

Datum  
3 juli 2007  
Rapport  
explosie chemicaliëntanker

Pagina  
1 van 47

## Rapport

Datum  
3 juli 2007

# Explosie Chemicaliëntanker

Rotterdam, 27 juni 2006



## **Inspectie Verkeer en Waterstaat**

De Inspectie Verkeer en waterstaat is een geïntegreerde toezichtorganisatie van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat, belast met de uitvoering van Inspectietaken.

De Inspectie bewaakt en bevordert de veiligheid van het transport op de weg, in de lucht, op het spoor en op het water.

Hiermee draagt de Inspectie bij aan een veilig, leefbaar en bereikbaar Nederland, met zo weinig mogelijk ongelukken, incidenten en milieuvervuiling.

## **Toezichteenheid Binnenvaart**

De Toezichteenheid Binnenvaart van de Inspectie richt zich in het bijzonder op de veiligheid op de Nederlandse binnenwateren.

Om dit te bereiken controleert de Toezichteenheid Binnenvaart de naleving van de wet- en regelgeving die voor de binnenvaart van toepassing is.

Objecten van toezicht zijn binnenvaartondernemingen, de schepen en hun bemanningen, erkende classificatie- en expertisebureaus die schepen onderzoeken en keuren en bedrijven die betrokken zijn bij het vervoer van gevaarlijke stoffen.

## **Managementteam Toezichteenheid Binnenvaart**

Drs. P. van Dalen  
Mr. M. Buitelaar

Ing. B.F.M. Joormann  
J.J.H. Sint Nicolaas

Hoofdinspecteur  
Plaatvervangend Hoofdinspecteur en Afdelingshoofd  
Kennis, Advies en Berichtgeving (KAB)  
Afdelingshoofd Toelating & Continuering (T&C)  
Afdelingshoofd Inspectie (I)

### Bezoekadres:

's Gravenweg 665  
3065 SC Rotterdam

Tel: 070-456 45 00

### Postadres:

Postbus 8634  
3009 AP Rotterdam

Fax: 010-202 34 24

Internet: [www.ivw.nl/nl/water/binnenvaart](http://www.ivw.nl/nl/water/binnenvaart)

## Aanleiding en autorisatie

Op 27 juni 2006 vond aan boord van een chemicaliëntanker in de Rotterdamse haven tijdens het overpompen van gedenatureerde ethanol een explosie plaats. De ethanol werd met behulp van een boordpomp van de binnenvaarttanker Stolt-Rom overgepompt naar het zeegaande schip Montauk. Het incident vond plaats omstreeks 10.15 uur bij boei 61 in de 3<sup>e</sup> Petroleumhaven te Rotterdam.

Vanuit de Inspectie is een team samengesteld om de oorzaken en gevolgen van de explosie te onderzoeken en daaromtrent te rapporteren.

### Onderzoeksteam

De projectleiding was in handen van M. Smit, Inspecteur van de Unit Inspectie. Hij werd bijgestaan door:

Ing. A.A. van Ammelrooy	Inspecteur TE Binnenvaart, afdeling Toelating & Continuering
Ing. A.H.J. Jumelet	Inspecteur TE Binnenvaart, afdeling Toelating & Continuering
W.G.J. van de Coevering	Inspecteur Toezichtontwikkeling, Communicatie en Onderzoek, afdeling Gevaarlijke Stoffen

De rapportage is opgesteld door drs. R.A.J. van Loen, adviseur van de afdeling Kennis, Advies en Berichtgeving.

### Autorisatie

Door middel van zijn handtekening geeft de Inspecteur/Projectleider M. Smit te kennen, dat deze rapportage volgens de geldende richtlijnen tot stand is gekomen.

Rotterdam, 3 juli 2007 .....

Door middel van zijn handtekening geeft de Hoofdinspecteur van de Toezichteenheid Binnenvaart drs. P. van Dalen te kennen, dit onderzoeksrapport te autoriseren en akkoord te gaan met de publicatie.

Rotterdam, 3 juli 2007 .....

Door middel van zijn handtekening geeft de Inspecteur-generaal Inspectie Verkeer en Waterstaat ir. J.F. de Leeuw te kennen, dit onderzoeksrapport te autoriseren en akkoord te gaan met de publicatie.

Den Haag, 3 juli 2007 .....

## Verzendlijst

De rapportage is aan de volgende bedrijven en organisaties<sup>1</sup> ter kennisname toegestuurd:

- Centrale Commissie voor de Rijnvaart
- Dienst Centraal Milieubeheer Rijnmond
- Directoraat-Generaal Transport en Luchtvaart
- Europese Commissie
- Havenbedrijf Rotterdam NV, Divisie Havenmeester
- Korps Landelijke Politie Diensten - Dienst Waterpolitie
- Nederlandse Organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek
- Onderzoeksraad voor de Veiligheid
- Regiokorps Rotterdam-Rijnmond - Zeehavenpolitie
- Stolt-Nielsen Inland Tanker Service BV
- Verenigde Naties - Economic Council for Europe

---

<sup>1</sup> In alfabetische volgorde

## Inhoudsopgave:

<b>Aanleiding en autorisatie</b> .....	<b>3</b>
<b>Verzendlijst</b> .....	<b>4</b>
<b>Samenvatting</b> .....	<b>7</b>
<b>Inleiding</b> .....	<b>9</b>
<b>1 Incident</b> .....	<b>11</b>
1.1 <i>Melding</i> .....	11
1.2 <i>Locatie</i> .....	11
1.3 <i>Acties Inspectie</i> .....	12
1.3.1 Eerste constatering inspecteurs .....	12
1.3.2 Stabilisatie en de veiligheid van betrokkenen en omgeving .....	12
<b>2 Betrokken schepen, lading en losproces</b> .....	<b>15</b>
2.1 <i>Chemicaliëntanker Stolt-Rom</i> .....	15
2.1.1 Ladingtanks .....	15
2.1.2 Trunkhoofd ladingtanks 2 en 4 .....	16
2.1.3 Laad- en lossystemen .....	16
2.1.4 Pompen .....	16
2.1.5 Snelafblaasventielen .....	17
2.2 <i>Zeegaande tanker Montauk</i> .....	17
2.3 <i>Lading</i> .....	18
2.3.1 Ethanol en ethylacetaat .....	18
2.3.2 ADNR-classificatie .....	19
2.4 <i>Losproces</i> .....	19
2.4.1 Boord-boordoverslag .....	19
2.4.2 Monstername .....	19
<b>3 Onderzoek Inspectie</b> .....	<b>21</b>
3.1 <i>Getuigenverklaringen</i> .....	21
3.1.1 Losproces .....	22
3.1.2 Werking en koeling diepwellpompen .....	22
3.1.3 Glycolreservoir .....	22
3.1.4 Conditie ladingtanks.....	22
3.1.5 Oorzaak explosie .....	22
3.1.6 Type dekdoorvoer .....	23
3.2 <i>Technisch onderzoek</i> .....	23
3.2.1 Conditie van het schip .....	23
3.2.2 Conditie ladingtank 2 .....	24
3.2.3 Butterwashpoorten ladingtank 2, stuurboordzijde .....	24
3.2.4 Detonatiekleppen/snelafblaasventielen .....	25
3.2.5 Koeling- en smering dekdoorvoer diepwellpompen.....	25
3.3 <i>Motivering en vraagstellingen extern onderzoek</i> .....	26
<b>4 Onderzoeken TNO</b> .....	<b>29</b>
4.1 <i>Formulering onderzoeksvragen</i> .....	29
4.2 <i>Samenvatting beantwoording onderzoeksvragen</i> .....	30
4.2.1 Stofeigenschappen .....	30
4.2.2 Ontstekingsbron explosief gasmengsel.....	31
4.2.3 Explosief mengsel.....	33
4.2.4 Explosietype.....	33

4.2.5	Middenlangschot bezwijkt .....	33
4.2.6	Verandering in luchttoevoer .....	34
4.2.7	Simulatie explosieverloop .....	34
4.3	<i>Onderzoek diepwellpomp en dekdoorvoer</i> .....	34
4.3.1	Leveranciers pomp en seal .....	34
4.3.2	Lektesten seals .....	35
4.3.3	Conditie onderste sealing .....	35
4.3.4	Conditie O-ringen .....	36
4.3.5	Temperatuurberekeningen en -metingen .....	36
<b>5</b>	<b>Conclusies</b> .....	<b>39</b>
5.1	<i>Inspectie</i> .....	39
5.2	<i>TNO</i> .....	40
<b>6</b>	<b>Aanbevelingen</b> .....	<b>43</b>
6.1	<i>Configuratie dekdoorvoer</i> .....	43
6.2	<i>Controle op smeer- en/of koelvloeistoffenniveaus</i> .....	43
6.3	<i>Naleving randnummer 7.2.4.40 van het ADN</i> .....	44
6.4	<i>Brandbestrijdingstraining in de binnentankvaart</i> .....	44
	<b>Bijlage 1: Gebruikte afkortingen en begrippen</b> .....	<b>45</b>
	<b>Bijlage 2: Onderzoek naar de oorzaken van een ethanolexplosie aan boord van een binnenvaarttankschip.</b> .....	<b>47</b>
	Afb. 1: Explosielocatie 3e Petroleumhaven Rotterdam .....	12
	Afb. 2: Ladingtank, damwandprofiel, diepwellpomp en verwarmingbuizen .....	17
	Afb. 3: Snelafblaasventiel .....	18
	Afb. 4: Schema inhoud Stolt-Rom .....	19
	Afb. 5: Opgebald dek .....	23
	Afb. 6: Glycolreservoir .....	26
	Afb. 7: Doorsnede diepwellpomp .....	34
	<b>Tabel 1: Kengetallen Stolt-Rom</b> .....	<b>15</b>
	<b>Tabel 2: Kengetallen Montauk</b> .....	<b>18</b>
	<b>Tabel 3: Getuigenverhoren, data en tijden</b> .....	<b>21</b>
	<b>Tabel 4: Samenstelling gedenatureerde ethanol in volume %</b> .....	<b>30</b>
	<b>Tabel 5: Explosiegrenzen (gedenatureerde) ethanol</b> .....	<b>31</b>
	<b>Tabel 6: Diepwellpompen, lektesten</b> .....	<b>35</b>
	<b>Tabel 7: Conditie seal bij temperatuurberekeningen/-metingen</b> .....	<b>36</b>
	<b>Tabel 8: Resultaten temperatuurberekeningen mechanical face seal</b> .....	<b>37</b>
	<b>Tabel 9: Resultaten temperatuurmetingen (nieuw) mechanical face seal</b> .....	<b>37</b>

## Samenvatting

Op 27 juni 2006 vond een explosie plaats aan boord van de binnenvaarttanker Stolt-Rom tijdens het overpompen van zijn lading gedetureerde ethanol naar de zeegaande tanker Montauk. De explosie heeft geen slachtoffers geëist en ook geen milieuvervuiling veroorzaakt. De aard en omvang van het incident vormden echter aanleiding om de mogelijke oorzaken van het incident diepgaand te (laten) onderzoeken.

