

**CE**

**Oplossingen voor  
milieu, economie  
en technologie**

Oude Delft 180

2611 HH Delft

tel: 015 2 150 150

fax: 015 2 150 151

e-mail: [ce@ce.nl](mailto:ce@ce.nl)

website: [www.ce.nl](http://www.ce.nl)

Besloten Vennootschap

KvK 27251086

## **De milieueffecten van zoutopwerking**

### **Rapport**

Delft, januari 2003

Opgesteld door: H.J. Croezen (CE)  
O. Bello (CE)  
J.T.W. Vroonhof (CE)  
R.H. Aalderink (Arcadis)

Met medewerking van R-J Saft (IVAM)  
H. van Ewijk (IVAM)



# Colofon

Bibliotheekgegevens rapport:

H.J. Croezen (CE), O. Bello (CE), J.T.W. Vroonhof (CE), R.H. Aalderink (Arcadis), R-J Saft (IVAM), H. van Ewijk (IVAM)  
De milieueffecten van zoutopwerking  
Delft, CE, 2002

Afvalverbrandingsinstallaties / Rookgasreiniging / Rookgasreinigingsresidu / Gaswassing / LCA / Analyse / Economie

Publicatienummer: 03.5074.01

Verspreiding van CE-publicaties gebeurt door:

CE  
Oude Delft 180  
2611 HH Delft  
Tel: 015-2150150  
Fax: 015-2150151  
E-mail: [publicatie@ce.nl](mailto:publicatie@ce.nl)

Opdrachtgever: Gemeentelijke Dienst Afvalverwerking, Gemeente Amsterdam

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider H.J. Croezen

© copyright, CE, Delft

## **CE**

### **Oplossingen voor milieu, economie en technologie**

CE is een onafhankelijk onderzoeks- en adviesbureau, gespecialiseerd in het ontwikkelen van structurele en innovatieve oplossingen van milieuvraagstukken. Kenmerken van CE-oplossingen zijn: beleidsmatig haalbaar, technisch onderbouwd, economisch verstandig maar ook maatschappelijk rechtvaardig.

CE is onderverdeeld in vijf secties die zich richten op de volgende werkterreinen:

- economie
- energie
- industrie
- materialen
- verkeer & vervoer

Van elk van deze secties is een publicatielijst beschikbaar. Geïnteresseerden kunnen deze opvragen bij CE tel: 015-2150150. De meest actuele informatie van CE is te vinden op de website: [www.ce.nl](http://www.ce.nl)

# Inhoud

Samenvatting	1
1 Inleiding	5
1.1 Aanleiding en doel	5
1.2 Opzet en uitvoering van de studie	6
1.3 Opzet van het eindrapport	8
2 Huidige situatie	9
2.1 Huidige installatie en bedrijfsvoering	9
2.2 Productie RGRr en slib en ruimtebeslag	11
2.3 Transport	12
2.4 Bedrijfsmiddelen	13
2.5 Energieverbruik	13
2.6 Emissies	14
2.7 Bijdrage aan milieuthema's	16
3 Toekomstige bedrijfsvoering	18
3.1 Toekomstige bedrijfsvoering	18
3.2 Productie bandfilterresidu en slib en ruimtebeslag	18
3.3 Transport	18
3.4 Bedrijfsmiddelen	18
3.5 Energieverbruik	18
3.6 Emissies	18
3.7 Bijdrage aan milieuthema's	18
4 Economische analyse	18
5 Vergelijking van systemen en conclusies	18
5.1 Vergelijking op milieubelasting	18
6 Conclusies	18
Literatuurlijst	18
A Milieukosten methodiek	18
B LCA-methodiek	18
C Jaarvrachten naar rookgasreiniging	18
D Berekeningen	18
E Resultaten	18
F $\text{CaCl}_2$ -productie	18
G Verantwoording energie berekeningen $\text{CaCl}_2$ -productie	18
H Effecten van lozing Calciumchloride oplossing op de waterkwaliteit	18



# Samenvatting

CE heeft in opdracht van de Gemeentelijke Dienst Afvalverwerking (GDA) van de Gemeente Amsterdam een LCA en een globale economische analyse uitgevoerd van een door GDA ontwikkeld opwerkingsproces voor rookgasreinigingsresidu (RGRr) van de afvalverbrandingsinstallatie (AVI) van GDA. RGRr wordt vanwege de uitloogkarakteristieken (C2-kwaliteit) momenteel in big bags en plastic hoezen verpakt gestort in het C3-mono-compartiment van de stortplaats Nauerna.

Het opwerkingsproces komt kort gezegd neer op het slim mengen van RGRr met afvalwaterstromen uit de rookgasreiniging, waardoor additieven voor de rookgasreiniging optimaler worden gebruikt dan in de huidige procesvoering en er dus minder additieven hoeven te worden geconsumeerd. Ook worden in het residu aanwezige chloorzouten (voornamelijk  $\text{CaCl}_2$ ) uitgewassen. Wat overblijft is een voornamelijk uit gips bestaand opwerkingsresidu, waaruit ook een deel van de zware metalen is uitgewassen. Door uitwassen en door de slechte uitloogbaarheid van gips voldoet het opwerkingsresidu aan de kwaliteitseisen voor stort in een C3-deponie.

Het proces leidt daardoor tot:

- een reductie van de NaOH-consumptie door de AVI;
- een reductie van het te storten volume aan reststoffen en een verbetering van de kwaliteit c.q. uitloogkarakteristieken van deze reststoffen;
- productie van een mogelijk afzetbare of anders te lozen  $\text{CaCl}_2$ -oplossing.

## LCA

De LCA is uitgevoerd voor drie afzetroutes voor de  $\text{CaCl}_2$ -oplossing:

- lozing op het Noordzeekanaal;
- lozing op de Noordzee;
- afzet als vervanging van primaire  $\text{CaCl}_2$ .

Als referentie voor de milieubelasting is de aan de huidige productie en stort van RGRr gerelateerde milieubelasting bepaald. De gehanteerde methodiek is gebaseerd op de door CML-methodiek voor LCA's en de methodiek die is gehanteerd in de in het kader van het MER voor het Landelijk Afval Beheersplan uitgevoerde LCA (MER LAP).

Door CE zijn de milieu-ingrepen bepaald, door IVAM zijn de milieu-ingrepen bepaald omgerekend naar bijdragen aan milieuthema's. Ook heeft IVAM conform de in het MER LAP gehanteerde methodiek de bijdragen aan de milieuthema's op twee manieren gewogen.

## Economische analyse

De economische analyse omvatte twee onderdelen:

- bepaling aan het opwerkingsproces gerelateerde kosten en baten;
- omrekening van de milieubelasting naar milieukosten.

De kosten en baten analyse is uitgevoerd op basis van door GDA aangeleverde informatie en conform de door GDA voor dit soort analyses gehanteerde methodiek. De omrekening van de in de LCA bepaalde bijdragen aan

de beschouwde milieuthema's is uitgevoerd conform een door CE ontwikkelde methodiek.

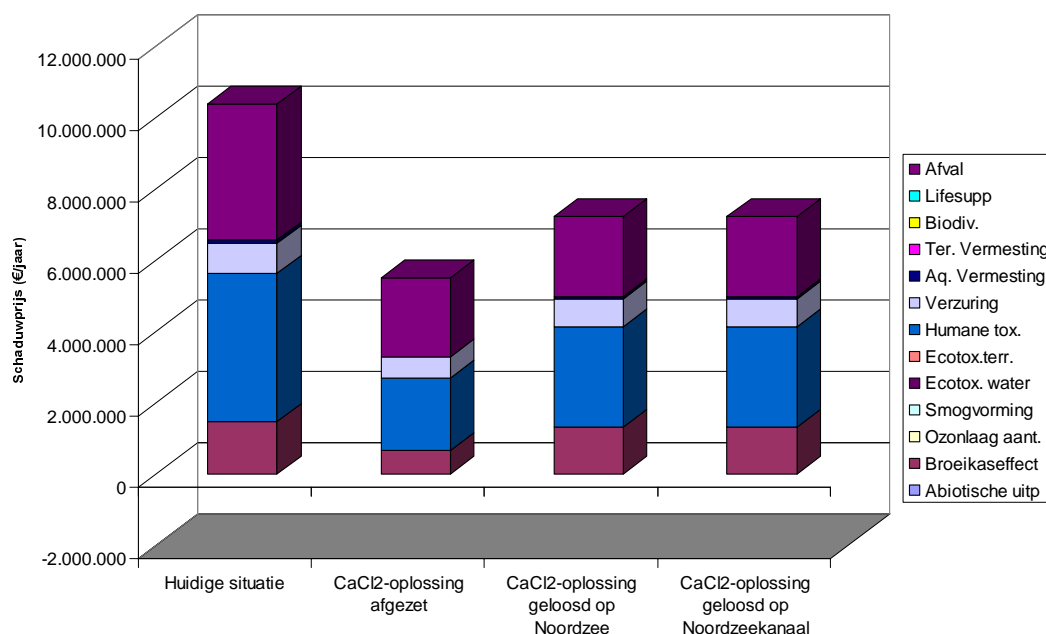
### Resultaten

Uit de studieresultaten blijkt dat het opwerkingsproces economisch rendabel is en qua milieubelasting in het minst optimale geval (lozing van de  $\text{CaCl}_2$ -oplossing) iets minder milieubelasting veroorzaakt dan de huidige stort van RGRr. De resultaten van de economische analyse zijn gegeven in Tabel 1. De opbouw van de milieukosten is gegeven in.

Tabel 1 Netto economische kosten en milieukosten gerelateerd aan het door GDA ontwikkelde opwerkingsproces (alle kosten in €/jaar, t.o.v. huidige situatie)

	huidige situatie	Opwerking/ afzet $\text{CaCl}_2$ -oplossing	Opwerking/ lozing Noordzee $\text{CaCl}_2$ -oplossing	Opwerking/ lozing Noordzeekanaal $\text{CaCl}_2$ -oplossing
Kosten-baten	referentie (=0)	-281.451	-117.985	-117.985
Milieukosten	referentie (=0)	-1.609.500	-1.554.000	-1.554.000

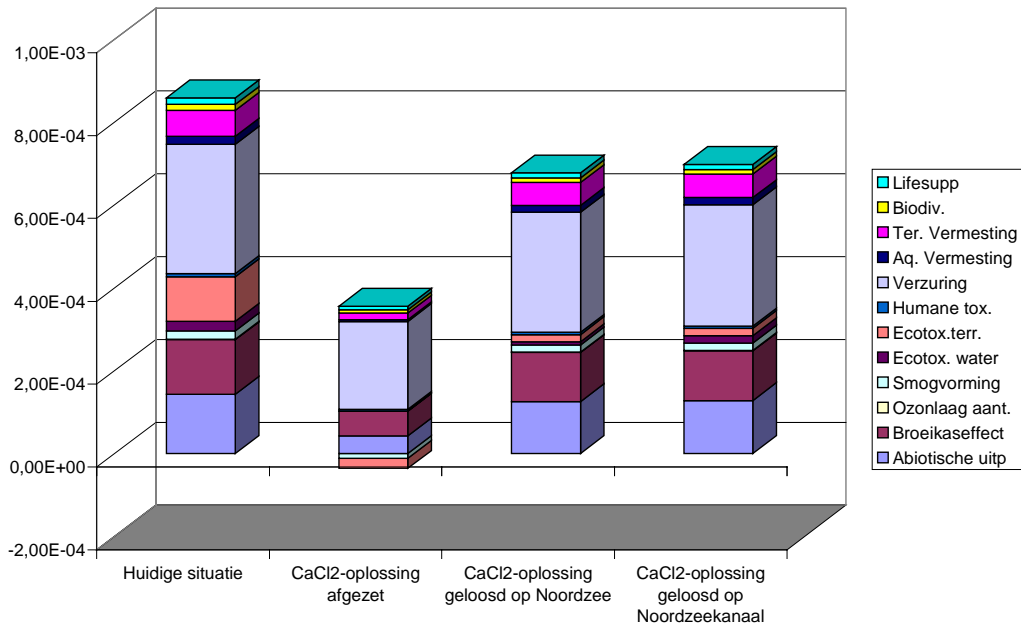
Figuur 1 Opbouw milieukosten



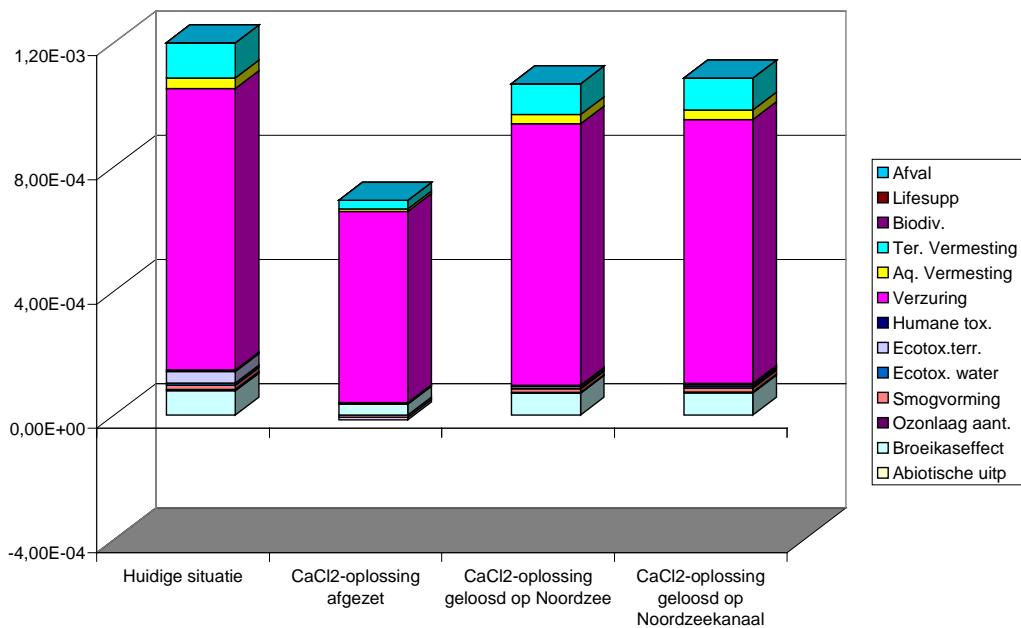
De resultaten van de milieuanalyse zijn gegeven in Figuur 2 en Figuur 3.



Figuur 2 Milieubelasting per jaar, gewogen door aggregatie van genormaliseerde bijdragen aan effectgerelateerde thema's (alle cijfers in jaar<sup>-1</sup> en per jaarvracht aan luchtverontreinigende stoffen)



Figuur 3 Milieubelasting per jaar, gewogen middels distance-to-target methodiek (alle cijfers in jaar<sup>-1</sup> en per jaarvracht aan luchtverontreinigende stoffen)



## Conclusies

Qua milieubelasting biedt opwerking zonder afzet van  $\text{CaCl}_2$ -oplossing een bescheiden, maar wel aanwijsbaar voordeel van 10% tot 30% ten opzichte van de huidige stort van RGRr, zowel:

- wanneer alle genormaliseerde bijdragen aan de beschouwde effectthema's even zwaar worden gewogen (20%);
- wanneer distance to target weging wordt toegepast (10%);
- wanneer de milieubelasting in milieukosten worden uitgedrukt (30%).

Wanneer afzet van de bij opwerking van RGRr geproduceerde  $\text{CaCl}_2$ -oplossing echter wel mogelijk is, geeft dit voor alle drie de gehanteerde evaluatiemethoden een grote afname in milieubelasting ten opzichte van de huidige situatie, variërend van

- 60% wanneer alle genormaliseerde bijdragen aan de beschouwde effectthema's even zwaar worden gewogen;
- 50% wanneer distance to target weging wordt toegepast;
- 50% wanneer de milieubelasting in milieukosten worden uitgedrukt.

Uit de door ARCADIS uitgevoerde analyse komt verder naar voren dat lozing op het Noordzeekanaal geen acute toxische effecten zal veroorzaken en geen optische vervuiling zal veroorzaken.

Samenvattend kan worden geconcludeerd dat het door GDA ontwikkelde opwerkingsproces netto in het meest ongunstige geval een kleine verlichting van de aan verwerking van RGRr gerelateerde milieubelasting geeft en zeker een economisch voordeel oplevert voor GDA. Er hoeft qua milieubelasting zeker geen bezwaar te zijn tegen implementatie en integratie van het opwerkingsproces in de rookgasreiniging van AVI Amsterdam. Afzet van de  $\text{CaCl}_2$ -oplossing zou moeten worden gestimuleerd.

Deze conclusies zijn in onderstaande tabel gevisualiseerd.

Tabel 2 Algemene kwalitatieve beoordeling CE van initiatief

aspect	waardering		
	afzet $\text{CaCl}_2$ -oplossing	lozing $\text{CaCl}_2$ -oplossing op Noordzeekanaal	lozing $\text{CaCl}_2$ -oplossing op Noordzee
kosten	++	+	+
afvalvolume/stortvolume	+	+	+
kwaliteit te storten materiaal	++	++	++
acute toxische effecten en optische vervuiling	0	0	0
milieubelasting door opwerking en door keteneffecten	++	+	+





# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding en doel

De Gemeentelijke Dienst Afvalverwerking (GDA) van de Gemeente Amsterdam heeft een opwerkingsproces ontwikkeld voor het bij de AVI Amsterdam vrijkomende rookgasreinigingsresidu (RGRr).

Het residu bestaat voor het grootste deel uit zouten van afgevangen HCl, HF en SO<sub>2</sub>, verzurende verontreinigingen in de rookgassen. Het residu bevat verder zware metalen, vlieg-as, actieve kool en ammoniazouten. Het RGRr van de AVI Amsterdam wordt tot nu toe, verpakt in big bags, gestort in een apart compartiment (mono-compartiment) op de C3 deponie Nauerna. Het residu heeft C2-kwaliteit en kan onder de huidige regelgeving alleen in verpakte vorm op de C3-stortplaats worden ondergebracht.

Het opwerkingsproces is door GDA ontwikkeld met het oog op de dit jaar te publiceren circulaire "Storten van gevaarlijke afvalstoffen" en de nieuwe E.U. richtlijnen voor storten van gevaarlijk afval. Als gevolg van de circulaire en de nieuwe E.U. richtlijnen zal het in big bags storten van onbehandeld C2-afval in de toekomst niet meer mogelijk zijn. Beleid hieromtrent zal naar verwachting worden geformuleerd in het Landelijk AfvalbeheersPlan (LAP). Het residu dient conform dit nieuwe beleid naar verwachting op een alternatieve manier te worden verwerkt of dusdanig te worden nabehandeld dat de uitloogbaarheid voldoet aan de voor storten op een C3-deponie geldende eisen. Door deze kwaliteitsverbetering zullen risico's voor calamiteiten en milieubelasting vanuit de stort in de duurzame nazorgfase afnemen.

GDA heeft een proces ontwikkeld met de volgende voordelen ten opzichte van de huidige situatie:

- gereduceerde consumptie van additieven voor de rookgasreiniging;
- kleiner volume aan te storten residu dat bovendien van betere kwaliteit (C3) is;
- productie van een in principe voor hergebruik inzetbare zoutoplossing.

Het proces komt kort gezegd neer op het slim mengen van RGRr met afvalwaterstromen uit de rookgasreiniging, waardoor additieven voor de rookgasreiniging optimaler worden gebruikt dan in de huidige procesvoering en er dus minder additieven hoeven te worden geconsumeerd. Ook worden in het residu aanwezige chloorzouten (voornamelijk CaCl<sub>2</sub>) uitgewassen. De ontstane oplossing kan worden opgewerkt tot de kwaliteit voldoende is om de oplossing te kunnen afzetten als grondstof. Wat overblijft is een voornamelijk uit gips bestaand opwerkingsresidu, waaruit ook een deel van de zware metalen is uitgewassen. Door uitwassen en door de slechte uitloogbaarheid van gips voldoet het opwerkingsresidu aan de kwaliteitseisen voor stort in een C3-deponie. Het opwerkingsresidu zal in bulk worden getransporteerd en gestort.

De markt voor CaCl<sub>2</sub>-oplossingen is echter een verdringingsmarkt met een overschot qua aanbod. Om die redenen wordt door bijvoorbeeld AKZO Nobel in Delfzijl al op grote schaal CaCl<sub>2</sub> geloosd op zee. Afzet van de door GDA te produceren CaCl<sub>2</sub>-oplossing is dus niet gegarandeerd. De GDA wil in dat geval de oplossing kunnen lozen op het Noordzeekanaal. Eventueel kan de oplossing ook per schip worden getransporteerd naar IJmuiden en daar op zee worden geloosd.

Rijkswaterstaat, vergunningverlener inzake lozingen op het Noordzeekanaal en Noordzee, wil echter eerst een integraal inzicht hebben in de aan implementatie van het opwerkingsproces gerelateerde milieuaspecten en kostenaspecten voordat vergunning zal worden verleend. Er dient niet alleen inzicht te worden gegeven in de directe effecten op het milieu door eventuele lozingen, maar ook in de indirecte milieueffecten en in de financiële aspecten. Voor Rijkswaterstaat zou het onacceptabel zijn wanneer implementatie van het proces voor GDA financieel gunstig is en wanneer het proces tegelijkertijd direct en/of indirect tot een toename van milieubelasting leidt.

Om het gevraagde inzicht te kunnen geven heeft GDA twee externe, onafhankelijke bureaus onderzoeksopdrachten gegeven. ARCADIS heeft de directe milieueffecten van lozingen bepaald. CE heeft, met IVAM als onderaannemer, een integrale milieuanalyse uitgevoerd. CE heeft IVAM gevraagd te participeren in de milieuanalyse vanwege IVAM's eerdere betrokkenheid bij een in het kader van het LAP uitgevoerde LCA voor diverse verwerkingsmogelijkheden voor droog RGRr.

Ook heeft CE op verzoek van GDA een kostenanalyse en een globale analyse uitgevoerd van de aan stort van RGRr en opwerkingsresidu gerelateerde risico's op calamiteiten bij handling en stort. Deze laatste analyse bleek echter tijdens uitvoering van de studie niet uitvoerbaar.

## 1.2 Opzet en uitvoering van de studie

### Beschouwde routes

De milieuanalyse is uitgevoerd als een LCA van de huidige rookgasreiniging en van verschillende varianten van de rookgasreiniging na integratie van het RGRr opwerkingsproces. De (in principe) beschouwde systemen zijn globaal weergegeven in Figuur 4. De beschouwde nuttige toepassingen voor de  $\text{CaCl}_2$ -oplossing zijn door GDA geïdentificeerd als potentiële afzetmogelijkheden.

Het bleek tijdens uitvoering van het project helaas niet mogelijk om voor variant 4 een milieuanalyse uit te voeren. Prill productie vindt plaats door indampen van een sterk geconcentreerde  $\text{CaCl}_2$ -oplossing middels sproeidrogen bij Calmag, een onderdeel van Nedmag. Onduidelijk is welke concentratie de te verwerken oplossing dient te hebben. Onduidelijk is of Nedmag/Calmag de door AVI Amsterdam geproduceerde  $\text{CaCl}_2$ -oplossing zou willen afnemen, gezien het hoge gehalte aan NaCl. Nedmag en Calmag willen hierover om commerciële redenen geen uitspraak over doen. Er is onvoldoende openbare informatie beschikbaar om te kunnen inschatten in hoeverre de door AVI Amsterdam geproduceerde oplossing procestechnisch in aanmerking zou komen voor verwerking bij Nedmag/Calmag, laat staan om een milieuanalyse te kunnen uitvoeren<sup>1</sup>.

### Milieuanalyse

De in de milieuanalyse beschouwde functionele eenheid zijn de jaarvrachten van de aan de rookgasreiniging toegevoerde luchtverontreinigende stoffen. Deze jaarvrachten bepalen samen met de opbouw van de rookgasreiniging onder andere het gebruik van additieven voor de rookgasreiniging en de

<sup>1</sup> Het is overigens misschien sowieso de vraag hoe reëel het is  $\text{CaCl}_2$ -oplossing bij Nedmag af te zetten, aangezien Nedmag zelf al  $\text{CaCl}_2$ -oplossing produceert. De vraag is of de markt en productiecapaciteit bij Calmag afzet bij Nedmag toestaat. Nedmag loost zelf al  $\text{CaCl}_2$ -oplossing.

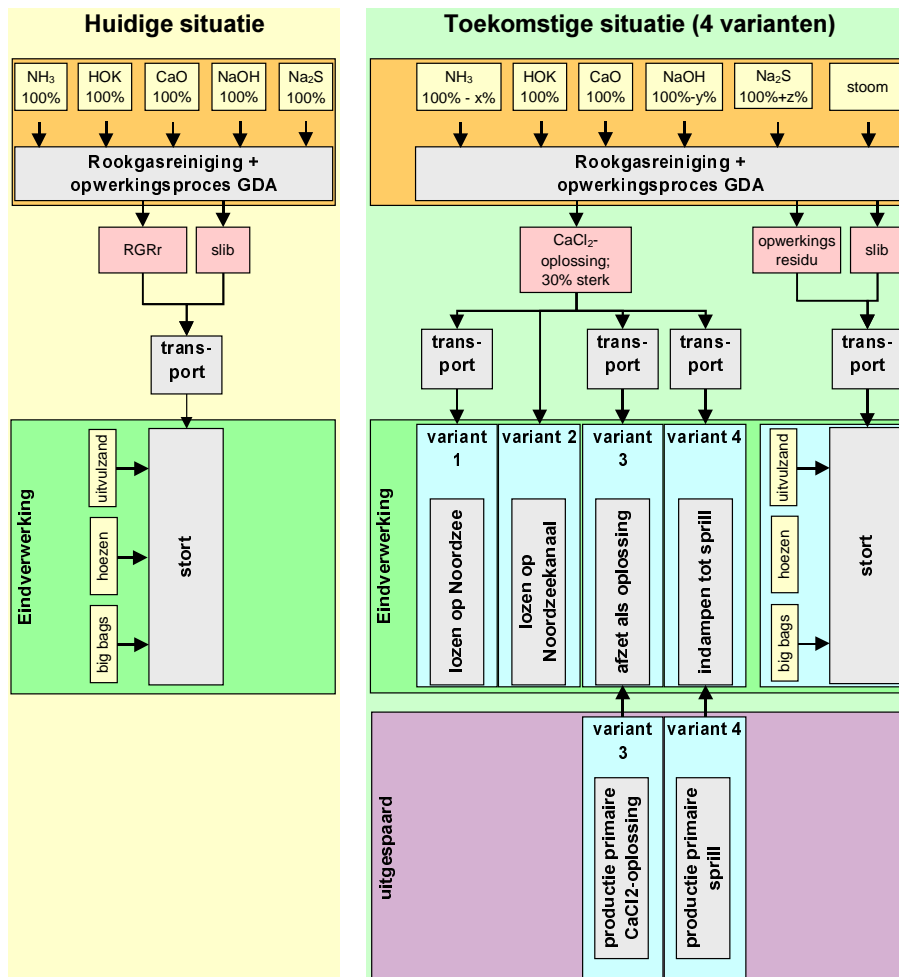


samenstelling en hoeveelheden van producten en reststoffen van de rookgasreiniging.

