

## VOORVAL: CHLOOREMISSIE

bij AKZO Nobel Base Chemicals B.V. te Rotterdam, 27 en 28 juni 2005

---

### AANLEIDING ONDERZOEK

Het in dit rapport besproken voorval valt onder de definitie van een zwaar ongeval als bedoeld in richtlijn nr.96/82/EG van de Raad van de Europese Unie (Seveso II richtlijn).<sup>1</sup> Artikel 8 van het Besluit Onderzoeksraad voor veiligheid schrijft voor dat de Onderzoeksraad onverwijld een onderzoek instelt naar een zwaar ongeval als bedoeld in de genoemde richtlijn. De bevindingen van het onderzoek naar het voorval zijn in dit rapport weergegeven.

### ALGEMENE GEGEVENS

Nummer voorval:	M2005IN0627-05
Datum rapport:	13 oktober 2010
Datum voorval:	27 en 28 juni 2005
Plaats voorval:	Akzo Nobel Base Chemicals B.V. Welplaatweg 12, Rotterdam
Type industrie:	Chemische industrie
Type installatie:	Membraan Electrolyse Bedrijf (MEB), chloorproductie
Installatieonderdeel:	Warmtewisselaar (chloorkoeler in chloor compressiesectie)
Procesfase installatie:	Productiefase
Hoeveelheid vrijgekomen stof:	1500 tot 2000 kg chloor <sup>2</sup>
Drempelwaarde stof voor kennisgeving ongeval conform Seveso II richtlijn:	1250 kg
Directe gevaren voorval:	Vrijkomen van giftige gaswolk.
Gevolgen van voorval voor omgeving:	Eén persoon werd onwel door het inademen van de chloorwolk. Het weg- en treinverkeer in de nabijheid van de fabriek waaronder lokale wegen en een gedeelte van de rijksweg A15, is gedurende ongeveer 2,5 uur stilgelegd. Er zijn 16 klachten ingediend bij DCMR. <sup>3</sup> Deze klachten betroffen ongerustheid over de gevolgen van het voorval voor de veiligheid en gezondheid. Deze klachten zijn pas binnengekomen nadat de televisiezender SBS 6 ruchtbaarheid had gegeven aan het voorval.

---

<sup>1</sup> De Europese Seveso II richtlijn stelt eisen aan het veiligheidsbeleid van bedrijven die op grote schaal met gevaarlijke stoffen werken. Doelstelling is het voorkomen en beperken van ongevallen met gevaarlijke stoffen.

<sup>2</sup> De schatting is gebaseerd op het inhoudverschil van het betrokken vat voor en na het voorval.

<sup>3</sup> DCMR is de milieudienst in het Rijnmondgebied. In opdracht van de Provincie Zuid-Holland en gemeentes maakt de DCMR milieuvergunningen en controleert DCMR of bedrijven zich aan de regels houden. Bij de meldkamer van de DCMR kunnen inwoners van het Rijnmondgebied milieuklachten (zoals stankklachten) indienen.

## FEITELIJKE INFORMATIE

### *Omschrijving van het voorval*

Chloor is in het koelwater terechtgekomen door corrosiegaten in het Cupro Nikkel (koper/nikkel, CuNi) leidingmateriaal van een warmtewisselaar (chloorkoeler). Het chloor is in het koelwatersysteem terechtgekomen en is via de koelwaterput naar de buitenlucht geëmitteerd.

### *Gebruikte informatie*

Voor het opstellen van dit rapport is gebruik gemaakt van de onderzoeksrapportages van Akzo Nobel en het proces-verbaal dat is opgesteld door de Zeehavenpolitie, inclusief de hierin opgenomen informatie van Arbeidsinspectie en DCMR. Daarnaast zijn onderzoekers van de Onderzoeksraad voor Veiligheid ter plaatse geweest om onderzoek te verrichten.

