

**MILIEUEFFECTRAPPORT
LANDELIJK AFVALBEHEERPLAN**

**Achtergronddocument A16
Uitwerking “kwikhoudende afvalstoffen”**

Afval Overleg Orgaan
2002

INHOUDSOPGAVE

	blz.
1. INLEIDING	4
2. SAMENSTELLING KWIKHOUDENDE AFVALSTOFFEN	5
3. VERWERKINGSALTERNATIEVEN EN REFERENTIE-INSTALLATIES	7
4. SYSTEEMGRENZEN	9
5. ALTERNATIEF VACUÛMDESTILLATIE	11
5.1 Inleiding	11
5.2 Procesbeschrijving	11
5.3 Massabalans en ruimtebeslag	12
5.4 Transport	14
5.5 Energie	15
5.6 Bedrijfsmiddelen	18
5.7 Emissies	20
5.8 Leemten in kennis en informatie	21
6. ALTERNATIEF PYROLYSE/SMELTEN	22
6.1 Inleiding	22
6.2 Procesbeschrijving	23
6.3 Massabalans en ruimtebeslag	26
6.4 Transport	29
6.5 Energie	30
6.6 Bedrijfsmiddelen	32
6.7 Emissies	34
6.8 Leemten in kennis en informatie	39

BIJLAGEN:

1. Ingreeptabellen
2. Literatuurlijst

1. INLEIDING

In het MER voor het LAP worden beheersalternatieven voor diverse afvalstoffen vergeleken, waarbij gebruik wordt gemaakt van Levens Cyclus Analyse (LCA). Alle LCA-berekeningen worden uitgevoerd voor 1 ton afval.

Om LCA-berekeningen te kunnen uitvoeren, dient onder meer de volgende informatie beschikbaar te zijn:

- de samenstelling van de afvalstof
- het energieverbruik van de in de LCA meegenomen processen
- het bedrijfsmiddelenverbruik van de in de LCA meegenomen processen. Onder bedrijfsmiddelen worden in dit verband verstaan chemicaliën, water, etc.
- de emissies naar de milieucompartimenten lucht, oppervlaktewater en bodem van de in de LCA meegenomen processen.

Componenten (verontreinigingen) aanwezig in het afval kunnen diverse wegen "bewandelen" en vervolgens het milieu belasten, bijvoorbeeld het milieucompartiment "lucht" via de rookgassen van een verbrandingsinstallatie of het milieucompartiment "bodem" via uitloging bij het storten of nuttig toepassen van reststoffen van afvalverwerking.

Om de emissies van componenten naar de milieucompartimenten lucht, oppervlaktewater en bodem te kunnen bepalen, dienen de massabalansen op componentniveau bekend te zijn van diverse processen, zoals van afvalscheiding, afvalverbranding, rookgasreiniging, etc.

Ook zullen tijdens het afval verwerkingstraject stoffen worden vernietigd en nieuwe stoffen ontstaan. Zo worden bij verbranding diverse organische verbindingen in het afval vernietigd en wordt bijvoorbeeld kooldioxide gevormd. Naast componentgebonden emissies worden derhalve ook procesgebonden emissies onderscheiden.

De in de LCA-berekeningen gebruikte informatie wordt in het navolgende gepresenteerd voor de afvalstroom "**Kwikhoudende afvalstoffen**".

2. SAMENSTELLING KWIKHOUDENDE AFVALSTOFFEN

Kwikhoudende afvalstoffen behoren tot de C1-afvalstoffen. C1-afvalstoffen zijn afvalstoffen met een sterk (eco)toxisch karakter, waarvoor berging in de C2-deponie niet mogelijk is. Hiervoor geldt de verplichting te zoeken naar een hoogwaardiger verwerkingwijze dan storten als C1-afvalstof.

Kwikhoudende afvalstoffen worden vaak ingedeeld naar de kwikconcentratie:

- Hooggeconcentreerde kwikhoudende afvalstoffen, zoals amalgaam, kwikthermometers en kwikoxide batterijen.
- Afvalstoffen met enkele procenten kwik zoals actief koolfilters, slibben uit de olie- en aardgasproductie.
- Afvalstoffen die licht verontreinigd zijn met kwik zoals alkalinebatterijen en rioolslib.

Batterijen vormen een aparte sector en worden separaat behandeld.

Het aanbod van C1-afvalstoffen, kwikhoudend, in Nederland varieert per jaar. In 1994 was het aanbod 601 ton, in 1995 548 ton, in 1996 624 ton en in 1997 348 ton (LMA, 1998). De prognose voor 2005 bedraagt 0,8 kton (VROM/IPO, 1997). Het kwikhoudend aardgasslib dat op locaties van NAM vrijkomt, vormt de grootste bron. Volgens opgave van NAM wordt jaarlijks 400 ton kwikhoudend aardgasslib geproduceerd en door derden nog eens 100 ton per jaar (AVR, 1997). Het kwikhoudend slib dat ontstaat bij de aardgaswinning vertegenwoordigt veruit de grootste deelstroom van deze bovengenoemde stromen en zal derhalve als basis voor dit MER dienen.

De historische voorraad kwikhoudend aardgasslib van 1250 ton (die is opgebouwd in de jaren dat er geen verwerking van dit afval heeft plaatsgevonden en als zodanig in het MER van AVR wordt vermeld) is inmiddels bijna geheel weggewerkt (NAM, 2001).

Voor het inschatten van de gemiddelde samenstelling van kwikhoudend aardgasslib zijn een aantal bronnen geraadpleegd: MER-AVR en MER-RUN en is mondelinge informatie van de NAM (d.d. 1 juni 2001) verkregen. Deze informatie is in tabel 2.1 weergegeven.

De informatie uit tabel 2.1 is vervolgens in tabel 2.2 vertaald naar een gemiddelde samenstelling zoals gehanteerd in het MER-LAP. Bij het vertalen van de gegevens uit tabel 2.1 naar tabel 2.2 is rekening gehouden met het feit dat de AVR-gegevens inmiddels gedateerd zijn. Volgens (NAM, 2001) vraagt de AVR inmiddels een minimaal droge stofgehalte van 60%. Om dit te bewerkstelligen heeft de NAM een indikkingsinstallatie om een droge stofgehalte van 60-80% te realiseren. Verder was het aandeel olie in het NAM-slib inmiddels, door een schonere werkwijze bij de NAM, afgenomen in vergelijking met de AVR-gegevens.

De mogelijke effecten van de spreiding in de samenstelling worden meegenomen in de gevoeligheidsanalyse. Zie hiervoor ook tabel 2.2. Er worden een tweetal gevoeligheden nader bezien:

- een 'maximale' kwikbelasting (analyse "hoge kwikbelasting")
- een 'minimale' oliebelasting/'maximale' waterbelasting (analyse "lage energetische inhoud").

Tabel 2.1: Gevonden samenstellingen van kwikhoudende afvalstoffen

Component	Samenstelling volgens MER-AVR (%)	Samenstelling volgens NAM (%)	Samenstelling volgens MER-RUN (%)
Droge stof	40-50	60-80	75
Olie	30	1-12	
Water	20-30	10-30	
Kwik	2	1-4	
Brandbaar (op d.s. basis)			40
CaCO ₃ (op d.s. basis)			10
Mineraal (op d.s. basis)			48
Gebonden water (op d.s. basis)			2
Brandbare fractie			
C			82,6
H			14,4
O			0,4
N			0,1
Cl			1,0
S			1,5

Tabel 2.2: Gemiddelde samenstelling van kwikhoudende afvalstoffen voor het MER-LAP

Component	Gemiddelde samenstelling (kg/ton)	Samenstelling voor de gevoeligheidsanalyse "hoge kwikbelasting" (kg/ton) ¹	Samenstelling voor de gevoeligheidsanalyse "lage energetische inhoud" (kg/ton) ²
Olie (1)	60	58,8	10
Water (vrij en gebonden tezamen)	185	181,2	300
Kwik	20	40	20
CaCO ₃	75	73,5	68,4
Mineraal	360	352,7	328,1
C	247,8	242,7	225,9
H	43,2	42,3	39,4
O	1,2	1,2	1,1
N	0,3	0,3	0,3
Cl	3	2,9	2,7
S	4,5	4,4	4,1

(1) Aangenomen wordt dat de gemiddelde samenstelling van de oliefractie gelijk is aan de samenstelling van de brandbare fractie uit tabel 2.1.

¹ Bij gebrek aan andere informatie is de toename aan kwik (van 20 naar 40 kg) verdisconteerd over alle andere componenten.

² Bij gebrek aan andere informatie is de afname aan olie (van 60 naar 10 kg) en de toename aan water (van 185 naar 300 kg) verdisconteerd over alle andere componenten, met uitzondering van kwik (is 20 kg gebleven).

3. VERWERKINGSALTERNATIEVEN EN REFERENTIE-INSTALLATIES

Kwik is een vluchtig metaal en komt daardoor makkelijk in de atmosfeer terecht. Kwikverbindingen, met name kwiksulfiden zijn zeer stabiel tot temperaturen van ca. 550°C. Verwerking van afval met kwikverbindingen moet daarom boven 600°C plaatsvinden.

Productie en import van kwikhoudende producten is per 1 januari 1999 verboden. Invoer van kwikhoudend afval voor verwerking bij het verwerkingsbedrijf wordt onder voorwaarden toegestaan, omdat het Nederlandse aanbod beduidend minder is dan de verwerkingscapaciteit. De voorwaarden zijn onder meer dat het restproduct als een C3-afvalstof kan worden aangemerkt, dat er in Nederland capaciteit aanwezig is om het restproduct te verwijderen of dat het restproduct als C2-afvalstof naar het land van herkomst wordt teruggevoerd. Het betreffende land dient het verdrag van Bazel te hebben ondertekend. In Nederland bestaan geen mogelijkheden om C1-afvalstoffen te storten.

Mogelijke verwerkingsalternatieven voor kwikhoudende afvalstoffen zijn:

- HTO-proces (high temperature oxidation);
- thermische conversie (Gibros-PEC);
- vacuümdestillatie (o.a. AVR en Claushuis).

Verder wordt het ECIM-proces (Evaporation, Condensation, Ion Exchange of Mercury) nogal eens genoemd als mogelijk alternatief. Dit proces wordt echter bedreven met oliehoudende grond. Voor kwikhoudende afvalstoffen is dit proces niet operationeel en er zijn ook geen initiatieven bekend om het proces te gaan ontwikkelen. Derhalve wordt het ECIM-proces in het MER-LAP niet als verwerkingsalternatief meegenomen.

Het HTO-proces geldt op dit moment als minimumstandaard voor het verwerken van kwikhoudende afvalstoffen. Het proces is echter niet operationeel en er zijn geen initiatieven bekend om deze techniek toe te gaan passen. Derhalve wordt het HTO-proces in het MER-LAP niet als verwerkingsalternatief meegenomen.

North Refinery heeft concrete plannen ontwikkeld voor het, gefaseerd, realiseren van een verwerkingsinrichting in Nederland voor diverse afvalstoffen, waaronder in een latere fase ook kwikhoudende afvalstoffen (circa 400 ton/jaar) via een aparte lijn.

Het voorgenomen verwerkingsconcept is gebaseerd op dat van Gibros-PEC (pyrolyse, vergassen en smelten). North Refinery verwacht uiteindelijk maximaal 600.000 ton/jaar aan binnenkomende stromen te be- en verwerken. Nog onzeker is of de plannen van North Refinery zullen worden geëffectueerd.

