijn 17 meest in de binnenvaart gebruikte soorten schroefasvet en 12 meest in de binnenvaart gebruikte soorten schroefaspakking onderzocht. De rapportage van het aanvullende onderzoek is als bijlage B bij dit rapport gevoegd. Het eerste onderzoek is uitgevoerd in een "grote" ovenbuis, waarbij de gasstroom werd opgevangen op een adsorptiemiddel en vervolgens met behulp van gaschromatografie en massa spectrometrie geanalyseerd. Het bemonsteren en analyseren vond off-line plaats. Op basis van de ervaringen en resultaten van het eerste onderzoek bleek dat de methode geoptimaliseerd kon worden. Voor het tweede onderzoek is gebruik gemaakt van een "verkleinde" on-line monsternamen- en analyse opstelling, waarbij er geen gebruik werd gemaakt van een tussenstap met adsorptiemiddel. De gasstroom werd in de verbeterde opstelling nu direct de analyseapparatuur ingeleid, waardoor de kans op discriminatie en doorslag van bepaalde vluchtige componenten kon worden geminimaliseerd. Aangezien bij het tweede onderzoek is gekozen voor een kleinere dimensionering en on-line apparatuur is er een verschil in bemonsteringstijd tussen het eerste en tweede onderzoek. Tevens is bij beide onderzoeken het monstermateriaal in een afgesloten

⁵ Als een brandbare stof wordt verwarmd komt er een moment dat deze stof vanzelf in brand vliegt, zonder dat er sprake is van een andere ontstekingsbron. Dit wordt ook wel ontstekingstemperatuur genoemd.

ruimte (buis) verwarmd tot een constante temperatuur, waarbij de opwarmtijd niet relevant is.

2.7.1 Het schroefasvet

Bij verhitting van de 17 soorten schroefasvet kwamen in weliswaar verschillende samenstelling nagenoeg dezelfde soorten vluchtige stoffen vrij als bij het onderzoek naar het schroefasvet aangetroffen aan boord van de Jannie-B. De hoeveelheid aangetroffen gassen verschilde in vergelijking met het eerder uitgevoerde onderzoek. Bij verhitting tot 50° Celsius kwam tussen de 1,9 en de 77 microgram per gram onderzocht materiaal vrij. Bij verhitting tot 220° Celsius kwam tussen de 12 en 496 microgram per gram onderzocht materiaal vrij.

2.7.2 De schroefaspakking

Bij verhitting van de 12 soorten schroefaspakking kwamen in weliswaar verschillende samenstelling nagenoeg dezelfde soorten vluchtige stoffen vrij als bij het onderzoek naar het schroefaspakking aangetroffen aan boord van de Jannie-B. De hoeveelheid aangetroffen gassen verschilde eveneens in vergelijking met het eerder uitgevoerde onderzoek.

Bij verhitting tot 50° Celsius kwam nagenoeg geen tot maximaal 167 microgram per gram onderzocht materiaal vrij. Bij verhitting tot 220° Celsius kwam nagenoeg geen tot maximaal 360 microgram per gram onderzocht materiaal vrij.

3 CONCLUSIES

3.1 *Nationale en internationale wetgeving*

De huidige nationale en internationale wetgeving is niet op alle onderwerpen gelijk. De Europese Unie, Directoraat-Generaal Transport en Energie werkt aan de herziening van richtlijn 82/714/EEG. Deze richtlijn kan gezien worden als het Europese binnenscheepenbesluit. Model voor de Europese technische eisen aan binnenvaartschepen zullen de regels uit het ROSR staan. Als deze richtlijn na revisie geïmplementeerd is, zullen op enige specifieke vaarweggebonden regels na, in heel Europa dezelfde technische eisen gesteld worden aan binnenvaartschepen. Omdat de revisie van voornoemde richtlijn nog enige tijd op zich zal laten wachten, oriënteert het Ministerie van Verkeer en Waterstaat zich nu reeds om de regels uit het BSB zoveel mogelijk aan te passen aan het ROSR.