In Nederland is de Onderzoeksraad voor de Veiligheid (OVV) de aangewezen organisatie voor het uitvoeren van ongevalsonderzoeken. Na overleg met de OVV is besloten dat de Toezichtseenheid Binnenvaart van de Inspectie het onderzoek naar de explosie op de Stolt-Rom in eigen beheer zou uitvoeren. Aan het onderzoek is meegewerkt door inspecteurs en adviseurs van de Inspectie. Externe expertise is ingebracht door de Nederlandse Organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek (TNO).

Centraal in het onderzoek stond de vraag wat de explosie kon hebben veroorzaakt. Hierbij is in het bijzonder onderzocht of een temperatuurstijging in de dekdoorvoer van een deepwellpomp de explosie van ethanoldamp kon hebben veroorzaakt.

TNO heeft in opdracht van de Inspectie twee deelonderzoeken uitgevoerd.

Het TNO-onderzoek naar de ontstekingsbronnen van de explosie heeft statische elektriciteit en lek- of zwerfstromen als ontstekingsbron uitgesloten. Als meest waarschijnlijke ontstekingsbron ziet TNO het warmlopen van de dekdoorvoer van de deepwellpomp.

In het tweede onderzoek heeft TNO de dekdoorvoer nader onderzocht en vooral gekeken naar de oorzaken van de opwarming en de minimale eisen waaraan die opwarming moest voldoen om als ontstekingsbron te kunnen fungeren. Na demontage van de pomp en de dekdoorvoer bleek, dat een keramische afdichtingsring was gebroken en geen smering en koeling had gehad. TNO heeft de temperatuur in de dekdoorvoer onder verschillende omstandigheden gemeten en berekend. De bedrijfstemperatuur die vermoedelijk in de dekdoorvoer is opgetreden, bedroeg minimaal 450° Celsius. Deze hoge temperatuur is aangemerkt als de meest waarschijnlijke ontstekingsbron van het aanwezige ethanol/luchtmengsel met een zelfontbrandingstemperatuur van 407° Celsius. Het explosietype dat TNO aangeeft, is een zeer snelle ontbranding ofwel deflagratie.

Aanvullend aan het TNO-onderzoek heeft de Inspectie contact gehad met de fabrikanten van zowel de pomp als de dekdoorvoer. Uit onderzoek concludeert de Inspectie dat de toegepaste afdichtingspakkingen in de dekdoorvoer niet de juiste waren.

De getuigenverhoren die de Inspectie heeft afgenomen, brachten aan het licht dat het 'quality management system' waarover de firma Stolt-Rom Nielsen beschikt, aan boord van de Stolt-Rom onvoldoende geïmplementeerd en geaudit was. Een werkinstructie met betrekking tot de smering en koeling van de pompen ontbrak eveneens. Als gevolg hiervan vond onvoldoende of slechts incidentele controle plaats op het vulniveau van de glycolreservoirs van de pompen. Het vulniveau is slecht waarneembaar omdat glycol kleurloos is en de aanwezige glycolreservoirs onvoldoende transparant zijn.

De bemanning van de Stolt-Rom had onvoldoende maatregelen genomen ter bestrijding van brand. De brandslangen waren niet uitgerold of gebruiksklaar, wat volgens de regelgeving wél had moeten.

Uit dit onderzoek vloeien vier aanbevelingen voort:

1. Van alle pompen en dekdoorvoeren die in gebruik zijn bij het laden of lossen van licht ontvlambare of explosieve stoffen moet zeker zijn, dat de juiste materialen en afdichtingen zijn gebruikt.
2. Bij het laden of lossen van licht ontvlambare of explosieve stoffen moeten alle pompen en dekdoorvoeren op hun juiste werking zijn gecontroleerd. Dit impliceert ook controle op de smering en koeling van bewegende delen die in direct contact (kunnen) komen met de lading.
3. Alle brandveiligheidsvoorschriften moeten strikt worden nageleefd volgens de daarvoor geldende regels.
4. De bemanning moet voldoende getraind zijn in brandbestrijding.



## Inleiding

### **Ongevalsonderzoek**

Dit rapport beschrijft het ongevalsonderzoek dat is uitgevoerd door de Toezichtende Binnenvaart van de Inspectie. Aanleiding voor het onderzoek was een explosie aan boord van een binnenvaarttanker in de Rotterdamse haven.

Ongevalsonderzoeken stellen de invloeden vast van menselijk of technisch falen of een combinatie van beide bij incidenten. In Nederland is de Onderzoeksraad voor de Veiligheid (OVV) het instituut op het gebied van ongevalsonderzoek.

Zowel de OVV als de Inspectie waren overtuigd van de noodzaak om een ongevalsonderzoek uit te voeren naar bovengenoemde explosie vanwege de ernst van het incident.

Na overleg met de OVV heeft de Inspectie het ongevalsonderzoek in eigen beheer uitgevoerd, voor zover de Inspectie over de benodigde kennis en expertise beschikte. Waar die kennis of expertise ontbrak, heeft de Inspectie een extern onderzoeksbureau ingeschakeld.

Het ongevalsonderzoek gaat in op de volgende onderdelen:

- het incident volgens de waarnemingen van de inspecteurs van de Inspectie en getuigenverklaringen;
- de betrokken schepen en/of organisaties;
- de aard en kenmerken van de lading;
- de resultaten van technisch onderzoek uitgevoerd door de Inspectie;
- de resultaten van extern onderzoek.

Alle relevante documenten zoals processen-verbaal, rapportages, foto's, audiovisuele presentaties en videomateriaal zijn in het bezit van de Inspectie.

### **Doelstellingen**

De Inspectie zal de resultaten van het onderzoek gebruiken voor het doen van aanbevelingen en waar nodig voor het aanpassen van handhavingsbeleid dan wel de wet- en regelgeving.

De kennis die een ongevalsonderzoek oplevert, kan op deze manier worden ingezet voor het verbeteren van de veiligheid bij het vervoer van gevaarlijke stoffen op het water.

### **Incident**

Het ongevalsonderzoek is ingesteld naar aanleiding van een explosie op de chemicaliëntanker Stolt-Rom. Het ongeval betrof een zeer snelle verbranding (deflagratie) van gedenatureerde ethanol. Tijdens het overpompen van ethanol van de binnenvaarttanker Stolt-Rom naar het zeegaande schip Montauk, explodeerde ladingtank 2 van de Stolt-Rom.

Ondanks de grote ontvlambaarheid van de lading heeft het incident geen gevolgen gehad voor personen of de omgeving. Echter, indien het incident ongeveer 8 seconden eerder had plaatsgevonden, waren 2 bemanningsleden om het leven gekomen. De brand die bij de explosie ontstond, is door snel en adequaat handelen van de bemanning van de Montauk onmiddellijk geblust. Dit heeft zeker voorkomen dat het incident een grotere omvang kon aannemen.

### **Onderzoek Inspectie**

Inspecteurs van Inspectie waren binnen een uur na melding van het incident aan boord van de Stolt-Rom en hebben direct alle noodzakelijke maatregelen genomen om de situatie verder te stabiliseren. Een eerste onderzoek ter plaatse is later gevolgd door het horen van getuigen en een uitgebreid technisch onderzoek. De Inspectie heeft alle betrokken partijen steeds volledig op de hoogte gebracht van haar handelen en besluitvorming. Samen met deze partijen heeft de Inspectie een lijst met onderzoeksvragen opgesteld, die ter beantwoording aan een extern bureau zijn voorgelegd.

### **Externe expertise**

Drie TNO-instituten hebben aan dit ongevalsonderzoek een bijdrage geleverd vanwege de specialistische kennis die nodig was, om de oorzaken van het incident te achterhalen. Het betrof vooral kennis op het gebied van de opbouw van statische elektriciteit, ontstekingsbronnen en explosies.

### **Leeswijzer**

De rapportage bestaat uit zes hoofdstukken. In Hoofdstuk 1 wordt het incident beschreven. Hoofdstuk 2 gaat in op de betrokken schepen met hun technische en ladingkenmerken. Hoofdstuk 3 gaat in op de getuigenverhoren en het technisch onderzoek van de Inspectie. Hoofdstuk 4 bevat een samenvatting van het uitgebreide technische onderzoek dat TNO in opdracht van de Inspectie heeft uitgevoerd naar mogelijke oorzaken van het incident. Hoofdstuk 5 geeft de conclusies van beide organisaties weer en ten slotte zijn in Hoofdstuk 6 de aanbevelingen geformuleerd die de Inspectie van belang acht om de kans op herhaling van een soortgelijk incident, te verkleinen.

# 1 Incident

## 1.1 Melding

Op dinsdag 27 juni 2006 omstreeks 11.40 uur meldde de Zeehavenpolitie van het Regiokorps Rotterdam-Rijnmond, dat zich omstreeks 10.15 uur een explosie had voorgedaan in de 3<sup>e</sup> Petroleumhaven bij boei 61. Op gemeld tijdstip lagen twee schepen bij deze boei afgemeerd, het binnenvaarttankschip Stolt-Rom en de zeegaande chemicaliëntanker Montauk. De explosie zou zich hebben voorgedaan tijdens het overpompen van de lading van het binnenvaarttankschip naar het zeegaande schip. Er werd geen melding gemaakt van slachtoffers noch van verontreiniging van het water in de directe omgeving van de explosie.

## 1.2 Locatie

Boei 61 bevindt zich in de 3<sup>e</sup> Petroleumhaven in het havengebied van Rotterdam tussen de opslagterminals van Vopak en Esso.

Afb. 1: Explosielocatie 3e Petroleumhaven Rotterdam



De afstand tussen de plaats van het incident en de opslagtanks van Vopak bedroeg  $\pm 130$  meter. De afstand tot de opslagtanks van Esso bedroeg  $\pm 120$  meter. Boei 61 bevindt zich op  $\pm 50$  meter van een benzineoverslagpunt van

Esso. De opslagtanks van Esso en Vopak bevatten een diversiteit aan chemicaliën. Genoemde afstanden zijn zeer gering en vormen een risico vanwege de inhoud van de tanks met gevaarlijke stoffen en de mogelijke invloeden van een explosie.

### 1.3 Acties Inspectie

Inspecteurs van de Inspectie waren omstreeks 12:40 uur op de plaats van het ongeval aanwezig. Aan boord van de Stolt-Rom hebben zij de situatie in ogeschouw genomen en op basis van deze eerste waarnemingen hebben zij de noodzakelijke maatregelen laten treffen om de situatie verder te stabiliseren en de veiligheid van het schip, de opvarenden en de omgeving te waarborgen.