Akzo Nobel had voor haar onderzoek het gecorrodeerde leidingmateriaal van de warmtewisselaar niet tot hun beschikking vanwege inbeslagname door de autoriteiten. Er is gebruik gemaakt van leidingmateriaal van een identieke warmtewisselaar.

### *Het proces*

In het Membraan Elektrolyse Bedrijf (MEB) van Akzo Nobel worden chloor, natronloog, waterstof en chloorbleekloog geproduceerd. Het voorval heeft zich voorgedaan in een chloorkoeler die gebruikt wordt bij de verwerking van het geproduceerde chloorgas. De hier gegeven procesbeschrijving focust op de chloorverwerking en het hierbij gebruikte koelwatersysteem.

Het geproduceerde chloorgas wordt verwerkt ten behoeve van opslag waarbij het de volgende stappen ondergaat:

1. Het geproduceerde chloorgas bevat water ("nat chloor") en is zeer agressief en corrosief. Dit natte chloor wordt ontdaan van water in zogenaamde droogtoren. In een droogtoren wordt chloorgas geleid, waarbij vloeibaar zwavelzuur in tegengestelde richting stroomt en water opneemt. Het droge chloorgas uit de droogtoren is nu niet meer corrosief.
2. Vervolgens wordt het droge chloorgas onder druk gebracht met behulp van een compressor (comprimeren). Door het comprimeren loopt de temperatuur van het chloor op naar ongeveer 40 graden.
3. Het gecompriëerde chloorgas wordt gekoeld met warmtewisselaars (condensoren), waardoor het chloorgas condenseert en het vloeibare chloor wordt opgevangen in een vat.
4. Vanuit dit vat wordt het vloeibare chloor via een chloorkoeler verder gekoeld en vervolgens afgevoerd naar de chloordistributie.

De chloorverwerking (drogen, comprimeren en koelen) vindt plaats in twee identieke verwerkingstraten: straat 1 en 2. Elke straat heeft een eigen koelwatersysteem voor de koeling van chloor en zwavelzuur.

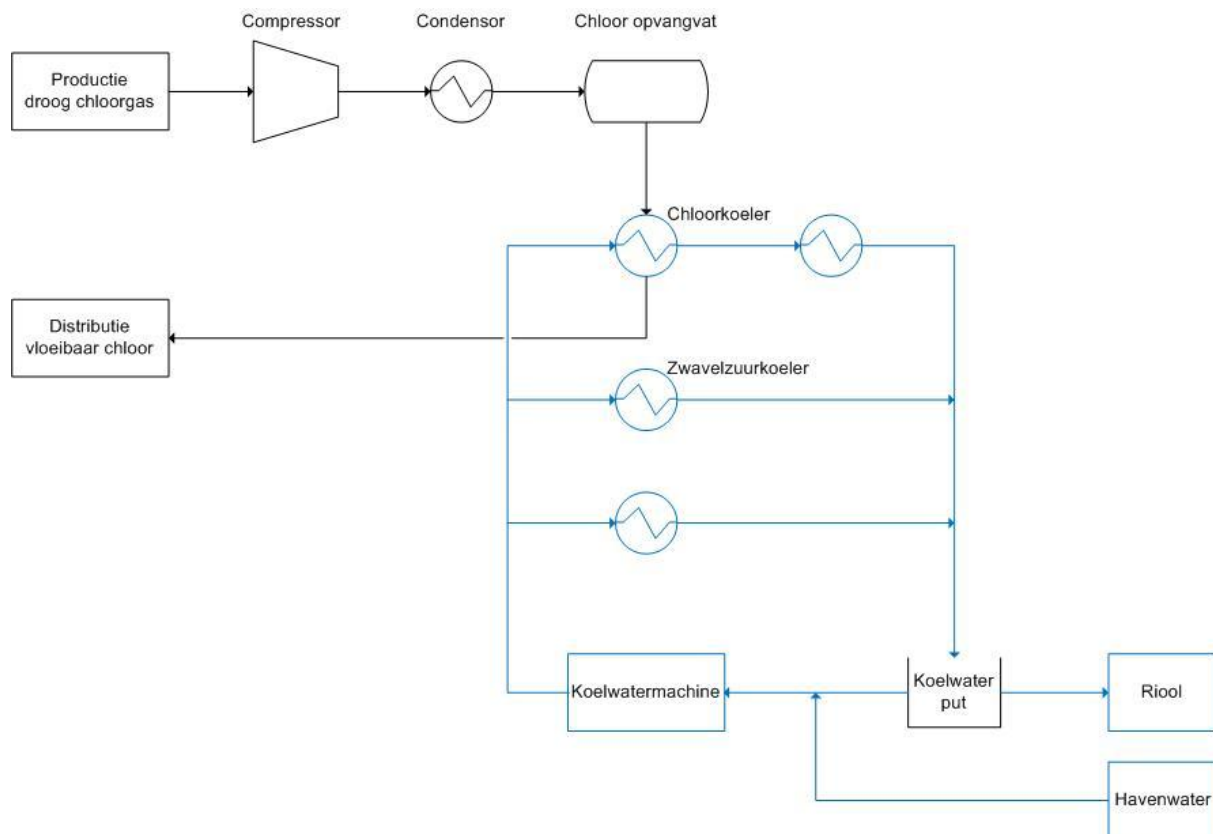
Het koelwatersysteem maakt gebruik van brak havenwater als koelmiddel. Het havenwater wordt ingenomen en vervolgens gekoeld in een koelwatermachine met behulp van verdampend freon.<sup>4</sup> Het verkregen koelwater wordt per straat door vier warmtewisselaars geleid om voor koeling te zorgen, voor onder meer de zwavelzuurkoeler en de chloorkoeler van de chloorverwerkingstraat.