3.2 *Technische regels voor vrachtschepen, sleepboten en duwboten*

Naast de bestaande technische regelgeving en de algemene eis om volgens goed scheepsbouwgebruik te bouwen, zijn in het BSB en het ROSR geen voorschriften en/of technische eisen opgenomen met betrekking tot het toepassen van brandvertragende materialen in verblijven, met name gericht op het gebruikte materiaal ten behoeve van de betimmering van de wanden en de vloer.

3.3 *Toezicht schipper en/of eigenaar*

De wetgever heeft door middel van wetgeving normen vastgesteld. De verantwoordelijkheid voor de naleving ligt bij de schipper en/of eigenaar. Goed zeemanschap gebiedt dat de schipper voor aanvang van een reis controleert of het schip voor de beoogde reis, zowel in technische als operationele zin, in orde is.

Het warmlopen van de schroefas als gevolg van de lekkage van het smeersysteem werd niet in een vroegtijdig stadium opgemerkt. Voor een deel is dit het gevolg van de plaats van de lekkage die buiten het zichtveld lag bij gebruikmaking van het inspectieluik. Ook was het vetverbruik niet afwijkend.

3.4 *Productinformatie van schroefasvet en schroefaspakking*

Het aan boord van de Jannie-B aangetroffen schroefasvet en schroefaspakking waren geen gevaarlijke stoffen of preparaten op grond van de criteria van de Wet milieu-gevaarlijke stoffen (Wms). Een veiligheidsinformatieblad, zoals omschreven in het Veiligheidsinformatiebladenbesluit, Wms, was daarom niet verplicht.

De veiligheidsinformatiebladen behorende bij alle 17 onderzochte schroefasvetten, waren wel ingedeeld in de voorgeschreven zestien rubrieken, maar verschilden onderling van inhoud. Op slechts één van de bij het onderzoek betrokken stoffen stond onder punt 5 (brandbestrijdingsmaatregelen) op het veiligheidsinformatieblad vermeld, dat het product een ontvlambaar mengsel kon vormen of branden wanneer het een temperatuur had bereikt gelijk aan of boven het vlampunt. Tevens werd gewaarschuwd dat door contaminatie met koolwaterstoffen met een hogere vluchtigheid, het gevaar toenam.

3.5 *De toegepaste betimmering in het achterverblijf*

De wanden en de vloer van het achterverblijf bestonden uit plaatmateriaal en vuren-houten balkjes, die regulier in de bouwmarkten verkrijgbaar zijn. Bij verhitting tot circa 100° Celsius zal de temperatuur van de verschillende toegepaste houtsoorten stijgen en treden er geen veranderingen op. Vanaf 100° Celsius zal het in het hout aanwezige vocht gaan verdampen en neemt de temperatuur toe. Vanaf 150° Celsius vindt geleidelijk een chemische omzetting plaats in gassen en gaat het hout verkleuren. Vanaf 200° Celsius ontstaan er meer brandbare gassen en vormt zich aan de oppervlakte een laag houtskool. De brandbare gassen ontbranden niet spontaan, maar hebben een vonk of vlam nodig. De gasontwikkeling is nog te beperkt voor een zichzelf onderhoudende brand. Als de temperatuur oploopt tot waarden tussen de 330–470° Celsius kan er spontane zelfontbranding optreden. Het onderzochte MDF gaf bij verhitting boven de 200° Celsius veel vluchtig materiaal af. De wanden en de vloer waren niet behandeld met een brandvertragend middel noch voorzien van een brandvertragende toplaag.

3.6 *Onderzoek naar de vrijkomende gassen bij verhitting van de betrokken materialen*

Naar aanleiding van het laboratoriumonderzoek blijkt dat bij verhitting van het MDF, het multiplex plaatmateriaal, de schroefaspakking en het schroefasvet verschillende vluchtige stoffen vrijkomen.

Het vlampunt van deze gassen is zodanig, dat zelfs bij lage temperaturen brandbare gassen vrijkomen.