Er is nog een initiatief waarbij men voornemens is het Gibros-PEC-concept toe te passen, namelijk het Propec-initiatief om een installatie te bouwen in Groningen. In het MER en de milieuvergunningaanvragen behorend bij dit initiatief (november 2000) worden kwikhoudende afvalstoffen niet genoemd in de voor PEC-Groningen geschikte ingangstromen. Ten aanzien van de kwikconcentratie is een samenstellingseis opgenomen van 10 mg/kg. Het kwikgehalte in de voeding moet dusdanig laag zijn, dat het kwik niet condenseert bij de gaskoeling, zodat het actief koolfilter niet te snel beladen raakt. Dit probleem doet zich theoretisch pas voor bij een kwikgehalte in de voeding van gemiddeld 100 mg/kg. Veiligheidshalve wordt toch de samenstellingseis gehanteerd. Er wordt gesteld dat een individuele partij met een hoger gehalte kan worden geaccepteerd, mits dat wordt gecompenseerd door gelijktijdige verwerking van een andere partij met een lager gehalte. Verwerking van kwikhoudend aardgasslib is dus in principe mogelijk in een PEC-installatie. De voorgenomen installatie van North Refinery is echter beter uitgerust voor de 'separate' verwerking van kwikhoudende afvalstoffen.

Bij AVR-chemie in de Botlek is een vacuümdestillatie-installatie operationeel voor de verwerking van kwikhoudende afvalstoffen. Het oorspronkelijke initiatief van AVR-chemie betrof het HTO-proces, maar uiteindelijk is gekozen voor vacuümdestillatie.

Een soortgelijke installatie is operationeel bij Claushuis Metaalmaatschappij in Zeewolde. De twee installaties verschillen in uitvoering van elkaar, maar komen in grote lijnen overeen. Zowel bij Claushuis als bij AVR worden uit de kwikhoudende afvalstoffen in afwezigheid van zuurstof de vluchtige componenten verdampt.

Momenteel heeft NAM het voornemen uitgesproken eveneens een vacuümdestillatie-installatie te realiseren (NAM, 2001). Dit voornemen is in het kader van de langere termijn visie van NAM al opgenomen in het Milieujaarverslag 2000 van de Reststoffen Bewerkings Installatie (RBI) Delfzijl. Inmiddels is op 26 juni 2001 de milieuvergunningsaanvraag voor de uitbreiding van de RBI met een vacuümdestillatie-installatie ingediend bij de provincie Groningen. De gegevens in deze aanvraag zijn echter niet voor dit MER gebruikt. Ook dit proces zal in grote lijnen overeenkomen met de verwerkingsmogelijkheden bij AVR en Claushuis.

Het vacuümdestillatieproces (met vacuümketel) bij de AVR en de direct verhitte atmosferische oven met condensor en gaswasser bij Claushuis Metaalmaatschappij zijn momenteel de enige installaties in Nederland die kwik uit aardgasslib verwijderen. Cijfers betreffende de procesvoering van AVR-chemie en Claushuis waren bij het verschijnen van dit MER nog niet beschikbaar. Omdat van het Claushuisproces geen kwantitatieve gegevens gevonden zijn in openbare documenten en van het proces bij de AVR wel (AVR, 1997) en (AVR, 1999) is het AVR-proces als referentietechniek meegenomen in deze uitwerking voor kwikhoudende afvalstoffen.

Tabel 3.1: Overzicht verwerkingsalternatieven en referentie-installaties

Verwerkingsalternatieven	Referentie-installaties
Vacuümdestillatie	AVR Chemie, Botlek
Pyrolyse/smelten	Voorgenomen activiteit RUN initiatief, Delfzijl

4. SYSTEEMGRENZEN

Bij de verwerkingsprocessen ontstaan producten en/of reststoffen, die vaak nuttig kunnen worden toegepast. Er is dan sprake van vermeden winnings- en productieprocessen van primaire grondstoffen, zodat in de LCA-berekeningen negatieve milieu-ingrepen worden toegerekend.

De gevolgen van nuttige toepassing van secundaire grondstoffen worden ook in de LCA meegenomen, tenzij de samenstelling en kwaliteit van (de producten van) de secundaire grondstoffen gelijkwaardig is aan die van (de producten van) uitgespaarde primaire grondstoffen. Als sprake is van genoemde gelijkwaardigheid, dan worden uitsluitend de gevolgen meegenomen van de processen die noodzakelijk zijn om de secundaire grondstoffen om te zetten in economisch verhandelbare producten. Binnen de systeemgrens valt dan nog wel het transport naar de locatie waar verder verwerking of inzet plaatsvindt (inclusief het vermeden transport van niet meer aan te voeren primair materiaal). Er wordt vanuit gegaan dat wanneer er sprake is van gelijkwaardigheid aan primair materiaal, daarna met alle vervolghandelingen een vergelijkbare handeling met primair materiaal wordt vermeden.

Uitgaande van de in tabel 3.1 opgenomen referentie-installaties zou een uitspraak gedaan kunnen worden over de transportafstanden die het afval moet afleggen. Belangrijk is echter te realiseren dat de huidige fysieke ligging van de referentie-installaties niet bepalend is voor de transportafstand, omdat deze installaties alleen worden gebruikt om inzage te krijgen in de techniek. Voor het inschatten van de transportafstanden is derhalve gekeken naar marktpotentie van het betreffende alternatief. Met andere woorden: naarmate de verwachting is dat op meerdere plaatsen de betreffende techniek kan worden uitgevoerd, worden de transportafstanden kleiner. Dit geldt evenzeer voor de aanvoer van bedrijfsmiddelen en afzet van stromen naar recyclingsbedrijven.

In het kader van deze studie wordt uitgegaan van de in tabel 4.1 opgenomen transportafstanden (heen en terug). Hierbij wordt uitgegaan van het 'aantal locaties' hetgeen betekent: aantal verwerkers, aantal leveranciers bedrijfsmiddelen, afzetkanalen reststromen, etc..

Tabel 4.1: Gestandaardiseerde transportafstanden

Aantal locaties	Gemiddelde transportafstand, heen en terug (km)
1	150
2	100
3-5	75
6-10	50
11-15	40
>15	35

Emissies naar water

Voor het verwerken van kleine waterstromen zoals percolaatstromen of waterstromen van het reinigen van apparatuur, wordt voor de ingrepen als ruimtebeslag, energiegebruik, chemicaliëngebruik, etc. gewerkt met een speciaal daartoe ontwikkelde proceskaart in SimaPro. In deze proceskaart zijn dergelijke ingrepen per kuub water opgenomen op basis van de gemiddelde cijfers van een reeks RWZI's. Deze benaderingsmethode wordt alleen voor kleine waterstromen gehanteerd. Voor verwerkingsopties met significante proceswaterstromen is meer specifiek gekeken naar de ingrepen die bij de verwerking van dit afvalwater horen.

In alle gevallen, dus ook bij kleine waterstromen, is er echter vanuit gegaan dat de resulterende lozing naar het water te sterk afhangt van de karakteristieken van de afvalstroom om ook hiervoor standaardwaarden te hanteren. Dit is dus uitsluitend gedaan voor ingrepen als energiegebruik, ruimtebeslag en dergelijke. Voor de uiteindelijk resterende lozingen is ook bij kleine waterstromen dus wel een relatie gelegd met de samenstelling van de vrijkomende waterstroom (en is dus geen standaard ingreep pakket gehanteerd) en zijn de in tabel 4.2 gehanteerde zuiveringsrendementen gebruikt (Zuiveringsschap Limburg, 1998).

Tabel 4.2: Zuiveringsrendementen voor resulterende waterstromen

Kenmerk	Waarde
Zuiveringsrendement CZV	90%
Zuiveringsrendement BZV	97%
Zuiveringsrendement Kj-N	89%
Zuiveringsrendement totaal N	66%
Zuiveringsrendement totaal-P	77%
As	80%
Ba	75%
Cd	72%
Co	75%
Cr	89%
Cu	92%
Hg	91%
Mo	75%
Ni	46%
Pb	91%
Sb	75%
Se	75%
Sn	75%
V	75%
W	-
Zn	75%

5. ALTERNATIEF VACUÛMDESTILLATIE

5.1 Inleiding

Zoals eerder aangegeven is de informatie over het vacuümdestillatieproces bij de AVR gebaseerd op een MER bij de vergunningaanvraag in 1997 (AVR, 1997) en het overheidsmilieujaarverslag over 1999 (AVR, 2000). Tenzij anders vermeld komt de informatie in dit hoofdstuk uit deze twee bronnen.

5.2 Procesbeschrijving

A. Transport

Het kwikhoudend slib wordt per as aangeleverd in vaten op de verwerkingsinrichting.

B. Voedingssysteem

Het slib wordt zonder voorbereiding bij AVR batchgewijs in de vacuümketel gebracht.

C. Vacuümketel:

Na een batchgewijze vulling worden de indirect verhitte ketels luchtdicht aangesloten op het destillatiesysteem. In de eerste stap worden vluchtige componenten onder vacuüm verdampt (600°C, 48-72 uur). De energie wordt als elektrische energie toegediend. De vloeibare componenten (kwik, water en olie) worden overgedestilleerd, waarbij het systeem op onderdruk wordt gehouden. Het residu van het vacuümdestillatieproces wordt bevochtigd om stuiven te voorkomen en in big bags gestort op een C3-stortplaats.

D. Destilleren:

De verzadigde hete dampen afkomstig van de vacuümketel worden door een watergekoelde warmtewisselaar en stikstofkoeler geleid die uitkomt in een condensvat. In het condensvat treedt een scheiding op tussen kwik, water en de organische fractie (destillaat). Periodiek zal het condensvat worden geleegd in speciale opslagtanks.

E. Transport en nuttige toepassing kwik

De geproduceerde kwik wordt per as afgevoerd en hergebruikt als (half)product. Onduidelijk is of en zo ja welke handelingen het kwik nog moet ondergaan voordat het daadwerkelijk hergebruikt kan worden.

F. Actieve kool

De afgezogen lucht en de afgassen worden door een actief koolfilter geleid. De in dit filter ontstane verontreinigde actieve kool wordt intern verwerkt (in de vacuümketel gebracht).

Doordat bij de behandeling onder vacuüm nauwelijks zuurstof aanwezig is en er bovendien een volledig inerte atmosfeer kan worden gecreëerd door toevoeging van stikstof, wordt de kans op vorming van toxische afbraakproducten verkleind. Slechts een beperkte hoeveelheid "afgassen" hoeft te worden gereinigd.

G. Verbranden organische fractie en water fractie (destillaat)

Het destillaat wordt verbrand in een draaitrommeloven (DTO). De organische fractie van het destillaat dient als brandstof in de DTO, waarbij rookgassen, filterkoek en afvalwater ontstaan. De warmte die hierbij vrijkomt, wordt nuttig toegepast. De filterkoek die hierbij ontstaat wordt op een C2-deponie gestort. De afgassen worden via een actief koolfilter geëmitteerd naar de atmosfeer.

Een alternatief voor het verbranden van de waterfractie -indien gescheiden van de organische fractie- is verwerking in een waterzuivering. Omdat van de kwaliteit van de waterfractie geen gegevens beschikbaar zijn, zal voor dit MER uitgegaan worden van verbranding van de waterfractie.

5.3 Massabalans en ruimtebeslag

Massabalans

De massabalans voor het proces is in tabel 5.1 aangegeven. Deze tabel is afgeleid uit (AVR, 1997) en (AVR, 2000). De kwikdampconcentratie in het afgas is gebaseerd op de aanname dat het verwijderingsrendement van het actief kool 99% bedraagt en de verzadigde dampspanning bij 0°C de concentratie van het kwik bepaalt. Verder is aangenomen dat alle droge stof achterblijft in het residu minus de hoeveelheid die als stofemissie in de afgassen meekomt (0,5%).

De kwikconcentratie in residu en destillaat is gebaseerd op de maximale waarde, gegeven in (AVR, 1997): respectievelijk <50 ppm en <100 ppm.

Tabel 5.1: Verdeling kwik, olie, water en droge stof over de verschillende destillatieproducten en een berekende BTEX-emissie naar de lucht

	Residu (%)	Kwik (%)	Actieve kool (%)	Lucht (%)	Destillaat (%)
Hg	0,1098	99,5838	0,1455	0,0015	0,1594
Oliefractie/waterfractie					99,9997 ^(*)
Restant (alles minus Hg, olie, water)	99,5			0,5	
Berekende BTEX-emissie naar de lucht (mg/kg destillaat)					
Benzeen				1,16	
Tolueen				0,52	
Ethylbenzeen				0,20	
Xylenen				0,20	

(*) Waarde is minus de hoeveelheid bekende BTEX-emissie naar de lucht.