Het koelwatersysteem is een half-open systeem; een deel van het koelwater wordt na gebruik in vier warmtewisselaars teruggevoerd naar de koelwatermachine en een deel van het koelwater wordt geloosd op de haven. Het koelwater staat via een koelwaterput in open verbinding met de buitenlucht en teveel aan koelwater wordt hier met een overloop via het riool naar de haven afgevoerd.

In het onderstaande figuur is schematisch de chloorverwerking en het koelwatersysteem weergegeven. Deze is wel beperkt tot het gedeelte dat relevant is voor het in dit rapport beschouwde voorval.

---

<sup>4</sup> Freon is een vloeistof dat bij zeer lage temperatuur verdampt. In het koelwatersysteem verdampt dit freon waarbij het warmte onttrekt aan het koelwater.



Figuur 1. Schematische weergave chloorverwerking (zwarte stromen) en koelwatersysteem (blauwe stromen)

In het koelwatersysteem is een chloormeter (analyzer) aanwezig die een alarm geeft indien het chloorgehalte in het koelwater te hoog wordt. Ook rondom de productiestraten zijn chloorsensoren geplaatst die een alarm genereren bij overschrijding van een bepaalde chloorgasconcentratie in de lucht.

#### Chloorkoeler

Het voorval is ontstaan als gevolg van corrosie van de pijpen van een chloorkoeler in de chloorverwerkingstraat 1. Hieronder wordt deze chloorkoeler nader omschreven.

De chloorkoeler is een cilindrisch vat waarin vloeibaar chloor stroomt en waar pijpen met koelwater door heen worden geleid. Het koelwater neemt warmte op van het chloor waardoor het chloor daalt in temperatuur. Het betreft een bajonet type koeler, waarbij de pijpen een U-bocht maken en slechts aan één zijde van de koeler zijn bevestigd. De pijpen zijn gemaakt van een Cupro Nikkel (koper en nikkel, CuNi) legering, waarvan de binnenzijde in contact staat met koelwater en de buitenzijde met chloor. In deze CuNi pijpen zijn weer binnenpijpen van PVC geplaatst. Deze binnenpijpen zorgen voor een stromingsconditie van het koelwater die gunstig is voor het opnemen van warmte. Het koelwater stroomt eerst door de ruimte tussen de CuNi pijpen en de binnenpijpen en verlaat de koeler weer via de binnenpijpen.