In de analyse zijn de volgende milieuthema's beschouwd:

- abiotische uitputting;
- versterking broeikaseffect (500);
- aantasting ozonlaag;
- fotochemische oxidantvorming;
- eco-toxiciteit (aquatisch - zoet);
- eco-toxiciteit (terrestrisch);
- humane toxiciteit;
- verzuring (A&B);
- vermisting (aquatisch);
- vermisting (terrestrisch) (A&B);
- fysieke aantasting – biodiversiteit;
- fysieke aantasting - life support.

Figuur 4 Globale opzet huidige rookgasreiniging en alternatieven met opwerking RGRr



Emissies naar de bodem vanuit de stort zijn ook meegenomen. Voor schatting daarvan is uitgegaan van een tijdshorizon van 10.000 jaar, overeenkomstig de methodiek die wordt gebruikt bij beleid ten aanzien van eeuwig-

durende nazorg voor stortplaatsen. Verder is aangenomen dat emissies naar lucht door integratie van het opwerkingsproces niet zullen veranderen. Deze emissies zijn daarom in de studie verder buiten beschouwing gelaten.

De geaggregeerde bijdragen aan de beschouwde milieuthema's zijn conform de in het MER LAP gehanteerde methodiek genormaliseerd en gewogen middels de distance-to-target methodiek. Daarnaast zijn conform MER LAP ook de genormaliseerde bijdragen aan effectgerelateerde milieuthema's geaggregeerde. Deze twee methoden zijn volgens IVAM de belangrijkste analysemethoden gebruikt in het MER LAP.

De in de milieuanalyse gehanteerde methodiek is gebaseerd op de methodiek die is toegepast in de door AOO en IVAM in het kader van het LAP uitgevoerde LCA's van verwijderingsopties voor droog RGRr, maar wijkt daarvan af voor wat betreft:

- afbakening van de beschouwde systemen;
- functionele eenheid;
- tijdshorizon bij bepalen van emissies naar bodem vanuit de stort.

De gehanteerde methodiek wordt verder toegelicht in Bijlage B. Daarin is ook aangegeven op welke punten de in deze studie gehanteerde methodiek afwijkt van de eerder door IVAM en AOO toegepaste methodiek.

### **Economische analyse**

De in de economische analyse gehanteerde methodiek worden de economische kosten afgezet tegen de milieubelasting uitgedrukt in geld. De economische kosten zijn bepaald conform de door GDA gehanteerde uitgangspunten en methodiek voor rendabiliteitsstudies. De milieukosten zijn bepaald door de milieubelasting met behulp van zogenaamde schaduw prijzen te vertalen naar economische kosten. De milieubelasting volgt uit de milieuanalyse. Integratie van het opwerkingsproces voor RGRr is als een kosten-effectieve milieumaatregel beschouwd wanneer de door integratie van het opwerkingsproces uitgespaarde milieubelasting c.q. milieukosten hoger zijn dan de aan integratie gerelateerde economische kosten. De gehanteerde methodiek wordt verder toegelicht in Bijlage A.

## **1.3 Opzet van het eindrapport**

De huidige rookgasreiniging en de verschillende varianten van de rookgasreiniging na integratie van het RGRr opwerkingsproces worden behandeld in hoofdstuk 2 en hoofdstuk 3. In elk hoofdstuk wordt een korte beschrijving van de beschouwde systemen gegeven. Ook wordt in de betreffende hoofdstukken de milieubelasting van de besproken systemen gegeven. Daarmee geïntegreerd wordt ook aandacht besteed aan risico's op calamiteiten door stort en handling van RGRr en opwerkingsresidu.

De kosteneffectiviteitstoets wordt behandeld in hoofdstuk 0.

Achtergrondinformatie over berekeningen en methodieken wordt gegeven in de bijlagen.

Dit rapport betreft de door CE en IVAM uitgevoerde analyses. De resultaten van de door ARCADIS uitgevoerde studie is echter in dit rapport meegenomen bij het opstellen van de integrale conclusies aangaande dit initiatief en het eindrapport van de ARCADIS-studie is als bijlage toegevoegd aan dit rapport.

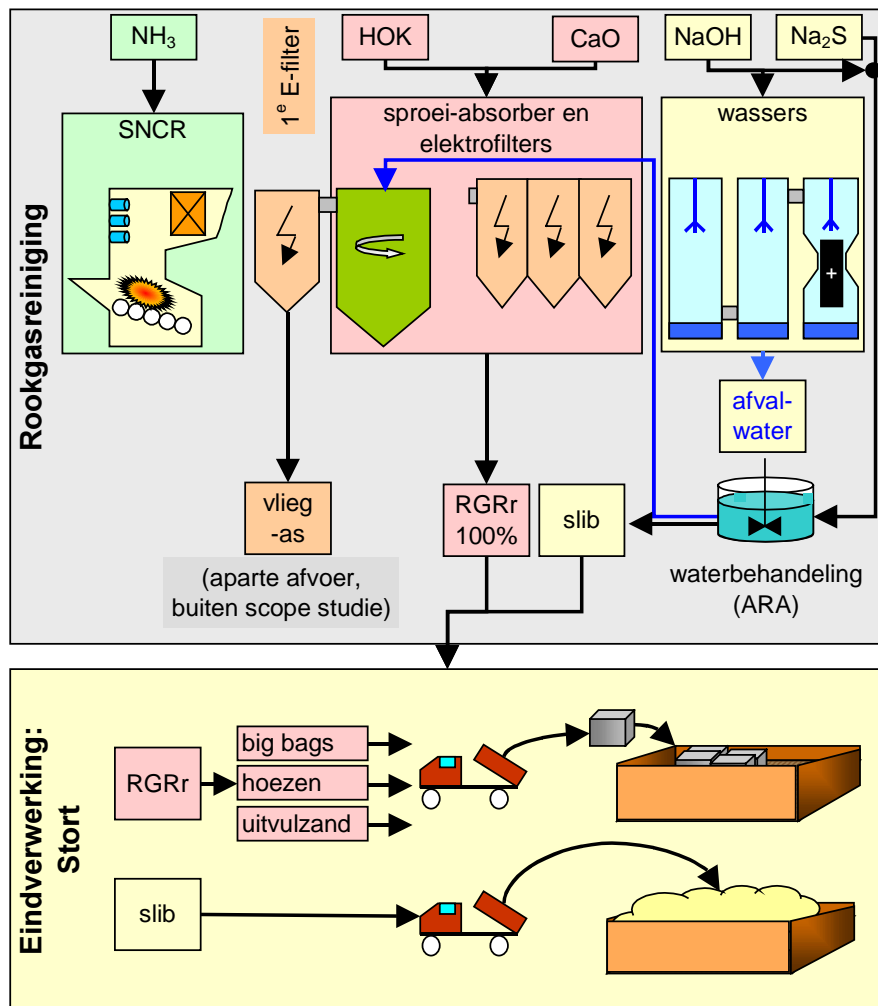


## 2 Huidige situatie

### 2.1 Huidige installatie en bedrijfsvoering

In Figuur 5 is een schematische weergave van de rookgasreiniging en bijbehorende verwijdering van RGRr gegeven.

Figuur 5 Opbouw rookgasreiniging AVI Amsterdam en huidige verwerking afgevangen verontreinigingen en spui



#### Rookgasreiniging

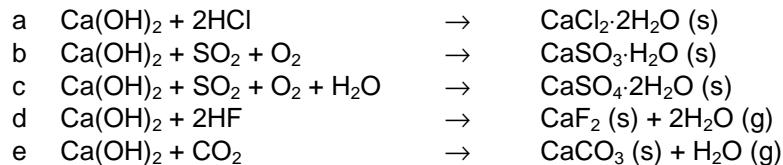
De rookgasreiniging van de AVI Amsterdam omvat achtereenvolgens:

- injectie van  $NH_3$  in de vuurhaard voor de reductie van  $NO_x$ -emissies (SNCR);
- een 1-velde elektrofilter voor afvang van vlieg-as;
- een sproeiabsorber met nageschakeld 3-velde elektrofilter voor een substantiële eerste afvang van overgebleven vlieg-as, zware metalen, dioxines, HCl, HF en in beperkte mate ook  $SO_2$ ;

- 2 sproeitoren (G1 en G2) en een elektrodynamische venturi (EDV) voor afvang van resterende zware metalen, dioxines, HF en vooral SO<sub>2</sub> en overgebleven HCl.

In de sproeidroger wordt uit CaO gevormde kalkmelk (Ca(OH)<sub>2</sub>), actieve kool (HOK<sup>2</sup>) en van zware metalen gereinigde spui van de wassers in de rookgassen geïnjecteerd. De spui van de wassers bevat in de wassers afgevangen halogenen en SO<sub>2</sub>. De spui is geneutraliseerd met NaOH. In de sproei-absorber verlopen de volgende reacties:

*kalkmelk:*



*spui*



Een deel van de geïnjecteerde Ca(OH)<sub>2</sub> reageert niet. Er is daarom een overmaat kalkmelk nodig om een bepaald percentage HCl en SO<sub>2</sub> te verwijderen. Alle reactieproducten, niet gereageerde Ca(OH)<sub>2</sub>, HOK en vlieggas worden door het drievelds elektrofilter afgescheiden als RGRr.

Processturing van voorafscheiding van verzurende stoffen in de sproeidroger wordt geregeld op basis van de rookgasconcentratie van HCl in de uit het eerste elektrofilter tredende rookgassen en de gewenste rookgasconcentratie van HCl na de sproeidroger. De concentratie na de sproeidroger moet een bepaalde waarde hebben om in de eerste natte wasser een voldoende lage pH te kunnen bereiken. Die moet voldoende laag zijn voor een goede afscheiding van Hg. Om die reden kan niet alle HCl al in de sproei-absorber kan worden verwijderd. In de huidige bedrijfsvoering wordt gestuurd op een restconcentratie (= setpoint) van 250 mg/Nm<sup>3</sup> rookgas (bij 11 vol%O<sub>2</sub>, droog gas).

Niet gereageerde Ca(OH)<sub>2</sub> en CaCO<sub>3</sub> in RGRr blijven beschikbaar voor neutralisatie van HCl en SO<sub>2</sub>.

### **Stort van RGRr en slib**

Gevormd RGRr wordt direct bij de AVI in big bags van 1,25 m<sup>3</sup> opgeslagen. De big bags worden per vrachtwagen naar de stortplaats Nauerna vervoerd. Per vrachtwagen wordt een belading van 10 ton per heenreis gehanteerd. De afstand tussen de AVI-Amsterdam en de stortplaats van Nauerna is 12,3 km. Op de stort worden de big bags per afkomst gesorteerd en samen met RGRr van HVC Alkmaar in een apart compartiment (mono-compartiment) geplaatst. Het RGRr uit de AVI-Amsterdam (en dat van HVC Alkmaar) wordt dus niet samen met andere reststoffen gestort. Eventueel beschadigde big bags worden oververpakt. Elke big bag wordt het voorzien van een PE-hoes als extra bescherming tegen waterintreding, en vervolgens geplaatst in de stort. De ruimte tussen de big bags wordt opgevuld met zand. Dit zand wordt eveneens gebruikt als uitvullaag boven op de big bags alvorens een nieuwe laag big bags wordt geplaatst.

<sup>2</sup> HerdOfenKoks: Bedoeld wordt actieve kool geproduceerd uit bruinkool.



Het mono-compartiment op de stortplaats Nauerna is sinds ongeveer 5 jaar in gebruik en is nu al gevuld tot een hoogte van ongeveer 15 meter. De uiteindelijke hoogte van het compartiment zal 30 meter bedragen. De exploitatietijd zal dus ongeveer 10 jaar bedragen. Na de exploitatietijd wordt eerst een tijdelijke afdichting aangebracht om intrede van hemelwater tegen te gaan. Na enkele jaren - nadat het afval zich gezet heeft - wordt een permanente, gas- en waterdichte afdichting aangebracht, bestaande uit een folie-laag en een laag klei en bentoniet.

Slib wordt in bulk afgevoerd naar de C2-deponie van AVR op de Maasvlakte. Dit is een afgedekte betonnen bak, waardoor het afval niet in contact kan komen met hemelwater en grondwater en er geen emissies naar bodem kunnen plaatsvinden.

## **2.2 Productie RGRr en slib en ruimtebeslag**

Op basis van beschikbare literatuur is de gemiddelde omvang en samenstelling van de jaarlijks aan de rookgasreiniging toegevoerde vracht aan luchtverontreinigende stoffen vastgesteld (zie Bijlage C).

Op basis van deze informatie en op basis van gegevens over de verdeling van verontreinigingen over de verschillende apparaten in de rookgasreiniging en bovengegeven reactievergelijkingen is vervolgens berekend wat de omvang en de chemische samenstelling is van de jaarlijks geproduceerde hoeveelheid RGRr en slib. De hoeveelheid te storten RGRr en slib zijn berekend op respectievelijk 11.439 ton en 46 ton per jaar (zie Bijlage D). Deze hoeveelheden kloppen goed met praktijkcijfers. De berekende samenstelling van RGRr wijkt voor zwavel/sulfaat sterk af van door GDA verstrekte gegevens. De door GDA verstrekte gegevens geven een veel te laag percentage sulfaat in RGRr. De reden voor deze discrepantie zou de zeer grote onnauwkeurigheid zijn van analysemethoden voor het bepalen van sulfaatgehalte van vaste stoffen. Hierdoor is het sulfaatgehalte experimenteel feitelijk niet vast te stellen.

Het totale aan stort van RGRr en slib gerelateerde ruimtebeslag is berekend op 70.979 m<sup>2</sup>/100 jaar. De berekening is uitgevoerd op basis van van de volgende uitgangspunten (zie Tabel 3).

Tabel 3 Berekening ruimtebeslag door stort RGRr en slib in de huidige situatie

	RGRr	slib	totaal
<b>Uitgangspunten</b>			
- soortelijk gewicht (kg/m <sup>3</sup> )	700	1200	
- storthoogte (meters)	30	30	
- beschouwde zichtperiode (jaar)	100	100	
- hoogte big bag lagen (cm)	100	n.v.t.	
- hoogte zand laag (cm)	30	n.v.t.	
<b>Berekening</b>			
- ruimtebeslag (m <sup>3</sup> ) per ton	1,86	1,08	
a reststof	1,43		
b zand	0,43		
- aantal ton per m <sup>2</sup> stortcompartiment	16,2	27,7	
- hoeveelheid reststof	11.439	46	
- oppervlak (m <sup>2</sup> )	708,1	1,7	709,8

De big bags hebben een grondvlak van 1,25 m<sup>2</sup> en een hoogte van 1 meter. Uitgaande van een stortgewicht van respectievelijk 700 en 1.200 kg/m<sup>3</sup> en rekening houdend met een zandlaag van 30 cm tussen twee big bags kan worden berekend wat het volume per ton reststof is. Delen door de uiteindelijke storthoogte van het compartiment geeft het aantal ton aan reststof dat per m<sup>2</sup> kan worden ondergebracht.

## 2.3 Transport

Tabel 4 geeft een overzicht van het aan afvoer van RGRr en de aanvoer van uitvulzand gerelateerde jaarlijkse aantal tonkilometers.

Het aan afvoer van RGRr gerelateerde aantal tonkilometers volgt uit de afgevoerde hoeveelheid RGRr (11.493 ton/jaar) en de afstand tussen AVI en stortplaats (12,3 kilometer). Voor afvoer van slib naar de C2-deponie op de Maasvlakte is een transportafstand van 150 kilometer aangehouden.

Het aan aanvoer van zand gerelateerde aantal tonkilometers is berekend conform de in het MER LAP gehanteerde methodiek. Daarin wordt uitgegaan van een transportafstand voor aanvoer van uitvulzand van 35 kilometer over water en 50 kilometer over de weg.

Tabel 4 In de huidige situatie aan verwerking van RGRr en slib gerelateerde transporten

Transportbeweging	Bijdrage (ton-km/jaar)
- RGRr/slib	144.214
- zand over weg	368.547
- zand over water	257.983





## 2.4 Bedrijfsmiddelen

Tabel 5 geeft een overzicht van de per jaar benodigde bedrijfsmiddelen.

Tabel 5 Overzicht per jaar benodigde bedrijfsmiddelen

Bedrijfsmiddelen	Consumptie (ton/jaar)
- NaOH (50%)	4.944
- CaO	2.871
- Na <sub>2</sub> S (12%)	54
- NH <sub>3</sub> (25%)	3.622
- HOK	400
- big bag	33
- PE-hoes	13
- zand	7.371

De gegeven getallen worden hieronder toegelicht.

De geconsumeerde hoeveelheden NH<sub>3</sub> en HOK zijn praktijkcijfers voor de AVI Amsterdam. De geconsumeerde hoeveelheden NaOH, CaO en Na<sub>2</sub>S zijn berekend (zie Bijlage D) op basis van de jaarvrachten aan luchtverontreinigende stoffen (zie Bijlage C). De berekende kentallen kloppen voor NaOH en CaO goed met de voor verschillende jaren opgegeven consumpties. De consumptie aan Na<sub>2</sub>S is een onderschatting van de werkelijke consumptie (circa 100 ton/jaar). Dit verschil kan niet goed worden verklaard met de bij CE beschikbare informatie.

Het aantal big bags en hoezen is berekend op basis van het geschatte volume aan RGRr en slib. De hoeveelheid te storten RGRr en slib zijn berekend op respectievelijk 11.439 ton en 46 per jaar (zie Bijlage D). Aangenomen wordt dat per big bag 1,25 m<sup>3</sup> volume afval opgeslagen kan worden. Uitgaande van een soortelijk gewicht van het RGRr van 700 kg/m<sup>3</sup> (droge RGRr), worden voor stort van RGRr 13.073 big bags en hoezen per jaar gebruikt. Elk big bag-verpakking weegt circa 2,5 kg. Elke hoes weegt 0,9 kg.

In navolging van de LCA's uit het LAP is aangenomen dat per gestorte big bag ca 0,375 m<sup>3</sup> (0,56 ton) zand wordt gebruikt (0,45 ton zand per ton gestorte RGRr; zie [7]).

## 2.5 Energieverbruik

Voor energieverbruik is alleen verbruik bij storten van reststoffen verdisconteerd.

Huidige verbruiken door de rookgasreiniging zijn niet meegenomen. De verbruiken van de rookgasreiniging hangen samen met rookgasvolume, rookgastemperatuur en gehalten aan luchtverontreinigende stoffen. Aangenomen is dat in al deze parameters door toevoeging van een opwerkingsproces voor het sproeidroogproduct niets zal veranderen. Daarom is aangenomen dat ook de verbruiken door dit deel van de rookgasreiniging niet verandert.

Het verbruik van energiedragers voor mobiele werktuigen is berekend conform de in het MER LAP gehanteerde methodiek. Daarin wordt uitgegaan

van een verbruik van 27 MJ/ton voor overslag van zand en voor 60 MJ/ton voor handling van zand en afval in de stort. Het totale energieverbruik is berekend op circa 1.333 GJ/jaar.

Tabel 6 Berekening energieverbruik in huidige situatie

	handled materiaal (ton/jaar)	energieverbruik (MJ/ton)	energieverbruik (MJ/jaar)
Zand	7.371	27	199.015
Zand + reststof in stort	18.902	60	1.134.121
Totaal			1.333.137

## 2.6 Emissies

De huidige verwijdering van RGRr zal op termijn emissies naar de bodem veroorzaken. De geschatte omvang van deze emissies is gegeven in Tabel 7. Stort in de C2-deponie geeft geen emissies vanwege de constructie van de stort.

Emissies naar bodem vanuit het C3-compartiment van Nauerna zijn als volgt berekend. Er is conform het nazorgbeleid rond gestort afval (Grenswaardennotitie, Stortbesluit bodembescherming) een periode van 10.000 jaar beschouwd. Conform [9] is aangenomen dat in die tijd een infiltratie van hemelwater via de bovenafdichting optreedt van 0,5 mm/jaar. Aangenomen is verder dat de big bags en hoezen zullen vergaan, zodat het RGRr in contact komt met het infiltrerende hemelwater. De aanname is gebaseerd op het gegeven dat plastics in de stort afbreken en dat mede om die reden het goed functioneren van de onderafdichting van stortplaatsen voor niet meer dan 80 jaar gegarandeerd is.



Tabel 7 Overzicht berekening emissies naar bodem

	Samenstelling (ton/jaar)	percentage uitloogbaar bij L/S = 1	uitloging (ton/jaar)
Antimoon	2,44	0,07%	0,000286
Arseen	0,23	0,75%	0,000291
Barium	0,76	6,90%	0,008912
Cadmium	0,95	6,90%	0,011139
Chroom	0,20	2,49%	0,00083
Cobalt	0,01	4,38%	7,29E-05
Koper	3,43	9,42%	0,054906
Kwik	0,47	0,01%	8,53E-06
Lood	20,90	35,82%	1,272452
Mangaan	1,18	1,06%	0,002125
Molybdeen	0,05	21,11%	0,001758
Nikkel	0,10	2,03%	0,000338
Seleen	0,10	0,81%	0,000131
Strontium	1,41	30,00%	0,07189
Telluur	0,01	5,00%	0,000121
Tin	3,33	0,07%	0,000384
Vanadium	0,10	0,67%	0,000111
Wolfram	0,29	0,79%	0,000397
Zink	48,88	13,77%	1,144033

Er treedt ook emissie van Cl<sup>-</sup> op. Deze is echter niet gegeven omdat deze emissie conform de gehanteerde classificatiefactoren niet wezenlijk bijdraagt aan de milieubelasting door percolaat lekkage naar de bodem.

Op basis van het oppervlak dat wordt ingenomen door het RGRr (708 m<sup>2</sup> per jaarproductie aan RGRr, zie Tabel 3) is vervolgens berekend hoeveel neerslag in een periode van bij benadering 10.000 jaar zal infiltreren en in contact kan komen met het RGRr:

$$10.000 \times 708 \times 0,5 \cdot 10^{-3} = 3.541 \text{ m}^3 \text{ per jaarproductie aan RGRr}$$

Aangezien de berekende hoeveelheid RGRr 11.439 ton/jaar bedraagt is de L/S-factor 0,31. De emissies zijn vervolgens berekend aan de hand van:

- de berekende samenstelling van het RGRr;
- het percentage van elk element dat uitloogt bij kolomproeven conform NEN 7343 (L/S = 1);
- de in [9] gehanteerde correctiefactoren voor temperatuur in de stort en veroudering van het materiaal gedurende de beschouwde periode (factor 0,55).

$$\text{emissie} = 0,31 \times 0,55 \times \text{uitloogpercentage} \times \text{hoeveelheid in RGRr}$$

Deze berekening is weergegeven in Tabel 7.

Het percentage van elk element dat uitloopt bij kolomproeven conform NEN 7343 is berekend op basis van door GDA verstrekte informatie over de samenstelling en uitloging van RGRr.

Emissies ten gevolge van hemelwater infiltratie tijdens exploitatiefase en de fase direct daaropvolgende periode zijn verwaarloosd. Aangenomen is dat in de exploitatiefase geïnfiltreerd hemelwater niet in contact komt met het in big bags gestorte materiaal vanwege de PE hoes en omdat het zand om de big bags voor een snelle doorstromen van vocht naar de onderafdichting en het verzamelstelsel voor percolaat zorgt.

Andere emissies dan vanuit de stort treden niet op of worden als gezegd buiten beschouwing gelaten omdat is aangenomen dat wel of niet integreren van het opwerkingsproces hierop geen invloed heeft en dus voor alle beschouwde systemen gelijk is.

## 2.7 Bijdrage aan milieuthema's

In Tabel 8 is een overzicht gegeven van de totale bijdragen aan de beschouwde milieuthema's, inclusief de indirecte bijdragen door transporten en door productie van additieven.

Tabel 8 Overzicht aan huidige situatie gerelateerde omvang van milieu-ingrepen (per jaar)

		Bijdrage
Impact category	Unit	
Abiotische uitp	kg Sb	2,36E+05
Broeikaseneffect	kg CO <sub>2</sub>	2,91E+07
Ozonlaag aant.	kg CFK11	1,48
Smogvorming	kg ethyl	3,63E+03
Ecotox. water	kg 1,4DB	1,74E+05
Ecotox.terr.	kg 1,4DB	1,03E+05
Humane tox.	kg 1,4DB	1,49E+06
Verzuring	kg SO <sub>2</sub>	2,09E+05
Aq. Vermesting	kg PO <sub>4</sub>	9,66E+03
Ter. Vermesting	kg NO <sub>x</sub>	7,08E+04
Biodiv.	-	2,72E+05
Lifesupp	Mg/ha.y	3,57E+06
Landgebruik	m <sup>2</sup> /y	3,84E+05
Afval	kg	2,06E+07
Energie	MJ	4,28E+08
Waterverbruik	l	2,52E+08

De gepresenteerde resultaten zijn berekend door IVAM op basis van de in voorgaande paragrafen gegeven ingrepen en op basis van de in het kader van het MER LAP gebruikte proceskaarten voor de productie van additieven en bedrijfsmiddelen en voor transporten.

In Tabel 9 is een overzicht gegeven van de procentuele bijdragen van de verschillende processen en hulpstoffen aan de totaalscore.