De onderste explosiegrens van de meeste van deze vrijkomende gassen ligt rond de 1%. Deze gassen vormen in combinatie met lucht gemakkelijk en snel een explosief mengsel.

De vrijgekomen gassen hadden een dampdichtheid groter dan 1. Dat wil zeggen dat het gasmengsel zwaarder was dan lucht en daarom zich onder in het schip had geconcentreerd.

De zelfontbrandingstemperatuur van de meeste vrijgekomen gassen was zodanig dat de temperatuur van de schroefas voldoende was om het explosief mengsel tot ontbranding te brengen.

3.7 *Laboratoriumonderzoek van andere schroefasvetten en schroefaspakkingen*

Bij het laboratoriumonderzoek naar de in de binnenvaart meest verkochte schroefasvetten en schroefaspakkingen bleek dat deze gassen onder dezelfde omstandigheden op vergelijkbare wijze reageerden als het schroefasvet en schroefaspakking aan boord van de Jannie-B.

De vrijkomende hoeveelheid vluchtige stoffen varieerde sterk.

4 CAUSALE FACTOREN

Door een samenloop van omstandigheden kon de explosie ontstaan. Deze omstandigheden waren: beperkte visuele inspectiemogelijkheden, een gebrek aan ventilatie, lekkage van een vetleiding, een warm gelopen schroefas en het door de warmte-ontwikkeling uitgassen van gebruikte vetten, pakkingen en wand- en vloermateriaal.

Door lekkage van het smeersysteem werd de schroefas in de gietijzeren grondring onvoldoende gesmeerd. Deze lekkage werd niet opgemerkt doordat de locatie aan het zicht onttrokken werd bij gebruikmaking van het inspectieluik en het vetgebruik niet afwijkend was. Hierdoor kon de temperatuur van de schroefas onopgemerkt tot 450° Celsius oplopen. Door deze hoge temperatuur kwam de gietijzeren grondring die vastzit aan de binnengland, vast te zitten om de schroefas. De uit 3 ringen bestaande schroefaspakking (in april 1999 aangebracht), zat het dichtst bij de hittebron. Door de oplopende temperatuur van de schroefas dat niet door de schipper werd opgemerkt, zijn de schroefaspakking, het schroefasvet, de direct boven de gland aanwezige vuren-houten balkjes, de houten vloer en de staande houten wand zodanig warm geworden dat deze zijn gaan uitgassen.

Het vrijgekomen gasmengsel heeft zich vervolgens op kunnen hopen door het niet voldoende ventileren van de ruimte onder de vloer van het achterverblijf. Het gasmengsel is uiteindelijk als gevolg van de oplopende temperatuur tot zelfontbranding overgegaan en heeft de explosie tot gevolg gehad.

5 AANBEVELINGEN

Ten aanzien van de schroefspakking en schroefasvet

1. De Vereniging van Smeerolieondernemingen Nederland (VSN) wordt aanbevolen om haar leden te wijzen op het belang om nadere informatie te vermelden op de veiligheidsinformatiebladen. Met name dient de informatie gericht te zijn op de risico's wanneer het product aan een hogere temperatuur wordt blootgesteld dan de bedrijfstemperatuur.

Ten aanzien van de voorzorgsmaatregelen

2. Het Centraal Bureau voor de Rijn- en Binnenvaart, het Kantoor Binnenvaart en de Koninklijke Schuttevaer worden aanbevolen om hun leden te wijzen op het belang van goed onderhoud, met name op die onderdelen die minder in het oog springen.

BIJLAGE 1

Analyse van vrijkomende gassen bij verhitting van materialen
(28 september 2000)



TNO Milieu, Energie en Procesinnovatie

TNO-MEP
Business Park E.T.V.
Laan van Westenenk 501
Postbus 342
7300 AH Apeldoorn
Telefoon: 055 549 34 93
Fax: 055 549 33 90
Internet: www.mep.tno.nl

TNO-rapport

Het kwaliteitssysteem van TNO Milieu, Energie en
Procesinnovatie voldoet aan ISO 9001.