Bij normale productiecondities is de druk van chloor in het cilindrische vat ongeveer 11 barg<sup>5</sup>, en is de druk van het koelwater in de pijpen ongeveer 3 barg. Bij een gat in de CuNi pijp zal het chloor, dat een hogere druk heeft, naar het koelwatersysteem stromen.

#### Gevaaraspecten van de vrijgekomen stoffen

Chloor<sup>6</sup> is een toxische stof. Inademing van de damp of nevel kan longoedeem veroorzaken. Chloor is een stof die, indien vochtig, een corrosieve werking heeft op metalen als staal, koper en brons.

<sup>5</sup> 'bar' is een natuurkundige eenheid voor druk. Barg staat voor bar gauge wat een afgeleide is van de bar en een verschilddruk aangeeft met de luchtdruk.

### Beschrijving gebeurtenissen

In de onderstaande tabel is een overzicht gegeven van de belangrijkste gebeurtenissen relevant voor de chlooremisatie die heeft plaatsgevonden op 27 juni 2005.

Tabel 1. Tijdslijn hoofdgebeurtenissen

Data / Tijd	Gebeurtenis
April 2005	Tijdens een onderhoudsstop is de bundel met CuNi30 pijpen van de chloorkoeler vervangen door CuNi10 pijpen. <sup>7</sup> Daarnaast zijn de PVC pijpen van de chloorkoeler ingekort.
27-06-2005	
09:17	De chloorsensor in het koelwatersysteem van straat 1 neemt chloor waar en gaat naar een maximale uitslag.
09:00-10:00	Operators ruiken een chloorlucht bij de koelwaterput van de chloorverwerking.
	De operators laten de chloorbleekloogtoevoeging aan het koelwater stoppen.
	Na een half uur wordt besloten het koelwater te bemonsteren voor en na de zwavelzuurkoeler.
10:00	Online analyse van het koelwater geeft een alarm van aanwezigheid van actief chloor. Dit is een indicatie dat één van de warmtewisselaars lek is.
10:04	De uitslag van chloorsensor in het koelwater gaat terug naar 0.
12:00	Koelwatermonsters arriveren op het lab
13:15-13:30	De resultaten van de monsters zijn besproken en de operators en procestechnoloog kwamen tot de conclusie dat de zwavelzuurkoeler waarschijnlijk lek zal zijn. Er wordt besloten om de productiecapaciteit van straat 1 langzaam te reduceren, zodat de zwavelzuurkoeler ingeblokt kan worden. De chloorcompressor en het koelwatersysteem hoeven hierbij niet gestopt te worden.
18:20	De chloorgeur werd steeds sterker. Het verversen van het koelwatersysteem wordt gestopt en de haventoevoer aan het koelwatersysteem wordt dicht gezet.
20:15-20:30	Een operator ziet een groene gloed en waarschuwt zijn collega's. Twee operators gebruiken persluchtapparatuur (adembescherming) en zetten de watertoevoer naar de zwavelzuurkoeler dicht. Hierna zetten ze een waterscherm op om de damp neer te slaan.
20:27-20:47	Een chloorsensor geeft een alarm waardoor de luchtbehandeling-installatie van de controlekamer overschakelt op interne circulatie. Vervolgens gaan meer chloorsensoren af. Het vloeistofniveau van het chlooropvangvat daalt snel (van 23% naar 2%).
20:40-21:05	Productiepersoneel gaat over tot de bestrijding van de gevolgen. Het koelwatersysteem wordt gedraind.
20:44	Compressor stopt automatisch doordat de chloorsensoren rondom de unit chloorgas detecteren.
21:20	Autoverkeer (Botlekweg en snelweg A15) en treinverkeer ten zuiden van de inrichting wordt stilgelegd.
21:23	De gehele chloorproductie wordt gestopt.
22:30	De installatie is drukloos.