Zoals uit de tabel blijkt wordt de milieudruk voornamelijk bepaald door stort van het residu, het bij storten gebruikte mobiele werktuig en door de consumptie van CaO, NaOH en NH<sub>3</sub>. De milieudruk van storten heeft logischerwijs voornamelijk te maken met ruimtebeslag en uitspoeling van toxische verbindingen naar bodem en grondwater. Het mobiele werktuig dat wordt ingezet bij storten veroorzaakt een grote koolwaterstofemissie naar de lucht en dito bijdrage aan smogvorming. De milieudruk gerelateerd aan de consumptie van CaO, NaOH en NH<sub>3</sub> is voornamelijk gerelateerd aan energieconsumptie bij productie van deze additieven. In de productie van NaOH is sprake van emissies van onder meer kwik bij elektrolyse van NaCl. Dergelijke emissies zullen inde nabije toekomst niet langer optreden vanwege uitfasering van het op kwik gebaseerde amalgaam elektrolyseproces. De grote bijdrage aan verzuring en vermesting van de NH<sub>3</sub>-keten heeft te maken met emissies van NO<sub>x</sub>, HNO<sub>3</sub> en SO<sub>2</sub> (uit residu-olie) bij de productie.

Tabel 9 Procentuele bijdragen processen en hulpstoffen aan totale milieudruk

	Abiotische uitp	Broeikas-effect	Ozonlaag aant.	Smogvorming	Ecotox. water	Eco-tox.terr.	Humane tox.	Verzuring	Aq. Vermesting	Ter. Vermesting	Biodiv.	Lifesupp	Landgebruik	Afval	Energie	Waterverbruik
<i>Totaal = 100% per effectcategorie</i>	<i>100%</i>	<i>100%</i>	<i>100%</i>	<i>100%</i>	<i>100%</i>	<i>100%</i>	<i>100%</i>	<i>100%</i>	<i>100%</i>	<i>100%</i>	<i>100%</i>	<i>100%</i>	<i>100%</i>	<i>100%</i>	<i>100%</i>	<i>100%</i>
Directe bijdragen																
lozing CaCl <sub>2</sub> -oplossing																
stort residu en slib					<b>60,9%</b>	<b>78,8%</b>	<b>26,8%</b>				<b>96,3%</b>	<b>95,4%</b>	<b>95,0%</b>	<b>92,1%</b>		
Transporten																
te storten afval	0,1%	0,1%	0,6%	0,5%	0,3%	0,1%	0,4%	0,1%	0,2%	0,3%				0,0%	0,1%	0,1%
te lozen oplossing																
opvulzand	0,5%	0,3%	1,7%	1,4%	0,9%	0,2%	1,0%	0,2%	0,8%	0,8%				0,1%	0,3%	0,2%
Bijdragen hulpstoffen/energiedragers																
NaOH	<b>32,4%</b>	<b>29,3%</b>	<b>18,5%</b>	<b>28,3%</b>	<b>17,8%</b>	<b>19,4%</b>	<b>34,0%</b>	<b>9,8%</b>	<b>20,0%</b>	<b>18,0%</b>	3,3%	4,2%	4,5%	3,6%	<b>28,9%</b>	<b>60,1%</b>
CaO	3,9%	<b>11,3%</b>	1,9%	4,7%	2,4%	0,7%	<b>29,0%</b>	1,1%	4,5%	4,3%				2,6%	3,4%	1,2%
NH <sub>3</sub>	<b>59,9%</b>	<b>56,9%</b>		<b>58,6%</b>	<b>13,4%</b>		5,9%	<b>86,8%</b>	<b>67,3%</b>	<b>70,8%</b>				0,1%	<b>64,7%</b>	<b>18,9%</b>
HOK	0,3%	0,3%	0,1%	0,2%	0,2%	0,1%	0,4%	0,1%	0,2%	0,2%				0,0%	0,2%	3,1%
Na <sub>2</sub> S				0,1%												
zand	0,7%	0,4%	1,1%	1,5%	1,4%	0,3%	1,4%	0,4%	1,1%	1,1%				1,2%	0,4%	6,2%
big bag	1,1%	0,8%		1,0%	0,9%	0,2%	0,2%	0,7%	2,8%	1,3%				0,0%	1,1%	9,4%
PE-hoes	0,2%			0,2%		0,1%		0,1%	0,2%	0,2%	0,4%	0,4%	0,5%		0,2%	0,3%
elektriciteit																
mobiel werktuig	0,9%	0,6%	<b>76,1%</b>	3,5%	1,8%	0,1%	0,9%	0,7%	2,9%	3,0%				0,1%	0,6%	0,4%
Uitgespaard																
CaCl <sub>2</sub>																

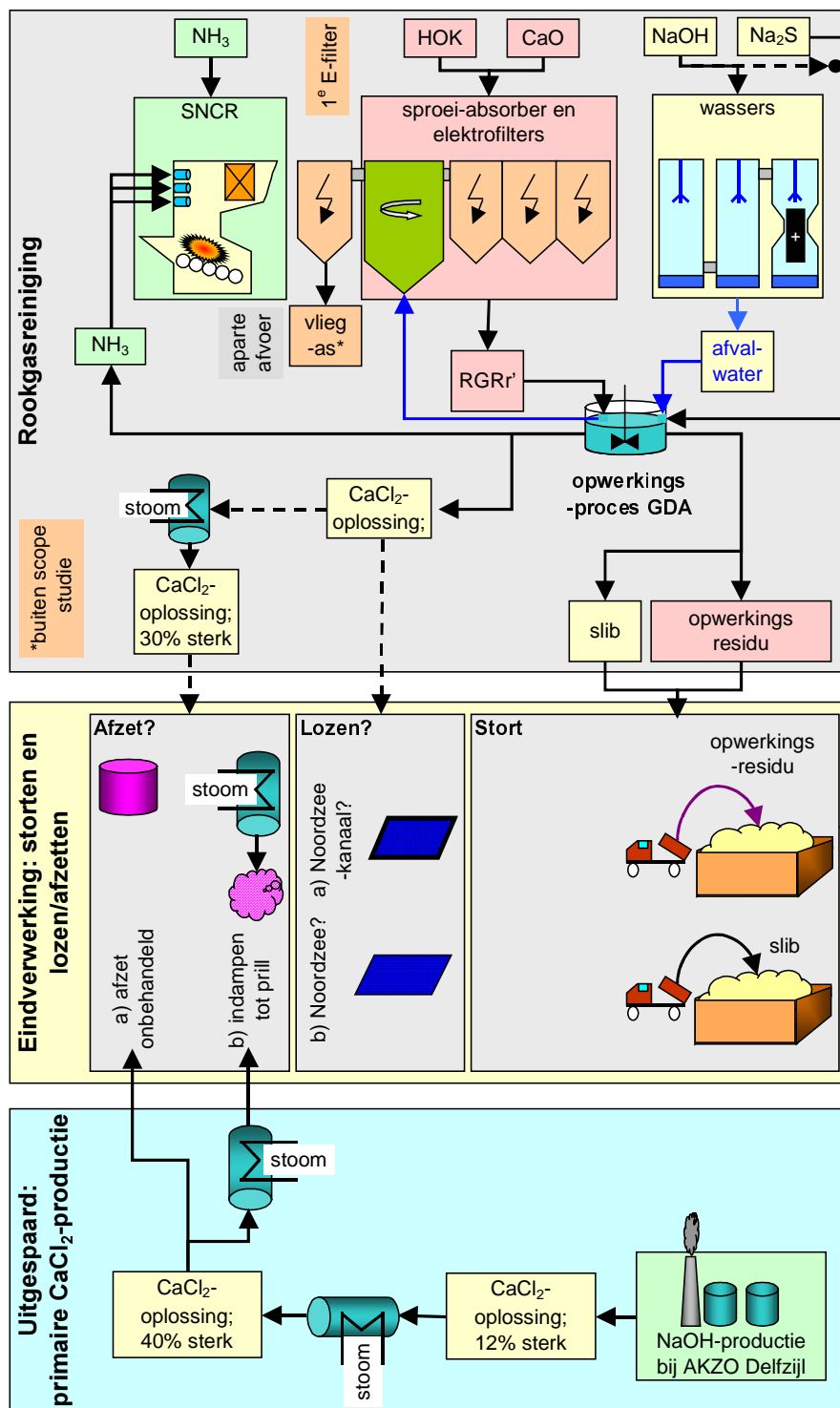


## 3 Toekomstige bedrijfsvoering

### 3.1 Toekomstige bedrijfsvoering

In Figuur 6 is de toekomstige opbouw van de rookgasreiniging van de AVI-Amsterdam gegeven, inclusief het door GDA ontwikkelde opwerkingsproces.

Figuur 6 Toekomstige opbouw rookgasreiniging en restproductenbehandeling



In de figuur is ook de bijbehorende verwijdering c.q. afzet van producten van het opwerkingsproces gegeven en is aangegeven welke primaire processen worden uitgespaard door nuttige toepassing van de  $\text{CaCl}_2$ -oplossing.

### Rookgasreiniging en reststoffenopwerking

Ter verduidelijking van het opwerkingsproces is in Figuur 7 een iets uitvoeri-ger processchema van rookgasreiniging en opwerkingsproces gegeven.







door neutralisatie van HCl uit de spui door  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  en  $\text{CaCO}_3$  uit het RGRr. Hierdoor wordt consumptie van NaOH gedeeltelijk uitgespaard.

De geconcentreerde  $\text{CaCl}_2$ -oplossing wordt behandeld door affiltreren van vaste bestanddelen, strippen van  $\text{NH}_3$  en verwijderen van zware metalen met  $\text{Na}_2\text{S}$  en  $\text{FeCl}_3$ . Gestript  $\text{NH}_3$  wordt gecondenseerd en ingezet in de SNCR. Hierdoor daalt de totale consumptie van  $\text{NH}_3$ .

De afgefilterde vaste bestanddelen worden vervolgens eerst met EDV-water en daarna met het restant spui van de 1<sup>e</sup> wasser gewassen. In de wasvloeistof opgeloste zware metalen worden in de bestaande afvalwaterbehandelinginstallatie (ARA 1) als slib afgescheiden na toevoeging van  $\text{Na}_2\text{S}$  en  $\text{FeCl}_3$ . Nog niet geneutraliseerd HCl in de wasvloeistof wordt na het wassen van het RGRr alsnog geneutraliseerd door toevoeging van extra NaOH. Opgeloste natriumzouten van chloor en zwavel worden in de spui getourneerd naar de sproeiabsorber, lossen op bij het wassen van het gevormde RGRr en worden uiteindelijk als  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  of  $\text{NaCl}/\text{CaCl}_2$  verwijderd.

In deze studie is aangenomen dat het setpoint voor de restconcentratie van HCl daarbij  $250 \text{ mg}/\text{Nm}^3$  (11 vol% $\text{O}_2$ , droog gas) blijft. Daarmee blijft ook de consumptie van CaO gelijk en blijft ook het aanbod aan  $\text{CaCO}_3$  en  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  voor neutralisatie van HCl gelijk. Het is onduidelijk of dit in de praktijk ook zo zal zijn of dat een hogere restconcentratie zal worden aangehouden, zoals gesuggereerd door GDA. Een hogere setpoint lijkt echter voor zover de auteurs kunnen overzien geen voordelen te bieden<sup>3</sup>.

#### **Verwijdering slib en bandfilterresidu**

Slib en opwerkingsresidu worden gestort. Het opwerkingsresidu heeft C3-kwaliteit en kan daarom volgens GDA in bulk worden vervoerd en gestort<sup>4</sup> bij stortplaats Nauerna. Voor het slib is evenals voor de huidige situatie uitgegaan van stort in big bags en hoezen in de C2-deponie op de Maasvlakte.

#### **Afzet van productfracties**

De  $\text{CaCl}_2$ -oplossing zou bij onvoldoende afzetmogelijkheden zonder verdere bewerking op het Noordzeekanaal moeten worden geloosd of naar de Noordzee worden getransporteerd per tanker om daar te worden geloosd. Door GDA geïdentificeerde potentiële afzetmogelijkheden zijn afzet als 30% sterke oplossing of als droog  $\text{CaCl}_2$  (prill). Beide producten vervangen in principe primaire producten. Primair  $\text{CaCl}_2$  komt voornamelijk vrij bij productie van  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , zoals bij AKZO Nobel in Delfzijl en wordt in verschillende sterktes op de markt gebracht.

Bij afzet als 30% sterke oplossing wordt de gereinigde  $\text{CaCl}_2$ -oplossing ingedampt met aftapstoom van 4 bar. Aangenomen is dat deze stoom anders zou worden gebruikt voor elektriciteitsproductie. De aftapstoom staat warmte af aan de  $\text{CaCl}_2$ -oplossing door condensatie. Aangenomen is dat het condensaat dezelfde temperatuur heeft als de niet opgewarmde  $\text{CaCl}_2$ -oplossing ( $\pm 60^\circ\text{C}$ ).

<sup>3</sup> Een hogere setpoint betekent dat minder CaO in de sproei-absorber wordt geïnjecteerd en dat minder  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  en  $\text{CaCO}_3$  overblijft voor neutralisatie van HCl. Daardoor wordt weer minder NaOH uitgespaard en kan minder  $\text{CaCl}_2$ -oplossing worden gevormd.

<sup>4</sup> Volgens de heer Van Nauerna is dit nog volstrekt onduidelijk omdat nog onduidelijk is welke eisen in de toekomst vanuit de nieuwe regelgeving voor chemisch afval aan eisen zal worden gesteld aan te storten chemisch afval.



### 3.2 Productie bandfilterresidu en slib en ruimtebeslag

Bij integratie van het opwerkingsproces voor sproeidroogproduct wordt circa 10.900 ton/jaar (40% d.s.) aan bandfilterresidu, 71 ton/jaar aan slib en circa 34.000/jaar ton aan  $\text{CaCl}_2$ -oplossing (15%) geproduceerd. De  $\text{CaCl}_2$ -oplossing wordt bij afzet ingedampt tot circa 17.000 ton/jaar  $\text{CaCl}_2$ -oplossing (30%). In de  $\text{CaCl}_2$ -oplossing is 3.387 ton  $\text{CaCl}_2$  en 1.723 ton NaCl aanwezig.

De hoeveelheden bandfilterresidu en  $\text{CaCl}_2$ -oplossing en de samenstelling van het bandfilterresidu zijn berekend op basis van:

- de jaarlijks aan de rookgasreiniging toegevoerde vracht aan luchtverontreinigende stoffen (zie Bijlage C);
- de verdeling van deze verontreinigingen over de verschillende apparaten in de rookgasreiniging;
- de bovengegeven procesbeschrijving.

De berekeningen zijn gegeven in Bijlage D. De berekende hoeveelheid bandfilterresidu klopt op zich goed met de eerder door GDA geschatte hoeveelheid (zie |6|). Ook de berekende samenstelling klopt goed met door GDA verstrekte gegevens.

Het totale aan stort van bandfilterresidu en slib gerelateerde ruimtebeslag is berekend op 30.530  $\text{m}^2/100$  jaar. De berekening is uitgevoerd op basis van de volgende uitgangspunten (zie Tabel 10).

Tabel 10 Berekening ruimtebeslag door stort van bandfilterresidu en slib in toekomstige situatie

	bandfilter-residu	slib	totaal
<b>Uitgangspunten</b>			
- soortelijk gewicht ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	1,2	1,2	
- storthoogte (meters)	30	30	
- beschouwde zichtperiode (jaar)	100	100	
- hoogte big bag lagen (cm)	n.v.t.	100	
- hoogte zand laag (cm)	n.v.t.	30	
<b>Berekening</b>			
- ruimtebeslag ( $\text{m}^3$ ) per ton	0,83	1,08	
- aantal ton per $\text{m}^2$ stortcompartiment	36,0	27,7	
- hoeveelheid reststof	10.898	71	
- oppervlak ( $\text{m}^2$ )	302,7	2,6	305,3

Voor de berekeningen zijn dezelfde uitgangspunten gehanteerd als voor bepaling van ruimtebeslag in de huidige situatie. Bandfilterresidu wordt als gezegd in bulk gestort. De uiteindelijke storthoogte in het compartiment zal 30 meter bedragen. Slib wordt in bulk gestort bij de C2-deponie van AVR op de Maasvlakte. Voor de stort bij deze deponie is uitgegaan van een eindhoogte van 30 meter.

### 3.3 Transport

Tabel 11 geeft een overzicht van het aan afvoer van bandfilterresidu en slib gerelateerde jaarlijkse aantal ton-kilometers.

Het aan afvoer van bandfilterresidu gerelateerde aantal ton-kilometers volgt uit de afgevoerde hoeveelheid RGRr (10.900 ton/jaar) en de afstand tussen AVI en stortplaats (12,3 kilometer). Voor afvoer van slib naar de C2-deponie op de Maasvlakte is een transportafstand van 150 kilometer aangehouden.

Tabel 11 Bij implementatie van RGRr-opwerkingsproces plaatsvindende transporten van bandfilterresidu en slib

Transportbeweging	Bijdrage (ton-km/jaar)
- bandfilterresidu	141.487
- CaCl <sub>2</sub> -oplossing over weg naar afnemers	1.277.569
- CaCl <sub>2</sub> -oplossing per schip naar Noordzee	1.022.055

Voor transport van de CaCl<sub>2</sub>-oplossing bij afzet (17.000 ton/jaar) is uitgegaan van 3 - 6 afnemers in Nederland. Conform de methodiek uit het MER LAP is daarom gerekend met een transportafstand van 75 kilometer.

Voor transport van de CaCl<sub>2</sub>-oplossing bij lozing op de Noordzee (34.000 ton/jaar) is uitgegaan van een transportafstand van maximaal 30 kilometer.

### 3.4 Bedrijfsmiddelen

Tabel 12 geeft een overzicht van de per jaar benodigde bedrijfsmiddelen. De gegeven getallen worden hieronder toegelicht.

De opgegeven consumptie van HOK en CaO is gelijk aan de consumptie in de huidige situatie. HOK consumptie betreft een praktijkwaarde. De consumptie van CaO is berekend, maar klopt goed met de voor verschillende jaren opgegeven consumpties. Dit is consistent met de verwachting van GDA dat de CaO-consumptie niet zal veranderen door integratie van het opwerkingsproces.

Tabel 12 Bedrijfsmiddelen consumptie bij implementatie van RGRr-opwerkingsproces in huidige situatie (per jaar)

Bedrijfsmiddelen	Consumptie (ton/jaar)
- NaOH (50%)	2.496
- CaO	2.779
- Na <sub>2</sub> S (12%)	172
- NH <sub>3</sub> (25%)	3.441
- HOK	400

De geconsumeerde hoeveelheden NaOH en Na<sub>2</sub>S zijn berekend op basis de jaarvrachten aan afgevangen luchtverontreinigende stoffen. De berekeningen worden gegeven in Bijlage D.



De berekende NaOH consumptie bedraagt ongeveer 50% van het huidige verbruik. Dit klopt (zie paragraaf 3.1). Dit kan niet worden verklaard op basis van de bij CE beschikbare informatie. De toename in de consumptie van Na<sub>2</sub>S (118 ton/jaar) is 50% hoger dan de door GDA verwachte toename (72 ton/jaar). Ook hiervoor kan op basis van de bij CE beschikbare gegevens geen verklaring worden gegeven.

De geconsumeerde hoeveelheid NH<sub>3</sub> is gecorrigeerd voor de hoeveelheid NH<sub>3</sub> die oorspronkelijk in het RGRr aanwezig was. Aangenomen is dat de in het RGRr aanwezige NH<sub>3</sub> volledig wordt teruggewonnen bij het opwerkingsproces.

### 3.5 Energieverbruik

Voor energieverbruik zijn verdisconteerd:

- het verbruik door mobiele werktuigen bij storten van reststoffen en winning van zand;
- de energie die geconsumeerd wordt bij het opwerkingsproces voor het sproeidroog;
- de energie, die eventueel nodig is voor indamping van de CaCl<sub>2</sub>-oplossing.

Tabel 13 Overzicht verbruik energiedragers bij implementatie RGRr-opwerkingsproces

	afzet CaCl <sub>2</sub> -oplossing	lozing CaCl <sub>2</sub> -oplossing
mobiele werktuigen (GJ/jaar)	6,6	6,6
elektriciteit (MWh <sub>e</sub> )		
- direct verbruik	4.400	4.400
- door inzet aftapstoom	1.484	

Het verbruik van energiedragers voor mobiele werktuigen is berekend conform de in het MER LAP gehanteerde methodiek. Daarin wordt uitgegaan van een verbruik van 27 MJ/ton voor overslag van zand en voor 60 MJ/ton voor handling van zand en afval in de stort. Het totale energieverbruik is berekend op circa 6,6 GJ/jaar.

Tabel 14 Berekening van de door mobiele werktuigen verbruikte energie

	handled materiaal (ton/jaar)	energieverbruik (MJ/ton)	energieverbruik (MJ/jaar)
Zand	27	27	723
Zand + reststof in stort	98	60	5.889
Totaal			6.612

Het verbruik van de opwerkingsinstallatie voor sproeidroogproduct bedraagt volgens opgave van GDA ongeveer 4.400 MWh<sub>e</sub>/jaar.

De stoomconsumptie bij indampen van de is berekend aan de hand van:

- de te verwijderen hoeveelheid water (17.030 ton/jaar);
- de enthalpie van aftapstoom (2,68 GJ/ton) en condensaat (0,25 GJ/ton); verschil 2,43 GJ/ton stoom;
- een warmtevraag van 2,67 GJ/ton te verdampen water.

Hieruit volgt een stoomconsumptie van:

$$(17.030 \times 2,67) \div 2,43 = 18.740 \text{ ton/jaar}$$

Hiermee had bij volledige expansie tot 0,05 bar (2,3 GJ/ton) en een isentrop rendement voor de stoomturbine van 75% ongeveer

$$(2,68 - 2,30) \times 18.740 \times 75\% = 1.484 \text{ MWh/jaar}$$

kunnen worden geproduceerd.

Het berekende stoomverbruik is circa twee keer hoger dan oorspronkelijk door GDA ingeschatte verbruik. Een verklaring hiervoor kan niet worden gegeven, temeer niet omdat van GDA over dit aspect geen informatie ontvangen is.

Huidige verbruiken door de rookgasreiniging zijn niet meegenomen. De verbruiken van de rookgasreiniging hangen samen met rookgasvolume, rookgastemperatuur en gehalten aan luchtverontreinigende stoffen. Aangenomen is dat in al deze parameters door toevoeging van een opwerkingsproces voor het sproeidroogproduct niets zal veranderen. Daarom is aangenomen dat ook de verbruiken door dit deel van de rookgasreiniging niet verandert.

### 3.6

#### Emissies

Aan emissies zijn meegenomen:

- emissies naar water bij lozing van de CaCl<sub>2</sub>-oplossing op oppervlaktewater;
- emissies naar water via gereinigd percolaat uit gestort bandfilterresidu;
- emissies naar bodem uit gestort bandfilterresidu.

#### Emissies bij lozing CaCl<sub>2</sub>-oplossing

Emissies naar water bij lozing van de CaCl<sub>2</sub>-oplossing op oppervlaktewater betreffen restconcentraties van verontreinigende stoffen in de oplossing na reiniging.

De omvang van emissies naar water bij lozing van de CaCl<sub>2</sub>-oplossing zijn geschat aan de hand van schattingen van restconcentraties van verontreinigende stoffen na reiniging. De jaarvracht van verontreinigende stoffen naar het oppervlaktewater volgt uit vermenigvuldiging van deze restconcentraties met het jaarvolume aan CaCl<sub>2</sub>-oplossing (34.000 m<sup>3</sup>, zie paragraaf 3.2).

In deze studie is er – vanwege een beperkte hoeveelheid praktijkgegevens over restconcentraties van verontreinigingen in de CaCl<sub>2</sub>-oplossing - voor gekozen om bij het berekenen van de jaarvracht uit te gaan van restconcentratiewaarden gegeven voor andere installaties dan de proefinstallatie bij AVI-Amsterdam. Het betreft onder andere praktijkcijfers met betrekking tot ARA 1 van AVI-Amsterdam (zie [1], Bijlage 5), DRSH in Dordrecht en met betrekking tot diverse Duitse AVI's. Alle restconcentraties hebben betrekking op effluent van een fysisch-chemische reiniging, zoals ook zal worden toegepast in het RGRr-opwerkingsproces. De restconcentraties en de jaarvrachten van verontreinigende stoffen zijn gegeven in Tabel 15.



Ter indicatie zijn in de tabel ook de gemeten restconcentraties in de gezuiverde CaCl<sub>2</sub>-oplossing van de proefinstallatie gegeven. Voor veel stoffen is niet te zeggen of de gehanteerde aanname nauwkeurig genoeg is:

- of omdat in de literatuur geen restconcentraties voor deze stof gevonden is en de stof om die reden niet is meegenomen;
- of omdat de door GDA gegeven meetwaarden zodanig ruim zijn dat geen uitsluitel kan worden gegeven.

Tabel 15 Bepaling omvang emissies naar oppervlaktewater bij lozing CaCl<sub>2</sub>-oplossing

	Restconcentraties bij relevante pH (kg/l)	Afgevoerd CaCl <sub>2</sub> afzetbaar (ton/jaar)	Gemeten restconcentraties (kg/l)
Antimoon	2,00E-09	6,81E-05	1,34E-07
Arseen	1,50E-08	5,11E-04	<750e-9
Barium			1,77E-05
Cadmium	5,00E-09	1,70E-04	5,80E-08
Chroom	5,00E-09	1,70E-04	<63e-9
Cobalt			<63e-9
Koper	1,00E-08	3,41E-04	<63e-9
Kwik	1,00E-09	3,41E-05	6,00E-10
Lood	1,00E-08	3,41E-04	<250e-9
Mangaan			<100e-9
Molybdeen			7,09E-07
Nikkel	1,00E-09	3,41E-05	<188e-9
Seleen	1,00E-08	3,41E-04	1,20E-08
Strontium			2,49E-05
Telluur	1,00E-08	3,41E-04	<200e-9
Tin	6,13E-22	2,09E-17	<100e-9
Vanadium	2,00E-09	6,81E-05	<63e-9
Wolfraam			<500e-9
Zink	5,00E-08	1,70E-03	6,73E-07

Voor antimoon, cadmium en zink zijn in de praktijkopstelling veel hogere restconcentraties gemeten. Dit verschil kan niet worden verklaard. De meetwaarden voor kwik en seleen kloppen goed met de aangehouden restconcentraties.