#### 1.3.1 Eerste constatering inspecteurs

- *Bluswerkzaamheden vanaf Montauk*  
De bemanning van de Montauk had vóór het overpompen van de lading de blusmiddelen in gereedheid gebracht. Vanaf de Montauk werd direct na het incident de brand met water geblust. Het blussen en koelen beperkte de kans op escalatie. De Zeehavenpolitie en het Havenbedrijf Rotterdam waren aanwezig en konden zonodig extra bluscapaciteit inzetten. Dat bleek echter niet noodzakelijk door het snelle en adequate handelen van de bemanning van de Montauk.
- *De blusmiddelen aan boord van Stolt-Rom waren niet gereed voor direct gebruik.*  
De blusmiddelen aan boord van de Stolt-Rom waren aanwezig maar niet in gereedheid gebracht voor aanvang van de overslag. De brandslangen waren niet uitgerold en de spuitstukken van de brandslangen waren niet aangekoppeld. Hierdoor waren deze middelen niet voor gebruik gereed.
- *Dek ter hoogte van trunkhoofd bakboordzijde opengescheurd en opgebald.*  
Geconstateerd werd, dat de kracht van de explosie de romp van de Stolt-Rom ernstig had vervormd aan zowel stuur- als bakboordzijde ter hoogte van ladingtank 2. Ter hoogte van het trunkhoofd was het dek opengescheurd en opgebald.

#### 1.3.2 Stabilisatie en de veiligheid van betrokkenen en omgeving

- *Laad-, los- en vaarverbod*  
De Inspectie heeft de certificaten van de Stolt-Rom op bestuursrechtelijke gronden ingenomen. Als gevolg van de schade die de explosie had aangericht, voldeed de Stolt-Rom niet meer aan de vereisten zoals neergelegd in de Binnenschepenwet.

Beide schepen kregen tot nader order een verbod opgelegd om te laden, lossen of varen. De Havenverordening staat onder de gegeven omstandigheden, het lossen bij boeien niet toe. Geconstateerd werd, dat als gevolg van het incident ladinglekkage optrad vanuit ladingtank 2 naar de ballasttank 1. De lading was als gevolg hiervan gecontamineerd.

- *Gedeeltelijk opheffen vaarverbod*  
Nadat de situatie in de 3<sup>e</sup> Petroleumhaven onder controle was, is in overleg met de Dienst Centraal Milieubeheer Rijnmond en het Havenbedrijf Rotterdam besloten om het vaarverbod gedeeltelijk op te heffen.

De gedeeltelijke opheffing had tot doel de Stolt-Rom te kunnen verplaatsen naar:

- de Service Terminal Rotterdam, (STR) zodat de lading daar onder controle gelost kon worden;
- de Afvalstoffen Terminal Moerdijk, zodat het schip daar na lossing van de lading gereinigd kon worden zodat een veilige situatie zou ontstaan;
- de werf Nederlof Scheepsbouw in Geertruidenberg om het schip beschikbaar te hebben voor het onderzoek van de Inspectie, TNO en veiligheidsinstituut Nibra<sup>2</sup>.

Het verplaatsen naar STR gebeurde op eigen kracht van de Stolt-Rom om enig huidcontact met duw- of sleepboot te voorkomen. De huid van de Stolt-Rom was beschadigd en vervormd en het schip bevatte nog steeds een explosief mengsel. Door verplaatsen op eigen kracht was de kans op een nieuwe explosie het kleinst.

- *Plan van aanpak civiele partijen*  
De vigerende milieuwetgeving eist een plan van aanpak van de civiele partijen die betrokken zijn bij het lossen en reinigen van schepen met schade en daaruit voortvloeiende risico's.

Het plan van aanpak 'Leegmaken Stolt-Rom' is door STR op 28 juni 2006 per fax aan de Inspectie aangeboden, tevens voorzien van een 'Taak Risico Analyse' en een zogenaamd 'HAZOP'<sup>3</sup>.

---

<sup>2</sup> Nederlands Instituut Fysieke Veiligheid *Nibra*

<sup>3</sup> Hazard and Operability plan, d.w.z. risico's of gevaren die tijdens operationele omstandigheden voor kunnen komen.

- *Stilleggen overslag*  
De ladingen van de Stolt-Rom en de Montauk zijn op het terrein van STR overgeslagen in de Stolt-Valencia. Het lossen van de lading verliep in eerste instantie niet conform de gemaakte afspraken. In opdracht van de Inspectie is het lossen daarop tijdelijk gestaakt. Nadat de Inspectie de naleving op de veiligheidsafspraken had verzekerd, is het lossen hervat.
- *CIN-melding*  
Na hervatting van het overslaan heeft de onderneming STR een zogenaamde CIN-melding<sup>4</sup> doen uitgaan. Ter plaatse werd een kleine lekkage geconstateerd onder de waterlijn van de Stolt-Rom. De lekkage veroorzaakte een damp/luchtmengsel dat een concentratie van 47% van de onderste explosiegrens (LEL<sup>5</sup>) bereikte. Het lossen is direct gestaakt en de oorzaak, een gecontamineerde ballasttank, is geneutraliseerd. Daarna is het lossen hervat tot de gehele lading was overgeslagen.
- *Verplaatsing en reiniging*  
Nadat de Stolt Rom haar lading had overgepompt is deze met toestemming van de Inspectie op eigen kracht naar de onderneming Afvalstoffen Terminal Moerdijk gevaren om het schip te reinigen. Voor deze verplaatsing heeft de Inspectie gelast dat met beperkte snelheid zou worden gevaren en dat begeleiding door overheidsvaartuigen noodzakelijk was. Deze begeleiding is verzorgd door de Zeehavenpolitie en Rijkswaterstaat.

---

<sup>4</sup> CIN = Centraal Incidenten Nummer; bij een milieu-incident van enige omvang moeten bedrijven een melding doen bij het CIN.

<sup>5</sup> LEL = Lower Explosion Limit

## 2 Betrokken schepen, lading en losproces

### 2.1 Chemicaliëntanker Stolt-Rom

De chemicaliëntanker Stolt-Rom is gebouwd in 1973 en is eigendom van de Firma Stolt-Nielsen Inland Tanker Service BV, gevestigd aan de Westerlaan 5, 3016 CK te Rotterdam.

De Stolt-Rom draagt Europeanummer 23.26.329 en is goedgekeurd voor de Rijnvaart op 20 juni 2002.

De Stolt-Rom is gebouwd als dubbelwandige chemicaliëntanker (ADNR type C) en beschikt over 10 ladingtanks, 5 diepwellpompen<sup>6</sup> en 2 afblaasventielen met een openingsdruk van 50 kPa.

De belangrijkste kengetallen van de Stolt-Rom zijn in Tabel 1 opgenomen.

**Tabel 1: Kengetallen Stolt-Rom**

Lengte	108,86 m.
Breedte	9,50 m.
Diepgang	3,16 m.
Laadvermogen	2.156 ton

In 1986 is de Stolt-Rom verlengd tot de huidige lengte van 108,86 meter. De ladingtanks 2 en 4 zijn toen omgebouwd tot roestvaststalen tanks met een RVS-leidingsysteem. Na 1986 is nog een slobtank aangebracht in ladingtank 3. De slobtank heeft een eigen leidingsysteem dat onafhankelijk functioneert van de bestaande los- en laadleidingen.

#### 2.1.1 Ladingtanks

De vijf ladingtanks aan stuurboordzijde zijn door middel van een middenlangschot gescheiden van de vijf ladingtanks aan bakboordzijde. Het middenlangschot heeft een damwandprofiel, dat gasdicht is.

De ladingtanks aan stuurboordzijde staan door middel van een schotafsluiter in verbinding met de ladingtanks aan bakboordzijde zodat zij als één geïntegreerde tank kunnen functioneren. In de roestvaststalen ladingtanks 2 en 4 bevindt zich aan stuurboordzijde een pompput met daarin een diepwellpomp, de

---

<sup>6</sup> pompen gesitueerd op de bodem van de ladingtank; aangedreven vanaf het dek via een motor en een aandrijfjas die door het dek en de productleiding loopt.

aanzuigopening voor de restladingpomp en een schotafsluiter die de afsluiting vormt tussen de stuur- en bakboordzijde van de tank. Op de bodem van de ladingtanks zijn verwarmingsspiralen aangebracht.



De tanks kunnen betreden worden via een roestvaststalen trap. Ten behoeve van de reiniging zijn zowel aan de achter- als voorzijde 'butterwashpoorten'<sup>7</sup> aangebracht aan de bovenzijde van de tank.

De ladingtanks 1, 3 en 5 zijn zogenaamde gecoate tanks met een soortgelijke uitrusting zoals hiervoor aangegeven.

**Afb. 2: Ladingtank, damwandprofiel, diepwellpomp en verwarmingsbuizen**

### 2.1.2 Trunkhoofd ladingtanks 2 en 4

De uitrusting die in het trunkhoofd is aangebracht, bestaat onder andere uit een meter voor het aflezen van het ladingniveau en een niveaualarmering. Verder is er een opening voor het nemen van monsters. Deze opening is voorzien van een vlamkerend rooster. Het afsluitdeksel van deze opening bevat drie knevels. Het toegangsluik in het trunkhoofd naar de tank heeft aan elke zijde twee knevels. De aansluiting naar de gasverzamelleiding heeft een detonatieklep met brilflens. Alle verbindingen van en naar de ladingtank en ladingtankruimtes zijn hiermee uitgerust. Zij voorkomen dat eventueel vrijgekomen ladingdampen kunnen ontsteken of exploderen, mits zij op de juiste wijze gebruikt en gesloten zijn.

### 2.1.3 Laad- en lossystemen

De twee laad- en lossystemen aan boord van de Stolt-Rom zijn gescheiden en bestaan voor de ladingtanks 2 en 4 uit een roestvaststalen systeem en voor de overige ladingtanks uit een koolstofstalen systeem. De systemen worden respectievelijk aangeduid als 'wit' en 'zwart' systeem.

### 2.1.4 Pompen

Vijf diepwellpompen staan opgesteld in de ladingtanks aan stuurboordzijde. De pompmotor die zich aan dek bevindt, drijft een as aan met een waaierpomp op de bodem van de ladingtanks. De laad- en losleidingen kunnen op een

---

<sup>7</sup> afsluitbare opening in ladingtank waardoor een speciaal daartoe ingerichte bal met spuitgaten in het ruim gelaten kan worden, ten behoeve van de inwendige reiniging van ladingtanks.



Bornemannpomp worden aangesloten die op het achterdek ter hoogte van de kofferdam voor het stuurhuis is geplaatst.

De dekdoorvoeren van de deepwellpompen zijn gasdicht en voorzien van lagers die de pompassen ondersteunen. De dekdoorvoeren voor de ladingtanks 2 en 4 worden gekoeld en gesmeerd door glycol dat via een slang naar de dekdoorvoer wordt geleid. Het glycolreservoir is naast de deepwellpomp gemonteerd.

De zogenaamde Bornemannpomp<sup>8</sup> is een wormpomp. Dit type pomp heeft een as met schroefprofiel dat via de zijflanken één of meer nevenspindels aandrijft. Hierdoor perst de pomp een vloeistof in axiale richting - in het verlengde van de as - weg. Deze pomp wordt gebruikt om het door de deepwellpompen opgevoerde product verder te pompen naar de ontvanger.

Hydromotoren aan dek drijven de deepwellpompen aan. De benodigde druk voor de hydromotoren wordt geleverd door een hydraulische pomp, die gekoppeld is aan de hoofdmotor van het schip en in de machinekamer is geplaatst.

Afb. 3: Snelafblaasventiel



De overige pompen aan boord van de Stolt-Rom zijn elektrisch of luchtaangedreven pompen. Het betreft de restladingpompen en de ballastpompen.