<sup>6</sup> Chemische informatie over chloor is te vinden in de Chemical Abstract Service (CAS) database onder CAS nr. 7782-50-5 of in het chemiekaartenboek.

<sup>7</sup> CuNi30 staat voor een Cupronikkel legering met een verhouding koper-nikkel 70-30; CuNi10 staat voor een verhouding koper-nikkel 90-10. CuNi30 is beter bestand tegen corrosie dan CuNi10.

Data / Tijd	Gebeurtenis
23:11	Autoverkeer weer vrijgegeven.
23:44	Treinverkeer weer vrijgegeven.
28-06-2005	
00:41	Signaal 'veilig' gegeven.

## ONDERZOEK EN ANALYSE

De directe oorzaak van het hier beschouwde chloorincident is een lek in twee pijpen van de chloorkoeler als gevolg van corrosie. Het CuNi leidingmateriaal van de pijpen is aan de binnenzijde (het oppervlak waar het koelwater langs stroomt) aangetast door putcorrosie.<sup>8</sup> In de ochtend van 27 juni werd chloor gedetecteerd in het koelwatersysteem. Gedurende 11 uur is het chloor in het opvangvat via de chloorkoeler in het koelwatersysteem gestroomd. De grootste hoeveelheid is in de laatste 20 minuten van het voorval vrijgekomen. Via de open koelwaterput is het chloor in de buitenlucht gekomen.

Het onderzoek en de analyse van dit rapport richt zich op twee aspecten:

1. het ontstaan van de corrosiegaten in de CuNi pijpen van de chloorkoeler;
2. het interne onderzoek van Akzo Nobel naar de oorzaak van de lekkage ten tijde van het ongeval

### 1. Het ontstaan van de corrosiegaten in de CuNi pijpen van de chloorkoeler

Het corrosieproces wordt besproken aan de hand van het uitgevoerde materiaalkundig onderzoek op de pijpen en het onderhoud en ontwerp van de chloorkoeler.

#### - Materiaalkundig onderzoek CuNi10 pijpen van de chloorkoeler

Uit materiaalonderzoek is gebleken dat verspreid over de gehele pijp putcorrosie is ontstaan. Aan de uiteindes van de CuNi pijpen, voorbij de uiteindes van de PVC pijpen, is de aantasting sterker.

Het gebruikte pijpleidingmateriaal is geleverd met een certificaat, waarin verklaard wordt dat het materiaal voldoet aan bepaalde materiaalspecificaties (CuNi10Fe1.6Mn Werkstoff nr. 2. 1972) en is geproduceerd conform de norm DIN 86019.<sup>9</sup> Materiaalkundig onderzoek heeft uitgewezen dat het gebruikte materiaal niet voldeed aan de opgegeven materiaalspecificaties. Het materiaal van de pijpleiding had een te hoog zwavelgehalte, wat een negatieve invloed heeft op de corrosiebestendigheid van het materiaal.

In het materiaalkundig onderzoek is ook gekeken naar de microstructuur (metallografische structuur) van het pijpmateriaal. Geconcludeerd is dat herkristallisatie van het materiaal niet uniform heeft plaatsgevonden tijdens het uitgluoen van het pijpmateriaal in het productieproces. Een niet uniforme metallografische structuur van het materiaal maakt dat het materiaal minder goed bestand was tegen corrosie dan materiaal met een uniforme metallografische structuur.

Daarnaast is uit het materiaalkundig onderzoek gebleken dat het oppervlak van het gebruikte CuNi10 pijpmateriaal sterk vervuild was.<sup>10</sup> De gebruikte pijpen waren bij plaatsing mat zwart aan de binnenkant, terwijl eerder gebruikte pijpen juist glimmend waren. Deze vervuiling hindert of voorkomt de vorming van een corrosiebeschermende oxidelaag. Aangenomen wordt dat de vervuiling sterk heeft bijgedragen aan de corrosie in de pijpen.