Om stuiven te voorkomen wordt 0,20 kg water aan 1 kg residu toegevoegd.

Kwik uit het slib wordt voor 99,6% (ofwel 19,92 kg/ton) teruggewonnen als metallisch kwik in de gasreiniging. Bij het reinigen van de afgassen wordt 0,03 kg kwik in het actief kool afgevangen. De emissie naar de lucht bedraagt 300 mg/ton kwikhoudend afval. In het destillaat bevindt zich 0,03 kg kwik.

In de gevoeligheidsanalyse "hoge kwikbelasting" wordt 39,83 kg metallisch kwik teruggewonnen, wordt 0,06 kg kwik in actief kool afgevangen, gaat 600 mg kwik naar de lucht en komt 0,06 kg kwik in het destillaat terecht.

Per ton kwikhoudend afval ontstaat 731 kg residu (=0,995*(1000-60-185-20)). Om stuiven te voorkomen wordt hieraan 146 kg water toegevoegd, zodat per ton kwikhoudend afval 877 kg residu dient te worden gestort. De hoeveelheid kwik in het residu bedraagt 22 gram.

Per ton kwikhoudend aardgasslib ontstaat 245 kg destillaat (met water en koolwaterstoffen) dat in de DTO wordt verbrand. Het destillaat bevat 32 gram kwik.

Het met kwik beladen actief kool (24,3 kg per ton kwikhoudend aardgasslib) kan intern worden verwerkt in de vacuümdestillatie-installatie. Er hoeft derhalve geen beladen actief kool te worden gestort

In tabel 5.2 is een overzicht gegeven van de producten en reststoffen die ontstaan bij de vacuümdestillatie van kwikhoudend slib, inclusief hun bestemming. De hoeveelheden voor de gevoeligheidsanalyses "hoge kwikbelasting" en "lage energetische inhoud" staan eveneens in tabel 5.2.

Tabel 5.2: Overzicht producten/reststoffen per ton kwikhoudend aardgasslib

	Hoeveelheid per ton kwikhoudend afval (kg)	Hoeveelheid per ton kwikhoudend afval t.b.v. de gevoeligheidsanalyse "hoge kwikbelasting" (kg)	Hoeveelheid per ton kwikhoudend afval t.b.v. de gevoeligheidsanalyse "lage energetische inhoud" (kg)
Nuttig toepasbare producten			
Kwik	19,92	39,83	19,92
Te verwerken reststoffen			
Residu (gestort)	877	860	800
Destillaat (verbrand in DTO)	245	240	310
Actief kool (bedrijfsmiddel, intern verwerkt)	24,3	48,5	24,3

Ruimtebeslag

Het ruimtebeslag van het gehele afvalbeheersalternatief bestaat uit het ruimtebeslag van de vacuümdestillatie en het ruimtebeslag verbonden aan het verwerken van de restproducten (het storten van het residu en het verbranden van het destillaat).

Ruimtebeslag vacuümdestillatie

Voor het bepalen van het ruimtebeslag van de installatie zijn de volgende gegevens van belang:

- Oppervlak inrichting circa 890 m²
- De inrichting verwerkt ongeveer 81% kwikhoudend aardgasslib (zie ook tabel 5.3 (AVR, 2000))
- De totale doorzet aan kwikhoudend aardgasslib was in 1999 circa 494 ton.

Tabel 5.3 Verwerkte hoeveelheden kwikhoudend afval in de vacuümdestillatie, per categorie in 1999

Afvalstoffen	Verwerkte hoeveelheid (ton)
Kwikhoudend aardgasslib	494,0
Slib/grond	54,0
Staal/grafiet	38,0
Kool/catalist	6,9
Relais	1,4
Filters	14,0
Totaal	608,3

Het ruimtebeslag van de inrichting dat aan kwikhoudend aardgasslib is toe te rekenen (over een periode van 100 jaar) is $7,21 \cdot 10^4$ m²*jaar (0,81*890*100). In die periode wordt $4,94 \cdot 10^4$ ton kwikhoudend slib verwerkt. Hiermee komt het toe te rekenen ruimtebeslag (per ton) op 1,46 m²*jaar. Vanwege de bedrijfsvoering (batchgewijze belading) betreft het hier een relatief hoog ruimtebeslag.

Ruimtebeslag storten residu

In het kader van deze LCA wordt uitgegaan van een storthoogte van 15 m. Per m² stortoppervlak kan dus 15 m³ afval gestort worden. De dichtheid van het gestorte residu wordt geschat op 0,7 ton/m³. Per big baglaag (1 m) wordt circa 30 cm uitvulmateriaal gebruikt. Dit betekent dat per ton residu 1,86 m³ stortruimte wordt ingenomen. Per m² stortoppervlak kan dus (15/1,86) 8,06 ton residu worden geborgen. Voor de berging van 1 ton residu is 0,12 m² nodig. Over de te beschouwen periode van 100 jaar betekent dit 12,4 m²*jaar aan fysiek ruimtebeslag per ton residu. Bij de verwerking van 1 ton kwikhoudend slib ontstaat 0,877 ton residu. Derhalve dient er 10,9 (=0,877*12,4) m²*jaar toegerekend worden. In de gevoeligheidsanalyse "hoge kwikbelasting" is dit 10,7 m²*jaar en in de gevoeligheidsanalyse "lage energetische inhoud" 9,9 m²*jaar.

Ruimtebeslag verbranden destillaat (in DTO)

Het oppervlakte van de DTO-verbrandingsinrichting inclusief rookgasreiniging en afvalwaterzuivering bedraagt circa 40.000 m². De totale verwerkingscapaciteit bedraagt circa 100.000 ton per jaar. Over een periode van 100 jaar is het ruimtebeslag gelijk aan:

- 40.000 m² x 100 jaar = 4 miljoen m²*jaar
- 100.000 ton/jaar x 100 jaar = 10 miljoen ton
- 4 miljoen m²*jaar : 10 miljoen ton = 0,4 m²*j per ton verwerkt afval.

Per ton kwikhoudend slib wordt 0,245 ton destillaat verbrand, waardoor het toe te rekenen ruimtebeslag gelijk is aan 0,098 m²*jaar. In de gevoeligheidsanalyse "hoge kwikbelasting" is het extra ruimtebeslag voor het verbranden in de DTO 0,096 m²*jaar en in de gevoeligheidsanalyse "lage energetische inhoud" 0,12 m²*jaar. Ten aanzien van de reststoffen die gevormd worden in de DTO is aangenomen dat deze achterwege gelaten konden worden. Het te verbranden destillaat zal nagenoeg geen mineralen meer bevatten. Bovendien is het gezien de beperkte samenstellingsgegevens onmogelijk in te schatten of er RGR-residu is toe te rekenen en in welke hoeveelheden.

5.4 Transport

In het beschouwde afvalverwerkingsalternatief vindt transport per as plaats van kwikhoudend aardgasslib, actief kool, residu en kwik. In tabel 5.4 is de omvang van de benodigde producten, bedrijfsmiddelen en reststoffen aangegeven (zie ook paragraaf 5.6).

Tabel 5.4: Hoeveelheden producten, bedrijfsmiddelen en reststoffen

Materiaal	Hoeveelheden per ton verwerkt kwikhoudend slib (kg)	Hoeveelheden per ton verwerkt kwikhoudend slib t.b.v. de gevoeligheidsanalyse "hoge kwikbelasting" (kg)	Hoeveelheden per ton verwerkt kwikhoudend slib t.b.v. de gevoeligheidsanalyse "lage energetische inhoud" (kg)
Kwikhoudend aardgasslib	1000	1000	1000
Kwik	19,92	39,83	19,92
Residu	877	860	800
Destillaat	245	240	310
Actief kool	24,3	48,5	24,3
Zand (uitvulmateriaal)	564	553	514

Momenteel zijn er twee vacuümdestillatieinstallaties in bedrijf (AVR en Claushuis). De verwachting is dat er in Nederland nog één installatie zal bijkomen (NAM, 2001). Vandaar dat er voor het transport van kwikhoudend aardgasslib een transportafstand van 75 km wordt aangehouden. Er wordt aangenomen dat er in Nederland één afnemer van het teruggewonnen metallisch kwik is. Voor de transportafstand voor het teruggewonnen kwik is 150 km aangehouden.

Voor het residu wordt uitgegaan van een transportafstand van 50 km daar verspreid over Nederland diverse stortplaatsen (ongeveer 6-10) deze stof accepteren.

Het destillaat wordt verbrand in de DTO-oven van de AVR. Aangezien er geen meerdere DTO's te verwachten zal dan deze ene wordt uitgegaan van een afstand van 150 km.

Actief kool (voor het afvangen van kwik) wordt geproduceerd in hooguit twee bedrijven in Nederland. Voor de aanvoer van dit actief kool is derhalve een transportafstand van 100 km aangehouden.

Zand wordt op diverse plekken gewonnen. Toepassingen in het Oost-Nederland verkrijgen hun zand met name via lokale zandwinningplekken. In West en Noord-Nederland is zand met name afkomstig uit de Noordzee of het IJsselmeer. Gemiddeld voor Nederland is aangenomen dat zand ongeveer 50 km over water aflegt en 35 km over land.

Voor het transport van kwikhoudend aardgasslib, residu, destillaat en zand wordt uitgegaan van 20 ton/vracht. Voor het geproduceerde kwik en de hulpstof actief kool is een beladingsgraad van 10 ton per vracht aangehouden.

Het verbruik aan diesel en smeerolie, alsmede de emissies via de uitlaatgassen van de transportvoertuigen worden berekend m.b.v. de proceskaarten in de SimaPro-database. Daarbij wordt uitgegaan van de in tabel 5.5 vermelde transportafstanden (totaal km heen en terug).

Tabel 5.5 Transport

Materiaal	Transport			
	Afstand (km)	Tonkilometer (tkm)	Tonkilometer t.b.v. de gevoeligheidsanalyse "hoge kwikbelasting" (tkm)	Tonkilometer t.b.v. de gevoeligheidsanalyse "lage energetische inhoud" (tkm)
Kwikhoudend slib	75	75	75	75
Kwik	150	3,0	6,0	3,0
Residu	50	43,9	43	40
Destillaat	150	36,8	36	46,5
Actief kool	100	2,4	4,9	2,4
Zand over water	50	28,2	27,7	25,7
Zand over land	35	19,7	19,4	18,0

Op het moment dat de transportafstanden minstens 20% van de milieuscores bepalen, wordt in de gevoeligheidsanalyse gerekend met +/- 50%.

5.5 Energie

Er wordt rekening gehouden met:

- het energieverbruik van de vacuümdestillatieinstallatie;
- het energieverbruik bij de verwijdering/nuttige toepassing van reststoffen;
- vermeden energieverbruik door vervanging van primaire grondstoffen.

Het energieverbruik van de vacuümdestillatieinstallatie

Het vacuümdestillatieproces gebruikt energie voor de verwarming van de vacuümketel en voor de vacuümpomp. Het energieverbruik van het vacuümdestillatieproces bedraagt 3,5 GJ_e per ton verwerkt kwikhoudend slib.

Het energieverbruik bij de verwijdering/nuttige toepassing van reststoffen

De gevolgen van nuttige toepassing van secundaire grondstoffen (o.a. het energieverbruik) dienen in de LCA te worden betrokken, tenzij de samenstelling en kwaliteit van (de producten van) de secundaire grondstoffen gelijkwaardig is aan die van (de producten van) uitgespaarde primaire grondstoffen. Indien sprake is van genoemde gelijkwaardigheid dan dienen de gevolgen te worden meegenomen tot er sprake is van economisch verhandelbare producten.