#### 2.1.5 Snelafblaasventielen

Ter voorkoming van overdruk in de ladingtanks zijn twee snelafblaasventielen (ook wel ontlast- of veiligheidsventielen) aangebracht. Eén snelafblaasventiel was verbonden met de verzamelleiding van de ladingtanks 1, 3 en 5. Het andere met de verzamelleiding van ladingtanks 2 en 4. De betreffende snelafblaasventielen openen bij een tankoverdruk van 50 kPa.

## 2.2 Zeegaande tanker Montauk

De olie- en chemicaliëntanker Montauk is gebouwd in 2005 en is eigendom van de Sea Montauk Navigation Ltd uit Valetta, Malta. Het schip vaart onder Maltese vlag. Het IMO-nummer<sup>9</sup> is 9310367.

<sup>8</sup> Zowel de deepwellpompen als de 'Bornemannpomp' zijn afkomstig van dezelfde pompenfabrikant, Bornemann GmbH. Het is gebruikelijk de wormpomp met de eigenaam van de fabrikant aan te duiden.

<sup>9</sup> International erkend 7-cijferig identificatienummer dat onverbreekelijk met het schip verbonden is. Het wordt uitgegeven door de International Maritime Organization.

De belangrijkste kengetallen van de Montauk zijn in Tabel 2 opgenomen.

Tabel 2: Kengetallen Montauk

Lengte	105,50 m.
Breedte	16,80 m.
Diepgang	7,40 m.
Bruto Registerton	4.012 metrische ton
Laadcapaciteit	6.585 m <sup>3</sup>

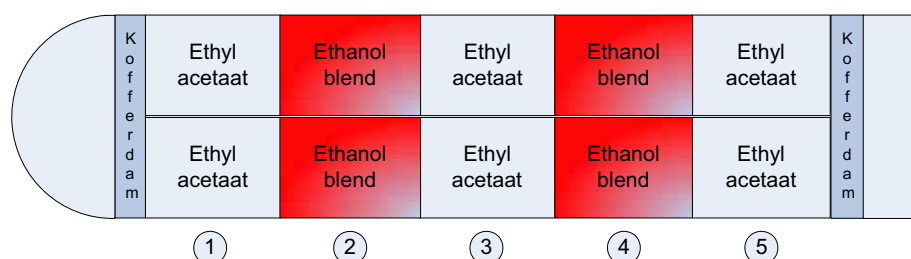
## 2.3 Lading

### 2.3.1 Ethanol en ethylacetaat

Onderstaande afbeelding geeft schematisch de inhoud van de ladingtanks van de Stolt-Rom weer. Ladingtank 1 bevindt zich aan de voorzijde (boegzijde) van het schip. Ladingtanks 2 en 4 van de Stolt-Rom waren gevuld met ethanol, waaraan isopropyl en t-butanol waren toegevoegd. Na zo'n toevoeging wordt gesproken van een *ethanol blend*, *mengsel* of *gedenatureerde* ethanol. Toevoegingen aan ethanol hebben als doel het ongeschikt te maken voor menselijke consumptie, waardoor bij im- en export minder accijnzen verschuldigd zijn.

De eindbestemming van de lading was Turkije. Ethanol is drinkbare alcohol die ook onder de naam ethylalcohol bekend is.

Afb. 4: Schema inhoud Stolt-Rom



De ladingtanks 1, 3 en 5 zijn gevuld met ethylacetaat, een oplosmiddel dat o.a. gebruikt wordt in nagellak en nagellakremover.

### 2.3.2 ADNR-classificatie.

*Ethanol* is opgesomd in de stoffenlijst van het ADNR<sup>10</sup>, onder UN-stofidentificatienummer 1170, klasse 3, classificatiecode F1 en verpakkingsgroep II, wat betekent, dat dit een brandbare vloeistof is, licht ontvlambaar.

*Ethylacetaat* staat in dezelfde Index geregistreerd onder UN-stofidentificatienummer 1173, klasse 3, met de classificatiecode F1 en verpakkingsgroep II, qua gevaarseigenschappen gelijk aan ethanol.

Klasse 3-stoffen zijn 'brandbare vloeistoffen' en de classificatiecode F1 verwijst naar het vlampunt van deze stoffen, dat in deze klasse ten hoogste 61° Celsius bedraagt.

## 2.4 Losproces

### 2.4.1 Boord-boordoverslag

Het lossen van de lading van de Stolt-Rom vond plaats door middel van 'boord-boordoverslag'. Bij deze vorm van overslag wordt direct van het ene schip naar het andere schip overgepompt. De brontank en de receptortank zijn rechtstreeks met elkaar verbonden door een slang met koppelingen. Deze manier van lossen wijkt af van het losproces bij een terminal, waar de lading naar terminaltanks aan de wal wordt overgepompt om van daaruit verder gedistribueerd te worden.

Op de locatie in de 3<sup>e</sup> Petroleumhaven waar de Stolt-Rom lag afgemeerd, is boord-boordoverslag toegestaan.

### 2.4.2 Monstername

Het losproces begint met het overpompen van een beperkte hoeveelheid van de lading naar de receptortank van het ontvangende schip. Het overpompen van deze beperkte hoeveelheid heet in vakjargon het 'zetten van een voetje', wat afgeleid is van de Engelse lengtemaat 'foot' (± 30 centimeter).

Het voetje is noodzakelijk om een monster te kunnen nemen van de lading vóórdat de hele lading wordt overgepompt. Het monster levert gegevens op over de zuiverheid van de overgeslagen producten en over de reinheid van de gebruikte pompen en slangen. In deze pompen en slangen zou een residu van een vorige lading kunnen zijn achtergebleven, waardoor verontreiniging van het product kan optreden.

---

<sup>10</sup> ADNR = *Accord Européen relatif au Transport International des Marchandises Dangereuses par voie de Navigation du Rhin*; de regelgeving voor het vervoer van gevaarlijke stoffen over de rijn. De genoemde stoffenlijst geeft aan, welke stoffen mogen worden vervoerd per binnenvaarttanker, onder welke voorwaarden.

Het voetje is gezet vanuit ladingtank 2 van de Stolt-Rom in twee ladingtanks van het zeeschip. Vervolgens is aan boord van de Montauk een kwaliteitsmonster genomen. Nadat het monster was goedgekeurd, is het lossen van ethanol vanuit de ladingtank 2 voortgezet.

Daarna is ook het losproces van ethylacetaat gestart vanuit ladingtank 5, eveneens door het zetten van een voetje.

## 3 Onderzoek Inspectie

### 3.1 Getuigenverklaringen

Zes getuigen zijn gehoord, waarvan processen-verbaal van verhoor zijn opgemaakt. Bij één getuige is het verhoor afgenomen met gebruikmaking van een beëdigde tolk.

De namen van de getuigen zijn om privacyredenen niet vermeld. Om dezelfde reden zijn de originele processen-verbaal van verhoor niet in deze rapportage opgenomen; zij maken wel onverkort deel uit van het dossier.

De getuigenverhoren zijn afgenomen op de data en tijden zoals in Tabel 3 aangegeven. De tabel geeft verder aan waar de getuigen zich ten tijde van het incident bevonden. De getuigen zijn veelal gehoord op het kantoor van de Inspectie te Rotterdam.

Tabel 3: Getuigenverhoren, data en tijden

Getuige	Bevond zich:	Gehoord op:	Tijdstip
A	aan dek Stolt-Rom	27-06-2006	13.10 uur
		27-06-2006	16.25 uur
		18-07-2006	09.00 uur
B	aan dek Montauk	6-07-2006	11.00 uur
C	Zeesteiger 6 3e Petroleumhaven	10-07-2006	13.00 uur
D	Zeesteiger 6 3e Petroleumhaven	12-07-2006	10.00 uur
E	aan dek Stolt-Rom	20-07-2006	10.00 uur
F	Kantoor Stolt Nielsen	19-09-2007	15.00 uur

De getuigenverhoren concentreerden zich op het verzamelen van informatie over (1) de werkinstructies voor het losproces, (2) de werking en koeling van de deepwellpompen, (3) de inhoud van de glycolreservoirs, (4) de conditie van de ladingtanks en (5) de mogelijke oorzaken van de explosie volgens de getuigen.

Alle getuigenverhoren zijn door de Inspectie op inhoud en consistentie gecontroleerd. De inhoud van de getuigenverklaringen is aanleiding tot het maken van de volgende opmerkingen.

### **3.1.1 Losproces**

De Firma Stolt Nielsen verklaarde te beschikken over een 'quality management system', dat is gecertificeerd volgens de ISO-standaard 9001:2000. Op basis hiervan zou de bemanning aan boord van de Stolt-Rom moeten beschikken over een werkinstructie, die de handelingen beschrijft die bij het lossen van de tanker noodzakelijk zijn. Een dergelijke werkinstructie zou volgens clausule 8.2.2. van de 'internal audit' geïmplementeerd en geaudit moeten zijn.

Uit de verhoren bleek dat de noodzaak om de pompen te smeren met glycol, niet in het 'quality management system' was vastgelegd. Tijdens audits aan boord van de Stolt-Rom is nooit aandacht aan de glycolreservoirs geschonken. Tevens werd niets vastgelegd over de training en/of instructie van de bemanning met betrekking tot het smeren van de pompen.

### **3.1.2 Werking en koeling diepwellpompen**

Getuigen A en E zijn gehoord over de werking en koeling van de diepwellpompen. Getuige A verklaarde dat hij bekend was met de werking van de diepwellpompen en dat hij op de hoogte was van de aanwezigheid van de reservoirs met glycol. Getuige E verklaarde niet op de hoogte te zijn van de werking van de koeling van de diepwellpomp. Dat zou hem nog worden uitgelegd.

### **3.1.3 Glycolreservoir**

Getuigen verklaarden dat het glycolreservoir van diepwellpomp 2 bij ladingtank 2 in het afgelopen jaar twee maal was bijgevuld. De laatste keer vond plaats, toen de Stolt-Rom langs de Montauk lag (i.c. 27 juni 2006). Getuige A verklaarde het glycolreservoir zelf te hebben bijgevuld. Getuige E verklaarde echter dat hij het glycolreservoir had bijgevuld, in opdracht van getuige A.

### **3.1.4 Conditie ladingtanks**

De ladingstanks waren voor het laden (in België) gereinigd en/of geventileerd. Het reinigen betrof de ladingtanks 2 en 4. De ladingstanks waren schoon en droog en waren ook visueel gecontroleerd. Ladingtanks 1, 3 en 5 waren alleen geventileerd. Reinigen door wassen was niet noodzakelijk.

### **3.1.5 Oorzaak explosie**

Geen van de getuigen kan de explosie verklaren. De vermoedens die zij hebben geuit, variëren van lekkage, het imploderen van de ladingtank door onderdruk, vonkvorming door scheurend metaal tot de opbouw van druk, waarvoor ze verder geen verklaring hadden.

### 3.1.6 Type dekdoorvoer

Naar aanleiding van de bevindingen en het onderzoek dat TNO naar de dekdoorvoer heeft uitgevoerd, heeft Inspectie contact gezocht met de fabrikanten van de gebruikte pomp en dekdoorvoer, i.c. de firma's Bornemann en AESSEALS.