<sup>8</sup> Put corrosie is een vorm van corrosie waarbij zich putjes in het oppervlak vormen. Plaatselijk tasten de corrosieve componenten in het koelwater het CuNi aan, op deze plaatsen zet de corrosie zich voort waardoor er putjes zichtbaar worden in het CuNi materiaal.

<sup>9</sup> DIN 86019 is een Duitse norm (getiteld: Nahtlose Rohre aus CuNi10Fe1,6Mn für Rohrleitungen - Maße für Standard- und Präzisionsrohre) met betrekking tot de specificaties van naadloze CuNi pijpen; volgens de norm voornamelijk van toepassing op pijpleidingen waarin zeewater stroomt.

<sup>10</sup> De vervuiling bestond uit kopercarbonaat-verbindingen. De oorzaak van de vervuiling wordt verder niet besproken in de onderzoeksrapporten van AKZO die zijn ingezien.

Met betrekking tot de norm DIN 86019 wordt opgemerkt dat deze van toepassing is op pijpleidingen, maar niet specifiek van toepassing is voor pijpen in warmtewisselaars.<sup>11</sup> In deze norm worden geen eisen gesteld aan de oppervlaktevervuiling van het materiaal.

- *Onderhoud en ontwerp van de chloorkoeler*

Bij de onderhoudstop in april 2005 zijn de pijpen in de chloorkoeler vervangen. Omdat de CuNi30 pijpen niet op voorraad waren, zijn er CuNi10 pijpen geplaatst. De ontwerpspecificaties van de warmtewisselaar bevelen het gebruik van CuNi30 pijpmateriaal aan. Gezien de eerdere ervaring, waarbij CuNi10 pijpen zijn toegepast in deze koeler, werd door Akzo Nobel geaccepteerd dat er CuNi10 pijpmateriaal werd gebruikt.

In de in 1997 in de chloorkoeler geplaatste CuNi10 pijpen zijn geen gaten ontstaan binnen de standtijd van twee jaar. In twee van de nieuwe pijpen zijn zeven weken na de onderhoudstop corrosiegaten ontstaan. Het is daarom niet aannemelijk dat het gebruik van CuNi10 materiaal in plaats van CuNi30 voor de pijpen op zich, heeft geleid tot een dussdanig versneld corrosieproces dat er al na zeven weken gaten kunnen ontstaan.

Tijdens de onderhoudstop in april 2005 zijn ook de PVC pijpen ingekort om het terugplaatsen van de PVC pijpen in de CuNi pijpen te vergemakkelijken. Het verkorten van de PVC pijpen heeft mogelijk geleid tot verandering van de stromingscondities (sterke turbulentie) waardoor versnelde corrosie kan plaatsvinden.

Bij Akzo Nobel is bekend dat de inwendige PVC pijpen wel eens tegen de CuNi pijpen aanklappen en er hierdoor deukjes in de CuNi pijpen ontstaan. Mogelijk zijn deze deukjes minder bestand tegen corrosie. Echter uit materiaalonderzoek van Akzo Nobel is gebleken dat de putcorrosie op verschillende plekken op pijpen is begonnen. Aangenomen wordt dat de schade als gevolg van het klappen van de PVC pijpen niet een doorslaggevende rol heeft gespeeld in de versnelde corrosie.

N.B. Er is geen onderzoek gedaan naar alle mogelijke wijzigingen in het ontwerp van de chloorkoeler en het koelwatersysteem die mogelijk invloed hebben gehad op de gevoeligheid voor corrosie van het leidingwerk, zoals de snelheid van het koelwater in het leidingwerk en de chloorbleekloosdosering.