#### Emissies vanuit stort naar oppervlaktewater

Emissies naar water van gezuiverd percolaat uit bandfilterresidu is berekend op basis van:

- de berekende samenstelling van het bandfilterresidu;
- het oppervlak dat door het bandfilterresidu wordt ingenomen (303 m<sup>2</sup>, zie paragraaf 3.2);
- een gemiddelde neerslag van 300 mm/jaar (conform [7],[9]);
- een gemiddelde blootstellingsduur aan hemelwaterinfiltratie van 5 jaar.

De blootstellingsduur is afgeleid uit het feit dat het C3-compartiment op de stortplaats Nauerna in 5 jaar al tot op de helft van de maximale storthoogte is gevuld.

Op basis van deze uitgangspunten kan worden berekend dat in totaal:  
 $5 \times 303 \times 300 \cdot 10^{-3} = 454 \text{ m}^3$  per jaarproductie aan bandfilterresidu  
aan neerslag infiltreert. De jaarlijks geproduceerde hoeveelheid bandfilterresidu bedraagt circa 10.900 ton. De L/S-verhouding tussen percolaat en bandfilterresidu bedraagt  $454 : 10.900 \approx 0,04$ .

Op basis van:

- de uitloogpercentages bij L/S = 1;
- de reinigingsrendementen van de percolatuivering (conform MER LAP);
- de correctiefactoren voor temperatuur (0,7) en veroudering van het materiaal tijdens de exploitatiefase (0,37).

is de emissie naar oppervlaktewater berekend (zie Tabel 16).

De L/S-verhouding en beide correctiefactoren kunnen worden geïntegreerd tot één vermenigvuldigingsfactor van ongeveer 0,011. Vermenigvuldiging van de samenstelling met het uitloogpercentage en bovenstaande factor geeft de uitloging van het bandfilterresidu.

Aangenomen is dat het bandfilterresidu verzadigd is met water en daarom geen infiltrerend water bindt. Vrijkomen van water uit het bandfilterresidu door de druk van de kolom in de stortplaats is verwaarloosd.

Tabel 16 Berekening emissies naar oppervlaktewater vanuit de stort

	samenstelling (ton/jaar)	percentage uitloogbaar bij L/S = 1	uitloging (ton/jaar) (factor 0,011)	reinigings efficiency	emissie naar water (ton/jaar)
Antimoon	2,44	0,02%	5,26E-06	75%	1,31E-06
Arseen	0,23	0,10%	2,44E-06	80%	4,89E-07
Barium	0,72	0,10%	7,82E-06	75%	1,95E-06
Cadmium	0,91	0,01%	4,89E-07	72%	1,37E-07
Chroom	0,19	0,03%	5,20E-07	89%	5,72E-08
Cobalt	0,01	0,23%	2,40E-07	75%	6,00E-08
Koper	3,21	0,01%	1,73E-06	92%	1,39E-07
Kwik	0,47	0,01%	5,07E-07	91%	4,56E-08
Lood	15,83	0,00%	8,54E-07	91%	7,69E-08
Mangaan	1,17	0,10%	1,26E-05	75%	3,15E-06
Molybdeen	0,04	5,00%	2,27E-05	75%	5,66E-06
Nikkel	0,10	1,00%	1,04E-05	46%	5,63E-06
Seleen	0,09	0,50%	5,10E-06	75%	1,27E-06
Strontium	1,12	7,50%	9,09E-04	75%	2,27E-04
Telluur	0,01	2,50%	3,71E-06	75%	9,29E-07
Tin	3,32	0,00%	7,17E-07	75%	1,79E-07
Vanadium	0,10	0,10%	1,05E-06	75%	2,63E-07
Wolfram	0,29	0,15%	4,73E-06		4,73E-06
Zink	44,32	0,00%	4,78E-06	75%	1,20E-06

De gehanteerde uitloogpercentages zijn schattingen, gebaseerd op een beperkt aantal (de facto één) metingen.





### Emissies vanuit stort naar bodem

In Tabel 17 is een schatting gegeven van de aan stort van bandfilterresidu gerelateerde emissies naar de bodem. De omvang van de emissies is evenals voor RGRr berekend uitgaande van de samenstelling van het bandfilterresidu en een infiltratie van hemelwater van 0,5 mm/jaar over een periode van 10.000 jaar.

Op basis van het ruimtebeslag (303 m<sup>2</sup>) per jaarproductie aan bandfilterresidu (10.900 ton/jaar) en de aangehouden infiltratie over een periode van 10.000 jaar kan worden berekend dat

$$10.000 \times 303 \times 0,5 \cdot 10^{-3} = 1.514 \text{ m}^3$$

aan vocht infiltreert.

Bij een jaarproductie aan bandfilterresidu van 10.900 ton bedraagt de overeenkomstige L/S-verhouding 0,14. Vermenigvuldiging van deze verhouding met de samenstelling van het bandfilterresidu en het percentage per element dat uitloopt bij L/S = 1 geeft de uitloging over een periode van 10.000 jaar. Ook is evenals bij RGRr rekening gehouden met temperatuurinvloed en veroudering van het gestorte materiaal.

Tabel 17 Berekening emissies naar bodem door stort van bandfilterresidu

	samenstelling (ton/jaar)	percentage uitloogbaar bij L/S = 1	uitloging naar bodem (ton/jaar)
Antimoon	2,44	0,02%	3,72E-05
Arseen	0,23	0,10%	1,73E-05
Barium	0,72	0,10%	5,52E-05
Cadmium	0,91	0,01%	3,45E-06
Chroom	0,19	0,03%	3,67E-06
Cobalt	0,01	0,23%	1,70E-06
Koper	3,21	0,01%	1,22E-05
Kwik	0,47	0,01%	3,58E-06
Lood	15,83	0,00%	6,04E-06
Mangaan	1,17	0,10%	8,90E-05
Molybdeen	0,04	5,00%	1,60E-04
Nikkel	0,10	1,00%	7,37E-05
Seleen	0,09	0,50%	3,60E-05
Strontium	1,12	7,50%	6,43E-03
Telluur	0,01	2,50%	2,62E-05
Tin	3,32	0,00%	5,07E-06
Vanadium	0,10	0,10%	7,44E-06
Wolfraam	0,29	0,15%	3,35E-05
Zink	44,32	0,00%	3,38E-05

### 3.7 Bijdrage aan milieuthema's

In Tabel 18 is een overzicht gegeven van de totale bijdragen aan de beschouwde milieuthema's, inclusief de indirecte bijdragen door transporten en door productie van additieven.

Uit de tabel blijkt dat afzet van de CaCl<sub>2</sub>-oplossing duidelijk minder milieubelasting geeft dan lozen van de oplossing. De lozingslocatie heeft niet veel invloed op de milieubelasting.

Hoe opwerking van RGRr in combinatie met toepassing van CaCl<sub>2</sub>-oplossing voor de productie van prill qua milieubelasting zou scoren is op voorhand niet te zeggen.

Tabel 18 Milieuthema's

		CaCl <sub>2</sub> -oplossing afgezet	CaCl <sub>2</sub> -oplossing geloosd op Noord-zee	CaCl <sub>2</sub> -oplossing geloosd op Noord-zee kanaal
Milieuthema	Eenheid			
Abiotische uitp	kg Sb	7,08E+04	2,07E+05	2,07E+05
Broeikaseneffect	kg CO <sub>2</sub>	1,31E+07	2,62E+07	2,62E+07
Ozonlaag aant.	kg CFK11	0,755	0,826	0,826
Smogvorming	kg ethyl	-2,10E+03	3,12E+03	3,12E+03
Ecotox. water	kg 1,4DB	-1,22E+03	5,91E+04	1,31E+05
Ecotox.terr.	kg 1,4DB	-2,31E+04	1,68E+04	1,68E+04
Humane tox.	kg 1,4DB	7,30E+05	1,00E+06	1,00E+06
Verzuring	kg SO <sub>2</sub>	1,42E+05	1,94E+05	1,94E+05
Aq. Vermesting	kg PO <sub>4</sub>	2,19E+03	8,35E+03	8,35E+03
Ter. Vermesting	kg NOx	1,75E+04	6,25E+04	6,25E+04
Biodiv.	-	1,63E+05	2,10E+05	2,10E+05
Lifesupp	Mg/ha.y	1,88E+06	2,75E+06	2,75E+06
Landgebruik	m <sup>2</sup> y	2,06E+05	2,56E+05	2,56E+05
Afval	kg	1,19E+07	1,22E+07	1,22E+07
Energie	MJ	9,22E+07	3,79E+08	3,79E+08
Waterverbruik	l	1,46E+08	2,04E+08	2,04E+08

In Tabel 19 en Tabel 20 wordt de procentuele opbouw van de milieudruk gegeven, onderverdeeld naar de verschillende ketenonderdelen. De bijdragen zijn uitgedrukt ten opzichte van de bijdragen in de huidige situatie (milieudruk huidige situatie = 100%).

Uit beide tabellen blijkt dat de aan verwijdering van het RGRr gerelateerde milieudruk in de toekomstige situatie voornamelijk wordt bepaald door dezelfde processen als in de huidige situatie: stort van het residu, het bij storten gebruikte mobiele werktuig en door de consumptie van CaO, NaOH en NH<sub>3</sub>.

Wel zijn er enkele verschillen. Lagere consumptie van NH<sub>3</sub> en vooral NaOH geeft een lagere bijdrage van de productieketens van deze additieven aan de milieudruk. De aanzienlijke verbetering van de kwaliteit van het te storten



residu leidt ertoe dat emissies naar bodem en grondwater vanuit de stort nauwelijks nog bijdragen aan ecotoxiciteit en humane toxiciteit.

Aan de andere kant het energieverbruik bij opwerking een significante bijdrage, zowel bij afzet als bij lozing van  $\text{CaCl}_2$ -oplossing. Deze bijdrage hangt voornamelijk samen met de extra elektriciteitsconsumptie voor pompen en ander apparatuur. Stoomconsumptie voor indampen heeft een aanzienlijk minder significante bijdrage.

De (in vergelijking met huidige situatie) extra bijdrage door elektriciteitsconsumptie doet de door verminderde natronloogconsumptie gecreëerde milieuvoordeel bijna volledig teniet.

Tabel 19 Opbouw milieudruk bij afzet CaCl<sub>2</sub>-oplossing, uitgedrukt ten opzichte van milieudruk door huidige situatie (huidige situatie = 100%)

	Abiotische uitp	Broei-kaseffect	Ozonlaag aant.	Smog-vorming	Ecotox. water	Eco-tox.terr.	Humane tox.	Verzuring	Aq. Ver-mesting	Ter. Ver-mesting	Biodiv.	Lifesupp	Landge-bruik	Afval	Energie	Water-verbruik
Directe bijdragen																
lozing CaCl <sub>2</sub> -oplossing																
stort residu en slib					0%	0%	0%				81%	71%	73%	54%		
Transporten																
te storten afval	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%				0%	0%	0%
te lozen oplossing	1%	1%	5%	4%	-1%	1%	3%	1%	2%	2%				0%	1%	1%
opvulzand																
Bijdragen hulpstof-fen/energiedragers																
NaOH	16%	15%	9%	14%	-3%	9%	17%	5%	10%	9%	3%	4%	4%	2%	14%	30%
CaO	4%	11%	2%	4%	-1%	1%	28%	1%	4%	4%				3%	3%	1%
NH <sub>3</sub>	56%	54%		53%	-4%		6%	82%	64%	67%				0%	61%	18%
HOK	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%				0%	0%	3%
Na <sub>2</sub> S	1%	0%	0%	3%	0%	0%	1%	1%	0%	0%				0%	0%	1%
zand					0%									0%		
big bag					0%											0%
PE-hoes																
elektriciteit	15%	15%	8%	9%	-3%	6%	19%	5%	9%	9%				2%	13%	38%
mobiel werktuig	0%	0%	38%	2%	0%	0%	0%	0%	1%	1%				0%	0%	0%
Uitgespaard																
CaCl <sub>2</sub>	-65%	-50%	-12%	-148%	11%	-40%	-26%	-27%	-69%	-69%	-24%	-22%	-23%	-3%	-72%	-34%
<b>Totaal</b>	<b>29%</b>	<b>45%</b>	<b>51%</b>	<b>-58%</b>	<b>-1%</b>	<b>-22%</b>	<b>49%</b>	<b>68%</b>	<b>23%</b>	<b>25%</b>	<b>60%</b>	<b>52%</b>	<b>54%</b>	<b>58%</b>	<b>22%</b>	<b>58%</b>

Tabel 20 Opbouw milieudruk bij lozing CaCl<sub>2</sub>-oplossing, uitgedrukt ten opzichte van milieudruk door huidige situatie (huidige situatie = 100%)

	Abiotische uitp	Broei-kaseffect	Ozonlaag aant.	Smog-vorming	Ecotox. water	Eco-tox.terr.	Humane tox.	Verzuring	Aq. Vermesting	Ter. Vermesting	Biodiv.	Lifesupp	Landgebruik	Afval	Energie	Waterverbruik
Directe bijdragen																
lozing CaCl <sub>2</sub> -oplossing					1%	0%	1%									
stort residu en slib					1%	0%	0%				74%	73%	63%	53%		
Transporten																
te storten afval	0%	0%	1%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%				0%	0%	0%
te lozen oplossing																
opvulzand																
Bijdragen hulpstoffen/energiedragers																
NaOH	16%	14%	9%	14%	9%	10%	17%	5%	10%	9%	3%	4%	4%	2%	14%	30%
CaO	4%	11%	2%	4%	2%	1%	28%	1%	4%	4%				3%	3%	1%
NH <sub>3</sub>	56%	53%		55%	13%		6%	82%	63%	66%				0%	60%	18%
HOK	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%				0%	0%	3%
Na <sub>2</sub> S	1%	0%	0%	3%	0%	0%	1%	1%	0%	0%				0%	0%	1%
zand																
big bag																
PE-hoes																
elektriciteit	11%	11%	6%	7%	7%	5%	14%	3%	7%	7%				1%	10%	28%
mobiel werktuig	0%	0%	38%	2%	1%	0%	0%	0%	1%	1%				0%	0%	0%
Uitgespaard																
CaCl <sub>2</sub>																
<b>Totaal</b>	<b>88%</b>	<b>90%</b>	<b>56%</b>	<b>86%</b>	<b>34%</b>	<b>16%</b>	<b>67%</b>	<b>93%</b>	<b>86%</b>	<b>88%</b>	<b>77%</b>	<b>77%</b>	<b>67%</b>	<b>59%</b>	<b>89%</b>	<b>81%</b>

Afzet van de  $\text{CaCl}_2$ -oplossing kan een aanzienlijke reductie van de milieudruk geven en de bijdragen voor bepaalde thema's (meer dan) volledig compenseren. De milieubelasting in de  $\text{CaCl}_2$ -keten hangt voornamelijk samen met het hoge energieverbruik bij productie.

Dit lijkt wat vreemd omdat bij opwerking van de 'ruwe'  $\text{CaCl}_2$ -oplossing net als bij productie van  $\text{CaCl}_2$  bij AKZO c.q. Kemax indamping met stoom plaatsvindt, terwijl voor  $\text{CaCl}_2$ -productie ook  $\text{CaO}$  nodig is. Die  $\text{CaO}$  wordt ingezet als additief in de sproei-absorber. Het verschil is echter te verklaren uit het gegeven dat de productie van  $\text{CaCl}_2$  ook de bewerking van  $\text{NaCl}$  en de reacties van  $\text{NaCl}$  met  $\text{CO}_2$  en  $\text{NH}_3$  (als  $\text{CO}_2$ -transporteur) vergt. De aan dit procesdeel gerelateerde emissies en energieverbruiken komen ook ten goede van het product  $\text{CaCl}_2$ . Dit procesdeel vergt behoorlijk wat energie (zie Bijlage F). Kort door de bocht kan daarom worden gesteld dat  $\text{CaCl}_2$ -productie bij AVI-Amsterdam milieuvriendelijker is dan productie bij Kemax.



## 4 Economische analyse

In de economische analyse worden de economische kosten afgezet tegen de milieubelasting uitgedrukt in geld.

### Economische kosten

De economische kosten zijn bepaald conform de door GDA gehanteerde uitgangspunten en methodiek voor rendabiliteitsstudies. De opbouw van de investeringskosten is gegeven in Tabel 21. De investeringskosten voor de productie-installatie hebben betrekking op een installatie inclusief indampinstallatie voor de  $\text{CaCl}_2$ -oplossing. Een productie-installatie zonder indampinstallatie kost ongeveer € 900.000 minder.

Tabel 21 Opbouw investeringskosten (in €)

	proefinstallatie	productie-installatie
bouwkosten (inclusief aansluitkosten)	574.171	4.845.280
bijkomende kosten	151.599	1.001.736
startkosten	47.658	199.712
onvoorzien (15%)	116.014	907.009
Subtotaal	889.444	6.953.737
bouwrente	66.268	514.712
BTW 8,75%	77.615	606.851
Totaal	1.033.327	8.075.300

De voor kapitaallasten, personeel en onderhoud gepresenteerde cijfers zijn voornamelijk gebaseerd op informatie gegeven in [6], een notitie uit augustus 1997. Recentere informatie is helaas bij CE niet beschikbaar. Kosten voor consumptie van energiedragers en additieven en voor storten van reststoffen zijn berekend op basis van zelf berekende consumpties en vrijkomende hoeveelheden te storten afval (zie verder Hoofdstuk 2 en 3).

In Tabel 22 is de netto invloed van integratie van de opwerkingsinstallatie op de kosten van de AVI gegeven. De kosten voor eventueel transport van de  $\text{CaCl}_2$ -oplossing naar de Noordzee zijn niet verdisconteerd.

Tabel 22 Opbouw exploitatiekosten en baten (alle kentallen in €)

	lozing $\text{CaCl}_2$ -oplossing	afzet $\text{CaCl}_2$ -oplossing
kapitaallasten	673.573	778.422
personeel		
energie	139.798	241.880
hulpstoffen	-186.428	-186.428
onderhoud	168.847	168.847
stort residu	-838.839	-838.839
opbrengsten uit afzet $\text{CaCl}_2$ -oplossing		-370.396
BTW	-74.937	-74.937
	-117.985	-281.451

In Tabel 23 is inzicht gegeven in de uitgangspunten voor de schatting van de netto invloed van veranderingen in de consumptie van chemicaliën en energiedragers. De eenheidsprijzen zijn ontleend aan [6], [1] en [10].

Tabel 23 Overzicht stortkosten en kosten gerelateerd aan consumptie van energiedragers en additieven

	eenheidsprijs (in €)	verschil in con- sumptie/productie	kosten- consequenties (in €)
elektriciteit (MWh <sub>e</sub> )	31,77	4.400	139.798
aftapstoom (ton)	5,45	18.742	102.081
NaOH (per ton 50%-oplossing)	90,78	-2.448	-222.262
NH <sub>3</sub> (25% oplossing)	68,08	-181	-12.329
Na <sub>2</sub> S (per ton 15% oplossing)	176,11	118	20.855
stort RGRr (per ton)	140,71	-11.439	-1.609.522
stort bandfilterresidu (per ton)	65,81	10.898	717.263
stort slib (per ton)	453,89	25	11.379
			-852.736

Uit Tabel 22 en Tabel 23 blijkt dat hogere kapitaallasten ruimschoots worden terugverdient door lagere uitgaven aan additieven en stortkosten. Eventueel kunnen nog wat extra inkomsten worden gecreëerd door afzet van de CaCl<sub>2</sub>-oplossing.

### Milieukosten

De milieukosten (zie Tabel 24) zijn bepaald door de milieubelasting met behulp van zogenaamde schaduw prijzen te vertalen naar economische kosten.

De milieubelasting volgt uit de bijdragen per route aan de beschouwde milieuthema's en uit de milieukosten per milieuthema (zie Bijlage B). Zoals uit de tabel blijkt geeft opwerking van het sproeidroogproduct (RGRr) altijd lagere milieukosten, ongeacht de toepassing van de CaCl<sub>2</sub>-oplossing. Wel geeft afzet van deze oplossing een significant extra milieuvoordeel. Het lozingspunt heeft ook in milieukosten uitgedrukt weinig invloed.

### Conclusie

Opwerken van RGRr is zowel economisch als qua milieukosten een aantrekkelijke optie, zeker wanneer de geproduceerde CaCl<sub>2</sub>-oplossing kan worden afgezet.





Tabel 24 Milieukosten voor beschouwde systemen

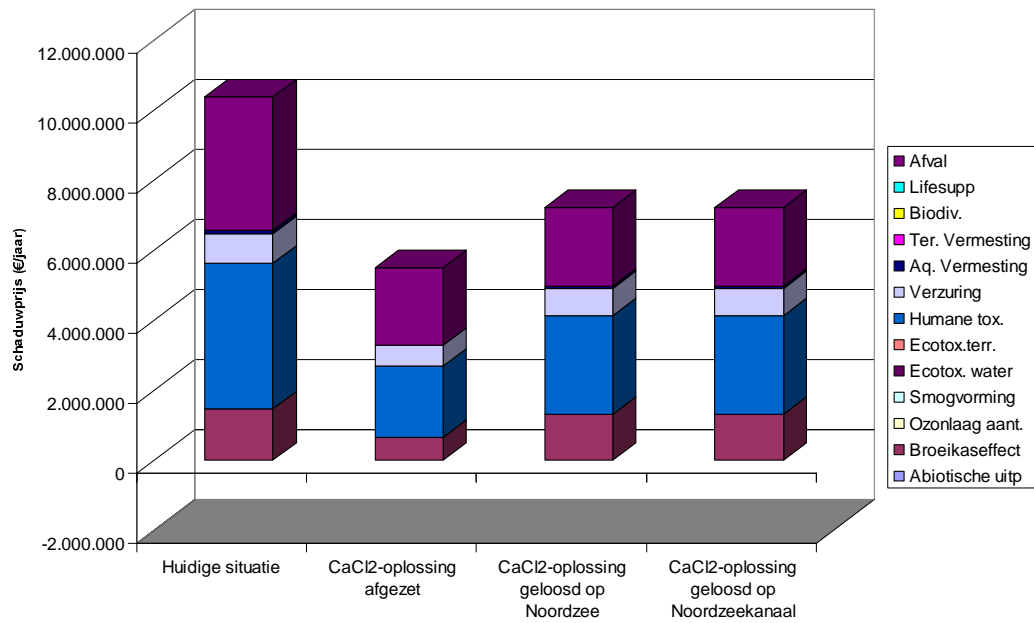
	milieukosten per eenheid	huidige situatie	Opwerking/ afzet	Opwerking/ lozing Noord- zee	Opwerking/ lozing Noord- zeekanaal
Milieuthema					
Abiotische uitp		2,36E+05	7,08E+04	2,07E+05	2,07E+05
Broeikaseneffect	0,05	2,91E+07	1,31E+07	2,62E+07	2,62E+07
Ozonlaag aant.	30	1,48	0,755	0,826	0,826
Smogvorming	2,14	3,63E+03	-2,10E+03	3,12E+03	3,12E+03
Ecotox. water		1,74E+05	-1,22E+03	5,91E+04	1,31E+05
Ecotox.terr.		1,03E+05	-2,31E+04	1,68E+04	1,68E+04
Humane tox.	2,8	1,49E+06	7,30E+05	1,00E+06	1,00E+06
Verzuring	4	2,09E+05	1,42E+05	1,94E+05	1,94E+05
Aq. Vermesting	9	9,66E+03	2,19E+03	8,35E+03	8,35E+03
Ter. Vermesting		7,08E+04	1,75E+04	6,25E+04	6,25E+04
Biodiv.		2,72E+05	1,63E+05	2,10E+05	2,10E+05
Lifesupp		3,57E+06	1,88E+06	2,75E+06	2,75E+06
Landgebruik		3,84E+05	2,06E+05	2,56E+05	2,56E+05
Afval	0,185	2,06E+07	1,19E+07	1,22E+07	1,22E+07
Energie		4,28E+08	9,22E+07	3,79E+08	3,79E+08
Waterverbruik		2,52E+08	1,46E+08	2,04E+08	2,04E+08
<b>Schaduwprijs</b>		<b>10.368.753</b>	<b>5.483.739</b>	<b>7.224.852</b>	<b>7.224.852</b>

Het voordeel in milieukosten bij opwerking van RGR tot residu en  $\text{CaCl}_2$ -oplossing hangt voornamelijk samen met uitgespaarde milieukosten voor de thema's afval en humane toxiciteit. De bij opwerking van RGR uitgespaarde bijdrage aan deze thema's geeft een reductie in milieukosten van in totaal €  $2,9 \cdot 10^6$  per jaar wanneer de  $\text{CaCl}_2$ -oplossing wordt geloosd en van €  $3,7 \cdot 10^6$  per jaar wanneer de  $\text{CaCl}_2$ -oplossing wordt afgezet.

Afzet van de  $\text{CaCl}_2$ -oplossing geeft nog eens een extra voordeel van in totaal  $1,1 \cdot 10^6$  per jaar door lagere bijdragen aan klimaatverandering, verzuring en aquatische vermisting.

Eén en ander is ook grafisch weergegeven in Figuur 8.

Figuur 8 Opbouw milieukosten voor huidige situatie en bij implementatie van het RGRr-opwerkingsproces



## 5 Vergelijking van systemen en conclusies

### 5.1 Vergelijking op milieubelasting

Tabel 25 geeft een samenvattend overzicht van de bepaalde bijdragen aan de beschouwde milieuthema's. In Tabel 26 zijn de genormaliseerde waarden gegeven.

In Tabel 27 en Tabel 28 zijn de genormaliseerde bijdragen op twee manieren gewogen (zie Bijlage B) en zijn de gewogen bijdragen geaggregeerd tot één milieu-indicator. Eén en ander is ook grafisch weergegeven in Figuur 9 en Figuur 10.

Uit de tabellen en figuren blijkt dat opwerking van RGRr in combinatie met afzet van de geproduceerde CaCl<sub>2</sub>-oplossing bij beide weegmethoden een duidelijk lagere geaggregeerde milieubelasting geeft dan de huidige stort. Wanneer de CaCl<sub>2</sub>-oplossing niet wordt afgezet maar op oppervlaktewater wordt geloosd is de geaggregeerde milieubelasting slechts iets minder dan de huidige stort van RGRr.