TNO Milieu, Energie en Procesinnovatie is een nationaal
en internationaal erkend kennis- en contractresearch
instituut voor bedrijfsleven en overheid op het gebied
van duurzame ontwikkeling en milieugerichte procesinnovatie.



Nederlandse Organisatie voor toegepast
Natuurwetenschappelijk onderzoek TNO

Op opdrachten aan TNO zijn van toepassing de Algemene
Voorwaarden voor onderzoeksopdrachten aan TNO, zoals
gedeponeerd bij de Arrondissementsrechtbank en de
Kamer van Koophandel te 's-Gravenhage.

1. Inleiding

Op een schip heeft een explosie plaatsgevonden, die op warmlopen van de schroefas is terug te voeren. De verdere toedracht van de explosie, met name de vraag waarom de hete schroefas tot een detonatie leidde, is nog niet opgehelderd. Tegen deze achtergrond wordt gevraagd of een aantal materialen in het schip spontaan of bij sterke verhitting potentieel explosieve gassen afgeven.

2. Monsters

Er worden drie monsters gestuurd, die uit de betreffende ruimte van het schip gehaald zijn, en een monster van het gebruikte schroefasvet. De monsters krijgen de volgende TNO codes:

Tabel 1. Monsters materiaal van een geëxplodeerd schip

TNO-MEP code	Beschrijving
52000 323-01	Schroefasvet
52000 323-02	Multiplex plaatmateriaal
52000 323-03	MDF plaatmateriaal met houtnerfcoating
52000 323-04	Schroefaspakking (in verkoolde en originele vorm, waarvan de originele vorm onderzocht is)

3. Uitvoering van het onderzoek

Een buisvormige oven werd op een temperatuur tussen 200 en 220 °C ingesteld. Door de buis kan lucht worden aangezogen. In de buis werd ongeveer 1 gram monster in een keramisch weegschuitje verhit, waarna 5 minuten lang de aangezogen lucht via een glasvezelfilter door een Tenax adsorptiebuisje werd geleid. Het Tenaxbuisje werd thermisch gedesorbeerd en de vrijkomende dampen onderzocht met GC/MS. GC/MS is een techniek die een mengsel in componenten kan scheiden, waarbij de MS detectie identificatie van elke component door vergelijking met een database met standaardspectra mogelijk maakt. Een chromatograaf scheidt verbindingen o.a. op basis van hun kookpunt. Arbitrair werden de concentraties van verbindingen tot ongeveer 8 C-atomen geïntegreerd om een indicatie van de totale concentratie vluchtige stoffen te geven. Kwantificering van de gevonden concentraties vond plaats door vergelijking met de responsfactor van toluen onder veronderstelling van een luchtvolume van 30 ml in de oven. Daar de responsfactor van toluen van die van de gevonden verbindingen kan afwijken, hebben de gevonden waarden het karakter van een indicatie.

Metingen van de afgifte van vluchtige stoffen bij lage temperatuur zijn uitgevoerd door kleine hoeveelheden van het materiaal in fijngemalen vorm in te verhitten tot 50 °C, en de vrijkomende gassen op gelijke wijze als boven beschreven met een adsorptiebuisje te bemonsteren. Hier werd het afgegeven gewicht gerelateerd aan de hoeveelheid materiaal die verhit werd.

4. Resultaten

Sterke verhitting van de materialen

Verhitting tot 200-220 °C leidde bij alle monsters tot een zichtbaar begin van pyrolyse, bij enkele monsters werd waargenomen dat zij begonnen te walmen, zonder dat er ontbranding plaatsvond.