## *2. Het interne onderzoek van Akzo Nobel naar de oorzaak van de lekkage ten tijde van het ongeval*

Na chloordetectie van de chloorsensor in het koelwatersysteem zijn operators ter plaatse gegaan om polshoogte te nemen. Zij roken een chloorlucht ter hoogte van de koelwaterput. De geur werd omschreven als een geur als van slap zwavelzuur, dat opgelost chloor bevat. Op basis van de geur werden twee mogelijke bronnen verondersteld: lekkage van de zwavelzuurkoeler of een te hoge dosering van chloorbleekloos.<sup>12</sup>

In eerste instantie werd aangenomen dat de oorzaak van de verhoogde chloorconcentraties niet gezocht hoefde te worden in de chloorkoeler. De chloorkoeler had zeven weken daarvoor een onderhoudsbeurt gehad en stond niet bekend als een onderdeel met veel problemen. Bovendien was de chloorlekkage in eerste instantie beperkt, wat volgens de operators wees in de richting van een lekkage van zwavelzuur uit de zwavelzuurkoeler, waarin een lage concentratie chloor voorkomt.

Het stoppen van de chloorbleekdosering bleek de chlooremisatie niet te verminderen, zodat lekkage van de zwavelzuurkoeler als 'hoofdverdachte' van de chloorlekkage overbleef.

---

<sup>11</sup> Er bestaan ook normen specifiek voor pijpmateriaal in warmtewisselaars, te weten NEN-EN 12451 (getiteld: Koper en koperlegeringen - Naadloze, ronde buizen voor warmtewisselaars) en ASTM B111 (getiteld: Standard Specification for Copper and Copper-AMoy Seamless Condenser Tubes and Ferrule Stock). In deze twee normen worden eisen gesteld ten aanzien van de oppervlaktevervuiling van het materiaal. In de norm ASTM B111 wordt ook gesteld dat de metallografische structuur van het materiaal uniform dient te zijn.

<sup>12</sup> Dit chloorbleekloos wordt toegevoegd aan het koelwater om de groei van micro-organismen tegen te gaan. Het doseringssysteem was net een week in gebruik.

Om vast te stellen of de zwavelzuurkoeler lekte, zijn er monsters genomen van het koelwater voor en na de zwavelzuurkoeler. De uitslag van dit monster gaf een sulfaatwaarde<sup>13</sup> aan. Tevens wordt opgemerkt in het rapport van de analyse dat "het koelwater verontreinigd is met zwavelzuur met corrosie als gevolg". Later bleek dat er onterecht gedacht is dat dit verband hield met een lek in de zwavelzuurkoeler. Na het voorval bleek het sulfaatgehalte overeen te komen met dat van het havenwater wat als koelwater wordt gebruikt.

Een bijkomend probleem bij het onderzoek van het incident was dat de chloorsensor in het koelwatersysteem geen uitslag gaf tijdens de regeneratieperiode (de periode dat de sensor zichzelf opnieuw instelt) nadat de sensor verzadigd was geraakt. De operators hadden geen weet van deze werking van de sensor en dachten onterecht dat het chloorgehalte van het koelwater weer gezakt was en de ernst van de situatie dus meeviel.

De hierboven beschreven situatie heeft ertoe geleid dat bij het zoeken naar de oorzaak van de chlooremisatie niet tijdig gedacht is aan een lekkage in de chloorkoeler, waardoor niet voorkomen is dat uiteindelijk bijna de gehele inhoud van het aangesloten chloorsysteem (het opvangvat) is vrijgekomen.

#### *Getroffen maatregelen door Akzo Nobel na het voorval*

Naar aanleiding van het voorval zijn door Akzo Nobel een aantal maatregelen getroffen. Deze zijn beschreven in een brief van Akzo Nobel aan de Onderzoeksraad (d.d. 27-03-2006) en zijn hieronder gegeven:

1. Alle leidinggevendenden en hun vervangers in de organisatie, de proces- en installatie technologiën en de veiligheidsoperators hebben een 3-daagse training "Innovatieve Probleemanalyse en Besluitvorming" (IPB) gevolgd. In elke ploeg zijn nu drie medewerkers opgeleid in IPB. In totaal is nu circa 30% van de medewerkers van de fabriek getraind in het gestructureerd analyseren en oplossen van problemen. Door het consequent toepassen van deze analysesystematiek zullen volgens Akzo Nobel ook de resterende medewerkers getraind worden.
2. De inkoopspecificaties voor CuNi warmtewisselaars met brak- of zeewater als koelmiddel zijn aangepast.
3. Er is een instructie opgesteld voor het verwijderen van chloor uit de receiver en de chloorkoelers in de twee betreffende chilled water systemen (het insluitsysteem waaruit emissie heeft plaatsgevonden) in geval van een (dreigende) emissie.
4. Ook voor andere chloorsystemen worden momenteel dit soort instructies opgesteld.
5. Vervuiling en inhameren van de pijpen wordt voorkomen door de bajonet type warmtewisselaars te vervangen door shell & tube warmtewisselaars.