Tabel 25 Samenvattend overzicht bijdragen aan milieuthema's voor de verschillende verwijderingsroutes voor RGRr

Milieuthema	Eenheid	Huidige situatie	CaCl <sub>2</sub> -oplossing afgezet	CaCl <sub>2</sub> -oplossing geloosd op Noordzee	CaCl <sub>2</sub> -oplossing geloosd op Noordzeekanaal
Effect gerelateerde milieuthema's:					
Abiotische uitp	kg Sb	2,36E+05	7,08E+04	2,07E+05	2,07E+05
Broeikaseneffect	kg CO <sub>2</sub>	2,91E+07	1,31E+07	2,62E+07	2,62E+07
Ozonlaag aant.	kg CFK11	1,48	0,755	0,826	0,826
Smogvorming	kg ethyl	3,63E+03	-2,10E+03	3,12E+03	3,12E+03
Ecotox. water	kg 1,4DB	1,74E+05	-1,22E+03	5,91E+04	1,31E+05
Ecotox. terr.	kg 1,4DB	1,03E+05	-2,31E+04	1,68E+04	1,68E+04
Humane tox.	kg 1,4DB	1,49E+06	7,30E+05	1,00E+06	1,00E+06
Verzuring	kg SO <sub>2</sub>	2,09E+05	1,42E+05	1,94E+05	1,94E+05
Aq. Vermesting	kg PO <sub>4</sub>	9,66E+03	2,19E+03	8,35E+03	8,35E+03
Ter. Vermesting	kg NOx	7,08E+04	1,75E+04	6,25E+04	6,25E+04
Biodiv.	-	2,72E+05	1,63E+05	2,10E+05	2,10E+05
Lifesupp	Mg/ha.y	3,57E+06	1,88E+06	2,75E+06	2,75E+06
Ingrep gerelateerde milieuthema's					
Landgebruik	m <sup>2</sup> y	3,84E+05	2,06E+05	2,56E+05	2,56E+05
Afval	kg	2,06E+07	1,19E+07	1,22E+07	1,22E+07
Energie	MJ	4,28E+08	9,22E+07	3,79E+08	3,79E+08
Waterverbruik	l	2,52E+08	1,46E+08	2,04E+08	2,04E+08

Tabel 26 Genormaliseerde bijdragen voor de beschouwde verwijderingsroutes voor RGRr

Impact categorie	Huidige situatie	CaCl <sub>2</sub> -oplossing afgezet	CaCl <sub>2</sub> -oplossing geloosd op Noordzee	CaCl <sub>2</sub> -oplossing geloosd op Noordzeekanaal
Effect gerelateerde milieuthema's:				
Abiotische uitp	1,43E-04	4,29E-05	1,25E-04	1,28E-04
Broeikaseffect	1,32E-04	5,93E-05	1,19E-04	1,20E-04
Ozonlaag aant.	1,51E-06	7,73E-07	8,45E-07	1,16E-06
Smogvorming	1,99E-05	-1,15E-05	1,71E-05	1,77E-05
Ecotox. water	2,31E-05	-1,63E-07	7,86E-06	1,79E-05
Ecotox.terr.	1,07E-04	-2,41E-05	1,75E-05	1,76E-05
Humane tox.	7,93E-06	3,88E-06	5,32E-06	5,45E-06
Verzuring	3,12E-04	2,12E-04	2,90E-04	2,93E-04
Aq. Vermesting	1,92E-05	4,36E-06	1,66E-05	1,73E-05
Ter. Vermesting	6,27E-05	1,55E-05	5,53E-05	5,70E-05
Biodiv.	1,40E-05	8,40E-06	1,08E-05	1,08E-05
Lifesupp	1,59E-05	8,36E-06	1,22E-05	1,22E-05
Ingrep gerelateerde milieuthema's:				
Landgebruik	1,13E-05	6,08E-06	7,55E-06	7,49E-06
Afval	2,82E-03	1,63E-03	1,67E-03	2,28E-03
Energie	9,95E-05	2,14E-05	8,81E-05	9,04E-05
Waterverbruik	9,96E-05	5,77E-05	8,06E-05	8,93E-05

Tabel 27 Aggregatie genormaliseerde bijdragen aan effectgerelateerde milieuthema's

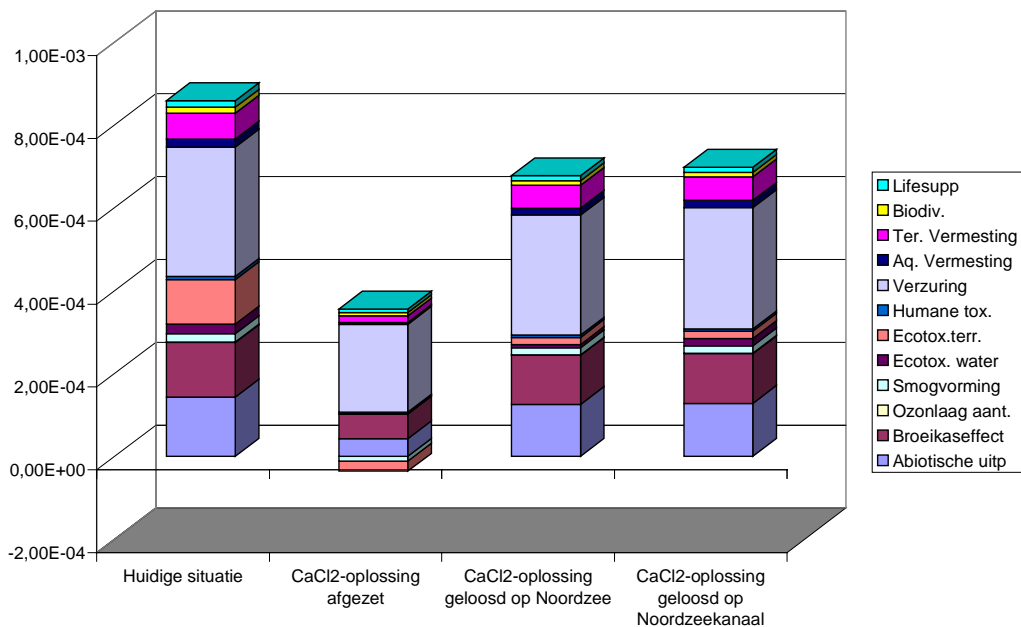
	Huidige situatie	CaCl <sub>2</sub> -oplossing afgezet	CaCl <sub>2</sub> -oplossing geloosd op Noordzee	CaCl <sub>2</sub> -oplossing geloosd op Noordzeekanaal
TOTAAL	8,59E-04	3,20E-04	6,78E-04	6,98E-04
Effect gerelateerde milieuthema's:				
Abiotische uitp	1,43E-04	4,29E-05	1,25E-04	1,28E-04
Broeikaseffect	1,32E-04	5,93E-05	1,19E-04	1,20E-04
Ozonlaag aant.	1,51E-06	7,73E-07	8,45E-07	1,16E-06
Smogvorming	1,99E-05	-1,15E-05	1,71E-05	1,77E-05
Ecotox. water	2,31E-05	-1,63E-07	7,86E-06	1,79E-05
Ecotox.terr.	1,07E-04	-2,41E-05	1,75E-05	1,76E-05
Humane tox.	7,93E-06	3,88E-06	5,32E-06	5,45E-06
Verzuring	3,12E-04	2,12E-04	2,90E-04	2,93E-04
Aq. Vermesting	1,92E-05	4,36E-06	1,66E-05	1,73E-05
Ter. Vermesting	6,27E-05	1,55E-05	5,53E-05	5,70E-05
Biodiv.	1,40E-05	8,40E-06	1,08E-05	1,08E-05
Lifesupp	1,59E-05	8,36E-06	1,22E-05	1,22E-05
Ingrep gerelateerde milieuthema's:				
Landgebruik	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Afval	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Energie	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Waterverbruik	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.



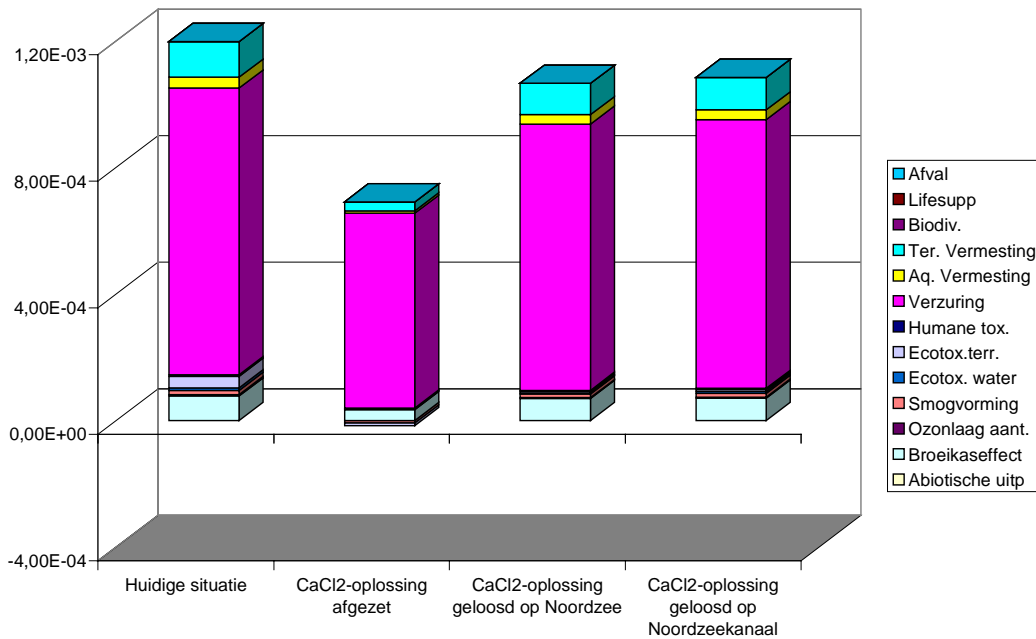
Tabel 28 Weging middels distance-to-target methodiek

	Huidige situatie	CaCl <sub>2</sub> -oplossing afgezet	CaCl <sub>2</sub> -oplossing geloosd op Noordzee	CaCl <sub>2</sub> -oplossing geloosd op Noordzeekanaal
TOTAAL	1,44E-03	7,27E-04	1,28E-03	1,30E-03
Effect gerelateerde milieuthema's:				
Abiotische uitp				
Broeikaseffect	7,77E-05	3,50E-05	6,99E-05	7,08E-05
Ozonlaag aant.	4,54E-06	2,32E-06	2,54E-06	3,48E-06
Smogvorming	1,32E-05	-7,62E-06	1,13E-05	1,17E-05
Ecotox. water	7,85E-06	-5,54E-08	2,67E-06	6,09E-06
Ecotox.terr.	3,65E-05	-8,19E-06	5,96E-06	5,98E-06
Humane tox.	5,23E-06	2,56E-06	3,51E-06	3,60E-06
Verzuring	9,06E-04	6,16E-04	8,41E-04	8,50E-04
Aq. Vermesting	3,46E-05	7,85E-06	2,99E-05	3,11E-05
Ter. Vermesting	1,13E-04	2,79E-05	9,96E-05	1,03E-04
Biodiv.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Lifesupp	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Ingrep gerelateerde milieuthema's:				
Landgebruik	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Afval	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Energie	2,39E-04	5,15E-05	2,12E-04	2,17E-04
Waterverbruik	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.

Figuur 9 Aggregatie van genormaliseerde bijdragen aan effectgerelateerde thema's



Figuur 10 Weging middels distance-to-target methodiek



Uit de figuren en tabellen valt op te maken dat met name de bijdrage aan verzuring een grote invloed heeft op de totale genormaliseerde of gewogen milieudruk. Andere belangrijke thema's zijn terrestrale vermisting en ecotoxiciteit, broeikaseffect en abiotische uitputting.

Verzuring, terrestrale vermisting en broeikaseffect hangen sterk samen met energiegebruik en verzurende emissies bij het opwerkingsproces en de productie van NaOH, CaCl<sub>2</sub> en NH<sub>3</sub>. Uitsparing van CaCl<sub>2</sub> productie geeft als gezegd een duidelijk lagere bijdrage aan deze thema's. Bij lozing van de geproduceerde CaCl<sub>2</sub>-oplossing wordt het voordeel door gereduceerde NaOH-consumptie en NH<sub>3</sub>-consumptie op deze thema's vrijwel tenietgedaan door extra verbruik van elektriciteit.

Hetzelfde gebeurt voor het thema abiotische uitputting, dat logischerwijs voornamelijk samenhangt met het verbruik van grondstoffen en fossiele energiedragers.

Alleen voor het thema terrestrale ecotoxiciteit heeft wel of niet afzetten van de bij opwerking geproduceerde CaCl<sub>2</sub>-oplossing weinig invloed, omdat dit thema voornamelijk samenhangt met emissies vanuit de stort. De emissies zijn bij opwerking duidelijk lager vanwege de, in vergelijking met RGRr, beperktere uitloging van het te storten residu. Dit komt ten eerste doordat verontreinigingen deels uit het residu zijn uitgewassen en ten tweede door de aard van het residu en de waarschijnlijke binding van verontreinigingen aan het daarin aanwezige actieve kool. Het feit dat het residu voornamelijk uit gips bestaat betekent dat het een minder permeabele structuur heeft waardoor verontreinigingen minder beschikbaar zijn voor uitloging. De aanwezigheid van actieve kool versterkt dit effect.



## 6 Conclusies

Uit de economische analyse blijkt dat opwerken van RGRr voor GDA een economisch voordeel biedt, ook wanneer de bij opwerking geproduceerde  $\text{CaCl}_2$ -oplossing niet wordt afgezet, maar op oppervlaktewater wordt geloosd.

Qua milieubelasting biedt opwerking zonder afzet van  $\text{CaCl}_2$ -oplossing een bescheiden, maar wel aanwijsbaar voordeel van 10% tot 30% ten opzichte van de huidige stort van RGRr, zowel:

- wanneer alle genormaliseerde bijdragen aan de beschouwde effect-thema's even zwaar worden gewogen (20%);
- wanneer distance to target weging wordt toegepast (10%);
- wanneer de milieubelasting in milieukosten worden uitgedrukt (30%).

Wanneer afzet van de bij opwerking van RGRr geproduceerde  $\text{CaCl}_2$ -oplossing echter wel mogelijk is, geeft dit voor alle drie de gehanteerde evaluatiemethoden een grote afname in milieubelasting ten opzichte van de huidige situatie.

Uit de door ARCADIS uitgevoerde analyse komt verder naar voren dat lozing op het Noordzeekanaal geen acute toxische effecten zal veroorzaken en geen optische vervuiling zal veroorzaken.

Samenvattend kan worden geconcludeerd dat het door GDA ontwikkelde opwerkingsproces netto in het meest ongunstige geval een kleine verlichting van de aan verwerking van RGRr gerelateerde milieubelasting geeft en zeker een economisch voordeel oplevert voor GDA. Er hoeft qua milieubelasting zeker geen bezwaar te zijn tegen implementatie en integratie van het opwerkingsproces in de rookgasreiniging van AVI Amsterdam. Afzet van de  $\text{CaCl}_2$ -oplossing zou moeten worden gestimuleerd.

Deze conclusies zijn in onderstaande tabel gevisualiseerd.

Tabel 29 Algemene kwalitatieve beoordeling CE van initiatief t.o.v. huidige situatie

aspect	waardering		
	afzet $\text{CaCl}_2$ -oplossing	lozing $\text{CaCl}_2$ -oplossing op Noordzeekanaal	lozing $\text{CaCl}_2$ -oplossing op Noordzee
kosten	++	+	+
afvalvolume/stortvolume	+	+	+
kwaliteit te storten materiaal	++	++	++
vervuiling oppervlaktewater	0	-	-
milieubelasting	++	+	+





## Literatuurlijst

- [1] R.J.M. Galavazi  
Nuttige toepassing RGR-zouten AVI-Amsterdam  
AKZO-Nobel Engineering, Arnhem, 1995
- [2] Anonymus  
Rookgasreiniging AVI-West  
Projectdirectie AVI-West, Amsterdam, 8 november 1990
- [3] Anonymus  
'Afval is de toekomst', Jaarverslag GDA 2000  
GDA, Amsterdam, 2001
- [4] B. Meu, A. Faaij  
Het gedrag van zware metalen in kolencentrales en AVI's  
RU Utrecht, Utrecht, december 1997
- [6] C. de Vries  
Zoutfabriek AVI-Amsterdam  
GDA, Amsterdam, augustus 1997
- [7] Anonymus  
Milieu-effectrapport Landelijk AfvalbeheersPlan, achtergronddocument A2  
LCA; methodiek en uitwerking in het LAP  
AOO, Utrecht, 2002
- [8] B. Leurs, M. Davidson  
Update milieukostenmethodiek  
CE, Delft, 2002
- [9] rapport over immobilisaten
- [10] G.C. Bergsma, H.J. Croezen, G. de Weerd, T.T. van der Werff  
Beperking van emissies naar de lucht bij conversie van biomassa naar elek-  
triciteit en warmte  
CE, Delft, 20 april 1999
- [11] K.D. van der Linde et al  
Haalbaarheidsstudie uitbreiding AVI Amsterdam  
GDA, Amsterdam, juni 2000



**CE**

**Oplossingen voor  
milieu, economie  
en technologie**

Oude Delft 180

2611 HH Delft

tel: 015 2 150 150

fax: 015 2 150 151

e-mail: ce@ce.nl

website: www.ce.nl

Besloten Vennootschap

KvK 27251086

## **De milieueffecten van zoutopwerking**

### **Bijlagen**

#### **Rapport**

Delft, januari 2003

Opgesteld door: H.J. Croezen (CE)  
O. Bello (CE)  
J.T.W. Vroonhof (CE)  
Met medewerking van R-J Saft (IVAM)  
H. van Ewijk (IVAM)





## A Milieukosten methodiek

In de in de economische analyse gehanteerde methodiek worden de economische kosten afgezet tegen de milieubelasting uitgedrukt in geld. Voor de economische analyse is gebruik gemaakt van de door GDA gehanteerde uitgangspunten voor rendabiliteitstudies.

De milieukosten zijn bepaald door de aan de beschouwde gerelateerde milieubelasting met behulp van zogenaamde schaduwrijzen te vertalen naar economische kosten. De milieubelasting volgt uit de milieuanalyse.

De schaduwrijzen worden per milieuthema vastgesteld op basis van de zogenaamde preventiekostenmethode. De schaduwrijzen worden geconstrueerd per thema, uitgaande van:

- direct prijsbeleid van de overheid (heffingen en dergelijke) of, indien dit niet beschikbaar is;
- de doelstellingen op stofniveau of, indien dit niet beschikbaar is;
- de overheidsdoelstellingen op themaniveau (zie ook distance-to-target wegingsmethodiek).

Er zijn schaduwrijzen voor de milieuthema's:

- klimaatverandering (broeikaseffect);
- verzuring;
- vermesting;
- humane toxiciteit (voorheen verspreiding);
- fotochemische oxydantvorming (smogvorming);
- aantasting ozonlaag.

In Tabel 30 is een overzicht van de gehanteerde schaduwrijzen gegeven.

Tabel 30 Overzicht gehanteerde milieuprijzen

Milieuthema	Eenheid	milieukosten per eenheid
Abiotische uitp	kg Sb	
Broeikaseffect	kg CO <sub>2</sub>	0,05
Ozonlaag aant.	kg CFK11	30
Smogvorming	kg ethyl	2,14
Ecotox. water	kg 1,4DB	
Ecotox.terr.	kg 1,4DB	
Humane tox.	kg 1,4DB	2,8
Verzuring	kg SO <sub>2</sub>	4
Aq. Vermesting	kg PO <sub>4</sub>	9
Ter. Vermesting	kg NO <sub>x</sub>	
Biodiv.	-	
Lifesupp	Mg/ha.y	
Landgebruik	m <sup>2</sup> y	
Afval	kg	0,185
Energie	MJ	
Waterverbruik	l	



## B LCA-methodiek

Bij de uitvoering van de milieuanalyse is gebruik gemaakt van een methodiek gebaseerd op de door CML ontwikkelde LCA-methodiek. Deze methodiek wordt in Nederland algemeen toegepast voor de uitvoering van milieuanalyses.

Volgens de CML-methodiek wordt een LCA voor afvalverwijdering in onderstaande vijf stappen doorlopen:

- definitie functionele eenheid;
- definitie van de te beschouwen systemen, afbakening;
- inventariseren van de optredende milieubelasting, uitgedrukt per functionele eenheid;
- classificatie van de optredende milieubelasting per proces, vertaling van de optredende milieubelasting naar de potentiële bijdragen aan milieuthema's;
- sommering van de potentiële bijdragen per proces over de gehele route.

In onderstaande subparagrafen is per stap aangegeven hoe die stap in de door CE en IVAM uitgevoerde milieuanalyse is ingevuld.

In de oorspronkelijke opzet zou in de milieuanalyse dezelfde methodiek worden gebruikt als is gebruikt in de in het kader van het LAP uitgevoerde LCA's van verwerkingsopties voor droog RGRr (MER LAP, zie paragraaf). Op basis van die LCA's is in het LAP een minimum standaard voor toekomstige opwerking of nabehandeling van RGRr gedefinieerd. De conform het nieuwe beleid in de toekomst noodzakelijke nabehandeling of verwerking van RGRr zou conform dit beleid minder of maximaal evenveel milieubelasting dienen te veroorzaken dan deze minimum standaard. Vanwege dit beleidsmatige referentiepunt leek het logisch dezelfde methodiek te hanteren.

Bij uitvoering bleek het echter niet haalbaar de in het LAP gehanteerde methodiek ongewijzigd toe te passen in de milieuanalyse van het door GDA ontwikkelde opwerkingsproces voor droog RGRr. Daar waar afgeweken is van het MER LAP zal dit worden aangegeven.

### B.1 Definitie functionele eenheid en afbakening

De afbakening betreft de vraag welke processen allemaal moeten worden beschouwd in de milieuanalyse. De definitie van de functionele eenheid betreft de vraag wat als uitgangspunt voor de milieuanalyse moet worden genomen.

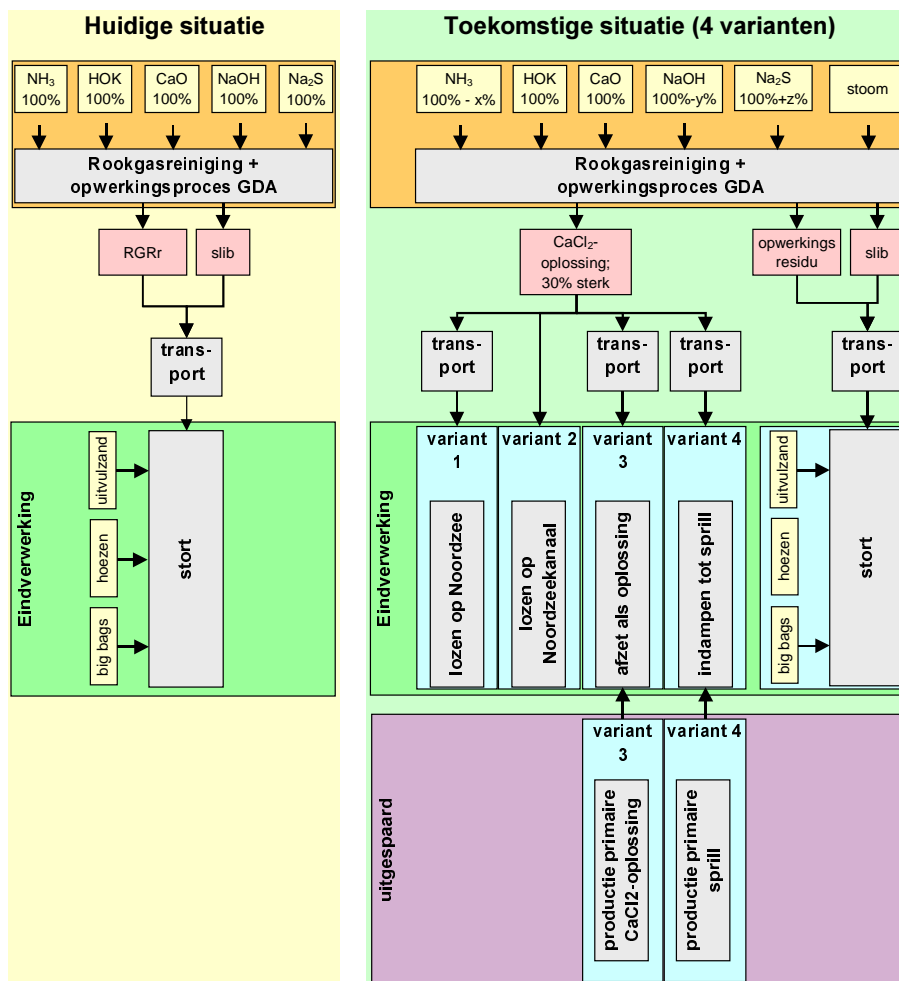
In het LAP is dat steeds 1 ton droog RGRr geweest en is enkel de verwerking van die ene ton RGRr beschouwd. In deze studie is vanwege het specifieke karakter van de voorgenomen activiteit uiteindelijk uitgegaan van een andere afbakening en van een andere functionele eenheid, ook al was oorspronkelijk de bedoeling om de methodiek uit het MER LAP ook voor deze aspecten te volgen.

Er is gekozen voor een andere afbakening omdat het opwerkingsproces niet alleen betrekking heeft op de verwerking van vrijkomend RGRr, maar ook op het functioneren van de complete rookgasreiniging en het gebruik van addi-

tieven daarbij. Dit soort effecten past niet binnen de in het MER LAP gehanteerde afbakening.

In Figuur 11 is globaal de in deze studie aangehouden afbakening gegeven. Er is een milieuanalyse van de huidige situatie uitgevoerd om een referentiepunt te hebben. Voor de toekomstige situatie zijn vier varianten beschouwd, waarvan twee met verschillende afzetmogelijkheden voor de  $\text{CaCl}_2$ -oplossing en twee met verschillende lozingslocaties voor deze oplossing. De potentiële afzetoptyes voor de  $\text{CaCl}_2$ -oplossing zijn door GDA geïdentificeerd.