De chromatogrammen tonen aan, dat met name schroefaspakking en MDF plaatmateriaal bij deze verhitting in aanwezigheid van lucht veel vluchtig materiaal afgeven. De concentraties zijn relatief hoog, waardoor het mogelijk is dat het tenaxbuisje de meest vluchtig stoffen niet volledig geadsorbeerd heeft ("doorslag") en minder vluchtige stoffen gedeeltelijk in het voorgeschakelde glasvezelfilter neergeslagen zijn. De getallen van de concentraties hebben dan ook het karakter van een indicatie en relateren aan praktische explosiegrenzen van dampen zou door de grote verschillen met de praktijksituatie zinloos zijn.



In de volgende tabel is aangegeven, welke vluchtige verbindingen geïdentificeerd konden worden, evenals de totale gemeten concentratie, ervan uitgaande dat de inhoud van de buisoven 30 ml bedraagt. Ook is een afgifte per gram materiaal gegeven.

Tabel 2. Gasafgifte na sterke verhitting van in een schip aanwezige materialen

Monster:	323-01	323-02	323-03	323-04
Afgewogen gewicht	1,3 g	0,9 g	1,2 g	1,36 g
Geïdentificeerde stoffen	Propeen 2-Methylpropeen Pentaan Aceton 2-Hexanol, 3-4 - dimethyl Butanal 2-Methyl-1-propanol Heptaan 3-Methyleenheptaan 2-Ethylhexanol Dizuuresters? Tetradecaan Alkaanderivaten	Acetaldehyde Benzeen Benzaldehyde Acetofenon Dimethylftalaat	Chloormethaan Acetaldehyde Methylformiaat Furaan Aceton hydroxymethyl-pentanon Hexaan Methylfuyraan Benzeen Heptaan Methylbutanal? Methylbutylketon Octaan Furaldehyde Heptanal Octanal Tetradecaan	Acetaldehyde Pentaan Aceton 2-Methylpentanal Methoxypentanon? Hexaan Butanal Heptaan Methylbutanal Dimethylhexaan Hexanal Furaldehyde Heptanal Octanal
Berekende afgifte vluchtige stoffen per g monster in 5 minuten	26 µg/g	0 µg/g	51 µg/g	85 µg/g
Berekende concentratie aan afgegeven vluchtige stoffen in de buisoven*	0,8 mg/l	0,001 mg/l	2 mg/l	4 mg/l

*de daadwerkelijke concentratie kan boven de berekende liggen. Berekening op basis van de responsfactor van toluen voor alle gevonden vluchtige verbindingen samen.

Nulmetingen

Bij lichte verhitting van de materialen in een glazen kolfje onder doorleiden van een inert gas werden de in tabel 3 weergegeven hoeveelheden vluchtige stoffen vastgesteld.

Tabel 3. Gasafgifte na lichte verhitting van in een schip aanwezige materialen

Monster:	323-01	323-02	323-03	323-04
Berekende afgifte van vluchtige stoffen (µg/g) in 15 minuten	8	0,4	0,3	0,2



5. Conclusie

De schroefaspakking en het schroefasvet, die in het schip bij een warmlopende schroefas dicht bij de hittebron zullen hebben gezeten, gaven bij verhitting boven 200 °C relatief veel vluchtig en potentieel explosief materiaal af en zijn daardoor mogelijk de eerste oorzaak van een explosie geweest. Ook het MDF vertoont bij verhitting een duidelijke afgifte van vluchtig materiaal. De gevonden concentraties na het enkele minuten verhitten van het materiaal in de proefopstelling zijn echter nog niet bijzonder hoog. De explosiegrens van vluchtige stoffen ligt doorgaans op meerdere volumeprocenten en de gevonden concentraties zijn grootteordes lager. Het is dan ook waarschijnlijk, dat een explosie pas na een langere periode van verhitting in een geheel afgesloten ruimte plaats zou kunnen vinden. Het is mogelijk, dat deze omstandigheden in het schip, bijvoorbeeld in de schroefasbehuizing, opgetreden zijn.

Op grond van de resultaten van de nulmeting bij een lagere temperatuur kan vanwege de lage afgifte van vluchtige stoffen vrijwel worden uitgesloten dat dit tot explosies zou leiden.