Uit onderzoek bij de fabrikanten kwam naar voren, dat de gebruikte opstelling aan boord van de Stolt-Rom niet de juiste keuze is geweest. De combinatie van het gebruikte plastic glycolreservoir, het type slang en de dekdoorvoer achtte men voor deze toepassing ontoereikend.

## 3.2 Technisch onderzoek

De Inspectie voerde op 11 juli 2006 een onderzoek uit naar de oorzaken van de explosie. Alle onderzochte onderdelen aan boord van de Stolt-Rom zijn fotografisch vastgelegd en maken deel uit van het dossier.

Het onderzoek van de Inspectie heeft zich vooral gericht op:

- (1) de conditie van het schip;
- (2) de conditie van de ladingtank 2;
- (3) de butterwashpoorten van ladingtank 2, stuurboordzijde;
- (4) de detonatiekleppen en afblaasventielen;
- (5) het koel- en smeersysteem van de deepwellpompen.

### 3.2.1 Conditie van het schip

De explosie heeft zich voorgedaan in ladingtank 2. De volgende waarnemingen zijn gedaan ter hoogte van deze ladingtank:

#### Afb. 5: Opgebold dek



- Aan stuur- en bakboordzijde is het dek door de kracht van de explosie omhoog gedrukt (zie afbeelding 5);
- De spanten zijn van de zijwand losgekomen en op het dek ontzet;
- De scheepshuid is aan weerszijden 15 tot 20 centimeter naar buiten gedrukt;
- Beide trunkhoofden zijn uit het dek gescheurd;
- De butterwashpoorten zijn niet beschadigd;
- De zijtanks zijn zowel aan bak- als stuurboordzijde beschadigd, ze konden niet betreden worden;
- Het leidingsysteem is ontzet maar voor zover zichtbaar, intact;
- De kabelgoot voor elektrische leidingen is ontzet en heeft brandschade, midscheeps aan bakboordzijde.

### 3.2.2 Conditie ladingtank 2

De geëxplodeerde ladingtank is inwendig geïnspecteerd en heeft tot de volgende waarnemingen geleid:

#### stuurboordzijde:

- het middenlangschot is over de volle lengte op een hoogte van 2/3 van de totale hoogte geknikt, in de richting van de bakboordtank.
- het middenlangschot is ter hoogte van de voorste butterwashpoort en over een breedte van ongeveer 1,5 meter, weggedrukt in de richting van de bakboordtank;
- het roestvaststalen langschot dat aan de dubbele huid van het schip grenst, is naar buiten gedrukt;
- de voor en achter dwarsschotten zijn naar buiten geknikt op een hoogte van 2/3 van de totale hoogte;
- de deepwellpomp is zijwaarts weggedrukt;
- door het uitbreken van een raamspant is een gat ontstaan ter hoogte van de voorste butterwashpoort aan stuurboordzijde.

#### bakboordzijde:

- het middenlangschot is naar binnen geknikt;
- het middenlangschot is over een lengte van 1,5 meter de tank ingedrukt, ter hoogte van de voorste butterwashpoort;
- in het schot naar ladingtank 1 zit een scheurtje;
- het roestvaststalen langschot dat aan de dubbele huid van het schip grenst, is naar buiten gedrukt;
- de voor- en achterdwarsschotten zijn naar buiten geknikt op een hoogte van 2/3 van de totale hoogte;

### 3.2.3 Butterwashpoorten ladingtank 2, stuurboordzijde

In ladingtank 2 zijn twee butterwashpoorten aangebracht. Onderzocht zijn de condities van hun pakkingen en hun afdichting:

- De pakking van de voorste butterwashpoort was te klein en dichtte de poort daardoor niet helemaal af; er is ruimte geconstateerd tussen pakking en afsluitdeksel. Er waren roetsporen zichtbaar aan zowel de binnen- als buitenkant van deze poort;
- De pakking van de achterste butterwashpoort was in goede conditie en gaf een volledige afdichting van de poort. Er waren hier geen roetsporen zichtbaar.



### 3.2.4 Detonatiekleppen/snelafblaasventielen

De detonatiekleppen van ladingtanks 2 en 4 zijn geopend en gecontroleerd, zowel aan bak- als stuurboordzijde.

#### Detonatiekleppen ladingtank 2:

- Aan stuurboordzijde is de klep door explosieschade niet meer geheel te openen;
- Aan bakboordzijde is de klep aan de kant van de tank sterk beroet. Het vlamkerende rooster is door roetaanslag vrijwel geheel dichtgeslagen. Aan de kant van de gasverzamelleiding vertoont de klep minder roetaanslag.

#### Snelafblaasventiel ladingtank 2:

- De werking van het snelafblaasventiel en de vacuümkleppen is handmatig gecontroleerd, beide werkten goed;
- Op de kop van het snelafblaasventiel is roetvorming vastgesteld.

#### Detonatiekleppen ladingtank 4:

- De kleppen zijn aan zowel bak- als stuurboordzijde volledig te openen;
- De detonatiekleppen vertonen aan zowel bak- als stuurboordzijde een lichte roetaanslag aan de kant van het leidingsysteem.

### 3.2.5 Koeling- en smering dekdoorvoer deepwellpompen

De dekdoorvoeren van de deepwellpompen van ladingtanks 2 en 4 zijn uitgerust met een gesloten koel- en smeersysteem. Het smeer- en koelmiddel is een glycol<sup>11</sup> -watermengsel dat zich in een reservoir bij de deepwellpompen bevindt. Het reservoir bestaat uit een witte kunststofhouder en is door een aanvoer- en retourslang verbonden met de dekdoorvoer van de pomp. De draaiing van de pomp zorgt voor het rondgaan<sup>12</sup> van de glycol in het gesloten koel- en smeersysteem. Hoewel het een gesloten systeem betreft, treedt verlies op van circa 2 ml. per draaiuur, zodat periodiek bijvullen essentieel is. Het glycolniveau in het reservoir mag niet beneden een minimaal noodzakelijk peil dalen om de smering en koeling van het systeem te kunnen garanderen.

---

<sup>11</sup> **Glycol** is een kleurloze, iets stroperige alcohol met een zoete smaak. Het meest bekende gebruik is als antivriesmiddel in autoradiatoren. Het smeltpunt van glycol ligt bij -13,0° C en het kookpunt bij 197,3° C.

<sup>12</sup> Assen worden op een draaibank gedraaid in één specifieke richting. Hierdoor hebben vrijwel alle assen microscopisch kleine groeven die als een schroefdraad fungeren bij contact met een vloeistof.

Ten aanzien van het glycolreservoir constateerden de inspecteurs het volgende:

- Het glycolreservoir van de deepwellpomp van ladingtank 4 was voorzien van een witte – met de hand aangebrachte – maatstreep. Een soortgelijke maatstreep ontbrak op het glycolreservoir van de deepwellpomp van ladingtank 2.
- Door de kleurloosheid van glycol en die van de reservoirs zelf, is het niet optisch waarneembaar of de reservoirs gevuld zijn. Het ontbreken van voldoende contrast tussen vloeistof en reservoir, maakt visuele controle op het vulniveau onmogelijk. Op enige afstand is dit in ieder geval uitgesloten. Na opening bleek het reservoir bij ladingtank 4 voldoende glycol te bevatten, d.w.z. het vloeistofniveau stond boven de maatstreep die als minimum geldt.
- Na opening bleek het reservoir bij ladingtank 2 leeg te zijn. Op de bodem van het reservoir was een lichte verkleuring zichtbaar, die op een restant opgedroogde glycol kan duiden.
- De toevoerslang bij ladingtank 2 bevatte een kleine hoeveelheid glycol.
- Beide slangen vertoonden lichte brandschade.



Afb. 6: Glycolreservoir

### 3.3 Motivering en vraagstellingen extern onderzoek

De Inspectie heeft verder onderzoek laten uitvoeren door een onafhankelijk onderzoeksbureau omdat de beantwoording van een aantal vragen buiten de competentie en mogelijkheden van de Inspectie viel.

De vragen waren technisch-fysisch van aard en hadden betrekking op de gevolgen van het verpompen van een ethanol-blend met een vermoedelijk defecte dekdoorvoer van een deepwellpomp en de effecten daarbij van de aan- of afwezigheid van glycolsmering en/of -koeling.

Samen met betrokken partijen is een lijst van 21 onderzoeksvragen opgesteld die ter beantwoording zijn voorgelegd aan de Nederlandse Organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek TNO.

De volgende 21 vragen zijn aan TNO voorgelegd:

1. Bepaal of de inhoud van het reservoir van de glycol van de deepwellpomp van ladingtank 2 en de slangen intact zijn;
2. Bepaal of de inhoud van het glycolreservoir van de deepwellpomp van ladingtank 2 door de brand verdampt is;
3. Inspecteer en test de dichtheid van het lager in de dekdoorvoering van de aandrijfjas van de vast opgestelde deepwellpomp in de ladingtank 2 stuurboordzijde, voordat deze wordt verwijderd of verplaatst.
4. Bepaal het effect van glycol op de ethanol-blend. Kan het wegslingeren van glycol door een lekkende dekdoorvoer het ongeval hebben veroorzaakt?
5. Inspecteer de deepwellpomp van ladingtank 2 op sporen van slijtage, warmteontwikkeling en vonkvorming.
6. Bepaal of en welke temperatuur ontstaat in de dekdoorvoer van de deepwellpomp in ladingtank 2 gedurende 45 minuten verpompen van het product 'ethanol-blend'. Doe deze bepaling met een reservoir gevuld met glycol en ook met een leeg reservoir.
7. Bepaal of deze temperatuur een mogelijke ontstekingsbron is voor de ethanol-blend in de dampfase.
8. Bepaal of het wegvallen van de hydraulische druk gedurende een periode van 5 minuten voor de hydromotor van de deepwellpomp in ladingtank 2, nadat deze deepwellpomp gedurende 35 minuten op vol vermogen heeft gedraaid en vervolgens weer voor 5 minuten op hydraulische druk wordt gezet, effect heeft op de temperatuurontwikkeling in de dekdoorvoer. Doe deze bepaling met een reservoir gevuld met glycol als ook met een leeg reservoir.
9. Bepaal de maximum snelheid waarmee de buitenlucht de ladingtank 2 onbedoeld instroomde als gevolg van de spleet in de pakking van het deksel op de voorste butterwashpoort.
10. Bepaal of een dergelijke relatieve beweging van lucht in de tank genoeg statische elektriciteit kan opwekken om een explosief mengsel van lucht en ethanoldampen te ontsteken.