## **CONCLUSIES**

### *Het ontstaan van de corrosiegaten in de CuNi pijpen van de chloorkoeler*

De corrosie in de CuNi pijpen van de chloorkoeler is een gevolg van de volgende factoren:

- De nieuwe pijpen, die zeven weken voor het voorval waren geplaatst, waren sterk vervuild. Aangenomen wordt dat de vervuiling de vorming van een corrosiebeschermende oxidelaag sterk verhinderd heeft waardoor corrosie versneld is opgetreden
- Het materiaal had een te hoog zwavelgehalte, wat een negatieve invloed heeft op de corrosiebestendigheid van het materiaal.
- Het pijp materiaal had een niet uniforme metallografische structuur waardoor het materiaal minder goed bestand was tegen corrosie.
- Het verkorten van de PVC pijpen heeft geleid tot verandering van de stromingscondities van het koelwater in de pijpen. Turbulentie aan de uiteindes van PVC pijpen heeft mogelijk bijgedragen aan het versnelde corrosieproces.

Uit het feit dat het leidingmateriaal niet voldeed aan de materiaalspecificaties wordt geconcludeerd dat de certificering van het leidingmateriaal geen waarborg gaf voor de daadwerkelijke kwaliteit van het leidingmateriaal.

---

<sup>13</sup> Zwavelzuur (chemische formule: H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) opgelost in water geeft onder andere sulfaat (chemische formule: SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>). Sulfaat in het koelwater is dus een indicatie voor de aanwezigheid van opgelost zwavelzuur in het koelwater.

Daarnaast was het certificaat van het leidingmateriaal gebaseerd op een norm die niet van toepassing is op pijpen in een warmtewisselaar. In de gehanteerde norm worden geen eisen gesteld aan de vervuilingsgraad van de oppervlakte van de pijpen. Hierdoor vormde de norm geen barrière om te voorkomen dat de binnenzijde van de CuNi pijpen vervuild zijn bij het plaatsen van de pijpen in de chloorkoeler.

*Het onderzoek van Akzo Nobel personeel naar de oorzaak van de lekkage ten tijde van het ongeval*  
De blik van het personeel was gefocust op een mogelijke lekkage in de zwavelzuurkoeler. De omstandigheden (onbekendheid met concentraties sulfaat in het havenwater, onbekendheid met regeneratie van de verzadigde chloorsensor, bij het begin van het voorval een beperkte emissie) belemmerden een goede diagnose. Andere mogelijke oorzaken werden onvoldoende onderzocht. Was de aandacht in een eerder stadium ook uitgegaan naar de chloorkoeler dan hadden de gevolgen van dit voorval minder groot kunnen zijn.

#### **BIJLAGE A: COMMENTAAR BETROKKEN PARTIJ**

Een conceptrapport is ter beoordeling op feitelijke onjuistheden aan de direct betrokken partij voorgelegd, conform de Rijkswet Onderzoeksraad voor Veiligheid. De Onderzoeksraad heeft het ontvangen commentaar, voor zover het tekstuele en feitelijke onjuistheden betreft, verwerkt in het definitieve rapport. De letterlijke commentaren die de Raad niet heeft verwerkt worden indien van toepassing in deze bijlage genoemd en voorzien van de reden hiervoor.

De inzageversie van dit rapport is voorgelegd aan de volgende partij:

- AKZO Nobel Industrial Chemicals B.V.