Verbranden destillaat in DTO

Het destillaat (de waterfractie en de organische fractie) wordt verbrand in de DTO van AVR. Aangezien de samenstelling van het destillaat afwijkt van de gemiddelde input van de DTO, het aandeel water varieert in het destillaat tussen 76% en 97% (gevoeligheidsanalyse "lage energetische samenstelling"), wordt het energieverbruik via twee aparte berekeningen bepaald. Hierbij wordt het energieverbruik bepaald aan de hand van de energie nodig voor het verdampen van water en de gemiddelde energiebalans van de DTO voor het verbranden van de organische fractie.

Het energieverbruik bij de verbranding van de waterfractie bedraagt 4,4 GJ/ton water³. Voor de normale situatie betekent dit 0,81 GJ/ton kwikhoudend aardgasslib. Voor de gevoeligheidsanalyses "hoge kwikbelasting" en "lage energetische inhoud" respectievelijk 0,80 en 1,32 GJ/ton kwikhoudend slib.

Voor het verbranden van de organische fractie in de DTO wordt uitgegaan van de gemiddelde prestaties van de installatie (AVR, 2000). Het gemiddelde energieverbruik van de draaitrommelovens van AVR, inclusief rookgasreiniging, het koelen van slakken en het energieverbruik van de afvalwaterzuivering, is weergegeven in tabel 5.6. Het elektriciteitsverbruik betreft in hoofdzaak elektromotoren voor het draaien van de DTO's, het verpompen van afvalwater, het verplaatsen van verbrandingslucht en rookgassen. Het verbruik wordt aan al het verwerkte afval toegerekend. Het brandstofverbruik (olie) wordt gebruikt om de oven op de juiste temperatuur te brengen of voor het opstoken van de oven bij verbranding van laagcalorische afvalstoffen. Gelet op het hoogcalorische karakter van organische oliefractie wordt dit verbruik niet aan kwikhoudend slib toegerekend. Aangenomen is dat dit energieverbruik al verdisconteerd is bij het apart bezien van de waterfractie.

Tabel 5.6 Energieverbruik DTO

Energie	Totaal energieverbruik	Energieverbruik per ton afval	Energieverbruik per ton kwikhoudend slib	Energieverbruik t.b.v. gevoeligheidsanalyse "hoge kwikbelasting" per ton kwikhoudend slib	Energieverbruik t.b.v. gevoeligheidsanalyse "lage energetische inhoud" per ton kwikhoudend slib
Elektriciteit	20,8*10 ⁶ kWh	219,4 kWh	13,2 kWh	12,9 kWh	2,2 kWh
Olie	2.168 ton	22,87 kg	-	-	-

³ De aangegeven 4,4 GJ/ton is opgebouwd uit een deel verdampingswarmte (2,4 GJ/ton) en een deel voor het opwarmen van het water tot een temperatuur van ongeveer 1000°C (2 kJ/kg*K, ofwel 2,0 GJ/ton voor het bereiken van de gewenste temperatuur).

De bij de afvalverbranding vrijkomende warmte wordt benut voor de productie van stoom. In 1999 is door de twee DTO's gezamenlijk 320.838 ton hoge drukstoom geproduceerd d.w.z. circa 3,38 ton stoom per ton verwerkt afval. Deze stoom wordt aan een turbine geleverd die het omzet in energie. Het totale stoomaanbod aan de E-centrale van de AVR (stoom DTO's en roosterovens) was 3,29 miljoen ton in 1999. Met deze hoeveelheid is totaal 597.729 MWh aan elektriciteit geproduceerd, waarvan 167.012 intern is gebruikt, zodat 430.717 MWh aan het openbare net is geleverd.

Het aandeel van de DTO's in de productie van elektriciteit bedraagt dus:

$(320.838 / 3.290.000) \times 430.717 = 42.003$ MWh/jaar oftewel 0,443 MWh per ton verwerkt afval. Deze elektriciteitsproductie is gerealiseerd bij een gemiddelde stookwaarde van het afval van circa 15 MJ/kg.

Uitgaande van een gemiddelde stookwaarde van de oliefractie van 40 MJ/kg is de elektriciteitsproductie gelijk aan 1,18 MWh $(= (40/15) \times 0,443$ MWh) per ton verwerkte oliefractie. Aan kwikhoudend slib is dan 0,071 MWh toe te rekenen. In de gevoeligheidsanalyses is dat respectievelijk 0,069 en 0,012 MWh voor de "hoge kwikbelasting" en de "lage energetische inhoud".

Naast energie wordt door de DTO ook demi-water geproduceerd. De voor de waterfabriek benodigde stoom wordt op een laag drukniveau afgetapt uit de stoomturbine. Zo wordt de hoge drukstoom eerst gebruikt voor de energieproductie en wordt met de productie van gedestilleerd water de elektriciteitsproductie slechts beperkt verminderd.

Volgens (AVR, 2000) is in 1999 door de AVI's en DTO's tezamen een hoeveelheid van 5,9 miljoen m³ gedestilleerd water geproduceerd. Ervan uitgaande dat de toerekening aan AVI's en DTO's ook hier op basis van de bijdrage aan de stroomproductie kan geschieden betekent dit voor de DTO's een productie van $5.900.000 \times 320.838 / 3.290.000 = 575.363$ m³/jaar. Zoals al eerder gesteld hebben de twee DTO's in 1999 gezamenlijk 94.789 ton afval verwerkt. Per ton afval is derhalve 6,1 m³ gedestilleerd water geproduceerd.

Ook hier geldt weer dat dit is geproduceerd door de verwerking van afval met een gemiddelde stookwaarde van het afval van circa 15 MJ/kg. De stookwaarde van de oliefractie is 40 MJ/kg, zodat per ton oliefractie een productie van $((40/15) \times 6,1 =)$ 16,3 m³ gedestilleerd water wordt aangehouden. Aan kwikhoudend slib is dan 0,98 m³ toe te rekenen. In de gevoeligheidsanalyses is dat respectievelijk 0,96 en 0,16 m³ gedestilleerd water voor de "hoge kwikbelasting" en de "lage energetische inhoud".

Storten residu

Energie verbonden aan het storten is onbekend. In het kader van het MER-LAP wordt aangenomen dat het storten van 1 ton materiaal 60 MJ aan energie kost. Dit is gerelateerd aan het dieselverbruik van het in te zetten materieel. Per ton kwikhoudend slib ontstaat 877 kg residu. Het energieverbruik bij het storten van het residu wordt dan circa 53 MJ per ton verwerkt kwikhoudend slib. Daarnaast wordt per ton kwikhoudend aardgaslib nog 0,564 ton zand aangebracht hetgeen nog eens 34 MJ vergt.

Voor de gevoeligheidsanalyse "hoge kwikbelasting" bedraagt de energie bij het storten respectievelijk 52 en 33 MJ en voor de gevoeligheidsanalyse "lage energetische belasting" 48 en 31 MJ.

Verwerken beladen actief kool

Het beladen actieve kool wordt in het eigen proces verwerkt. Het energieverbruik daarvoor bedraagt 2,43% van $3,5 \text{ GJ}_e = 0,085 \text{ GJ}_e$. Dit geldt ook voor de gevoeligheidsanalyse "lage energetische belasting". Voor de gevoeligheidsanalyse "hoge kwikbelasting" gaat het om 4,85% van $3,5 \text{ GJ}_e$ ofwel $0,17 \text{ GJ}_e$.

Vermeden energieverbruik door vervanging primaire grondstoffen

Er is sprake van vermeden energieverbruik door de productie van secundaire grondstoffen. Het energieverbruik van de uitgespaarde winnings- en productieprocessen van primaire grondstoffen wordt als een negatieve milieu-ingreep in de LCA toegerekend.

In tabel 5.7 is aangegeven welke primaire grondstoffen worden vervangen. Daarnaast leidt de in de DTO geproduceerde hoeveelheid energie tot een verminderde vraag naar primaire (fossiele) brandstoffen. De omvang van dit vermeden energieverbruik wordt berekend met de SimaPro-database.

Gezien de onduidelijkheid of het afgescheiden kwik direct primair kwik kan vervangen of dat het nog 'opgezuiverd' moet worden wordt er in de normale situatie uitgegaan van het direct uitsparen van primair kwik. Met de gevoeligheidsanalyse "vervanging kwikerts" wordt uitgegaan van de situatie dat geen primair kwik vervangen wordt, maar kwikerts. Gewonnen kwikerts in Europa bevat ongeveer 3% kwik. Hiermee wordt met de vervanging van 1 kg kwik 33 kg kwikerts vermeden.

Tabel 5.7 Overzicht vervangen primaire grondstoffen

Geproduceerde secundaire grondstof	Vervangen primaire grondstof
Kwik	primair kwik

5.6 Bedrijfsmiddelen

Rekening moet worden gehouden met:

- het bedrijfsmiddelenverbruik van de vacuümdestillatieinstallatie;
- het bedrijfsmiddelenverbruik bij de nuttige toepassing van reststoffen;
- het bedrijfsmiddelenverbruik bij de verwijdering van reststoffen;
- het vermeden bedrijfsmiddelenverbruik.

Bedrijfsmiddelenverbruik van de vacuümdestillatieinstallatie

Per ton verwerkt kwikhoudend aardgasslib wordt 24,3 kg actieve kool verbruikt. In de gevoeligheidsanalyse "hoge kwikbelasting" betreft dit 48,5 kg. Deze hoeveelheden actief kool zijn, gezien de hoge hoeveelheid kwik in kwikhoudend afval, afwijkend van de algemene MER-LAP-lijn (zie achtergronddocument A1).

Uit (AVR, 2000) komt naar voren dat 1,5 m³/uur koelwater wordt gebruikt (en geloosd) door de installatie. Deze hoeveelheid lijkt overeen te komen met een geïnstalleerde capaciteit van 1.000 ton per jaar. Per ton kwikhoudend slib wordt dan 13 m³ (13 ton) koelwater verbruikt.

Uit (AVR, 2000) komt tevens naar voren dat schrobwater (voor het schoonmaken van de diverse installatie-onderdelen etc) wordt gebruikt. Het is onbekend wat de bron van dit schrobwater is. De hoeveelheid schrobwater bedroeg in 1999 228 ton bij een verwerking van 608 ton kwikhoudend afval, ofwel 0,37 ton schrobwater per ton kwikhoudend afval.

Tenslotte verbruikt de installatie nog water om het stuiven van het residu tegen te gaan. Zoals aangegeven betreft het hier 0,2 kg water per kg residu uit de vacuümdestillatie, ofwel gemiddeld 0,146 ton. Voor de gevoeligheidsanalyses "hoge kwikbelasting" en "lage energetische inhoud" betreft het respectievelijk 0,143 en 0,133 ton water.

Bedrijfsmiddelenverbruik bij nuttige toepassing van secundaire grondstoffen

Bij nuttige toepassing van het kwik worden geen bedrijfsmiddelen verbruikt.

Bedrijfsmiddelenverbruik bij de verwijdering van reststoffen

Het residu wordt in big bags gestort. Per ton verwerkt kwikhoudend aardgasslib ontstaat 877 kg residu, met een aangenomen dichtheid van ongeveer 0,7 ton per m³.

Aangenomen wordt dat per big-bag 1,25 m³ residu kan worden geborgen. Per ton verwerkt kwikhoudend aardgasslib ontstaat 1,25 m³ residu, dit komt overeen met 1,0 big bag. Een big bag weegt 2,5 kg. Per ton kwikhoudend aardgasslib wordt dus 2,5 kg big bag verbruikt. Voorts wordt ook 1,0 PE-hoes toegepast die 1 kg weegt.

Voor de gevoeligheidsanalyse "hoge kwikbelasting" gaat het om 0,98 big bag, ofwel 2,45 kg big bag en 0,98 kg PE-hoes. Voor de gevoeligheidsanalyse "lage energetische inhoud" gaat het om 0,91 big bag, ofwel 2,28 kg big bag en 0,91 kg PE-hoes. De milieu-effecten van dit bedrijfsmiddelenverbruik worden berekend met de t.b.v. dit onderzoek opgestelde proceskaarten.