Figuur 11 Globale opzet huidige rookgasreiniging en alternatieven met opwerking RGRr



Voor de functionele eenheid is in deze studie, vanwege:

- de format van lozingsvergunningen (jaarvrachten en concentratienormen voor waterverontreinigende stoffen);
  - de voor de economische analyse te hanteren methodiek (jaarkosten);
- uitgegaan van jaarvrachten van uit de rookgassen verwijderde hoeveelheid luchtverontreinigende stoffen. Op basis hiervan kunnen jaarvrachten aan RGRr en opwerkingsresidu en andere vaste stoffen en emissies worden berekend.





## **B.2 Inventarisatie van optredende milieubelasting**

Bij de inventarisatie van de optredende milieubelasting wordt voor alle processen binnen de beschouwde routes de directe en indirecte milieubelasting bepaald. De directe milieubelasting betreft de bij het proces zelf optredende emissies en productie van te storten vast afval. De indirecte milieubelasting heeft betrekking op:

- de milieubelasting door de productie van in het proces geconsumeerde energiedragers en hulpstoffen;
- de milieubelasting die wordt uitgespaard door afzet van de tijdens afvalverwerking geproduceerde secundaire producten.

De afzet van secundaire producten leidt tot substitutie van primaire producten en tot uitsparing van de bij productie daarvan optredende milieubelasting.

Bij de inventarisatie van optredende milieueffecten is in deze studie voor RGRr en opwerkingsresidu ook een schatting gemaakt van emissies uit de stort naar de bodem. Daarbij is gebruik gemaakt van de door RIVM voor het bouwstoffenbesluit ontwikkelde methodiek voor het schatten van emissies naar bodem op basis van uitloggegevens van reststoffen.

Oorspronkelijk zou een poging tot een klassieke risicoanalyse worden gedaan voor kans en gevolgen van calamiteiten met gestort RGRr of residu van RGRr-opwerking. Een klassieke risicoanalyse bleek niet mogelijk. De hoezen en big bags waarin RGRr wordt verpakt zijn volgens geraadpleegde deskundigen bedoeld om risico's tijdens handling van RGRr van C2-kwaliteit te reduceren tot een niveau vergelijkbaar aan de risico's bij handling van residu van C3-kwaliteit.

Om toch verschillen in kwaliteit van de verschillende residuen tot uitdrukking te kunnen brengen is een schatting gemaakt van de emissies naar de bodem. Daarbij is een tijdshorizon van 10.000 jaar aangehouden, conform de door RIVM ontwikkelde rekenmethodiek. Dit in tegenstelling tot de in het MER LAP gehanteerde rekenmethodiek waarin een tijdshorizon van slechts 100 jaar wordt gehanteerd. De door RIVM ontwikkelde rekenmethodiek sluit echter beter aan bij overheidsbeleid aangaande stortplaatsen en eeuwigdurende nazorg voor stortplaatsen.

## **B.3 Classificatie en sommering**

De geïnventariseerde emissies en productie van te storten vaste reststoffen wordt met behulp van classificatiefactoren omgerekend naar de potentiële bijdrage aan milieuthema's. De bijdragen van de individuele processen uit de route worden vervolgens tot één waarde of score voor de gehele route gesommeerd.

Tabel 31 Beschouwde milieuthema's en LCA-thema's

Milieuthema	LCA-thema	normeringswaarden <sup>5</sup>
	<i>(Effectgericht)</i>	
Verspilling	Abiotische uitputting	1,65E+09
Klimaatverandering	Versterking broeikaseffect (500)	2,21E+11
	Aantasting ozonlaag	9,77E+05
Verspreiding	Fotochemische oxidantvorming	1,82E+08
	Eco-toxiciteit (aquatisch - zoet)	7,54E+09
	Eco-toxiciteit (terrestrisch)	9,59E+08
	Humane toxiciteit	1,88E+11
Verzuring	Verzuring (A&B)	6,69E+08
Vermesting	Vermesting (aquatisch)	5,02E+08
	Vermesting (terrestrisch) (A&B)	1,13E+09
Aantasting	Fysieke aantasting – biodiversiteit	1,94E+10
	Fysieke aantasting – life support	2,25E+11
	<i>(Ingreepgericht)</i>	
Ruimtebeslag	Fysiek ruimtebeslag – landgebruik	3,39E+10
	Finaal afval (totaal)	7,30E+09
Overig	Energieverbruik (totaal)	4,30E+12
	Waterverbruik (totaal)	2,53E+12

Bij de analyse zijn de in Tabel 31 genoemde milieuthema's beschouwd.

#### B.4 Onderlinge weging, milieu-indicator

In de methodiek uit het MER LAP wordt een onderlinge weging van de bijdragen aan de beschouwde milieuthema's uitgevoerd omdat bij veel vergelijkingen van verschillende afvalverwijderingsroutes er geen route aan te wijzen is, die op alle thema's de laagste bijdrage scoort. Met weging kan dan als nog een ranking tussen de verschillende routes worden bepaald.

Daarvoor is in het MER LAP de zogenaamde distance-to-target methodiek gebruikt. De bijdragen aan de beschouwde milieuthema's worden daarin gedeeld door de overheidsdoelstellingen, zoals geformuleerd in bijvoorbeeld de verschillende Nationale MilieuPlannen (NMP's). De gedeelde bijdragen worden vervolgens geaggregeerd tot één getal in de vorm van de zogenaamde milieu-indicator. In deze studie is in navolging van het MER LAP de distance-to-target methodiek toegepast (zie verder [7]). Bijbehorende weegfactoren zijn gegeven in Tabel 32.

Daarnaast zijn in het MER LAP diverse wegingen met genormaliseerde bijdragen uitgevoerd, waarbij alle genormaliseerde waarden even zwaar meewegen, maar een bepaalde selectie aan milieuthema's wordt beschouwd. In deze studie is één zo'n weging uitgevoerd, namelijk voor alle effectscores.

<sup>5</sup> Normeringswaarden zijn getallen, waarmee bijdragen aan verschillende milieuthema's onderling vergelijkbaar worden gemaakt. Daartoe worden bijvoorbeeld de totale Nederlandse bijdragen aan beschouwde en onderling te vergelijken milieuthema's gebruikt.



Tabel 32 Overzicht weegfactoren

LCA-thema	norm.waarden	alle genormaliseerde effectscores wegen even zwaar	weging volgens distance to target
<i>(Effectgericht)</i>			
Abiotische uitputting	1,65E+09	1,00	0,00
Versterking broeikaseffect (500)	2,21E+11	1,00	0,59
Aantasting ozonlaag	9,77E+05	1,00	3,00
Fotochemische oxidantvorming	1,82E+08	1,00	0,66
Eco-toxiciteit (aquatisch - zoet)	7,54E+09	1,00	0,34
Eco-toxiciteit (terrestrisch)	9,59E+08	1,00	0,34
Humane toxiciteit	1,88E+11	1,00	0,66
Verzuring (A&B)	6,69E+08	1,00	2,90
Vermesting (aquatisch)	5,02E+08	1,00	1,80
Vermesting (terrestrisch) (A&B)	1,13E+09	1,00	1,80
Fysieke aantasting - biodiversiteit	1,94E+10	1,00	0,00
Fysieke aantasting - life support	2,25E+11	1,00	0,00
<i>(Ingreepgericht)</i>			
Fysiek ruimtebeslag - landgebruik	3,39E+10	0,00	0,00
Finaal afval (totaal)	7,30E+09	0,00	2,40
Energieverbruik (totaal)	4,30E+12	0,00	0,00
Waterverbruik (totaal)	2,53E+12	0,00	0,00



## C Jaarvrachten naar rookgasreiniging

Op basis van diverse literatuurbronnen [1],[2],[3] is geschat dat de aan de rookgasreiniging toegevoerde vracht uit de in onderstaande tabel gegeven hoeveelheden luchtverontreinigende stoffen bestaat. Deze worden voor het overgrote deel afgevangen en komen in het RGRr terecht. De aangehouden vrachten zijn gebruikt voor het berekenen van de aan de huidige situatie en toekomstige situatie gerelateerde milieubelasting.

Tabel 33 Overzicht geschatte jaarvrachten van luchtverontreinigende stoffen uit ketel en na eerste elektrofilter (alle cijfers in ton/jaar)

gasvormig		zware metalen	
HBr	30	Antimoon	2,5
HF	66	Arseen	0,25
HCl	3300	Barium	0,8
SO <sub>2</sub>	1100	Cadmium	1
		Chroom	0,2
vaste stof		Cobalt	0,01
Chloride	242	Koper	3,5
Fosfaat	8	Kwik	1
Sulfaat	13	Lood	22
Natrium	225	Mangaan	1,2
Kalium	107	Molybdeen	0,05
Magnesium	28	Nikkel	0,1
Calcium	21	Seleen	0,1
Aluminium	12	Strontium	1,5
Silicium	12	Telluur	0,015
Zuurstof	87	Tin	3,5
		Vanadium	0,1
		Wolfram	0,3
		Zink	52

De hoeveelheden HCl en SO<sub>2</sub> zijn overgenomen uit [1]. De hoeveelheden HF en HBr zijn overgenomen uit diverse literatuurbronnen [1],[2],[6].

De hoeveelheden vaste stof zijn door GDA opgegeven [4]. Aangenomen is dat cadmium, lood, kwik en zink volledig als chloride aanwezig zijn. Daarnaast is aangenomen dat circa 40% van de K en Na als chloride aanwezig is en dat Ca voor 25% als sulfaat aanwezig is. Fosfaat is verondersteld volledig als calciumzout aanwezig te zijn. Op basis van deze aannames is de hoeveelheid zuurstof in de vaste fase geschat. Aangenomen is dat als oxide aanwezig zijn:

- Na en K (voor zover niet als chloride aanwezig);
- Ca (voor zover niet als fosfaat of sulfaat aanwezig);
- Mg, Al, Si, As, Sb, Cr, Se, Te, Sn en V.



## D Berekeningen

### D.1 Berekening hoeveelheid en samenstelling RGRr en slib in huidige situatie

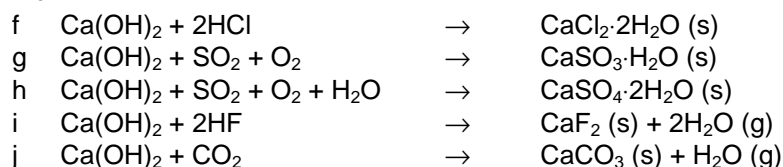
#### Gasvormige elementen en vorming RGRr

Voor de gasvormige componenten is aangenomen dat deze volledig in de natte wassers worden afgevangen en in het sproeidroogproduct eindigen.

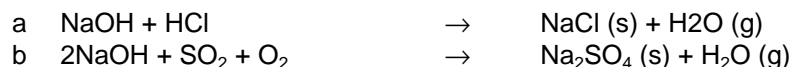
De chemische verbinding waarin de gasvormige verbindingen in het sproeidroogproduct worden gebonden is als volgt bepaald:

In de sproeidroger wordt uit CaO gevormde kalkmelk ( $\text{Ca(OH)}_2$ ), actieve kool (HOK) en van zware metalen gereinigde spui van de wassers in de rookgasen geïnjecteerd. De spui van de wassers bevat in de wassers afgevangen halogenen en  $\text{SO}_2$ . De spui is geneutraliseerd met NaOH. In de sproeiabsorber verlopen de volgende reacties:

*kalkmelk:*



*spui*



Een deel van de geïnjecteerde  $\text{Ca(OH)}_2$  reageert niet. Er is daarom een overmaat kalkmelk nodig om een bepaald percentage HCl en  $\text{SO}_2$  te verwijderen. Alle reactieproducten, niet gereageerde  $\text{Ca(OH)}_2$ , HOK en vlieggas worden door het drievelds elektrofilter afgescheiden als RGRr.

Processturing van voorafscheiding van verzurende stoffen in de sproeidroger wordt geregeld op basis van de rookgasconcentratie van HCl in het ongereinigde gas en de gewenste rookgasconcentratie van HCl na de sproeidroger. De concentratie na de sproeidroger moet een bepaalde waarde hebben om in de eerste natte water een voldoende lage pH te kunnen bereiken. Die moet voldoende laag zijn voor een goede afscheiding van Hg. Om die reden kan niet alle HCl al in de sproeiabsorber kan worden verwijderd.

Op basis van de beschikbare literatuur wordt een restconcentratie van 17,5 g chloride per liter spui uit de wassers (zie [1], [2]) verondersteld. Dit komt bij:

- een jaarlijks rookgasvolume van 4,4 miljoen  $\text{KNm}^3$ ;
- een spui van 2,2  $\text{m}^3$ /uur per verbrandingslijn (4 lijnen);
- 8.000 draaiuren per jaar,

overeen met een restconcentratie van circa 260  $\text{mg/Nm}^3$  HCl bij 11 vol%  $\text{O}_2$  in droog gas.

Niet gereageerde  $\text{Ca(OH)}_2$  en  $\text{CaCO}_3$  in RGRr blijven beschikbaar voor neutralisatie van HCl en  $\text{SO}_2$ .

De spui en de kalkmelk worden apart ingevoerd om aankoeking van gips te voorkomen. Daardoor worden de in de wassers afgescheiden halogenen (HF en HBr) en SO<sub>2</sub> ingedampt als natriumzouten (zie [1]) en blijft de geïnjecteerde kalkmelk volledig beschikbaar voor afvang van verontreinigingen.

Uit de aangehouden setpoint van 260 mg/Nm<sup>3</sup> volgt dat bij de AVI-Amsterdam circa 1.150 ton/jaar aan HCl in de wassers wordt afgevangen en de rest in de sproeiabsorber wordt afgevangen. Op basis van de gemiddelde jaarlijkse consumptie van NaOH (circa 2.470 ton, gemiddeld over 1996 - 2000) kan worden berekend dat in de wassers gemiddeld 995 ton/jaar aan SO<sub>2</sub> wordt afgevangen. Neutralisatie van de afgevangen HCl vergt circa 1.230 ton/jaar. De overblijvende 1.240 ton/jaar zal besteed zijn aan neutralisatie van SO<sub>2</sub>. In de wassers afgevangen HCl en SO<sub>2</sub> zullen als gezegd naar verwachting natriumverbindingen vormen (zie ook [1] en [2]).

Op basis van [1],[2],[6] en mondeling verstrekte informatie [4] wordt geschat dat bij de AVI Amsterdam wordt 67% van de geïnjecteerde Ca(OH)<sub>2</sub> nuttig gebruikt voor afvang van halogenen en SO<sub>2</sub> en 8,3% wordt omgezet in CaCO<sub>3</sub>. De rest wordt niet geconsumeerd. Bij de berekeningen is verder verondersteld dat alle HF en HBr in de sproeiabsorber worden afgevangen aangezien beide verbindingen een grotere affiniteit voor Ca(OH)<sub>2</sub> hebben dan HCl en SO<sub>2</sub>.

Bij de aangehouden rookgasconcentraties van halogenen en SO<sub>2</sub> in het ongereinigde rookgas wordt in de sproeiabsorber per mol afgevangen HCl circa 0,02 mol HF en 0,03 mol SO<sub>2</sub> afgevangen. Afgevangen SO<sub>2</sub> schijnt voor 30% CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O te vormen en verder te worden omgezet in CaSO<sub>3</sub>·2H<sub>2</sub>O (zie [2]). Afgevangen HCl vormt CaCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O.

### **Vaste stof**

Voor de vaste stof is uitgegaan van de verdeling, zoals gegeven in en door [4] en [5] (zie Tabel 34). Bij het bepalen van de bijdrage aan RGRr is verdisconteerd dat in de wassers afgevangen NaCl en KCl zullen oplossen en in het sproeidroogproduct terecht komen.

De verdeling is gebaseerd op diverse literatuurbronnen.

Bij de bepaling van de hoeveelheid RGRr is verder verdisconteerd dat circa 400 ton/jaar aan HOK wordt gebruikt voor afvang van met name dioxines en dat circa 40 ton/jaar aan NH<sub>3</sub> neerslaat op RGRr of wordt afgevangen in de wassers en op die manier in het RGRr terechtkomt (zie [6]).

Bovenbeschreven berekeningsmethodiek geeft voor 1999 en 2000 hoeveelheden RGRr bij opgegeven verbruiken van NaOH en CaO, die goed overeenkomen met de in het milieujarverslag van AVI Amsterdam [3] genoemde hoeveelheden. In een gemiddelde situatie, zoals zich de afgelopen vijf jaar heeft voorgedaan, wordt circa 11.450 ton residu per jaar geproduceerd.





Tabel 34 Verdeling vaste stof componenten over restproducten rookgasreiniging in huidige situatie

	sproei-product	slib	lucht
Chloride	98%	2%	0,1%
Fosfaat	98%	2%	0,1%
Sulfaat	98%	2%	0,1%
Natrium	98%	2%	0,1%
Kalium	98%	2%	0,1%
Magnesium	98%	2%	0,1%
Calcium	98%	2%	0,1%
Aluminium	98%	2%	0,1%
Silicium	98%	2%	0,1%
Antimoon	98%	2%	0,0%
Arseen	91%	3%	6,5%
Barium	95%	5%	0,1%
Cadmium	95%	5%	0,1%
Chroom	98%	2%	0,1%
Cobalt	98%	2%	0,1%
Koper	98%	2%	0,1%
Kwik	47%	50%	3,0%
Lood	95%	5%	0,1%
Mangaan	98%	2%	0,1%
Molybdeen	98%	2%	0,1%
Nikkel	98%	2%	0,1%
Seleen	95%	2%	3,0%
Strontium	94%	6%	0,1%
Telluur	95%	2%	3,0%
Tin	95%	2%	3,0%
Vanadium	98%	2%	0,1%
Wolfraam	98%	2%	0,1%
Zink	94%	6%	0,1%

### Slibproductie

Bij de rookgasreiniging wordt ook slib geproduceerd. Dat slib bestaat uit niet oplosbare componenten van de vlieg-as en uit neerslag van verwijderde zware metalen. Zware metalen worden verwijderd door toevoeging van  $\text{Na}_2\text{S}$  en  $\text{FeCl}_3$ . De bij neerslag van lood, zink en cadmium gevormde  $\text{NaCl}$  komt in het RGRr terecht.

Aangenomen is dat Cd, Cr, Pb, Se, Te, Sn en Zn als sulfide neerslaan. As en Sb zullen als Fe-zout neerslaan. De overige elementen worden verondersteld als oxide (Na en  $\text{K}^6$ , Ca, Mg, Al, Si en V) of neutraal element neer te slaan. Ca slaat deels ook neer als fosfaat of sulfaat. Oplosbaarheid van fosfaten en sulfaten is volgens [4] laag en daarom in deze studie verwaarloosd.

<sup>6</sup> Voor zover niet als chloride aanwezig.

De samenstelling van het geproduceerde slib is:

- droge stof: 17,1 ton per jaar;
- droge stofgehalte: 33%.

De totale hoeveelheid slib is dus 51,4 ton/jaar.

## D.2 Berekening hoeveelheid en samenstelling RGRr en slib in toekomstige situatie

Uitgangspunt voor het berekenen van de hoeveelheid en samenstelling van het overblijvende RGRr in de toekomstige situatie is de aanname dat uiteindelijk alle afgevangen  $\text{SO}_2$  als calciumzout in dit residu eindigt. Daarnaast is aangenomen dat in de sproeiabsorber afgevangen  $\text{SO}_2$  weer voor 30% wordt omgezet in  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  en voor 70% in  $\text{CaSO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  en dat in de wassers afgevangen  $\text{SO}_2$  enkel in  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  wordt omgezet.

De hoeveelheid  $\text{SO}_2$ , die in de sproeiabsorber wordt afgevangen wordt bepaald aan de hand van het aangehouden setpoint voor HCl en op basis van de aanname dat de verhouding tussen de afgescheiden hoeveelheid HCl en  $\text{SO}_2$  niet verandert. Bij een setpoint van  $350 \text{ mg/Nm}^3$  wordt circa 1.760 ton/jaar aan HCl in de sproeiabsorber afgevangen. Aangezien er per kg HCl circa 0,05 kg  $\text{SO}_2$  wordt afgevangen zal bij een setpoint van  $350 \text{ mg/Nm}^3$  ongeveer 80 ton/jaar aan  $\text{SO}_2$  worden afgevangen. De overige 1.020 ton/jaar aan  $\text{SO}_2$  wordt in de wassers verwijderd en zal in  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  worden omgezet.

De als  $\text{CaCl}_2$  in oplossing afgevoerde hoeveelheid chloor is bepaald aan de hand van de consumptie van CaO in de sproeiabsorber voor de verwijdering van halogenen en  $\text{SO}_2$  en op basis van de aanname dat circa 2/3 van de geïnjecteerde Ca wordt geconsumeerd voor de verwijdering van halogenen en  $\text{SO}_2$ . Verwijdering van halogenen en  $\text{SO}_2$  vergt bij een setpoint van HCl van  $350 \text{ mg/Nm}^3$  circa 1.560 ton/jaar aan CaO. De geconsumeerde hoeveelheid CaO bedraagt bij de gehanteerde uitgangspunten circa 2.335 ton/jaar. Binding van  $\text{SO}_2$  als  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  en  $\text{CaSO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  vergt 964 ton/jaar. Vorming van  $\text{CaF}_2$  en  $\text{CaBr}_2$  vergt nog eens circa 105 ton/jaar, zodat circa 1.270 ton/jaar overblijft voor vorming van  $\text{CaCl}_2$ . Hiermee kan circa 1.650 ton/jaar aan HCl worden gebonden. De overblijvende 1.650 ton/jaar aan HCl zal worden omgezet in NaCl. Volgens [1] kan in een 40%  $\text{CaCl}_2$ -oplossing per ton  $\text{CaCl}_2$  ongeveer 80 kg NaCl in oplossing zijn. Er kan 2.510 ton/jaar aan  $\text{CaCl}_2$  worden gevormd. Van de circa 2.650 ton NaCl kan circa 200 ton/jaar in de  $\text{CaCl}_2$ -oplossing worden afgevoerd. De rest slaat neer bij indamping van de  $\text{CaCl}_2$ -oplossing.

De gevormde hoeveelheden  $\text{CaF}_2$  en  $\text{CaBr}_2$  zijn gelijk aan de in de huidige situatie gevormde hoeveelheden. De afgevangen hoeveelheid HOK is eveneens gelijk.  $\text{NH}_3$  wordt als gezegd gestript en is niet meer aanwezig in het uiteindelijke residu. Van de in het tweede elektrofilter afgevangen vaste stof zullen de macrocomponenten (Cl,  $\text{SO}_4$ ,  $\text{PO}_4$ , Na, K, Ca, Mg, Al, Si) in het residu terechtkomen, aangezien voor deze stoffen geen andere 'outlet' bestaat.

Voor de zware metalen in het RGRr is een schatting gemaakt van de hoeveelheid die bij wassen van het RGRr in oplossing zal gaan. Daarbij is uitgegaan van het percentage van elk element dat in oplossing gaat bij  $L/S = 1$ , zoals opgegeven door GDA [4].



Aangezien de 11.450 ton/jaar aan residu (zie voorgaande paragraaf) in het opwerkingsproces twee maal zal worden gewassen met de spui van 2,2 m<sup>3</sup>/uur per verbrandingslijn bedraagt de totale hoeveelheid wasvloeistof in totaal circa 124.000 m<sup>3</sup>, een L/S-verhouding van bijna 11 : 1.

Tabel 35 Schatting verdeling zware metalen in RGRr bij opwerkingsproces

	vracht voor RGR	in RGRr	percentage uitloogbaar bij L/S = 1	opgelost	geabsorbeerd aan A.K., naar bandfilterres.	in oplossing blijvend, uit RGRr
Antimoon	2,5	2,4	0,07%	3,36E-03	0,00	1,14E-03
Arseen	0,25	0,2	0,75%	3,43E-03	0,00	1,16E-03
Barium	0,8	0,8	6,90%	1,05E-01	0,07	3,55E-02
Cadmium	1	1,0	6,90%	1,31E-01	0,09	4,44E-02
Chroom	0,2	0,2	2,49%	9,76E-03	0,01	3,31E-03
Cobalt	0,01	0,0	4,38%	8,58E-04	0,00	2,91E-04
Koper	3,5	3,4	9,42%	6,46E-01	0,43	2,19E-01
Kwik	1	0,5	0,01%	1,00E-04	0,00	3,40E-05
Lood	22	20,9	35,82%	1,50E+01	9,90	5,07E+00
Mangaan	1,2	1,2	1,06%	2,50E-02	0,02	8,47E-03
Molybdeen	0,05	0,0	21,11%	2,07E-02	0,01	7,01E-03
Nikkel	0,1	0,1	2,03%	3,98E-03	0,00	1,35E-03
Seleen	0,1	0,1	0,81%	1,54E-03	0,00	5,21E-04
Strontium	1,5	1,4	30,00%	8,46E-01	0,56	2,87E-01
Telluur	0,015	0,0	5,00%	1,43E-03	0,00	4,83E-04
Tin	3,5	3,3	0,07%	4,52E-03	0,00	1,53E-03
Vanadium	0,1	0,1	0,67%	1,30E-03	0,00	4,42E-04
Wolfraam	0,3	0,3	0,79%	4,67E-03	0,00	1,58E-03
Zink	52	48,9	13,77%	1,35E+01	8,90	4,56E+00
		84,8		3,02E+01	20,00	1,02E+01

Bij de berekening van de uitgelogde hoeveelheid zware metalen is echter niet aangenomen dat bij wassen 11 maal meer metalen in oplossing zullen gaan als bij uitloogproeven in een laboratorium. In de eerste plaats is dat voor veel elementen niet mogelijk omdat zoveel materiaal in het residu niet aanwezig is. In de tweede plaats is het uitlooggedrag volgens Cor de Vries van GDA niet lineair met het wasvolume. Op basis van praktijkervaring schat hij in dat in werkelijkheid slechts ongeveer 2 maal meer zal uitlogen als bij een uitloogproef. Bijvoorbeeld vanwege het karakter van het residu, dat voor een groot deel uit gips bestaat. Gips heeft naar hij zegt in water een slecht permeabel oppervlak te vormen, waardoor slechts een deel van de zware metalen voor uitloging beschikbaar zal zijn.

Bij de schatting van de verdeling is echter verdisconteerd dat in het RGRr 400 ton HOK aanwezig is. HOK kan maximaal 5% van het eigen gewicht aan zware metalen absorberen. Bij de schatting van de verdeling is aangenomen dat het HOK metalen uit de oplossing absorbeert. Aangenomen is dat de verhouding tussen de van de verschillende metalen geabsorbeerd hoeveelheden gelijk is aan de verhouding tussen de in oplossing zijnde hoeveelheden.