6. Kwaliteitsborging

Het onderzoek is uitgevoerd onder een kwaliteitssysteem dat voldoet aan ISO 9001 (certificaat nr. 00680-97-AQ-ROT-RvA).



BIJLAGE 2

Analyse van vrijkomende gassen bij verhitting van materialen
(13 augustus 2001)



© 2007 TNO

Het kwaliteitssysteem van TNO Milieu, Energie en
Procesinnovatie voldoet aan ISO 9001.

TNO Milieu, Energie en Procesinnovatie is een nationaal
en internationaal erkend kennis- en contractresearch
instituut voor bedrijfsleven en overheid op het gebied
van duurzame ontwikkeling en milieugerichte procesinnovatie.

Op opdrachten aan TNO zijn van toepassing de Algemene
Voorwaarden voor onderzoeksopdrachten aan TNO, zoals
gedeponeerd bij de Arrondissementsrechtbank en de
Kamer van Koophandel te 's-Gravenhage.



1. Inleiding

Door de opdrachtgever zijn 17 monsters vet en 12 monsters pakking aangeleverd met het verzoek de bij verhitting vrijkomende dampen te analyseren. Het onderzoek is uitgevoerd zoals beschreven in TNO-offertenummer 669.

2. Uitvoering van het onderzoek

Van alle monsters is een deelmonster in een oven verwarmd bij 50 °C en 200 °C. De vrijkomende dampen zijn gedurende 10 minuten gepurged en opgevangen op Tenax-adsorbens (in koude val ATD). Na thermische desorptie is de samenstelling van de vrijgekomen dampen geanalyseerd met GC/MS.

GC/MS is een techniek die een mengsel in componenten kan scheiden, waarbij de MS detectie identificatie van elke component door vergelijking met een database met standardspectra mogelijk maakt. Een chromatograaf scheidt verbindingen o.a. op basis van hun kookpunt. Voor de bepaling van het gehalte aan vrijgekomen koolwaterstoffen is het kooktraject tussen de C4- en C10-alkaan geïntegreerd.

Kwantificering is uitgevoerd op de responsfactor van toluen. Omdat de responsfactor per verbinding kan variëren, dient het gemeten gehaltes als indicatieve waarde te worden beschouwd.

3. Resultaten

In tabel 2 zijn de resultaten van de uitgevoerde experimenten bij 50 °C en 200 °C weergegeven.

Bij beide temperaturen worden voornamelijk koolwaterstoffen aangetroffen met een kookpunt boven de C7-alkaan. In de bijlage is een overzicht gegeven van de aangetroffen componenten. In de tabel is per monster door middel van “++” en “+” aangegeven welke componenten relatief in hoge concentratie aanwezig zijn.

Tabel 2. Gehalte aan vrijgekomen dampen bij verhitting op 50 °C en 200 °C.

Monstercode TNO-MEP/MA	Originele monstercode	50 °C µg/g	200 °C µg/g	Monstercode TNO-MEP/MA	Originele monstercode	50 °C µg/g	200 °C µg/g
52001173-01	pakking-1	<0,1	7,4	52001173-13	vet-1	5	22
52001173-02	pakking-2	<0,1	<0,1	52001173-14	vet-2	53	113
52001173-03	pakking-3	<0,1	3,3	52001173-15	vet-3	77	379
52001173-04	pakking-4	0,9	29	52001173-16	vet-4	11	79
52001173-05	pakking-5	57	360	52001173-17	vet-5	7	48
52001173-06	pakking-6	1,4	20	52001173-18	vet-6	3,2	47
52001173-07	pakking-7	2,5	100	52001173-19	vet-7	1,9	17
52001173-08	pakking-8	13	167	52001173-20	vet-8	14	90
52001173-09	pakking-9	2,9	84	52001173-21	vet-9	4,7	12
52001173-10	pakking-10	1,2	10	52001173-22	vet-10	56	355
52001173-11	pakking-11	<0,1	5,3	52001173-23	vet-11	7,0	26
52001173-12	pakking-12	<0,1	14	52001173-24	vet-12	37	496
				52001173-25	vet-13	8,5	69
				52001173-26	vet-14	36	196
				52001173-27	vet-15	16	58
				52001173-28	vet-16	4,4	76
				52001173-29	vet-17	12	150



5. Conclusie

Voor de monsters vet en pakking worden bij beide temperaturen voornamelijk koolwaterstoffen aangetroffen met een kookpunt boven de C7-alkaan. Bij een temperatuur van 200 °C worden vrijwel dezelfde componenten aangetroffen als bij 50 °C.