Voorts wordt zand aangevoerd als uitvulmateriaal. Per 1 m³ (700 kg) verpakt residu wordt circa 0,3 m³ (0,45 ton) zand aangebracht. Dit komt neer op 643 kg zand per ton residu. Voor de normale situatie bedraagt dit 564 kg zand per ton kwikhoudend aardgasslib, voor de gevoeligheidsanalyse "hoge kwikbelasting" bedraagt dit 553 kg zand per ton kwikhoudend aardgasslib en voor de gevoeligheidsanalyse "lage energetische inhoud" 514 kg zand.

Het bedrijfsmiddelenverbruik in de DTO is bepaald naar aanleiding van hetgeen in achtergronddocument A1 van het MER-LAP is aangegeven.

Vermeden bedrijfsmiddelenverbruik

Er is sprake van vermeden bedrijfsmiddelenverbruik door de productie van secundaire grondstoffen. Het bedrijfsmiddelenverbruik van de uitgespaarde winnings- en productieprocessen van primaire grondstoffen wordt als een negatieve milieu-ingreep in de LCA toegerekend.

Zie voor de productie van secundaire grondstoffen tabel 5.7. De omvang van dit vermeden bedrijfsmiddelenverbruik wordt berekend met de SimaPro-database.

5.7 Emissies

Er moet rekening worden gehouden met:

- de emissies van de verwerkingsinrichting;
- de emissies bij de verwijdering van reststoffen;
- de vermeden emissies door de productie van secundaire grondstoffen.

Emissies van de verwerkingsinrichting

Emissies naar bodem

Emissies naar bodem vinden door de aanwezige bodembeschermende maatregelen en voorzieningen normaliter niet plaats.

Emissies naar lucht

Op basis van de massabalans in tabel 5.1 zijn de in tabel 5.8 vermelde emissies naar de lucht berekend. Conform tabel 5.1 is aangenomen dat 0,5% van de droge stof als stof naar de lucht gaat.

Tabel 5.8 Emissies naar lucht per ton verwerkt kwikhoudend slib

Component	Luchtemissies per ton verwerkt kwikhoudend afval (g)	Luchtemissies per ton verwerkt kwikhoudend afval t.b.v. de gevoeligheidsanalyse "hoge kwikbelasting" (g)	Luchtemissies per ton verwerkt kwikhoudend afval t.b.v. de gevoeligheidsanalyse "lage energetische inhoud" (g)
Kwik	0,3	0,6	0,3
Benzeen	0,28	0,28	0,36
Tolueen	0,13	0,12	0,16
Ethylbenzeen	0,05	0,05	0,06
Totaal-xyleen	0,05	0,05	0,06
Stof	2175	2131	1983

Emissies bij verwerking van reststromen

Emissies naar bodem

Emissies naar bodem zouden kunnen plaatsvinden. Door het storten in big bags en het voorzien van afsluitende PE hoezen én de aanwezige bodembeschermende maatregelen en voorzieningen op de C3-stortplaats wordt aangenomen dat er geen bodemverontreiniging door uitloging van het residu zal plaatsvinden.

Emissies naar lucht

Bij het storten van het residu ontstaan geen emissies naar de lucht. Bij het verbranden van het destillaat in de DTO echter wel. Voor het bepalen van de emissies is gebruik gemaakt van de balansen die speciaal voor het MER-LAP zijn opgesteld (zie ook achtergronddocument A1 van het MER-LAP). De emissie naar de lucht staan vermeld in tabel 5.9 voor zowel de normale situatie als de twee gevoeligheidsanalyses. Bij het bepalen van de emissies is aangenomen dat de gemiddelde samenstelling van de oliefractie gelijk is aan hetgeen in tabel 2.1 is opgenomen onder de 'brandbare fractie'. Verder is voor de procesgebonden emissies aangenomen dat de energie-inhoud van de oliefractie gelijk is aan 40 MJ/kg en van water gelijk aan 0 MJ/kg.

Tabel 5.9 Emissies naar lucht t.g.v. het verbranden van het destillaat in de DTO

Component	Emissies per ton kwikhoudend slib (gram/ton)	Emissies t.b.v. de gevoeligheidsanalyse "hoge kwikbelasting" per ton kwikhoudend slib (gram/ton)	Emissies t.b.v. de gevoeligheidsanalyse "lage energetische inhoud" per ton kwikhoudend slib (gram/ton)
CO ₂	181500	181500	30300
Cl	0,72	0,75	0,12
SO ₂	5,4	5,4	0,9
Hg	0,96	1,9	0,96
NO _x	1176	1176	156
CO	118	118	16
CxHy	29	29	4
TCCD TEQ	2,94 ^E -7	2,94 ^E -7	3,9 ^E -8
Fijn stof	18	18	2

Emissies naar water

Bij het verbranden van destillaat in de DTO ontstaan ook emissies van kwik naar water. Deze bedraagt 0,54 gram per ton kwikhoudend aardgasslib in de normale situatie. In de gevoeligheidsanalyses "hoge kwikbelasting" en "lage energetische inhoud" betreft het respectievelijk 1,1 gram en 0,54 gram per ton kwikhoudend aardgasslib.

5.8 Leemten in kennis en informatie

De samenstelling op componentniveau van de in- en uitgangstromen is niet volledig bekend.

Er ontbreken kwantitatieve gegevens over met name de samenstellingen van de diverse reststromen uit het destillatieproces. Daarmee is het onmogelijk gebleken een volledig beeld te geven van de emissies die ontstaan bij het verwerken van met name het residu en het destillaat. Ook over het schrobwater is onvoldoende bekend om de verwerking daarvan goed in te schatten.

Ten aanzien van het afgescheiden kwik is het onduidelijk of er nog een zuiveringsstap noodzakelijk is voordat het hergebruikt kan worden. Gezien deze situatie wordt zowel uitgegaan van het vervangen van primair kwik als het vervangen van kwikerts (gevoeligheidsanalyse).

6. ALTERNATIEF PYROLYSE/SMELTEN

De in dit hoofdstuk gepresenteerde gegevens zijn aan het MER Recycling and Utilities van North Refinery ontleend (RUN, 1998).

6.1 Inleiding

Het Gibros-PEC-verwerkingsconcept bestaat uit een combinatie van technieken, te weten pyrolyse, vergassen en smelten (pyrometallurgische verwerking) en kan voor een groot aantal afvalstoffen worden ingezet. De verschillende onderdelen van het verwerkingsconcept zijn op praktijkschaal getest en ook reeds (commercieel) operationeel. Een voorbeeld van de pyrometallurgische smelter bevindt zich in Bestwig (Nordrhein Westfalen). Deze smelter is in bedrijf sinds 1990 en heeft een capaciteit van circa 10.000 ton/jaar. Het pyrolyse-vergassingsgedeelte is onder andere in bedrijf in Aalen op een schaal van circa 25.000 ton/jaar.

Het PEC-verwerkingsconcept is gericht op het produceren van synthesegas uit de organische fractie van het ingevoerde afval en het omzetten van de niet-brandbare fractie in bruikbare bouwstoffen en metalen. Afhankelijk van de kenmerken van een afvalstroom doorloopt de afvalstroom één of meerdere processtappen binnen het PEC-concept.

De verwerkingskosten voor deze verwerkingsoptie bedragen ongeveer f. 250,- per ton.

Afhankelijk van de kenmerken van een afvalstroom worden een of meerdere processtappen binnen het PEC-concept doorlopen. Het karakter van kwikhoudende afvalstoffen vereist dat de verwerkingsroute zo kort mogelijk is om zo min mogelijk apparatuur met deze stroom in contact te brengen. Kwikhoudende afvalstoffen kunnen het beste direct in een thermische verwerkingsstap worden gebracht waarbij kwik vrijkomt uit zijn verbindingen. Om deze redenen zal deze afvalstroom via de voedingsvoorbereiding direct in de smelter gebracht worden (procesroute II in MER van North Refinery).

Alle soorten kwikhoudende stromen kunnen verwerkt worden, omdat alle kwikhoudende verbindingen bij de in de smelter heersende temperaturen volledig worden afgebroken. Voorwaarde is dat het materiaal klein genoeg is om in de smelter gebracht te worden. Kwikhoudende stromen (deeltjesgrootte <10 cm) zullen geen voorbewerking ondergaan.

De door North Refinery beoogde kwikstromen zijn met name met kwik beladen actieve kool en met kwik verontreinigde slibben. Deze stromen zijn merendeels afkomstig uit de aardgasproductie. Kwikhoudende stromen zijn vanwege hun samenstelling niet geschikt als enige ingangsstroom voor de smelter. Alleen door ze te mengen met andere ingangsstromen en hulpstoffen worden adequate gas- en slakkwaliteiten verkregen en wordt de energietoevoer van het autotherme smeltproces verzekerd. Zoals reeds in hoofdstuk 2 gemotiveerd zal voor dit MER uitgegaan worden van kwikhoudend aardgasslib. De beschikbare gegevens van het PEC concept zijn veelal gebaseerd op een mix van verschillende afvalstoffen zodat door middel van allocatie de milieu-ingrepen ten gevolge van de verwerking van aardgasslib bepaald zullen worden.

Een PEC-installatie is vergund in Delfzijl (RUN-project North Refinery). North Refinery is voornemens de PEC-installatie gefaseerd te realiseren. In fase 1 zal één smelter met een capaciteit van circa 30.000 ton afval/jaar aanwezig zijn. In de eindfase zullen 4 smelters aanwezig zijn, waarvan een smelter specifiek voor het verwerken van kwikhoudende afvalstoffen zal dienen.

6.2 Procesbeschrijving

Het PEC-verwerkingsconcept is opgebouwd uit twee parallel bedreven proceslijnen, te weten

- een proceslijn voor een pyrolyse met nageschakeld hoge temperatuur kraken van gasvormige en vluchtige pyrolyseproducten met industriële zuurstof; en
- een hoge temperatuur vergassing met industriële van asrijke afvalstromen (en pyrolysecokes) in een smelter.

Zowel bij de gaskraker als de smelter wordt industriële zuurstof toegepast als oxidant. Daardoor ontstaat een middelcalorisch synthese gas, dat in principe zowel als grondstof als als brandstof kan worden toegepast. Als grondstof is het in principe geschikt voor de productie van chemicaliën, die normaliter worden geproduceerd op basis van synthese gas uit aardgas, zoals waterstof, ammoniak, methanol en hogere oxo-chemicaliën. Als brandstof kan het gas worden toegepast in gasturbines, gasmotoren en voor ondervuring in ketels of andere industriële vuurhaarden.

A. Transport

Het kwikhoudend aardgasslib wordt per as aangevoerd op de verwerkingsinrichting, verpakt in vaten.

B. Opslag

Het aangevoerde kwikhoudend aardgasslib wordt in emballage in luchtdichte ruimten met geforceerde ventilatie opgeslagen.

C. Verkleinen en/of drogen

Sommige afvalstoffen (en het verpakkingsmateriaal) worden verkleind in een shredderinstallatie, waarbij water wordt toegevoegd om stofvorming te voorkomen. Het materiaal wordt verkleind tot deeltjes < 5 mm en vervolgens afgevoerd naar de smelter. Bij het gehele interne transport is sprake van een onderdruksituatie. Dit is voor kwikhoudend aardgasslib niet aan de orde.

Afvalstromen met een aanzienlijke hoeveelheid water zullen mogelijk eerst nog worden gedroogd. In hoeverre dit aan de orde is, en in welke mate, zal per afvalstroom verschillen. Zo is drogen niet erg zinvol wanneer het afval voornamelijk capillair water of kristalwater bevat en zal een stroom als zuiveringsslib waarschijnlijk niet verder kunnen worden gedroogd dan tot een d.s. gehalte van 40%. Ook is de noodzaak tot drogen afhankelijk van de hoeveelheden die zullen worden verwerkt daar verwerking altijd gemengd met andere stromen plaatsvindt. Verder is een zekere hoeveelheid vocht nodig om koolvorming in de smelter te voorkomen.

Het d.s. gehalte van kwikhoudend aardgasslib is hoog genoeg, waardoor het niet verder gedroogd hoeft te worden. Deze stap is derhalve voor het kwikhoudend aardgasslib niet relevant.