De in oplossing blijvende hoeveelheden zware metalen uit het RGRr worden samen met de in de wassers afgevangen oplosbare zware metalen uit het waswater verwijderd door toevoeging van  $\text{Na}_2\text{S}$  en  $\text{FeCl}_3$ . Bij wijze van 'worst-case' benadering is aangenomen dat alle in de wassers afgescheiden zware metalen oplosbaar zijn.

Op basis van de gehanteerde aannamen wordt er circa 10 ton/jaar aan zware metalen uitgewassen om als slib te worden afgescheiden. Het laten neerslaan van de zware metalen vergt circa 172 ton  $\text{Na}_2\text{S}$  (12%) per jaar. Er ontstaat circa 72 ton/jaar (33% d.s.) aan slib en circa 80 ton/jaar aan  $\text{NaCl}$ .  $\text{NaCl}$  wordt als vaste stof (50%) afgescheiden tijdens indampen van de  $\text{CaCl}_2$ -oplossing.

De na opwerking van RGRr resterende hoeveelheid residu bedraagt circa 13.620 ton/jaar (50% d.s.) aan residu, inclusief  $\text{NaCl}$  gevormd bij zuivering van waswater. De hoeveelheid  $\text{CaCl}_2$ -oplossing bedraagt naar schatting circa 6.300 ton/jaar (d.s.).

### **D.3 Overige aspecten van RGRr-opwerkingsproces**

De consumptie van  $\text{CaO}$ ,  $\text{NaOH}$  en  $\text{NH}_3$  zal naar schatting met respectievelijk circa 540 ton/jaar, 1.210 ton/jaar en 180 ton/jaar afnemen.

Het opwerkingsproces vergt volgens opgave van GDA [4] 4.400 MWhe/jaar aan elektriciteit voor pompen, bandfilters en ander procesapparatuur. Indampen en strippen van ammoniak vergt volgens eigen berekeningen circa 15.700 ton/jaar aan aftapstoom van 4 bar en 2.600 MJ/ton aan enthalpie-inhoud. Door de extra consumptie van aftapstoom kan circa 980 MWhe/jaar minder elektriciteit worden geproduceerd, uitgaande van een condensortemperatuur van  $35^\circ\text{C}$  en een isentroop turbinerendement van 75%.



## E Resultaten

Onderstaande tabellen geven de voor huidige en toekomstige situatie bepaalde milieu-ingrepen.

### Huidige situatie

Verbruik hulpstoffen (ton/jaar) en energiedragers (MWh <sub>e</sub> /jaar)	
- CaO	2.871
- NaOH (50%)	4.944
- HOK	400
- Na <sub>2</sub> S (12%)	6,4
- NH <sub>3</sub> (25%)	3.622
- elektriciteit (MWh <sub>e</sub> /jaar)	

### Toekomstige situatie

Verbruik hulpstoffen (ton/jaar) en energiedragers (MWh <sub>e</sub> /jaar)	
- CaO	2.335
- NaOH (50%)	3.735
- HOK	400
- Na <sub>2</sub> S (12%)	817
- NH <sub>3</sub> (25%)	3.441
- elektriciteit (MWh <sub>e</sub> /jaar)	5.381

Slib samenstelling (ton d.s./jaar)	
Chloride	
Fosfaat	0,15
Sulfaat	0,24
Natrium	2,57
Kalium	1,22
Magnesium	0,53
Calcium	0,40
Aluminium	0,22
Silicium	0,22
Antimoon	0,06
Arseen	0,01
Barium	0,04
Cadmium	0,05
Chroom	0,00
Cobalt	0,00
Koper	0,07
Kwik	0,50
Lood	1,08
Mangaan	0,02
Molybdeen	0,00
Nikkel	0,00
Seleen	0,00
Strontium	0,09
Telluur	0,00
Tin	0,07
Vanadium	0,00
Wolfraam	0,01
Zink	3,07
Sulfide	3,22
	13,83

Slib samenstelling (ton d.s./jaar)	
Chloride	
Fosfaat	
Sulfaat	
Natrium	
Kalium	
Magnesium	
Calcium	
Aluminium	
Silicium	
Antimoon	0,07
Arseen	0,02
Barium	0,46
Cadmium	0,24
Chroom	0,00
Cobalt	0,00
Koper	2,57
Kwik	0,50
Lood	16,36
Mangaan	0,12
Molybdeen	0,04
Nikkel	0,02
Seleen	0,01
Strontium	0,09
Telluur	0,00
Tin	0,09
Vanadium	0,01
Wolfraam	0,02
Zink	38,80
Sulfide	40,62
	100,04

Huidige situatie

RGRr samenstelling (ton/jaar)	
- NaCl	1.795
- Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	2.209
- CaF <sub>2</sub>	129
- CaBr <sub>2</sub>	37
- CaCl <sub>2</sub> ·2H <sub>2</sub> O	4.396
- CaSO <sub>3</sub> ·H <sub>2</sub> O	158
- CaSO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O	85
- Ca(OH) <sub>2</sub>	942
- CaCO <sub>3</sub>	424
- HOK	400
- oplosbare vliegascamp.	6
- uit wassers	
<i>NaCl</i>	4,3
<i>KCl</i>	1,6
- NH <sub>3</sub>	45
- NaCl uit zware metalen	6
- vliegascamp absorber	823
<i>Chloride</i>	237,6
<i>Fosfaat</i>	7,8
<i>Sulfaat</i>	12,3
<i>Natrium</i>	220,5
<i>Kalium</i>	104,9
<i>Magnesium</i>	27,4
<i>Calcium</i>	20,6
<i>Aluminium</i>	11,3
<i>Silicium</i>	11,3
<i>Antimoon</i>	2,4
<i>Arseen</i>	0,2
<i>Barium</i>	0,8
<i>Cadmium</i>	1,0
<i>Chroom</i>	0,2
<i>Cobalt</i>	0,0
<i>Koper</i>	3,4
<i>Kwik</i>	0,5
<i>Lood</i>	20,9
<i>Mangaan</i>	1,2
<i>Molybdeen</i>	0,0
<i>Nikkel</i>	0,1
<i>Seleen</i>	0,1
<i>Strontium</i>	1,4
<i>Telluur</i>	0,0
<i>Tin</i>	3,3
<i>Vanadium</i>	0,1
<i>Wolfram</i>	0,3
<i>Zink</i>	48,9
<i>Zuurstof</i>	84,7

Huidige situatie

Toekomstige situatie

RGRr samenstelling (ton/jaar)	
- NaCl	2.446
- Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	
- CaF <sub>2</sub>	129
- CaBr <sub>2</sub>	37
- CaCl <sub>2</sub> ·2H <sub>2</sub> O	
- CaSO <sub>3</sub> ·H <sub>2</sub> O	114
- CaSO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O	2.818
- Ca(OH) <sub>2</sub>	
- CaCO <sub>3</sub>	
- HOK	400
- oplosbare vliegascamp.	6
- uit wassers	
<i>NaCl</i>	4,3
<i>KCl</i>	1,6
- NH <sub>3</sub>	
- NaCl uit zware metalen	65
- vliegascamp absorber	783
<i>Chloride</i>	242,2
<i>Fosfaat</i>	8,0
<i>Sulfaat</i>	12,6
<i>Natrium</i>	224,8
<i>Kalium</i>	106,9
<i>Magnesium</i>	28,0
<i>Calcium</i>	21,0
<i>Aluminium</i>	11,5
<i>Silicium</i>	11,5
<i>Antimoon</i>	2,42
<i>Arseen</i>	0,21
<i>Barium</i>	0,34
<i>Cadmium</i>	0,76
<i>Chroom</i>	0,20
<i>Cobalt</i>	0,01
<i>Koper</i>	0,92
<i>Kwik</i>	0,47
<i>Lood</i>	5,62
<i>Mangaan</i>	1,08
<i>Molybdeen</i>	0,01
<i>Nikkel</i>	0,08
<i>Seleen</i>	0,09
<i>Strontium</i>	1,41
<i>Telluur</i>	0,01
<i>Tin</i>	3,31
<i>Vanadium</i>	0,09
<i>Wolfram</i>	0,28
<i>Zink</i>	13,15
<i>Zuurstof</i>	86,34

Toekomstige situatie



Afgevoerd in CaCl <sub>2</sub> -oplossing (ton/jaar)	
CaCl <sub>2</sub>	2.508
NaCl	202
Antimoon	2,84E-05
Arseen	2,13E-04
Barium	
Cadmium	7,11E-05
Chroom	7,11E-05
Cobalt	
Koper	1,42E-04
Kwik	1,42E-05
Lood	1,42E-04
Mangaan	
Molybdeen	
Nikkel	1,42E-05
Seleen	1,42E-04
Strontium	
Telluur	
Tin	8,71E-18
Vanadium	2,84E-05
Wolfraam	
Zink	7,11E-04





## F CaCl<sub>2</sub>-productie

De voorliggende notitie presenteert de uitgangspunten voor de toerekening van milieueffecten naar Calcium chloride uit de sodaproductie.

Calcium chloride is een bijproduct van de soda industrie. De soda industrie in Nederland, AKZO Nobel Delfzijl, bestaat uit verschillende bedrijven, te weten<sup>7</sup>:

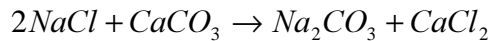
- lichte soda bedrijf (LSB);
- hydro soda bedrijf (HSB);
- zware soda bedrijf (ZSB);
- Kemax (verwerking van CaCl<sub>2</sub> tot marktproduct);
- de Pak- en verzendafdeling (PV);
- havenfaciliteiten (Havens).

Bron: BMP Sodabedrijven, 1995

De productie van CaCl<sub>2</sub> ontstaat bij de fabricage van Lichte soda. Hydro en zware soda zijn naproducten van lichte soda waarbij geen CaCl<sub>2</sub>-resten ontstaan.

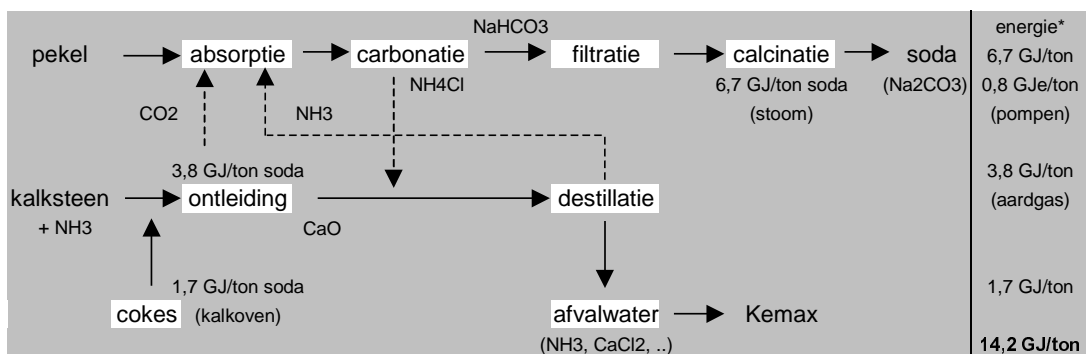
De productie van CaCl<sub>2</sub> vloeit voort uit de destillatie van restvloeistof van lichte soda. Het bedrijf van Kemax zorgt voor de behandeling van restvloeistof tot calcium chloride.

De productie van soda wordt gedaan volgens het zogeheten Solvay-proces. De overall reactievergelijking luidt:



Twee grondstoffen worden gebruikt: kalksteen en pekkel. Figuur 12 geeft schematisch de verschillende processtappen aan.

Figuur 12 Schematisch weergave productie soda



\* Bron: Sectorstudie anorganische chemie 1994

<sup>7</sup> Sinds ruim 1 jaar produceert AKZO Nobel officieel geen soda meer. De sodaproductie wordt tegenwoordig gerealiseerd door Brunner-Monb. Er is echter niet waarschijnlijk dat het productieproces aanzienlijk veranderd is. Er wordt daarom voor deze studie nog uitgegaan van de gegevens uit het BMP 1995.

In dit proces wordt de pekkel opgewerkt tot soda. Hiervoor wordt kalk gebruikt als tijdelijk bindingsmiddel voor nodige reactiestoffen. Door kalksteen te verhitten (verbranding van cokes) wordt CO<sub>2</sub> vrijgemaakt voor het carbonatieproces van de pekkel. Uit dit carbonatieproces komt, naast natriumcarbonaat, ook ammoniumchloride (NH<sub>4</sub>Cl) als bij product vrij. De resterende ongebluste kalk (CaO) van de ontleding van de kalksteen wordt dan gebruikt om chloride uit ammoniumchloride te halen (destillatie), zodat ammoniak weer beschikbaar komt voor het absorptieproces.

De productie van 1 kg geproduceerde lichte soda kent de volgende kentallen.

Tabel 36 Kentallen lichte soda bedrijf (AKZO 1995)

LUCHT	kg/jaar	g/kg soda	WATER (naar Eemskanaal)		
				kg/jaar	g/kg soda
CO <sub>2</sub>	62500000	227,69	NH <sub>3</sub>	24700	9,00E-02
CO	6060000	22,08	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>		
NO <sub>x</sub>	230000	0,84	NaOH		
SO <sub>2</sub>	217000	0,79	Hg		
NH <sub>3</sub>	255000	0,93	Vecom-B (corrosie-inibitor)	700	2,55E-03
CaO stoffilter	3216	1,17E-02	HCl 30%	40000	0,15
CaO (fijn stof)	28600	1,04E-01	WATER (Eems, buitenwater)		
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	2604,911339	9,49E-03		kg/jaar	g/kg soda
NaOH		0	NH <sub>3</sub>	82000	0,30
CFK 12		0	NaCl	130000000	473,58
HCFK 22	60	2,19E-04	CaCO <sub>3</sub>	10200000	37,16
Kalksteen (stof)	648,4303205	2,36E-03	Ca(OH) <sub>2</sub>	12200000	44,44
Cokes	485,6890125	1,77E-03	CaSO <sub>4</sub>	12600000	45,90
			<b>CaCl<sub>2</sub></b>	<b>21200000</b>	<b>77,23</b>
			Mg(OH) <sub>2</sub>	977000	3,56
			Fe(OH) <sub>3</sub>	773000	2,82
			SiO <sub>2</sub>	2080000	7,58
			Zn	10500	3,83E-02
			Cr	970	3,53E-03
			Cu	550	2,00E-03
			Ni	700	2,55E-03
			Cd	85	3,10E-04
			Pb	60	2,19E-04
			Hg	0,3	1,09E-06
			As	200	7,29E-04
			NO <sub>2</sub>	6000	2,19E-02
			Vecom-B	400	1,46E-03
			HCl 30%	20000	0,073

AFVAL	kg/jaar	g/kg soda
bedrijfsafval	181499,6519	0,661
Soda Afval	0	0
Kalkhoudend	353244,9649	1,29
Afval CSB	24335,14885	0,09
Caustic soda afval*	1416,001474	0,01

\* geen caustic sodaproductie sinds 1995

Bron: BMP AKZO Nobel Delfzijl, 1995

De doorrekeningen aan lichte soda van gemeenschappelijke emissies voor de soda-industrie (verspreiding van stoffen, bedrijfsafval) wordt gemaakt mede de productiecijfers van de sector. De productie van lichte soda komt overeen met 51% van de totale productie van sodaproducten.

Calcium chloride wordt door het bedrijf van Kemax verder verwerkt van een 12% CaCl<sub>2</sub>-oplossing tot een ongeveer 40%-oplossing. De te verwerken hoeveelheid Calcium chloride komt overeen met 1,045 kg per kg geproduceerde soda, waarvan 7% in het afvalwater van het sodabedrijf verloren gaat.



## F.1 Energie

In de kentallen van Tabel 36 worden de emissies die gepaard gaan met de winning van de grondstoffen, niet meegenomen. Het energieverbruik van Figuur 1 wordt hier ook niet verdisconteerd. De energie (elektriciteit + stoom) wordt aangeleverd door een warmte-kracht centrale Delesto. De emissies voor energieverbruik worden door Tabel 37 aangegeven.

Tabel 37 Emissies door energieverbruik per kg soda (sodabedrijf)

	g/kg lichte soda
CO <sub>2</sub>	1.129,63
CO	0,22
NO <sub>x</sub>	0,02
C <sub>x</sub> H <sub>y</sub>	0,83
Finaal afval	0,02

Daarnaast maakt ook Kemax gebruik van stoom voor het indampen tot 40% CaCl<sub>2</sub> -oplossing. Dit energieverbruik komt overeen met 5 GJ<sub>primaire</sub> per ton soda, rekening houdend van een bijstookfactor van 44% voor de productie van stoom door Delesto II. Andere emissies van Kemax t.b.v. CaCl<sub>2</sub>-verwerking bestaan uit gebruikte chemicaliën maar zijn niet precies bekend. Uit de praktijkervaring hebben deze emissies naar verwachting maar een geringe milieueffect t.o.v. aan CaCl<sub>2</sub> toe te rekenen emissies uit sodaproductie.

Tabel 38 Emissies door energieverbruik indampen per kg CaCl<sub>2</sub> (Kemax)

	g/kg lichte soda
CO <sub>2</sub>	271,13
CO	0,07
NO <sub>x</sub>	0,00
C <sub>x</sub> H <sub>y</sub>	0,24
Finaal afval	0,01

## F.2 Toerekening aan calcium chloride

Calcium chloride is dus een onvermijdbaar bijproduct van de sodaproductie. Hierdoor is het niet mogelijk om de milieubelasting van de productie van CaCl<sub>2</sub> onafhankelijk van de sodaproductie te bekijken. Twee methodieken voor de toerekening van de milieueffecten kunnen vervolgens worden gehanteerd:

- 1 CaCl<sub>2</sub> is geen afzetbaar product. De gehele keten wordt dan gericht op de productie van alleen soda. Hierdoor valt geen onderscheid van milieueffecten te maken tussen soda en calcium chloride en alles wordt dus aan soda toegerekend.
- 2 CaCl<sub>2</sub> is (deels) afzetbaar. Dan moet een deel van de milieubelasting van het productieproces aan CaCl<sub>2</sub> worden toegerekend. Het is niet handig om een dergelijke toerekening per ketenstap te maken. Dit zou immers leiden tot ingewikkelde afwegingen om basis van massaverhoudingen. Omdat alle ketenstappen met de productie van CaCl<sub>2</sub> en soda te maken hebben, wordt eerst de milieubelasting van de gehele keten berekend en dan wordt deze milieubelasting verdeeld tussen soda en CaCl<sub>2</sub> op basis van de massaverhouding.

In deze studie wordt de tweede benadering toegepast.  
Omdat 1,045 kg calcium chloride per kg soda geproduceerd wordt, worden de emissies voor de sodaproductie voor 50% aan CaCl<sub>2</sub> toegerekend. Alleen de emissies voor de indamping worden volledig aan CaCl<sub>2</sub> toegerekend.

De aan calcium chloride toe te rekenen kentallen luiden vervolgens:

Tabel 39 Kentallen emissies per kg CaCl<sub>2</sub>

LUCHT		WATER (naar Eemskanaal)	
	g/kg CaCl <sub>2</sub>		g/kg CaCl <sub>2</sub>
CO <sub>2</sub>	113,843	NH <sub>3</sub>	0,045
CO	11,038	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	
NO <sub>x</sub>	0,419	NaOH	
SO <sub>2</sub>	0,395	Hg	
NH <sub>3</sub>	0,464	Vecom-B <sup>2</sup> *	1,28E-03
CaO stoffilter <sup>1</sup>	0,006	HCl 30%*	0,073
CaO (fijn stof)	0,052		
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0,005	WATER (Eems, buitenwater)	
NaOH	0		g/kg CaCl <sub>2</sub>
CFK 12	0	NH <sub>3</sub>	0,15
HCFK 22	1,09E-04	NaCl	236,79
Kalksteen (fijn stof)	1,18E-03	CaCO <sub>3</sub>	18,58
Cokes	8,85E-04	Ca(OH) <sub>2</sub>	22,22
		CaSO <sub>4</sub>	22,95
AFVAL		CaCl <sub>2</sub>	38,62
	g/kg CaCl <sub>2</sub>	Mg(OH) <sub>2</sub>	1,78
bedrijfsafval	0,331	Fe(OH) <sub>3</sub>	1,41
Soda Afval	0	SiO <sub>2</sub>	3,79
Kalkhoudend	0,643	Zn	0,02
Afval CSB	0,044	Cr	1,77E-03
Causic soda afval	0	Cu	1,00E-03
ENERGIE		Ni	1,28E-03
	g/kg CaCl <sub>2</sub>	Cd	1,55E-04
CO <sub>2</sub>	835,945	Pb	1,09E-04
CO	0,179	Hg	5,46E-07
CxHy	0,013	As	3,64E-04
NO <sub>x</sub>	0,658	NO <sub>2</sub>	1,09E-02
final	0,019	Vecom-B*	7,29E-04
ENERGIE INPUT		HCl 30%*	0,036
	per kg CaCl <sub>2</sub>	* Lozing in verdunde oplossing: ca 400m <sup>3</sup> @ Ph 5-6 Vecom-B ca 0,1%	
aardgas	1,9 kJ		
cokes	0,85 kJ		
elektrisch	0,11 kWh		
stoom	15,35 kJ		

<sup>1</sup> CaO-stof uit de kogelmolen

<sup>2</sup> Toevoeging aan zoutzuur oplossing. Organische kationische corrosie inhibitor voorkomt aantasting door zoutzuur op koolstof en roestvast staal gedurende chemisch reinigen. Beschermst eveneens koper en messing legeringen.



# G Verantwoording energie berekeningen CaCl<sub>2</sub>-productie

## G.1 Energierendementen Delesto

Delesto is een joint venture van AKZO en Essent. Het bestaat oorspronkelijk uit 3 gasturbines met elk een afgassenketel en 2 stoomturbines. Sinds 1999 is hierbij een grote nieuwe gasturbine afgassenketel met een condenserende stoomturbine gekomen, Delesto II.

Naast Delesto produceert het bedrijf Methanor ook elektriciteit en stoom.

De meeste elektriciteit en stoom die aan de AKZO sodabedrijven op het bedrijfsterrein van Delfzijl wordt geleverd komt uit Delesto II [BMP AKZO]. De toerekening van de emissies voor energieverbruik worden vervolgens gekoppeld aan de emissies voor de stoom- en elektriciteitsproductie bij Delesto II.

De energie rendementen van Delesto II luiden:

Input (per jaar)

Aardgas in 1,08E+09 Nm<sup>3</sup> (stookwaarde 31,65 MJ/Nm<sup>3</sup>)  
 Waterstof in 3,10E+07 Nm<sup>3</sup> (stookwaarde 10,80 MJ/Nm<sup>3</sup>)

Productie (per jaar)

Elektriciteit uit 4222 GWh  
 Warmte uit 10,35 PJ

De energierendementen zijn:

$\eta_e = 44\%$

$\eta_{th} = 30\%$

Berekening stoomturbine:

verse stoom: 500°C, 9 Pa -> H= 3.480 kJ/kg stoom

aftapstoom: 180°C, 0,26 Pa -> H= 2.850 kJ/kg stoom

zonder warmteafzet: 0,005 Pa -> H= 2.400 kJ/kg stoom

$(2850-2400)/(3480-2850) = 71,4\%$  extra elektriciteit winbaar uit verse stoom

De stoomturbine levert 1/3 van de elektriciteit van de centrale.

Het totale elektrische rendement van Delesto II zonder warmteafzet (alleen e) luidt vervolgens:

gasturbine	$44\% \times (1-33,3\%) = 29,4\%$
stoomturb	$(44\% - 29\%) \times (1+71\%) = 25,2\%$
Totaal	$29,4\% + 25,2\% = 54,6\%$

Berekening bijstookfactor:

$$\frac{GJ_{w/k} - GJ_{enkel}}{GJ_{warmte}} = \frac{1}{\eta_{e,w/k}} - \frac{1}{\eta_{e,enkel}} = \frac{1}{44\%} - \frac{1}{54,6\%} = 44\%$$

waarbij

$\eta_{e, w/k}$  is het elektrische rendement met warmte-kracht aflevering.

$\eta_{e, enkel}$  is het elektrische rendement van alleen elektriciteitsproductie.

### **Kemax**

Het energieverbruik van Kemax komt voornamelijk uit de indampingsstap van een 12%  $\text{CaCl}_2$ -oplossing tot een ongeveer 40%-oplossing. Door gebrek aan informatie vanuit het bedrijf van Kemax, wordt aangenomen dat het energieverbruik voor de indamping vergelijkbaar is met het indampingsproces bij de AVI-West A'dam. De nodige stoom wordt door Delesto II aan Kemax geleverd. Dit komt overeen met 12 MJ stoom per kg geproduceerde  $\text{CaCl}_2$  oftewel 11,5 MJ stoom per kg soda. Met hierboven berekende bijstookfactor komt het overeen met energieverbruik van  $11,5 \times 44\% = 5 \text{ GJ}_{\text{primair}}$



# H Effecten van lozing Calciumchloride oplossing op de waterkwaliteit

## H.1 Te bestuderen effecten

In de toelichting op het besluit op de vergunningaanvraag van 11 mei 2000, wordt aangegeven dat het effect van de lozing op de kwaliteit van het oppervlaktewater nader moet worden onderzocht. Voor de lozing van chloride en warmte geldt hierbij de waterkwaliteitsaanpak. Dit betekent dat effecten van de lozing moeten worden getoetst aan de waterkwaliteitsdoelstellingen. Een belangrijke waterkwaliteitsdoelstelling voor het Noordzeekanaal is dat het water geschikt moet zijn voor karperachtigen. Daarnaast mag voortvloeiend uit het 'stand-still beginsel' de kwaliteit niet significant verder verslechteren. Voor wat betreft de lozing van de  $\text{CaCl}_2$  oplossing betekent dit dat de effecten zijn onderzocht op:

- het chloridegehalte in het Noordzeekanaal;
- het gehalte aan ammonium in het Noordzeekanaal;
- de afgeleide effecten op de zuurstofhuishouding en het gehalte aan vrij ammoniak van een mogelijk verhoging van de concentratie aan ammonium.