Van enkele aangetroffen componenten is bekend dat zij brandbaar zijn en explosieve dampen kunnen vormen. De explosiegrens van deze vluchtige stoffen ligt doorgaans op meerdere volumepercenten en de gevonden concentraties zijn grootteordes lager.

Concentraties, die de explosiegrens benaderen, zullen waarschijnlijk pas na langere tijd van verhitting kunnen voorkomen in volledige afgesloten kleine ruimtes.

6. Kwaliteitsborging

Het onderzoek is uitgevoerd onder een kwaliteitssysteem dat voldoet aan ISO 9001 (certificaat nr. 00680-97-AQ-ROT-RvA).

**BIJLAGE. Overzicht van aangetroffen componenten**

	52001173-01	52001173-02	52001173-03	52001173-04	52001173-05	52001173-06
component	pakking-1	pakking-2	pakking-3	pakking-4	pakking-5	pakking-6
pentaan				+	+	
hexaan				+	+	
heptaan				+	+	
oktaan				+	+	
tolueen	+		+			
acetaldehyde					+	
1-hydroxy-propanon	+					
butanal					+	
pentanal					+	
hexanal				+	++	
2-ethyl-hexanal	+	+				+
hexanol					+	
heptanal				+	++	+
heptanol					+	
octanal				+	++	++
octanon					+	
formiaatzuur	++	++	+		++	++
azijnzuur	++	++	+	+	++	++
propaanzuur		+			++	
butaanzuur		+			++	
pentaanzuur				+	++	
hexaanzuur				+	++	
1,4-dioxaan			+			
N,N-dimethylformamide				++		
N,N-dimethylacetamide				+		

**BIJLAGE. Overzicht van aangetroffen componenten**

	52001173-07	52001173-08	52001173-09	52001173-10	52001173-11	52001173-12
component	pakking-7	pakking-8	pakking-9	pakking-10	pakking-11	pakking-12
pentaan	+	+				
hexaan	+	+				
heptaan	+	+				
oktaan		+				
tolueen					+	
acetaldehyde	+					
pentanal		+				
hexanal	+	++		++		
2-ethyl-hexanal					+	+
heptanal	+	++		++	+	
octanal	++	++			++	
octanon						
formiaatzuur	++	+	+	+		
azijnzuur	++		+	+	+	+
propaanzuur		+				
pentaanzuur		+			+	
hexaanzuur					+	
1,4-dioxaan					+	
N,N-dimethylformamide		++				
1,2-ethaandiol			++			
1,1-dichlooretheen			++			
1-chloorbuteen			++			
1-broombuteen			+			
zoutzuur			++			
furfural			+			++