D. Mengen

Door mengen met andere ingangsstromen en hulpstoffen worden adequate gas- en slakkwaliteiten verkregen en wordt de energietoevoer van het (autotherme) smeltproces verzekerd. De ingangsstromen voor de smelter-lijn betreffen hoogcalorische vaste afvalstoffen, oliehoudende vaste afvalstoffen, laagcalorische afvalstoffen (grond-, metaal- en asbesthoudend), rwzi-slib, brandbare vloeistoffen (oplosmiddelen) en kwikhoudend afval. Afhankelijk van enerzijds de gewenste kwaliteit van het eindproduct (slak / synthetisch basalt) en anderzijds het afvalaanbod worden deze afvalstoffen in een bepaalde verhouding gemengd.

Voor het verkrijgen van een goede slakkwaliteit is in een aantal gevallen het toevoegen van een zogenaamde minerale flux nodig, met als doel om het gehalte van met name Si, Al en Ca in het basalt te sturen. De flux wordt gekozen met het oog op de gewenste smelteigenschappen van de smelt en

het daaruit gevormde 'kunstbasalt', en geprobeerd wordt een smelt te verkrijgen met een samenstelling zoals gegeven in de MER voor North Refinery, dus ongeveer $\text{SiO}_2 : \text{Al}_2\text{O}_3 : \text{CaO} \sim 6 : 1 : 1,5$. Veelal wordt hiervoor zand of een kalkhoudend materiaal ingezet.

Voor kwikhoudend aardgasslib is onvoldoende informatie beschikbaar over het gehalte aan de componenten Si, Al en Ca, maar kan redelijkerwijs worden verondersteld dat deze in voldoende mate aanwezig zullen zijn. Deze veronderstelling is ingegeven door het feit dat bij de productie van aardgas ook zand, klein en zouten worden 'meegeproduceerd' (afkomstig uit het aardgasveld). Na de behandeling van het aardgas komen deze mineralen vervolgens in het (kwikhoudend)slib terecht. Voor kwikhoudend aardgasslib is het in rekening brengen van een dergelijke flux derhalve niet aan de orde. In het kader van de gevoeligheidsanalyse wordt echter wel gekeken naar de invloed van deze keuze. Hiervoor wordt de toerekening van flux gebaseerd op het verwachte gemiddelde fluxgebruik van de totale installatie (ongeveer 10% van de asrest) en wordt voor kwikhoudend aardgasslib gerekend met toevoeging van zand (dit gelet op bovengenoemde na te streven verhouding in het basalt).

E. Luchtfiltratie

De afgezogen lucht bij voorgaande processen (opslag, verkleinen en mengen) wordt via een filter naar de atmosfeer afgevoerd. De afgevangen deeltjes worden weer aan de ingangsstroom toegevoegd.

F. Smelten

In de smeltreactor wordt het afval samen met brandstof (veelal andere afvalstoffen) en zuurstof aan de reactor toegevoegd. De brandstof wordt in de reactor met zuurstof vergast, waarbij de temperatuur in de reactor stijgt tot een niveau van circa 1450°C. Daarbij smelten alle in het afval aanwezige mineralen en metaaloxiden. Het smeltermgas bevat geen koolwaterstoffen maar uitsluitend componenten als $\text{CO}/\text{H}_2\text{O}$, CO_2/H_2 en eventuele verontreinigingen. Het kwikhoudend aardgasslib bevat een aanzienlijk deel organisch materiaal en derhalve wordt bij de verwerking van kwikhoudend aardgasslib smeltermgas gevormd.

De meeste metalen worden gereduceerd. Zware metalen, zoals lood, kwik, zink, antimoon, arseen, seleen en cadmium vervluchtigen, en worden met het synthesegas uit de reactor afgevoerd. Kwik en antimoon worden voor bijna 100% en zink, lood, cadmium, seleen en arseen worden voor grofweg 90% in het ruwe synthesegas afgevoerd. Deze vluchtige metalen worden (met uitzondering van kwik) afgevangen als metaalslib in de gasreiniging. Het kwik condenseert in de gasreiniging (zie onder processtap I).

De initiatiefnemer verwacht dat andere metalen, zoals ijzer, koper en zilver, indien in significante hoeveelheden aanwezig, een metalensmelt kunnen vormen die separaat kan worden gewonnen en vervolgens afgevoerd naar een schroothandelaar (ijzer) en de metaalindustrie (aluminium, koper, nikkel). Gezien het hoge afscheidingsrendement van metalen uit afvalstromen die het voorbereidingsproces doorlopen, het hoge gehalte aan ijzer in het verkregen basalt, en de onzekerheid over het realiteitsgehalte van deze optie, wordt in dit MER echter niet van deze mogelijkheid uitgegaan.

G. Transport slak

As, slib en flux vormen een laag visceuze minerale smelt, die bij afkoelen een kristallijne structuur aanneemt. De gevormde smelt wordt afgetapt, stolt en wordt als een basaltachtige bouwstof afgevoerd.

H. Nuttige toepassing slak

Na voorgaande stappen kan de slak c.q. het synthetisch basalt nuttig worden toegepast als bouwstof.

I. Wassen gas

Beide synthese gas deelstromen (uit smelter en pyrolyse/kraker) worden vervolgens in achtereenvolgens een quench, venturiwasser en een druppelvanger gereinigd. De gastemperatuur daalt daarbij tot circa 60 °C. In de wassers worden halogenen, meegevoerd stof en verdampte zware metalen (Zn, Pb, Cd, As, Se en Sb) afgescheiden van het gas. De halogenen komen terecht in het spuiwater (zie hieronder), het afgescheiden stof gaat terug naar de smelter en het afgevangen metaal vormt een metaalslib-fractie bestaande uit metaaloxides en metaalhydroxides (en water). Dit laatste is niet relevant voor kwikhoudend aardgasslib.

Bij afkoeling van het synthese gas raakt dit verzadigd met kwikdamp en begint het kwik te condenseren. In de gaswassing zal zich een laag vloeibaar kwik vormen, die regelmatig wordt afgetapt. Het kwik wordt als product verkocht.

Door het afvangen van de zuurhalogenides en zwavel zakt de pH, hetgeen wordt bijgestuurd middels NaOH. De aan een afvalstroom toe te rekenen hoeveelheid NaOH is direct afhankelijk van de hoeveelheid halogenen en zwavel in een afvalstroom.

De afvalwaterstromen van de PEC-installatie worden zoveel mogelijk intern hergebruikt. Het zoute spuiwater van de druppelwasser voor de afgassen uit de smelter wordt chemisch-fysisch gezuiverd. De omvang van de toe te rekenen spui volgt uit de hoeveelheid af te vangen waterstofhalogenides en de pH van de spui. De pH van het filtraat wordt verhoogd tot 11 door middel van natronlooinjectie en vervolgens wordt dit geloosd op het riool.

J. Transport metaalslib

Het metaalslib bevat met name de vluchtige metalen zink en lood en wordt afgetransporteerd. Deze stap is niet relevant voor het kwikhoudend aardgasslib.

K. Nuttige toepassing metaalslib

Het metaalslib wordt als grondstof ingezet in de metallurgische industrie. Deze stap is niet relevant voor het kwikhoudend aardgasslib.

L. Transport kwik

Het afgevangen metallisch kwik wordt afgevoerd naar een verwerker.

M. Nuttige toepassing kwik

Het metallisch kwik kan als grondstof worden ingezet. In Nederland zijn er echter weinig afzetmogelijkheden. Er zijn nog enkele essentiële toepassingen, waarvoor kwik wordt gebruikt (te denken valt aan het bijvullen van antieke barometers, medische toepassingen). Bovendien is het kwik nuttig toe te passen in plaats van het winnen van kwikhoudend erts. Onduidelijk is of en zo ja welke handelingen het kwik nog moet ondergaan voordat het daadwerkelijk hergebruikt kan worden

N. Actiefkoolfilter

In een actiefkoolfilter worden sporen olie, kwikdamp, organische verbindingen, etc. uit het gas verwijderd. Dit actiefkoolfilter is voor de ontzwavelingsstap geplaatst om zo min mogelijk installatieonderdelen met het kwik in aanraking te laten komen.

O. Verwerking beladen actiefkool

In de PEC installatie, zoals beoogd door NorthRefinery is het mogelijk de met kwik beladen actiefkool als deelstroom toe te voegen aan het te verwerken afval. Een alternatief is de vervuilde (met kwik beladen) actiefkool af te voeren in bigbags en te storten op een C₂-deponie. Voor dit MER is gekozen voor eerstgenoemde optie, aangezien het met kwik beladen actiefkool één van de beoogde deelstromen voor de PEC installatie is.

P. Ontzwavelen gas

Beide gasstromen (uit smelter en pyrolyse/kraker) worden vervolgens gecombineerd en aan een wasser toegevoerd, waarin met een licht alkalische oplossing zwavelverbindingen worden uitgewassen. De oplossing met uitgewassen zwavelverbindingen wordt aan een biologisch proces (Paques proces) toegevoerd, waarin de opgeloste zwavelverbindingen worden gereduceerd tot verkoopbaar zwavel, dat ondermeer geschikt is voor de productie van zwavelzuur.

Q. Transport zwavel

De verkregen elementaire zwavel wordt afgevoerd.

R. Nuttige toepassing zwavel

Zwavel wordt nuttig toegepast.

S. Gebruik synthesegas

Of het geproduceerde synthesegas op termijn ook extern kan worden afgezet is de vraag, maar in dit MER wordt uitgegaan van interne verwerking. Het kwikhoudend aardgasslib draagt bij aan de productie van het synthesegas.

6.3 Massabalans en ruimtebeslag

Massabalans

Voor de massabalans is relevant dat in dit MER van de in tabel 6.1 aangegeven verdeling is uitgegaan voor de verschillende componenten over de diverse productstromen. Deze tabel is afgeleid voor één specifieke afvalstroom (i.c. shredderafval) door het relateren van hoeveelheden toe te rekenen reststromen en daarin verwachte restconcentraties aan de samenstelling van het afval. Er wordt vanuit gegaan dat deze verdeling representatief is voor het gedrag van de betreffende componenten in de PEC-installatie, ook wanneer deze via een andere afvalstroom en in andere verhoudingen in de installatie worden gebracht. Een uitzondering is gemaakt voor kwik. Kwik wordt als metallisch kwik afgevangen in de gasreiniging. Uit het MER van North Refinery komt naar voren dat het verwijderingsrendement van de gasreiniging wordt bepaald door de damspanning van kwik in het gas en dus door het kwikgehalte in de voeding. Bij het meeverwerken van 1 ton/u kwikrijk afval (een kwikgehalte van 5 %) op een totaal invoer van 3,5 ton/u bedraagt het verwijderingsrendement 99,8 %. De overige 0,2% wordt afgevangen op het actief koolfilter. Het filter wordt gemonitord op eventuele doorslag van kwikdamp. Bij het bereiken van de ontwerp belasting worden de filters verwijderd. De vervuilde (met kwik beladen) actiefkool wordt intern verwerkt in de smelter. De kwikdamp concentratie in het synthesegas is maximaal 5 ppb, zodat het totale verwijderingsrendement nagenoeg 100% is.

Tabel 6.1: Overzicht producten/reststoffen

	Slak	Kwik	Actieve kool	Metaal-houdend slib	Zwavel-koek	Lucht	Spui voor RWZI
S					99,965%	0,035%	
As	10,000%			89,964%		0,026%	0,010%
Br						0,004%	99,996%
Cd	10,000%			89,972%		0,026%	0,002%
Cl						0,003%	99,997%
Co	100,000%						
Cr	100,000%						
Cu	99,999%					0,001%	
F						0,025%	99,975%
Hg		99,8%	0,2%			5E-09(**)	
Mn	100,000%						
Mo	100,000%						
Ni	99,994%					0,006%	
Pb	10,000%			89,974%		0,026%	3,10E-09
Sb				99,971%		0,029%	
Se	10,000%			89,974%		0,026%	
Sn	99,971%					0,029%	
V	99,999%					0,001%	
Zn	10,000%			89,974%		0,026%	7,34E-08
as (*)	99,999%					0,001%	

(*) de as bestaat uit de niet in de tabel genoemde componenten, minus het brandbare (organische) deel in het afval en ook minus eventueel in de voorbereiding af te scheiden ijzer, non-ferro metalen en water.