Daarnaast wordt in het besluit gevraagd te onderzoeken of er visuele verontreiniging door de vorming van gips kan optreden.

## H.2 Lozingssituatie

In geval van onvoldoende afzet, zal de calciumchloride oplossing worden geloosd op het oppervlaktewater. De oplossing zal met het koelwater worden geloosd in de ADM haven. Koelwater wordt ingenomen in de Aziëhaven.

## H.3 Gebruikte gegevens

Een overzicht van de verzamelde en gebruikte gegevens wordt gegeven in bijlage 1.

### **Effecten op het Ammonium- en chloridegehalte in het Noordzeekanaal**

De lozing vindt plaats op de ADM haven, die in openverbinding staat met het Noordzeekanaal. Onderzoek door het WL (WL,1990) laat zien dat de uitwisseling tussen de ADM haven en het Noordzeekanaal groot is. De verblijftijd in de haven is kort en de waterkwaliteit in de haven wordt grotendeels bepaald door de verversing met water vanuit het Noordzeekanaal. Deze grote verversing wordt veroorzaakt door een circulatie stroming in de haven, die wordt geïnduceerd door de waterbeweging in het kanaal. Gezien de grote verversing zijn de effecten op de waterkwaliteit in de haven niet apart beoordeeld. Er is alleen gekeken naar de effecten op de kwaliteit van het Noordzeekanaal.

Uitgangspunten bij de berekening:

- maximaal te lozen hoeveelheid 14.000 m<sup>3</sup> per jaar<sup>8</sup>;
- ammonium gehalte in de lozing bedraagt maximaal 30 g.m<sup>-3</sup>;
- chloride gehalte in de lozing bedraagt 189.000 g.m<sup>-3</sup>;
- afvoer Noordzeekanaal in een gemiddeld jaar 90 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>;
- afvoer Noordzeekanaal in droge tot zeer droge perioden 40 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>;
- gemiddelde gehalte aan chloride in het Noordzeekanaal ca. 1.000 g.m<sup>-3</sup>;
- gemiddelde gehalte aan ammonium in het Noordzeekanaal 1,5 g.m<sup>-3</sup>.

In Tabel 40 worden de jaarvrachten (afvoer x concentratie) van chloride en ammonium in het Noordzeekanaal vergeleken met de te lozen hoeveelheid van deze stoffen. Op jaarbasis zijn de vrachten van de lozing te verwaarlozen ten opzichte van de vrachten in het Noordzeekanaal.

Tabel 40 Vergelijking van de vrachten aan ammonium en chloride in het Noordzeekanaal en de lozing

	Ammonium		Chloride	
	Vracht bij 90 m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup>	Vracht bij 40 m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup>	Vracht bij 90 m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup>	Vracht bij 40 m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup>
Noordzeekanaal ton/jaar	4.270	1.898	2,8 x 10 <sup>6</sup>	1,3 x 10 <sup>6</sup>
Lozing CaCl oplossing ton/jaar	0,42	0,42	2.646	2.646
Concentratieverhoging in NZK bij totale lozing gedurende 1 dag	0,05	0,12	338	758
Concentratieverhoging in NZK bij lozing weekproductie gedurende 1 dag	0.001	0.002	7	14

Bij volledige menging over de dwarsdoorsnede van het Noordzeekanaal leidt de lozing tot een te verwaarlozen verhoging van de concentratie aan ammonium in het Noordzeekanaal (zie Tabel 40). Hierbij is aangenomen dat de maximaal te lozen hoeveelheid in één dag wordt geloosd (worst case benadering). Een dergelijke verhoging zal geen effect hebben op de zuurstofhuishouding. Ook leidt dit niet tot een significante verhoging van het gehalte aan vrij ammoniak. Onder normale bedrijfscondities zal productie voor de periode van een week in ongeveer een dag worden geloosd. In dat geval zal de verhoging van het ammoniumgehalte in het geheel niet zijn terug te vinden.

Het chloridegehalte neemt wel aanzienlijk toe. Lozing leidt tot een prop water waarin de het chloridegehalte verhoogd is. De prop zal na een aantal dagen door transport het Noordzeekanaal verlaten. Bovendien zal door dispersie de prop worden verspreid en de maximale concentratie afnemen. Indien de lozing wordt uitgesmeerd over meerdere dagen neemt de concentratieverhoging evenredig af. Bij een lozing over 10 dagen is de verhoging van de concentratie respectievelijk 34 en 79 mg/l.

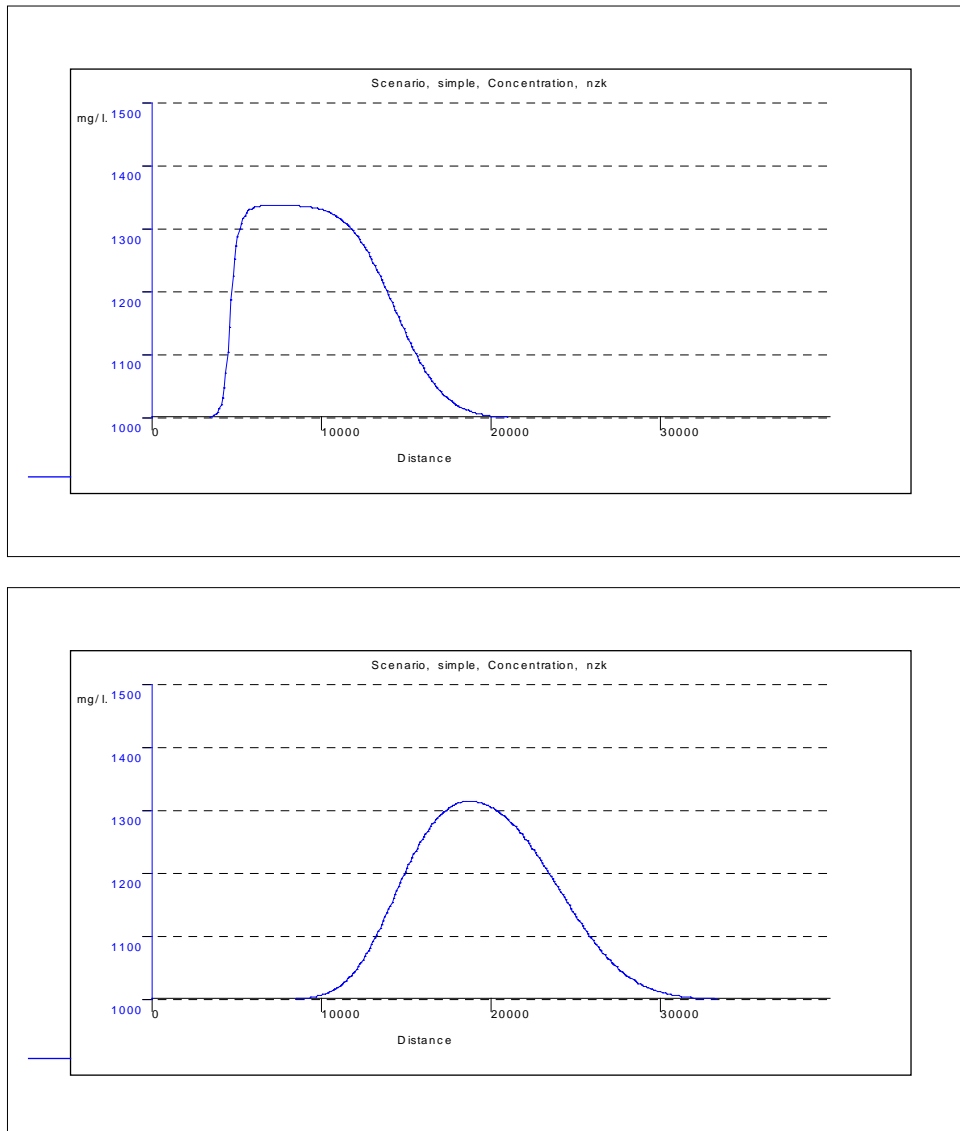
Ter illustratie is in Figuur 13 het concentratieverloop voor de worst case situatie weergegeven. In dit geval is de duur van de lozing 1 dag bij een afvoer van het Noordzeekanaal van 90 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>.

<sup>8</sup> Bron Toelichting op het besluit.





Figuur 13 Verloop van de concentratie chloride 1 dag en 3 dagen na de lozing van de CaCl<sub>2</sub>, waarbij de maximale te lozen hoeveelheid in 1 dag wordt geloosd (worst case). Indicatieve resultaten van modelberekeningen



Bij de lozing van een weekproductie gedurende één dag is de verhoging minder dan 15 mg/l.

### Mogelijke gips vorming

Door de vorming van het slecht oplosbare calciumsulfaat kan mogelijk visuele verontreiniging optreden. Calciumsulfaat zou gevormd kunnen door de reactie van de Ca in de CaCl<sub>2</sub> oplossing de aanwezige sulfaat in het oppervlaktewater.

Indien de CaCl<sub>2</sub> oplossing wordt geloosd, zal deze via de koelwaterleiding naar de ADM haven worden getransporteerd. Dat betekent dat in de leiding al vorming van CaSO<sub>4</sub> zal optreden. Bepalend voor het al dan niet optreden van de vorming van CaSO<sub>4</sub> zijn de concentraties aan calcium en fosfaat. Van belang zijn de concentraties in koelwaterleiding na toevoeging van de CaCl<sub>2</sub> oplossing. Het Ca gehalte van de lozing bedraagt 49.400 g.m<sup>-3</sup> (zie

Tabel 41 in de bijlage). Koelwater wordt onttrokken van de Aziëhaven. Het sulfaatgehalte in het koelwater wordt geschat op  $420 \text{ g.m}^{-3}$ , waarbij wordt aangenomen dat het koelwater uit de bovenste laag wordt onttrokken (zie Tabel 43).

Uitgangspunten voor de berekeningen:

- koelwaterdebiet bedraagt  $6,2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ;
- de concentratie calcium is  $49,4 \text{ g.l}^{-1}$ ;
- het Ca gehalte in het koelwater dat wordt onttrokken aan de oppervlaktewater is te verwaarlozen;
- koelwater wordt onttrokken uit de bovenste waterlaag;
- de Sulfaat concentratie is gelijk aan  $420 \text{ g.m}^{-3}$ ;
- er wordt uitgegaan dat na dosering van de  $\text{CaCl}_2$  oplossing snel volledige menging wordt bereikt.

De concentratie Ca in de koelwaterleiding hangt af van het debiet van de lozing. Indien de totale maximaal te lozen hoeveelheid van  $14.000 \text{ m}^3$  in één dag wordt geloosd, dan is het doseringsdebiet gelijk aan  $0,16 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Dat levert een verdunningsfactor van de Ca van ongeveer 40. De Ca concentratie na lozing is dan gelijk aan  $1.235 \text{ g.m}^{-3}$ .

Dat levert de volgende molaire concentraties:

Ca	$34,9 \text{ mmol.l}^{-1}$
SO <sub>4</sub>	$4,4 \text{ mmol.l}^{-1}$

Ca is in overmaat aanwezig. Hetgeen betekent dat het sulfaatgehalte bepaald of het Calciumsulfaat neerslaat. Het oplosbaarheidproduct van Calciumsulfaat is gelijk aan  $4,93 \times 10^{-5}$  bij  $20^\circ\text{C}$ .

Het oplosbaarheidproduct van de oplossing is gelijk aan:

$$[\text{Ca}^{2+}] \times [\text{SO}_4^{-2}] = (4,4 \times 10^{-3})^2 = 1,94 \times 10^{-5}$$

Bij een concentratie van  $420 \text{ g.m}^{-3}$  wordt het oplosbaarheidproduct nog net niet overschreden en vindt dus geen vorming van Calciumsulfaat plaats. Eerst indien de concentratie sulfaat hoger wordt dan  $670 \text{ g.m}^{-3}$  wordt het oplosbaarheidproduct overschreden. Het sulfaatgehalte dat gebruikt is in deze berekening is slechts gebaseerd op een enkele meting. Deze waarde is gebruikt omdat de bemonsteringslocatie het meest representatief is voor het ingenomen koelwater. Enige voorzichtigheid is dus op zijn plaats. De sulfaatconcentratie in de Aziëhaven ter plekke van het inname punt wordt bepaald door de gehalten in het uitgelagen water vanuit de boezem van Rijnland en door de concentratie in het Noordzeekanaal. De concentratie in de boezem is lager dan op het inname punt. De zomergemiddelde concentratie bedraagt  $192 \text{ g.m}^{-3}$  (zie Tabel 43). Figuur 18 geeft een overzicht van de concentraties in het Noordzeekanaal over de periode 1990 tot en met 2000. Hieruit blijkt dat in het Noordzeekanaal maximaal waarden worden gevonden van  $600 \text{ g.m}^{-3}$  bij een gemiddelde concentratie van rond de  $200 \text{ g.m}^{-3}$  aan het oppervlak. Dit betekent dat niet verwacht mag worden dat de sulfaatconcentraties in het ingenomen koelwater zo hoog zullen zijn dat vorming van calciumsulfaat zal optreden. Het zoute water op grotere diepte heeft wel een sulfaat gehalte dat aanleiding geeft tot calciumsulfaat vorming. Echter er mag worden aangenomen dat de zout stratificatie in de haven voldoende stabiel is om te voorkomen dat het sulfaat rijke water aan de oppervlakte komt.



Ook in het uiteindelijke lozingspunt in de ADM haven mag verwacht worden dat de sulfaatconcentraties voldoende laag zullen zijn. Door de grote uitwisseling tussen het Noordzeekanaal en de ADM haven zal de concentratie sulfaat ook hier niet hoger zijn dan  $600 \text{ g.m}^{-3}$ .

#### H.4 Conclusies

Effecten op de waterkwaliteit van het Noordzeekanaal:

- de lozing zal geen significant effect hebben op het ammoniumgehalte in het Noordzeekanaal;
- hierdoor zijn geen nadelige effecten op de zuurstofhuishouding te verwachten;
- eveneens is geen verhoogde toxiciteit door de vorming van vrij ammoniak te verwachten;
- afhankelijk van de duur van een lozing zal kortdurend een verhoging van het chloridegehalte op het Noordzeekanaal merkbaar zijn;
- de lozing leidt tot een prop water met een verhoogd chloridegehalte in het Noordzeekanaal, die reeds na enkele dagen is verdwenen.

Visuele verontreiniging door de vorming van calciumsulfaat:

- in het te lozen mengsel van koelwater en CaCl oplossing is calcium in overmaat aanwezig;
- sulfaat bepaalt het oplosbaarheidproduct;
- het sulfaat gehalte aan het oppervlak in de Aziëhaven leidt niet tot overschrijding van het oplosbaarheidproduct;
- ook de gehalten aan sulfaat in de ADM haven en het Noordzeekanaal zijn voldoende laag;
- op grond van bovenstaande conclusies zijn geen problemen met visuele verontreiniging te verwachten door de vorming van gips.

## Bijlage 1 Gebruikte gegevens

Tabel 41 Samenstelling van de CaCl oplossing ( bron GDA)

Zoutoplossing_Samenstelling				Gemiddeld
Component	Eenheid	BAGA	Datum ----->	
		1994	dec-00	
Droge Stof	%(w/w)			
Gloeiverlies 550 C	%(w/w)	Norm in g ca mg/kgds		
Gel	mS/cm		237	237
Fluoride	g/l	20	0.0046	0.005
Chloride	g/l		189	189
Bromide	g/l		1.27	1.3
Fosfaat	g/l	60	<0,1	<0,1
Sulfaat	g/l	150	0.283	0.28
Natrium	g/l		64.5	65
Kalium	g/l	50	6.09	6.1
Magnesium	g/l		0.0065	0.007
Calcium	g/l		49.4	49
Strontium	g/l	50	0.0249	0.025
Barium	g/l	20	0.0177	0.018
Aluminium	g/l		<0,0005	<0,0005
Silicium	g/l		<0,0005	<0,0005
Vanadium	mg/l	5000	<0,063	<0,063
Chroom	mg/l	5000	<0,063	<0,063
Mangaan	mg/l		<0,1	<0,1
Cobalt	mg/l	5000	<0,063	<0,063
Nikkel	mg/l	5000	<0,188	<0,2
Koper	mg/l	5000	<0,063	<0,063
Zink	mg/l	20000	0.673	0.67
Arseen	mg/l	50	<0,75	<0,8
Seleen	mg/l	50	0.012	0.012
Molybdeen	mg/l	5000	0.709	0.71
Cadmium	mg/l	50	0.058	0.058
Tin	mg/l	5000	<0,1	<0,1
Antimoon	mg/l	50	0.134	0.13
Telluur	mg/l	50	<0,2	<0,2
Wolfraam	mg/l	5000	<0,5	<0,5
Kwik	mg/l	50	0.0006	0.0006
Lood	mg/l	5000	<0,25	<0,3
PCDD/F	ngTEQ/kg		<0,012	<0,012
Tot CN	mg/l		<0,001	<0,001
Vrij CN	mg/l		<0,001	<0,001



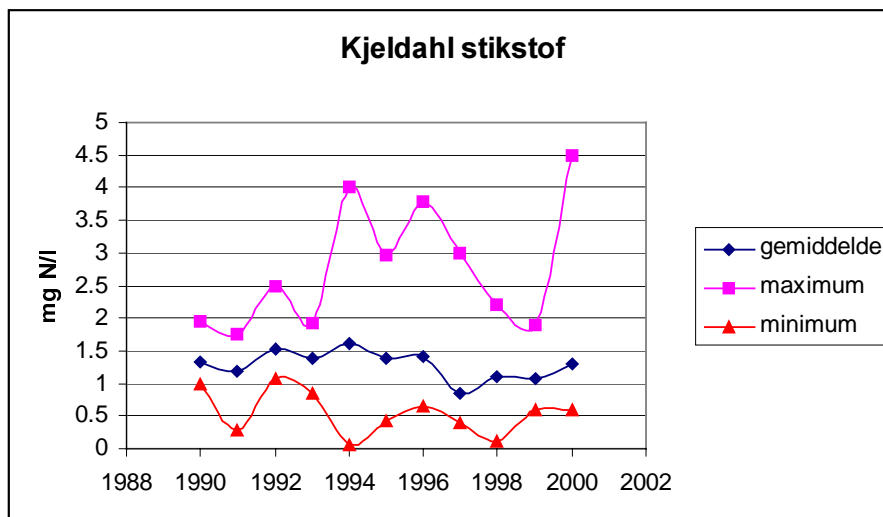
Tabel 42 Samenstelling oppervlaktewater Noordzeekanaal (KM13) en meetpunt RO021B Rijnland zomergemiddelde waarden (bron NZK ruwe ongecontroleerde gegevens RWS dir NH, Rijnland Omegam Rapportage Wateronderzoek Amerikahaven, d.d. 27-4-2000)

Parameter	NZK t.h.v. Amerikahaven	Rijnland
Ammonium (mg N/l)	0,2	0,46
Chloride (mg/l)	870	489
Totaal N (mg N/l)	2,8	4,9
Sulfaat (mg/l)	470	192
pH	8,0	8,25
Zuurstof	9,9	11,3
Temperatuur	15	10,1

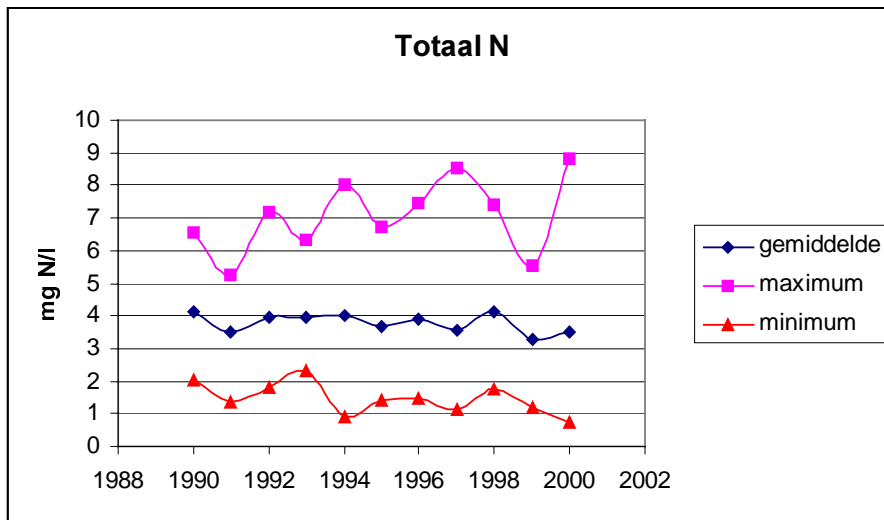
Tabel 43 Samenstelling oppervlaktewater Aziëhaven (bron Omegam Rapportage Wateronderzoek Amerikahaven, d.d. 27-4-2000)

Parameter	Concentratie oppervlak	Concentratie 15 m beneden oppervlak
Ammonium (mg N/l)	0,1	<0,1
Chloride (mg/l)	670	3500
Totaal N (mg N/l)	2,9	1,6
Sulfaat (mg/l)	420	1.300
pH	8,1	-
Zuurstof	9,9	6,3
Temperatuur	14	-

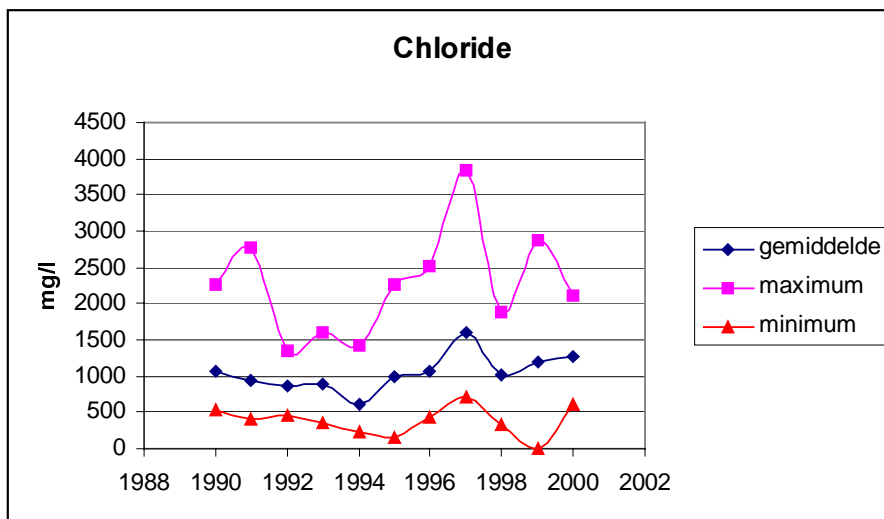
Figuur 14 Jaargemiddelde, maximale en minimale Kjeldahl N- gehalte Noordzeekanaal KM25 (bron WATERSTAT)



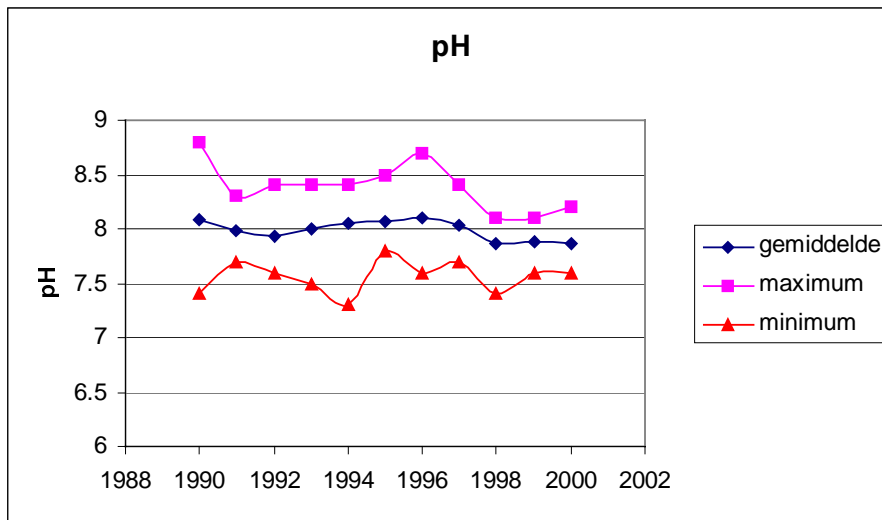
Figuur 15 Jaargemiddelde, maximale en minimale Tot N gehalte Noordzeekanaal KM25 (bron WATERSTAT)



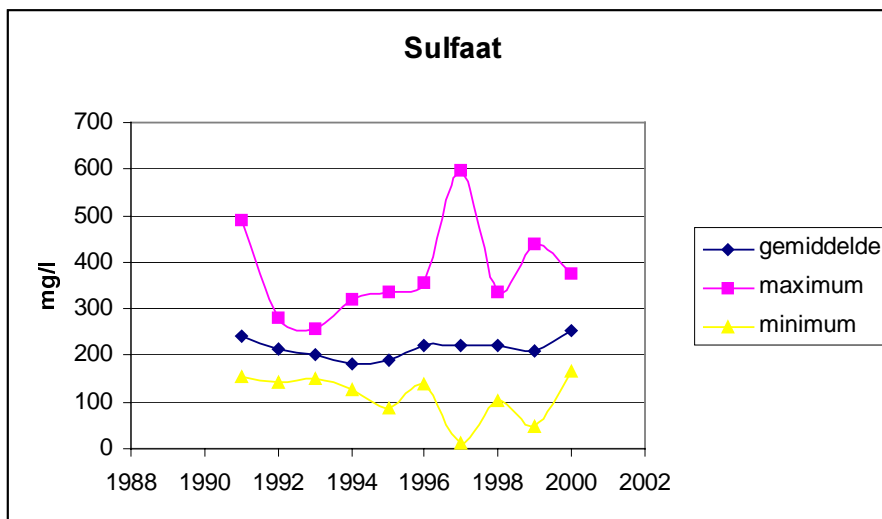
Figuur 16 Jaargemiddelde, maximale en minimale Chloride gehalte Noordzeekanaal KM25 (bron WATERSTAT)



Figuur 17 Jaargemiddelde, maximale en minimale gehalte Noordzeekanaal KM25 (bron WATERSTAT)



Figuur 18 Jaargemiddelde, maximale en minimale sulfaatgehalte Noordzeekanaal KM25 (bron WATERSTAT)



**Literatuur**

WL, 1990. Koelwaterlozing AVI-West – verslag buitenmetingen en mathematische modelstudie, September 1990.