11. Bepaal of de lekkage van de pakking van het luik van het trunkhoofd van ladingtank 2 stuurboordzijde, statische elektriciteit opgewekt heeft.
12. Bepaal de samenstelling van de ethanol-blend door middel van chemisch-analytisch onderzoek van de monsters van de lading ethanol die was geladen in ladingtank 2 stuurboordzijde.
13. Bepaal het gehalte aan ethanol en de overige bestanddelen in de dampfase van de tank in de evenwichtstoestand bij de heersende temperatuur en de (gemiddelde) druk ten tijde van het ongeval.
14. Bepaal de onderste en bovenste explosiegrens van de ethanol-blend.
15. Bepaal het vlampunt van de ethanol-blend.
16. Bepaal de ontstekingsenergie en zelfontbrandingstemperatuur in de dampfase bij de heersende temperatuur en (gemiddelde) druk ten tijde van het ongeval.
17. Bepaal welke invloed de buitentemperatuur op het moment van het ongeval heeft gehad op de ontstekingstemperatuur van de ethanol-blend.
18. Bepaal of een onderdruk in ladingtank 2 stuurboordzijde invloed heeft gehad op de ontstekingsenergie en zelfontbrandingstemperatuur in de dampfase van de ethanol-blend.
19. Bepaal of de niet-continue toevoer van buitenlucht in de tank de evenwichtsconditie tussen de vloeistof- en dampfase zodanig kan veranderen dat de dampfase (plaatselijk) een explosief mengsel kan vormen.
20. Inspecteer en test de over- en onderdrukventielen in de gasverzamelleiding van de ladingtanks nummer 2 en 4.
21. Bepaal de snelheid waarmee de buitenlucht ladingtank nummer 2 stuurboordzijde instroomde als één van de twee onderdrukventielen als eerste lichtte tijdens het lossen van de ethanol.

TNO heeft een integrale eindrapportage gepresenteerd waarin de resultaten zijn opgenomen. Drie TNO-instituten zijn bij de beantwoording van de geformuleerde vragen betrokken geweest, TNO-Bouw en Ondergrond (Apeldoorn), TNO-Prins Maurits Laboratorium (Rijswijk) en TNO-Industrie en Techniek (Eindhoven).

## 4 Onderzoeken TNO

### 4.1 Formulering onderzoeksvragen

Met nadruk wordt er op gewezen dat niet alle aspecten die in de rapportage van TNO zijn opgenomen, in deze samenvatting terugkomen. Zie hiervoor de originele rapportage<sup>13</sup> die als bijlage bij dit rapport is toegevoegd.

TNO voerde een apart onderzoek uit naar de conditie van de diepwellpomp en de dekdoorvoer (*mechanical face seal*). De vraagstelling van dit onderzoek betreft de vragen 3, 5, 6 en 8. Zie voor een samenvatting van de antwoorden op deze vragen § 4.3.

TNO is bij de beantwoording van de vragen uitgegaan van de volgende hypothese,

'een gasexplosie boven de vloeistof in ladingtank 2 aan stuurboordzijde van de Stolt-Rom was de oorzaak van het ongeval.

Op basis van deze hypothese formuleerde TNO vier onderzoeksrichtingen met een concretisering in onderzoeksvragen. De onderzoeksrichtingen hadden betrekking op (1) stoffeigenschappen, (2) ontstekingsbronnen, (3) de vorming van een explosief mengsel en (4) de explosieontwikkeling.

**Ad 1.** Welke *stoffeigenschappen* had de damp boven de vloeistof in de ladingtank voor wat betreft,

- a) de samenstelling?
- b) het vlampunt?
- c) de explosiegrenzen?
- d) de ontstekingsenergie?

**Ad 2.** Wat is de *ontstekingsbron* van het explosieve gasmengsel geweest,

- a) statische elektriciteit?
- b) frictie en warmlopen?
- c) lekstromen?

**Ad 3.** Hoe heeft een *explosief lucht/dampmengsel* zich boven de vloeistof in de ladingtank kunnen vormen,

- a) door menging van lucht en damp?
- b) door veranderingen in luchttoevoer?

---

<sup>13</sup> Onderzoek naar de oorzaken van een ethanolexplosie op een binnenvaarttankschip, TNO Bouw en Ondergrond, Apeldoorn, 25 mei 2007, 88 pagina's.

- Ad 4.** Welk *type explosie* heeft plaatsgevonden en kan aan de hand van de schade aan het schip het verloop van de explosie worden afgeleid?
- detonatie?
  - deflagratie?

## 4.2 Samenvatting beantwoording onderzoeksvragen

De volgende paragrafen bevatten een samenvatting van de door TNO gegeven antwoorden.

### 4.2.1 Stofeigenschappen

- samenstelling**

Volgens de ladingbrief zou ladingstank 2 een mengsel bevatten van ethanol, isopropanol (IPA) en t-butanol (TBA) in de samenstelling zoals weergegeven in Tabel 4.

**Tabel 4: Samenstelling gedensatureerde ethanol in volume %**

Component	Minimaal	Maximaal
Ethanol	92.3	93.9
Isopropanol (IPA)	6.1	7.5
T-butanol (TBA)	0.1	-

De analyses die TNO met betrekking tot de samenstelling van het ethanolmengsel liet uitvoeren, hebben aangetoond dat de waarden zoals vermeld op de ladingbrief, correct waren.

- vlampunt**

Het vlampunt geeft de laagste temperatuur aan waarbij een vloeistof zo veel brandbare damp afgeeft dat deze damp, intensief met lucht vermengd, door een vlam of vonk kan worden ontstoken. Volgens industriestandaard ISO 3697<sup>14</sup> is het vlampunt van pure ethanol 12° C en voor de lading gedensatureerde ethanol in de Stolt-Rom bestond, 12,5° C met een marge van ±0,5° C.

- explosiegrenzen**

De explosiegrenzen van een stof of mengsel worden bepaald door de onder- en bovengrenzen van de verhouding damp-lucht. Binnen de onderste en bovenste explosiegrenzen zijn genoeg zuurstof en brandbaar product aanwezig om een

---

<sup>14</sup> Het vlampunt is drukafhankelijk en wordt mathematisch gecorrigeerd voor de heersende atmosferische druk.

explosie te kunnen laten plaatsvinden. Tabel 5 geeft beide grenswaarden weer van pure en gedenatureerde ethanol zoals aangetroffen aan boord van Stolt-Rom.

**Tabel 5: Explosiegrenzen (gedenatureerde) ethanol**

Component	Explosiegrens (bij 20°C)	
	ondergrens	bovengrens
Pure ethanol	3,3%	19,0%
Lading Stolt-Rom	2,8%	23,6%

- **ontstekingsenergie**

Een damp-/ luchtmengsel kan tot ontsteking komen door spontane zelfontbranding of door de aanwezigheid van een externe ontstekingsbron. Bepalend hierbij zijn de heersende luchtdruk en de temperatuur van het mengsel.

De zelfontbrandingstemperatuur van pure en gedenatureerde alcohol is volgens EN 14522 methode S, vastgesteld op respectievelijk 370° en 407° C. Bij ontbranding door een externe ontstekingsbron is een minimale ontstekingsenergie nodig van 0,40 mJ<sup>15</sup> en 0,27mJ bij respectievelijk pure of gedenatureerde ethanol.

De inhoud van ladingtank 2 voldeed volgens de gehanteerde normen aan deze vereisten en was dus zowel ontvlambaar als explosief.

#### **4.2.2 Ontstekingsbron explosief gasmengsel**

Het ontvlambare en explosieve mengsel in ladingtank 2 is tot ontbranding gekomen, waarna een deflagratie is gevolgd. De mogelijke ontstekingsbronnen die TNO heeft onderzocht, zijn statische elektriciteit, warmteontwikkeling door wrijving en het vóórkomen van lekstromen.

- **statische elektriciteit**

Statische elektriciteit kan zich opbouwen wanneer twee of meer gassen, vloeistoffen of vaste stoffen zich langs of door elkaar heen bewegen. De opbouw van een statische elektrische lading in een stof is afhankelijk van de mate waarin de stof elektrisch geleidend is. Een goed geleidende stof bouwt minder statische elektriciteit op dan een slecht geleidende stof. De lading van de Stolt-Rom, ethanol, IPA en TBA, zijn stoffen die bekend staan als goed geleidend en zullen dus minder goed een statisch elektrische lading opbouwen.

---

<sup>15</sup> Energiewaarde, uitgedrukt in Joule.

De condities in de ladingtank 2 maakten het onwaarschijnlijk dat zich een statisch elektrische lading heeft opgebouwd omdat,

- de vloeistofbewegingen door het leegpompen zodanig gering waren dat een scheiding, gevolgd door een accumulatie van elektrische lading niet kon optreden;
- de lading via de roestvaststalen wanden van de tank in indirect contact stond met geleidend brak oppervlaktewater dat een eventuele opbouw van statische elektriciteit snel kon afvoeren;
- het zogenaamde Lenard-effect, dwz, het vormen van een elektrisch geladen mist, niet tijdens het lossen kon optreden, omdat slechts sprake was van minimale beweging van de vloeistof. Bij het lossen van een vloeistof treedt geen druppel- of mistvorming op;
- de deksels van de butterwashpoorten voorzien waren van een isolerende pakking;
- de niveausensor, een drijflichaam in de ladingtank, bijna continu verbinding had met de scheepsconstructie, zodat een eventuele lading direct werd afgevoerd. Van tijd tot tijd kon het drijflichaam gedurende een fractie van een seconde geïsoleerd worden van de aarde. In de literatuur is geen oplaadmechanisme bekend, dat binnen een fractie van een seconde het potentiaal van het drijflichaam kan verhogen tot een ontladingsniveau.

- **fRICTIE EN WARMLOPEN**

Door wrijving tussen twee contactoppervlakken ontstaat warmte die een damp/luchtmengsel tot ontbranding kan brengen. Vereist is, dat de warmteontwikkeling en eventuele vonkvorming in het damp/luchtmengsel plaatsvindt. Het pomphuis, pompwaaier en lagers waren allen ondergedompeld in de vloeistof. In de vloeistof is geen ontbranding door vonkvorming mogelijk omdat de benodigde zuurstof hier ontbreekt.

Na demontage van de pomp is gebleken, dat er van bovenmatige slijtage geen sprake was en dat warmlopen als ontstekingsbron kan worden uitgesloten voor die onderdelen van de pomp die uitsluitend met de vloeistof in contact stonden.

De dekdoorvoer geldt als meest waarschijnlijke ontstekingsbron, namelijk als gevolg van oververhitting door warmlopen van de afdichting. De dekdoorvoer stond in contact met een ontvlambaar damp/luchtmengsel.

- **LEK- OF ZWERFSTROMEN**

Elektrische bekabeling en elektrische toestellen kunnen (elektro)magnetische velden opwekken, die op hun beurt zogenaamde 'zwerfstromen' in metalen oppervlakken of geleiders opwekken. Ook kunnen apparaten elektrische energie 'lekker' naar de scheepshuid, waardoor op een andere plaats een elektrische stroom kan ontstaan.



Alle bekabeling en elektrische toestellen van de Stolt-Rom voldeden aan de normen die het ADNR daaraan stelt. Bij storing of kortsluiting wordt hun vermogen beperkt, zodat ze in een explosieve omgeving geen ontstekingsbron kunnen vormen. De elektrische toestellen aan dek vertoonden geen schade. Hetzelfde gold voor de kabels en kabeldoorgangen.

TNO concludeert dat ontsteking door het optreden van zwerfstromen kan worden uitgesloten.