(**) Dit is het gehalte in het synthesegas.

Bij het hanteren van tabel 2.2 voor de samenstelling is aangenomen dat de oliefractie dezelfde samenstelling heeft als de 'brandbare fractie' zoals aangegeven in tabel 2.1.

Uit het gehalte aan zwavel van 5,4 gram per kg volgt dat, onder de aanname dat het zwavel vrijwel volledig wordt teruggewonnen (een kleine hoeveelheid blijft in het gereinigde synthesegas/smeltergas en ontwijkt uiteindelijk als SO₂ naar de lucht) per ton kwikhoudend aardgasslib ongeveer 5398 gram elementair zwavel ontstaat. In de gevoeligheidsanalyse "hoge kwikbelasting" is dat respectievelijk 5,3 gram zwavel en 5298 gram elementair zwavel per ton slib. In de gevoeligheidsanalyse "lage energetische belasting" 4,3 gram en 4298 gram.

Voor halogenen wordt er vanuit gegaan dat deze tijdens het verwerkingsproces geheel vervluchtigen en derhalve niet in de slak terecht komen. De in het algemeen lage concentraties aan halogenen in basalt-achtige smeltslakken ondersteunen deze aanname. De halogenen worden deels als zuurgassen en deels als metaalhalides (omdat met name zink, lood en cadmium de neiging hebben om chlorides te vormen) met het geproduceerde gas afgevoerd. Zij worden uiteindelijk vrijwel volledig afgevangen in de gasreiniging en ontwijken voor slechts een klein deel naar de lucht.

De hoeveelheid metaalslib wordt bepaald door verdamping van de metalen As (90%), Cd (90%), Pb (90%), Sb (100%), Se (90%) en Zn (90%). De metalen Zn, Pb, Cd slaan in de gasreiniging neer als hydroxides, terwijl As, Sb en Se als oxides precipiteren. Verder heeft het slib een d.s. gehalte van

50%. Voor zover bekend bevat het aardgasslib deze metalen niet (zie tabel 2.1/2.2) en wordt geen metaalslib gevormd.

Kwik uit het aardgasslib wordt voor 99,8% teruggewonnen als metallisch kwik in de gasreiniging. Per ton kwikhoudend aardgasslib is dit 19,96 kg kwik. De overige 0,2% wordt bij het reinigen van het synthese gas in het actief kool afgevangen. Het synthese gas bevat nog 5 ppb kwik.

In de gevoeligheidsanalyse "hoge kwikbelasting" wordt 39,92 kg kwik teruggewonnen.

Bij benadering wordt al het brandbare materiaal ongezet in synthese gas. De toegevoegde hoeveelheid zuurstof volgt uit de thermodynamische balans over de smelter. Een deel van de gevormde waterdamp condenseert in de gasreiniging. De in het synthese gas achterblijvende hoeveelheid volgt uit de temperatuur van het afgekoelde gas.

Ten aanzien van de slak geldt dat van de ton kwikhoudend aardgasslib buiten de toe te rekenen halogenen (Cl 3,6 kg/ton), het zwavel (5,4 kg/ton), het water (18,5%), het brandbare materiaal en de emissies naar water en lucht, de rest uiteindelijk in het basalt komt, zodat de totale hoeveelheid basalt die ontstaat uit een ton kwikhoudend aardgasslib uitkomt op 435 kg/ton.

Het met kwik beladen actief kool kan intern worden verwerkt in dezelfde PEC-installatie die specifiek voor de verwerking van kwikhoudende afvalstoffen is ontworpen. Er hoeft derhalve geen beladen actief kool te worden gestort.

Tabel 6.2: Overzicht producten/reststoffen per ton kwikhoudend aardgasslib

Nuttig toepasbare producten	Hoeveelheid per ton kwikhoudend slib (kg)	Hoeveelheid per ton kwikhoudend slib t.b.v. de gevoeligheidsanalyse "hoge kwikbelasting" (kg)	Hoeveelheid per ton kwikhoudend slib t.b.v. de gevoeligheidsanalyse "lage energetische inhoud" (kg)
Synthetisch basalt	435	426	396
Kwik	19,96	39,92	19,96
Synthesegas	872	852	719
Metaalslib (50% d.s.)	0	0	0
Zwavel (60% d.s.)	9,00	8,8	7,2
Te verwerken reststoffen			
Actief kool (bedrijfsmiddel)	33,3	66,7	33,3

In het kader van de gevoeligheidsanalyse die zich richt op het toevoegen van flux moet tevens 10% aan minerale flux worden toegerekend, ofwel 43,5 kg zand (zie de procesbeschrijving in paragraaf 6.2, onder D). In die situatie komt de totale hoeveelheid basalt die ontstaat uit een ton kwikhoudend aardgasslib uit op 478 kg/ton.

Ruimtebeslag

Het oppervlak van de PEC-inrichting bedraagt circa 30.000 m². De totale doorzet van de installatie is 247.000 ton, waarvan 400 ton (0,16%) kwikhoudend aardgasslib. Dit betekent over een periode van 100 jaar:

- 30.000 m² x 0,16% x 100 jaar= 4800 m²*jaar
- 400 ton/jaar x 100 jaar= 40.000 ton
- 4800 m²*jaar : 40.000 ton= 0,12 m²*jaar per ton verwerkt kwikhoudend aardgasslib.

Het fysiek ruimtebeslag bedraagt over een periode van 100 jaar $0,12 \text{ m}^2$ * jaar per ton verwerkt kwikhoudend aardgaslib.

6.4 Transport

In het beschouwde alternatief vindt transport per as plaats van kwikhoudend afval en van producten van de PEC-lijn. De te vervoeren producten van de PEC-installatie zijn: slak (basaltachtig materiaal), elementair zwavel en kwik.

In onderstaande tabel is tevens de omvang van de benodigde bedrijfsmiddelen aangegeven (zie ook paragraaf 6.6).

Tabel 6.3: Hoeveelheden producten, bedrijfsmiddelen en reststoffen

Materiaal	Per ton kwikhoudend aardgaslib (in kg) normale situatie	Per ton kwikhoudend aardgaslib (in kg) Gevoeligheidsanalyses		
		"hoge kwikbelasting"	"lage energetische inhoud"	"wel flux"
Kwikhoudend aardgaslib	1000	1000	1000	1000
Zand (flux)	0	0	0	43,4
Synthetisch basalt	435	426	396	478
Kwik	19,96	39,92	19,96	19,96
Zwavel (60% d.s.)	9,0	8,8	7,2	9,0
NaOH (aq, 33%)	55,7	54,4	44,1	55,7
Vermeden zand	435	426	396	478
Actief kool	33,3	66,7	33,3	33,3

Verwacht wordt dat er in Nederland maximaal 5 PEC-installaties zullen worden gerealiseerd (bron: initiatiefnemer), waarvan 1 installatie goed uitgerust is voor de verwerking van kwikhoudend aardgaslib. Vandaar dat er voor het transport van kwikhoudend aardgaslib een transportafstand van 150 km wordt aangehouden. Aangezien het synthetisch basalt waarschijnlijk op vele plaatsen (> 15) in Nederland nuttig kan worden toegepast, zijn hiervoor kortere transportafstanden aangehouden. Er wordt aangenomen dat er in Nederland één afnemer van het teruggewonnen metallisch kwik is. Voor de transportafstand voor het teruggewonnen kwik is 150 km aangehouden.

Eveneens zijn de vermeden transportafstanden voor zand opgenomen in het kader van de nuttige toepassing van basalt. Hierdoor hoeft immers geen zand te worden toegepast. Voor de aanvoer van ophoogzand wordt er vanuit gegaan dat de bulk wordt gewonnen in Noordzee en/of IJsselmeer, en wordt gerekend met een afstand van 50 km over water en tevens 35 km over land. Daarnaast is de aanvoer van zand als bedrijfsmiddel in de tabel opgenomen. Dit zand, ook wel minerale flux genoemd, is noodzakelijk voor het smeltproces van de PEC-lijn. Voor de afstand is hier hetzelfde aangehouden als voor vermeden ophoogzand, daar de kwaliteitseisen voor dit zand niet zodanig kritisch zijn dat daarvoor alleen specifieke zandsorten in aanmerking zouden komen.

NaOH wordt geproduceerd bij zoutelektrolysebedrijven in ondermeer Twente, Groningen en Botlek, hetgeen relatief dicht bij de locaties waar op dit moment een PEC-installatie is voorzien is gelegen. Het is echter niet zondermeer zeker dat PEC-installaties altijd op een dergelijke korte afstand van de NaOH-producten zal zijn gelegen. Voor de aanvoer van NaOH (aq, 50%) is de transportafstand is voorzichtigheidshalve dan ook op 75 km genomen.

Actief kool specifiek voor het afvangen van kwik wordt geproduceerd in één, hooguit twee bedrijven in Nederland. Voor de aanvoer van dit actief kool is derhalve een transportafstand van 100 km aangehouden.

Afnemers van zwavel zijn gevestigd in het buitenland of op één of een beperkt aantal specifieke locaties in Nederland. Uitgegaan is, net als bij NaOH, van een afstand van 75 km. Daar zwavel in de regel wordt gevormd als bijproduct bij allerlei processen (brandstofontzwaveling, rookgasreiniging, zinkproductie, ...) wordt er geen vermeden primair zwavel toegerekend en derhalve ook geen vermeden transport van een dergelijk primair materiaal.

Voor het transport van kwikhoudend aardgasslib, zand, basalt en vermeden zand wordt uitgegaan van 20 ton/vracht. Voor het geproduceerde zwavel en kwik en de hulpstoffen NaOH (aq, 50%) en actief kool is een beladingsgraad van 10 ton per vracht aangehouden.

Het verbruik aan diesel en smeerolie, alsmede de emissies via de uitlaatgassen van de voertuigen voor het transport van kwikhoudende afvalstoffen worden berekend m.b.v. de proceskaarten in de SimaPro-database. Daarbij wordt uitgegaan van de in tabel 4.1 vermelde transportafstanden (totaal km heen en terug). Tevens zijn per vracht de tonkilometers (tkm) weergegeven op basis van 1 ton kwikhoudend aardgasslib.

Tabel 6.4 Transport

Materiaal	Afstand (km)	Normaal	Gevoeligheidsanalyses		
		Tonkilometer (tkm)	Tonkilometer t.b.v. "hoge kwikbelasting" (tkm)	Tonkilometer t.b.v. "lage energetische inhoud" (tkm)	Tonkilometer t.b.v. "wel flux" (tkm)
Kwikhoudend aardgasslib	150	150	150	150	150
Zand (flux)	35 (land)	0	0	0	1,5
	50 (water)	0	0	0	2,2
Synthetisch basalt	35	15,2	14,9	13,8	16,7
Kwik	150	3,0	6,0	3,0	3,0
Zwavel (60% d.s.)	75	0,7	0,7	0,5	0,7
NaOH (aq, 33%)	75	4,2	4,1	3,3	4,2
Actief kool	100	3,3	6,7	3,3	3,3
Vermeden zand	35 (land)	15,2	14,9	13,8	16,7
	50 (water)	21,7	21,3	19,8	23,9

6.5 Energie

Rekening moet worden gehouden met:

- het energieverbruik van de PEC-installatie;
- het energieverbruik bij de nuttige toepassing van de geproduceerde secundaire grondstoffen;
- het vermeden energieverbruik door de productie van secundaire grondstoffen en brandstoffen.

Energieverbruik bij verwijdering van reststoffen is niet van toepassing, aangezien in de eindfase van de smelterlijn geen te verwijderen reststoffen worden geproduceerd.