**BIJLAGE. Overzicht van aangetroffen componenten**

	52001173-13	52001173-14	52001173-15	52001173-16	52001173-17	52001173-18
component	vet-1	vet-2	vet-3	vet-4	vet-5	vet-6
pentaan		+				
hexaan	+	+		+	+	+
heptaan	++	+	+	+	++	++
oktaan	+	+		++	+	+
nonaan	+	+	+	+		+
decaan	+	+		+		
alkyl gesubstitueerde pentaan		+	+		+	+
alkyl gesubstitueerde hexaan	+	+	+		++	+
alkyl gesubstitueerde alkanen (vanaf c7)	+	+	++	+	+	++
ethylbenzeen		++	+	++		
tolueen	++	+	+	+	++	++
xyleen(meta & para)		++	+	++		
xyleen(ortho)		++	+	++		
alkyl gesubstitueerde benzeen	++	+	+			++
cyclohexaan		+		+		
methylcyclohexaan	++			+	++	++
dimethylcyclohexaan			+			
alkyl gesubstitueerde cyclopentaan		+			+	+
alkyl gesubstitueerde cyclohexaan		+	++	+		
alkyl gesubstitueerde cycloalkanen (vanaf c7)	+	+	++			
isobutanol		+	+			+
butanal						
1-butanol		+	+			
2-methyl-1-butanol	+		+			+
pentanol		+		+		+
hexanal		+		+		
hexanon		+				
heptanal		+		+		
heptanol			+	+		
heptanon		+				
2-methyl-1-propeen			+			
1,2-dichloor-2-methylpropan			+			

**BIJLAGE. Overzicht van aangetroffen componenten**

	52001173-19	52001173-20	52001173-21	52001173-22	52001173-23	52001173-24
component	vet-7	vet-8	vet-9	vet-10	vet-11	vet-12
hexaan			+		+	+
heptaan			++		+	++
oktaan	+		+	+	++	++
nonaan	+	+	+	+	+	++
decaan	+				++	
alkyl gesubstitueerde pentaan			+			+
alkyl gesubstitueerde hexaan			+		+	+
alkyl gesubstitueerde alkanen (vanaf c7)	+		+			++
ethylbenzeen		+		++		
tolueen	++	++	++	++	+	
xyleen(meta & para)	+	+	+	++	+	
xyleen(ortho)	+	+	+	++	+	
alkyl gesubstitueerde benzeen	+	+	+	++	+	
cyclohexaan						+
methylcyclohexaan			++			
alkyl gesubstitueerde cyclopentaan			+			+
alkyl gesubstitueerde cyclohexaan			+		+	+
aceetaldehyde						+
propanal						+
isobutanol				++		
butanal						+
2-methyl-1-butanol				++		
pentanal						+
pentanol				+	+	+
pentanon						+
hexanal	+				+	++
hexanol					++	
hexanon					+	++
heptanal	+				++	++
heptanol					++	
heptanon					+	++
octanal					++	
octanol					++	
octanon					++	
2-methyl-1-propeen				+		
methylisobutylketon (MIBK)					+	
2-pentylfuran	+					
azijnzuur ester				+		
hexaanzuur methylester		+				
propyleenglycol		++				

**BIJLAGE. Overzicht van aangetroffen componenten**

	52001173-25	52001173-26	52001173-27	52001173-28	52001173-29
component	vet-13	vet-14	vet-15	vet-16	vet-17
hexaan	+	+	+		
heptaan	++	+	+		
oktaan	++	++	++	+	+
nonaan	+	++	+		++
decaan			+		++
alkyl gesubstitueerde pentaan	+		+		
alkyl gesubstitueerde hexaan	+	+	+		
alkyl gesubstitueerde penteen		++			
alkyl gesubstitueerde hexeen		++			
alkyl gesubstitueerde alkanen (vanaf c7)	+	++	+	++	
ethylbenzeen	+	++	++		
styreen				+	
tolueen	+	++	+	+	+
xyleen(meta & para)	++	++	++		+
xyleen(ortho)	++	++	++		+
alkyl gesubstitueerde benzeen	++		+		
cyclohexaan			+		
methylcyclohexaan	++	+	+		
alkyl gesubstitueerde cyclopentaan			+		
alkyl gesubstitueerde cyclohexaan	+	++	+		
propanal				+	
isobutanol	+	+		+	+
butanal				+	
2-methyl-1-butanol	+	++			+
pentanal				+	
pentanol	+	++	+	+	++
hexanal			++	++	
hexanon					+
heptanal			+	+	+
heptanon					++
octanal			+		
octanon					++
1-penten-3-ol				+	
1-penten-3-on				+	
dimethylamine		+			
methylisobutylketon (MIBK)	++	++			
2-methyl-propionzuur methylester				++	