#### 4.2.3 Explosief mengsel

TNO geeft aan dat bij een temperatuur van 18° Celsius en een dampconcentratie van 5% (v/v<sup>16</sup>) in ladingtank 2 sprake was van een explosief mengsel. Deze concentratie komt overeen met de stoichiometrische concentratie van het dampmengsel, d.w.z. de concentratie waarbij de damp precies de juiste verhouding heeft ten opzichte van de aanwezige zuurstof om tot volledige ontbranding te komen.

#### 4.2.4 Explosietype

Wanneer een gasmengsel ontbrandt, ontstaat een zogenaamd vlamfront dat zich eerst langzaam en daarna steeds sneller verplaatst als gevolg van warmteontwikkeling en de daardoor optredende expansie van het brandbare medium. Het proces dat tot een steeds snellere verbranding leidt, staat bekend als *deflagratie*. De karakteristieken van de ruimte waarin de ontbranding plaatsvindt, bepalen het verloop van de ontbranding en de richting waarin de verbranding zich voortplant.

De druk in een gesloten ruimte als gevolg van de deflagratie kan oplopen tot een waarde van 8 tot 12 bar. Wanneer de verbranding lang genoeg duurt door de aanwezigheid van voldoende brandbaar mengsel, kan de verbranding overgaan in een *detonatie*<sup>17</sup>. Volgens TNO was dit niet het geval, een detonatie is niet opgetreden.

#### 4.2.5 Middenlangschot bezwijkt

De drukopbouw als gevolg van de deflagratie schat TNO in als gering, niet meer dan enkele bars. Desondanks is het middenlangschot op bepaalde plaatsen gescheurd op de lasnaden. TNO concludeert dat de explosie in het stuurboorddeel van ladingtank 2 is begonnen en dat de lasnaden waar scheuring heeft plaatsgevonden zwakker waren dan elders in de tank. De drukopbouw moet op iedere plaats in de tank vrijwel gelijk geweest zijn.

---

<sup>16</sup> Volumepercentage, ook wel aangeduid % vol.

<sup>17</sup> Explosie waarbij het reactiefront zich sneller voortplant dan de geluidssnelheid en zich fysisch voortplant door middel van een schokfront.

#### 4.2.6 Verandering in luchttoevoer

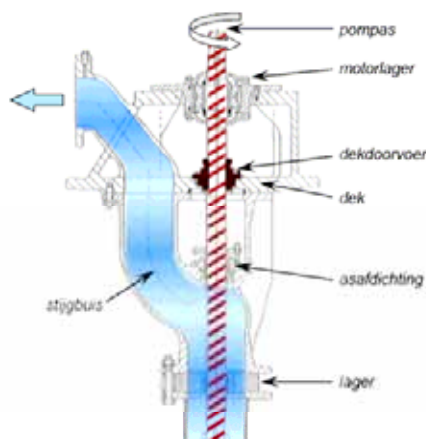
Als gevolg van het bezwijken van het middenlangschot trad een verandering in de luchttoevoer op waardoor de deflagratie versnelde. Hierdoor ontbrandde ook de bakboordtank.

#### 4.2.7 Simulatie explosieverloop

Op basis van een rekenmodel heeft TNO gesimuleerd hoe de explosie zich heeft ontwikkeld. Hierbij is geëxperimenteerd met variaties in vlamposities en druk. De resultaten van de berekeningen vormden de basis voor het ontwikkelen van een video-animatie die vanaf de ontsteking het verloop van de deflagratie in beeld brengt.

### 4.3 Onderzoek deepwellpomp en dekdoorvoer

Het tweede TNO-onderzoek richtte zich op de conditie van de deepwellpomp en het *mechanical face seal*<sup>18</sup> van de dekdoorvoer. De pomp is gedemonteerd en daaraan voorafgaand door TNO nauwkeurig geïnspecteerd en fotografisch vastgelegd (zie de volledige rapportage van TNO, bijlage 2).



Afb. 7: Doorsnede deepwellpomp

Het onderzoek van de pomp en het seal was vooral belangrijk om de invloed te bepalen van de temperatuurontwikkeling in de dekdoorvoer en de rol daarvan bij het ontstaan van de explosie. De concrete onderzoeksvragen zijn reeds vermeld op pagina 27 (zie de vragen 3, 5, 6 en 8).

#### 4.3.1 Leveranciers pomp en seal

De pomp is geleverd door de firma Bornemann Pumpen uit Obernkirchen, Duitsland. Het is een zogenaamde deepwellpomp die met een draaisnelheid van maximaal 1.800 toeren per minuut ruim 100 m<sup>3</sup> vloeistof per uur kan verpompen.

<sup>18</sup> Metalen of keramische afdichting tussen bewegende en vaste delen van een pomp.

Het mechanical face seal in de dekdoorvoer van de pomp is gefabriceerd door de firma AESSEAL uit Rotherham, Engeland. Het seal is van het type *cartridge double mechanical seal assembly*, door de fabrikant aangeduid als CDSA.

AESSEAL beveelt aan het seal in de gebruikte toepassing te smeren door het toevoeren van een zogenaamde spervloeistof. Voor het geleverde seal bestaat dat uit een mengsel van glycol en water.

#### 4.3.2 Lektesten seals

Aan boord van de Stolt-Rom zijn de seals van de pompen gecontroleerd op lekkage met behulp van helium-lektesten<sup>19</sup>.

De lektesten zijn uitgevoerd met zowel draaiende als stilstaande pompen met uitzondering van de pomp bij ladingtank 2. Die is alleen stilstaand getest om verdere beschadiging van de pomp te voorkomen.

Tabel 6: Deepwellpompen, lektesten

Tank	Pompconditie
4	stilstaand
4	draaiend
2	stilstaand

De seals van beide pompen vertoonden zeer kleine lekverliezen waarbij die van deepwellpomp 2 iets hoger waren dan die bij pomp 4.

#### 4.3.3 Conditie onderste sealring

Na demontage van deepwellpomp 2 is de keramische onderring van het seal onderzocht. Uit dit onderzoek bleek dat de onderring gebroken was en uit 8 tot 12 stukjes bestond. De slijtage die op de stukjes zichtbaar was, leidde tot de conclusie dat de ring al gebroken was vóór het optreden van de explosie. TNO onderbouwt deze conclusie door te wijzen op de sterke afronding van de stukjes en het slijtspoor dat zij hebben achtergelaten op de bovenring. De afrondingen en sporen kunnen volgens TNO niet het gevolg zijn van de resterende draaitijd van de pomp na de explosie. De deepwellpomp is binnen één minuut na de explosie stilgezet.

---

<sup>19</sup> Een helium-lektest maakt gebruik van de eigenschappen van heliummoleculen die zeer klein en licht zijn en daardoor de kleinste lekken kunnen aantonen. "Gelekte" moleculen kunnen **boven** een lekkend seal waargenomen worden met een speciale detector, in dit geval een Leakseaker 96 van de fabrikant AI Industrial uit Engeland.

#### 4.3.4 Conditie O-ringen

De O-ringen in het mechanical seal zijn gemaakt van thermoplastische elastomeren en worden op de markt gebracht onder de beschermde handelsnaam Kalrez®. De fabrikant is Dupont Performance Elastomers. De Kalrez® O-ringen hebben een zeer hoge temperatuurbestendigheid en zijn vlambestendig. De temperatuurbestendigheid bij continu gebruik bedraagt maximaal 260° Celsius. Bij hogere temperaturen neemt de breukrek<sup>20</sup> af en bij zeer hoge temperaturen smelt het materiaal. Uit de temperatuurmetingen die de fabrikant zelf uitvoerde, trekt TNO de conclusie dat de temperatuur van de O-ringen in het onderzochte seal van deepwellpomp 2, tussen 400° en 450° Celsius gelegen moet hebben. De O-ringen waren daardoor volledig gesmolten.

Om meer zicht te krijgen op de temperatuur die tijdens het verpompen van de ethanol in het seal is opgetreden, heeft TNO zowel temperatuurberekeningen als temperatuurmetingen uitgevoerd.

#### 4.3.5 Temperatuurberekeningen en -metingen

De temperatuurberekeningen en -metingen zijn uitgevoerd voor drie mogelijke situaties met verschillende wrijvingscoëfficiënten. Voor de berekeningen en metingen zijn de volgende smeringcondities gehanteerd:

Tabel 7: Conditie seal bij temperatuurberekeningen/-metingen

Temperatuurberekening	Temperatuurmeting
Glycol gesmeerd	Glycol-watmengsel gesmeerd
Geen smering	Gedeeltelijk gesmeerd met glycol-watmengsel
Glycol gesmeerd/ gebroken sealring	Geen smering

Bij de temperatuurberekeningen is uitgegaan van de overslagtijd tot het moment waarop de explosie optrad. Die tijd is vastgesteld op circa 45 minuten. De temperatuursontwikkeling is berekend en gemeten in het contactvlak en is opgevat als een functie van de tijd. Bij de berekeningen zijn ruime marges gehanteerd om aan te geven, dat er van een zekere onnauwkeurigheid sprake is. Desondanks zijn de gevonden waarden een goede indicatie van de temperatuurontwikkeling zoals die zich moet hebben voorgedaan.

De uitgangstemperatuur bedroeg 20° Celsius. De berekeningen resulteerden in de volgende temperatuurwaarden met respectievelijk een marge van 5°, 50° en 100° Celsius.

---

<sup>20</sup> Breukrek is de maximale vervormbaarheid van een materiaal voordat breuk of scheuring optreedt.

**Tabel 8: Resultaten temperatuurberekeningen mechanical face seal**

Glycol gesmeerd	35° Celsius
Geen smering	450° Celsius
Glycol gesmeerd/ gebroken sealring	170° Celsius

TNO concludeert, dat de temperatuur bij het ontbreken van glycolsmering oploopt tot een waarde, waarbij het *mechanical face seal* als ontstekingsbron voor de snelle verbranding kan hebben gefungeerd.

De temperatuurmetingen zijn uitgevoerd met behulp van een nieuw mechanical face seal en onder de omstandigheden waaronder het seal in de pomp van ladingtank 2 op de Stolt-Rom kan hebben gefunctioneerd. Voor de smering is gebruik gemaakt van het glycol-watmengsel van de Stolt-Rom.

Ook bij de metingen bedroeg de uitgangstemperatuur 20° Celsius (= omgevingstemperatuur). De metingen resulteerden in de volgende temperatuurwaarden:

**Tabel 9: Resultaten temperatuurmetingen (nieuw) mechanical face seal**

Glycol-water gesmeerd	83° Celsius
Gedeeltelijk gesmeerd met glycol-watmengsel	144° Celsius
Geen smering	350° Celsius

Afhankelijk van de het toerental van de pomp en de waarden van de hydraulische oliedruk, bedroeg de temperatuur van het seal ongeveer 350° Celsius bij het ontbreken van smering door een glycol-watmengsel.

TNO concludeert dat door de gebroken keramische ring in het seal de wrijvingscoëfficiënt sterk toeneemt en daardoor ook de temperatuur. Het ontbreken van smering en de gebroken ringen samen maken het zeer waarschijnlijk dat de geschatte temperatuur waarbij de O-ringen smelten, is opgetreden.

Datum  
3 juli 2007  
Rapport  
explosie chemicaliëntanker

Pagina  
38 van 47

## 5 Conclusies

De volgende feiten en conclusies, die volgen uit de onderzoeken van de Inspectie en TNO, hebben in meer of mindere mate bijgedragen aan het ontstaan en het verdere verloop van de explosie aan boord van de Stolt-Rom.

### 5.1 Inspectie

- **De blusmiddelen aan boord van Stolt-Rom waren niet gereed voor gebruik.**  
De blusmiddelen aan boord van de Stolt-Rom waren aanwezig, maar niet in gereedheid gebracht voor aanvang van de overslag. De brandslangen waren niet uitgerold en de spuitstukken van de brandslangen waren niet aangekoppeld. Volgens de voorschriften in het ADN R zijn de brandblusmiddelen hierdoor niet 'gebruiksklaar'.
- **Het glycolreservoir bij ladingtank 2 van de Stolt-Rom bevatte slechts een opgedroogd spoor van glycol.**  
Volgens getuigenverklaringen worden de glycolreservoirs ongeveer twee maal per jaar bijgevuld. De laatste keer dat de glycolreservoirs van de Stolt-Rom zouden zijn bijgevuld, zou op 27 juni 2006, vlak vóór het moment van overslag van de lading ethanol naar de Montauk zijn geweest. Het glycolreservoir bij ladingtank 2 was echter leeg en bevatte slechts een spoor van een opgedroogd mengsel van glycol.
- **De verklaringen van getuigen over het bijvullen van het glycolreservoir zijn tegenstrijdig.**  
Beide getuigen verklaarden het reservoir *zelf* te hebben bijgevuld. Getuige A verklaarde in het bijzijn van getuige E het reservoir te hebben gevuld. Getuige E verklaarde echter hetzelfde te hebben gedaan in opdracht van getuige A. Onduidelijk blijft, of en door wie de glycolreservoirs zijn bijgevuld.
- **Kleurcontrast tussen glycol en glycolreservoir ontbreekt.**  
Glycol is kleurloos en de aanwezige glycolreservoirs zijn onvoldoende transparant. Hierdoor is het vulniveau niet zichtbaar, noch van dichtbij noch op afstand.
- **Het Quality Management System van Stolt Nielsen is onvoldoende geïmplementeerd aan boord van de Stolt-Rom.**  
Het werkproces aan boord van de Stolt-Rom is onvoldoende gedocumenteerd ten aanzien van de noodzakelijke handelingen die verricht moeten worden voor het veilig laden/lossen van lading. Een

instructie over het smeren en koelen van de pompen met een glycolmengsel ontbreekt volledig. Het personeel ontvangt geen eenduidige instructies met betrekking tot de noodzaak van smering.

## 5.2 TNO

- **Gegevens ladingbrief correct**  
De analyse met betrekking tot de samenstelling van het ethanolmengsel dat de Stolt-Rom vervoerde, heeft aangetoond dat de waarden zoals vermeld op de ladingbrief, correct waren.
- **Damp-/luchtmengsel was ontvlambaar en explosief**  
Volgens de gehanteerde normen voldeed het damp-/ luchtmengsel in ladingtank 2 aan de vereisten voor zowel een ontvlambaar als explosief mengsel.
- **Statische elektriciteit was niet de oorzaak van de ontsteking**  
Ontsteking door de opbouw van statische elektriciteit kan met een hoge mate van zekerheid worden uitgesloten.
- **Zwerfstroom was niet de oorzaak van de ontsteking**  
Er zijn geen aanwijzingen gevonden voor een zwerfstroom of lekstroom als ontstekingsbron.
- **Onderring van dekdoorvoer was gebroken**  
Onderzoek van de dekdoorvoer toonde aan dat de onderring van de onderste afdichting gebroken was in circa 8 tot 12 stukken. Het breken van deze ring had zich geruime tijd vóór de explosie reeds voorgedaan.
- **Oververhitte dekdoorvoer kan als ontstekingsbron gefungeerd hebben.**  
De dekdoorvoer van de deepwellpomp in ladingtank 2 stuurboordzijde geldt als meest waarschijnlijke ontstekingsbron als gevolg van oververhitting door warmlopen. Het ontbreken van smering in combinatie met de al gebroken onderring in de dekdoorvoer deden de temperatuur oplopen tot tenminste 450° Celsius. De oververhitte dekdoorvoer had contact met het ontvlambare en explosieve damp/luchtmengsel.
- **Explosie was deflagratie**  
Het explosietype betreft een zogenaamde deflagratie, d.w.z. een snelle verbranding die zichzelf in stand houdt totdat de toevoer van het brandbare medium stopt.



- **Lasnaden ladingtank 2**  
De damwandprofielen in ladingtank 2 zijn vervormd en deels gescheurd door plaatselijk zwakke lasnaden. De drukopbouw door de deflagratie bleef beperkt tot enkele bars en was op nagenoeg iedere plaats in de ladingtank gelijk.
- **Bakboordtank kon ontbranden door scheuren van damwandprofiel**  
De scheuren die ontstonden in het damwandprofiel veranderde de luchttoevoer naar de deflagratie van de lading. De deflagratie werd gevoed met nog niet ontbrandde ethanoldamp vanuit de ladingtank 2 bakboordzijde die hierop ook tot ontbranding kwam.

Datum  
3 juli 2007  
Rapport  
explosie chemicaliëntanker

Pagina  
42 van 47

## 6 Aanbevelingen

Op basis de resultaten van dit ongevalsonderzoek komt de Inspectie tot de volgende aanbevelingen:

### 6.1 Configuratie dekdoorvoer

De fabrikanten van de dekdoorvoer en de pomp hebben aangegeven, dat de toegepaste configuratie van het gebruikte type dekdoorvoer, het glycolreservoir, het type slang en daarnaast het ontbreken van een duidelijke niveauwaarneming in het glycolreservoir, een onveilige en een ongewenste configuratie is.

Omdat nú voor een dergelijke configuratie geen wettelijke bepalingen bestaan, doet de Inspectie een beroep op de eigen verantwoordelijkheid van scheepvaartondernemingen om de juiste configuratie toe te passen.

Uit dit onderzoek is thans gebleken, dat een onjuiste configuratie en/of toepassing van de dekdoorvoer een reëel gevaar vormt voor de veiligheid. De inspectie zal vanaf nu scheepvaartondernemingen hieromtrent aanspreken op de algemene zorgplicht zoals verwoord in randnummer 1.4.1<sup>21</sup> van het ADNR en waar nodig hierop handhaven.

Voorts beveelt de Inspectie de CCR-lidstaten aan om regels op te stellen omtrent configuratie en toepassing van dekdoorvoersystemen.

### 6.2 Controle op smeer- en/of koelvloeistoffenniveaus

Geen onzekerheid mag bestaan over het voldoende gevuld zijn van de reservoirs met smeer- en koelvloeistoffen. De zichtbaarheid van het vulniveau van de glycolreservoirs moet daarom worden verbeterd, zodat het vulniveau vóór, tijdens en na het gebruik van de pompen, goed zichtbaar is. Dit kan onder andere worden bereikt door het toevoegen van een kleurstof aan de glycol en het toepassen van reservoirs die voldoende transparant zijn.

De Inspectie beveelt aan om naast het toevoegen van een kleurstof, de niveaus van smeer- en/of koelvloeistofreservoirs door een mechanisch (vlotter) en/of elektronisch detectiesysteem, continue te bewaken.

---

<sup>21</sup> De bij het vervoer van gevaarlijke goederen betrokkenen moeten overeenkomstig de aard en de omvang van de te voorziene gevaren maatregelen treffen, om schadegevallen te verhinderen en indien schade optreedt, de omvang daarvan zo beperkt mogelijk te houden.

### **6.3 Naleving randnummer 7.2.4.40 van het ADNR**

Aan boord van de Montauk waren de brandblusmiddelen voor gebruik gereed. Dit heeft de omvang van het incident beperkt. Aan boord van de Stolt-Rom waren de blusmiddelen niet gereed voor direct gebruik. Dit is in strijd met randnummer 7.2.4.40 van het ADNR.

De Inspectie zal voorlichting geven aan de branche opdat voorschrift 7.2.4.40 ADNR op de juiste wijze wordt toegepast. Tevens beveelt de Inspectie de CCR-lidstaten aan om scherper toe te zien op de juiste toepassing en naleving van dit voorschrift.

### **6.4 Brandbestrijdingstraining in de binnentankvaart**

Een hoog niveau van brandveiligheid wordt bereikt door het nauwgezet naleven van brandveiligheidsvoorschriften.

De Inspectie beveelt verplichte brandbestrijdingstraining voor alle bemanningsleden aan boord van binnenvaarttankschepen aan.

## Bijlage 1: Gebruikte afkortingen en begrippen

Afkorting/ begrip	Verklaring/ Omschrijving
ATM	Afvalstoffen Terminal Moerdijk.
ADNR	Europees verdrag over het internationaal vervoer van gevaarlijke goederen over de Rijn: 'Accord Européen relatif au Transport International des Marchandises Dangereuses par voie de Navigation du Rhin'.
Butterwashpoort	Afsluitbare opening in ladingtank waardoor een speciaal daartoe ingerichte bal met spuitgaten in het ruim gelaten kan worden, ten behoeve van de inwendige reiniging van ladingtanks.
DCMR	Dienst Centraal Milieubeheer Rijnmond.
Diepwellpomp	Pomp die met behulp van een draaiende schoep aan de onderzijde, vloeistof uit een tank verzamelt en die vervolgens via een buisleiding oppompt. Bij het afvoeren wordt gebruik gemaakt van overdruk.
HAZOP	Hazard and Operability Plan
IMO-nummer	International erkend 7-cijferig identificatienummer dat onverbrekkelijk met het schip verbonden is. Het wordt uitgegeven door de International Maritime Organization, IMO.
KLPD	Korps Landelijke Politie Diensten.
Mechanical face seal	Mechanical face seals worden gebruikt als afdichting op plaatsen waar het risico van lekkage tot een minimum moet worden teruggebracht. De seals worden aangebracht tussen bewegende (roterende) en stationaire delen van bijvoorbeeld een pomp. Seals kunnen gemaakt zijn van metaal, keramiek, grafiet of plastic.

Thermoplastische elastomeer	Rubberachtige kunststof dat bij verwarming meer vervormbaar (plastischer) wordt, maar ook bij zeer lage temperaturen reeds elastische eigenschappen bezit.
Slobtank	Reservoir aan boord van schepen voor de tijdelijke opslag van ladingresten. Deze resten zullen later als afval afgegeven worden op daarvoor bestemde plaatsen, bij daartoe aangewezen inrichtingen.
Stoichiometrisch mengsel	Een mengsel van brandstof met juist zoveel zuurstof dat volledige verbranding (stoichiometrische verbranding) optreedt.
STR	Service Terminal Rotterdam.

Datum  
3 juli 2007  
Rapport  
explosie chemicaliëntanker

Pagina  
47 van 47

**Bijlage 2: Onderzoek naar de oorzaken van een ethanolexplisie aan boord van een binnenvaarttankschip.**