Energieverbruik PEC-installatie

Als geheel zal de PEC-installatie in de behoefte aan elektriciteit en warmte kunnen voorzien door een eigen warmtekrachtcentrale, die wordt gestookt met zelf geproduceerde brandstoffen. Daarnaast zullen diverse extern afzetbare energiedragers worden geproduceerd.

Door de geïntegreerde verwerkingsopzet wordt kwikhoudend aardgasslib verwerkt zonder dat hiervoor elektriciteit en/of aardgas aan het openbare net moet worden onttrokken. Kwikhoudend aardgasslib heeft een energetische inhoud en levert derhalve een bijdrage aan de vorming van synthesegas. Aan de andere kant kost de verwerking van kwikhoudend aardgasslib ook energie. Voor een eerlijke vergelijking van verwerkingsalternatieven moet derhalve ook in het geval van de PEC in de LCA worden uitgegaan van een bepaald energieverbruik en -opbrengst.

Met als richtwaarde een soortelijke warmte van ongeveer 1 kJ/kg*K vraagt het opwarmen van de 750 kg droge stof tot de temperatuur van 1450°C ongeveer 1,1 GJ. Daarbij komt het verdampen van de bijbehorende 185 kg water (2,44 MJ/kg) en het opwarmen van waterdamp tot 1450°C (2 kJ/kg*K), ofwel 0,99 GJ, en het verdampen van de 60 kg oliefractie (0,4 MJ/kg) en het opwarmen van de oliedamp tot 1450°C (2 kJ/kg*K), ofwel 0,19 GJ. Met de warmte voor het smelten van de asrest erbij lijkt een energie van 2,4 GJ per ton kwikhoudend aardgasslib een redelijke inschatting voor labcondities. Voor de praktijkcondities van de PEC-installatie wordt, op basis van een rendement binnen de reactor van 65%, een energiebehoefte van 3,7 GJ/ton als inschatting aangehouden.

In de gevoeligheidsanalyse "hoge kwikbelasting" is het energieverbruik ingeschat op 2,3 GJ per ton kwikhoudend slib, hetgeen onder praktijksituaties overeenkomt met ongeveer 3,5 GJ/ton. In de gevoeligheidsanalyse "lage energetische inhoud" gaat het in de praktijk om 4,0 GJ/ton.

Deze energie voor het smelten van kwikhoudend aardgasslib in de PEC wordt in rekening gebracht op basis van het gebruik van externe energie van het gemiddelde Nederlandse elektriciteitsnet. In praktijk wordt deze energie geleverd door het verbranden van pyrolyseresidu van het kwikhoudend aardgasslib en andere afvalstromen. Deze energie-inhoud van 3,7 GJ van het pyrolyseresidu van dit afval had anders via verbranden in gasmotoren ongeveer 0,93 GJ aan elektriciteit opgeleverd. In de gevoeligheidsanalyse wordt derhalve ook de situatie bekeken waarin slechts 0,93 GJ/ton aan kwikhoudend aardgasslib wordt toegerekend.

Verder wordt, gelet op de onzekerheidsmarge die de hierboven afgeleide 3,7 GJ/ton met zich mee brengt, ook een situatie in beeld gebracht waarbij de energieconsumptie 20% hoger wordt ingeschat, ofwel op 4,4 GJ/ton.

Energieverbruik bij nuttige toepassing secundaire grondstoffen

In de ontzwavelingsstap van de gasreiniging ontstaat elementair zwavel door de biologische oxidatie van H₂S. Zwavel ontstaat als vaste deeltjes in de waterfase. Door sedimentatie en afpersen wordt een zwavelkoek verkregen die kan worden gebruikt voor de productie van zwavelzuur. Daar het hier nuttige toepassing in een productieproces betreft wordt het energiegebruik van het betreffende proces niet meer aan de verwerking van kwikhoudend aardgasslib toegerekend.

Kwik kan als product worden afgezet. Er wordt vanuit gegaan dat inzet zonder verdere specifieke bewerkingen mogelijk is. Daar het hier een nuttige toepassing betreft wordt het energieverbruik van het proces waarin het kwik wordt gebruikt niet meer aan de verwerking van kwikhoudend aardgasslib toegerekend.

In de gevoeligheidsanalyse "vervanging kwikerts" wordt er van uitgegaan dat niet primair kwik maar kwikerts wordt vervangen.

Voor de slak uit de smelter (het basaltachtige materiaal) geldt dat deze, getuige de gemeten uitloopwaarden van het synthetische basalt, als categorie-1 bouwstof kan worden toegepast, d.w.z. zonder bodembeschermende voorzieningen. Centrale doelstelling van de PEC-installatie is ook het produceren van categorie-1 bouwstof. Ten behoeve van de LCA wordt aangenomen dat de slak, na verkleining in brokjes van 1-10 cm, volledig, d.w.z. 100% wordt ingezet als vervanger van zand in funderingslagen. Het energieverbruik bij het verkleinen wordt geraamd op ca. 45 kWh per ton basalt. Voor deze afvalstroom betekent dit 19,5 kWh per ton. In het kader van de gevoeligheidsanalyse "hoge kwikbelasting" komt dit overeen met 19,1 kWh per ton, voor de analyse "lage energetische inhoud" 17,8 kWh per ton en voor de analyse "wel flux" 21,5 kWh per ton.

Het energieverbruik (diesel) bij het aanbrengen van de slak als zandvervanger in funderingslagen wordt buiten beschouwing gelaten, omdat tegelijkertijd eenzelfde verbruik bij het aanbrengen van zand wordt vermeden.

Vermeden energieverbruik

Er is sprake van vermeden energieverbruik door de productie van secundaire grondstoffen. Het energieverbruik van de uitgespaarde winnings- en productieprocessen van primaire grondstoffen wordt als een negatieve milieu-ingreep in de LCA toegerekend.

In tabel 6.5 is aangegeven welke primaire grondstoffen worden vervangen. De omvang van het vermeden energieverbruik wordt berekend met de SimaPro-database.

Tabel 6.5: Overzicht vervangen primaire grondstoffen

Geproduceerde secundaire grondstof	Vervangen primaire grondstof
Slak (basaltachtig materiaal)	Zand
Kwik	Primair kwik
Synthesegas	Aardgas

In de gevoeligheidsanalyse "vervanging kwikerts" wordt uitgegaan van de vervanging van kwikerts i.p.v. primair kwik (in een verhouding 1 staat tot 33, zie ook hoofdstuk 5).

6.6 Bedrijfsmiddelen

Rekening moet worden gehouden met:

- het verbruik van de PEC-installatie;
- het verbruik bij de nuttige toepassing van de geproduceerde secundaire grondstoffen;
- het vermeden verbruik door de productie van secundaire grondstoffen.

Bedrijfsmiddelenverbruik bij verwijdering reststoffen is niet van toepassing, aangezien in de eindfase door de smelter-lijn geen te verwijderen reststoffen worden geproduceerd.

Bedrijfsmiddelenverbruik PEC-installatie

Minerale flux

De verschillende ingangsstromen voor de smelter worden in principe dusdanig gemengd, dat toevoeging van hulpstoffen ('minerale flux' in de vorm van kalk of zand) zo beperkt mogelijk wordt gehouden, en alleen moeten worden ingezet indien met de overige ingangsstromen geen adequaat mengsel kan worden bereikt. Zo dient de ene ingangsstof als hulpstof voor de andere conform het "waste-to-waste" principe. Feitelijk hangt de hoeveelheid toe te rekenen flux af van de gehalten aan Si, Ca, Al en Mg in de te verwerken afvalstroom. Globaal kan worden gesteld dat de flux voor de installatie als geheel ongeveer 10% van de asrest bedraagt.

Voor kwikhoudend aardgasslib is (zie paragraaf 6.2) er in principe vanuit gegaan dat er geen flux behoeft te worden toegerekend en is in het kader van de gevoeligheidsanalyse de genoemde 10% als indicatie gehanteerd. Er wordt vanuit gegaan dat zand wordt gebruikt als minerale flux, zodat aan de verwerking van een ton kwikhoudend aardgasslib een hoeveelheid van 43,5 kg zand wordt toegerekend in het kader van de gevoeligheidsanalyse "wel flux".

Zuurstof

Tijdens het verwerkingsproces wordt zuurstof toegevoegd teneinde organische componenten te vergassen. Gelet op de samenstelling van kwikhoudend afval wordt hiervoor dan ook zuurstofverbruik in rekening gebracht. Een PSA installatie (Pressure Swing Adsorption, een moleculaire zeef met wisselende druk) produceert ca 95% zuivere zuurstof door lucht op te werken. Aan de hand van de massabalans en enthalpiebalans is berekend dat het zuurstofverbruik 721 kg/ton kwikhoudend aardgasslib bedraagt (idem voor de gevoeligheidsanalyse "wel flux") en dat het zuurstofverbruik voor de gevoeligheidsanalyse "hoge kwikbelasting" komt overeen met 701 kg/ton en voor de gevoeligheidsanalyse "lage energetische inhoud" 603 kg/ton.

Actief kool

Actief kool verwijdert bij het reinigen van het synthesegas kwik, dat niet is afgescheiden bij het wassen van het synthesegas. Bij een maximale belading van 1200 mg/kg actief kool betekent dit dat per ton kwikhoudend aardgasslib 33,3 kg actief kool nodig is. Voor de gevoeligheidsanalyse "hoge kwikbelasting" bedraagt deze hoeveelheid 66,7 kg actief kool per ton kwikhoudend aardgasslib, voor de overige gevoeligheidsanalyses 33,3 kg/ton.

Natronloog

De gasreiniging verbruikt NaOH. Het natronloogverbruik dat aan een afvalstroom dient te worden toegerekend wordt bepaald door

- (1) de hoeveelheid af te vangen halogenen en zwavel in de afvalstof, en
- (2) de hoeveelheid die nodig is om de aan de afvalstroom toe te rekenen spui op pH=11 te brengen.

Ad. 1

Voor kwikhoudend aardgasslib betekent dit dat bij de gemiddelde samenstelling gerekend moet worden met 3600 g chloor en 5400 g zwavel per ton kwikhoudend aardgasslib. Dit betekent dat circa 17,6 kg NaOH aan de verwerking van een ton kwikhoudend aardgasslib dient te worden toegerekend. In de gevoeligheidsanalyse "hoge kwikbelasting" gaat het om 17,2 kg NaOH en in de gevoeligheidsanalyse "lage energetische inhoud" 13,9 kg.

Ad. 2

De hoeveelheid toe te rekenen spui is voor kwikhoudend aardgaslib 51 l/ton (zie voor de afleiding paragraaf 6.7 onder "emissies naar water"). De hoeveelheid NaOH om de spui op pH=11 te brengen is 20 g per liter, hetgeen een NaOH-gebruik van ongeveer 1,0 kg per ton kwikhoudend aardgaslib. In de gevoeligheidsanalyses "hoge kwikbelasting" en "lage energetische inhoud" gaat het om 1,0 kg NaOH en 0,8 kg NaOH.

Het totale NaOH-verbruik komt hiermee (afgerond) op 18,6 kg per ton kwikhoudend aardgaslib. Voor de gevoeligheidsanalyse "hoge kwikbelasting" gaat het om 18,2 kg en voor de analyse "lage energetische inhoud" 14,7 kg. Deze hoeveelheden wijken af van de hoeveelheden in tabel 6.3 omdat voor transport wordt uitgegaan van aanvoer als oplossing van 33%.

Bedrijfsmiddelenverbruik bij nuttige toepassing secundaire grondstoffen

De slak wordt volledig (100%) ingezet als vervanger van zand (funderingsmateriaal) en bij de nuttige toepassing van de slak worden geen bedrijfsmiddelen verbruikt.

Vermeden bedrijfsmiddelenverbruik

Er is sprake van vermeden bedrijfsmiddelenverbruik door de productie van secundaire grondstoffen. Het bedrijfsmiddelenverbruik van de uitgespaarde winnings- en productieprocessen van primaire grondstoffen wordt als een negatieve milieu-ingreep in de LCA toegerekend. In tabel 6.5 is reeds aangegeven welke primaire grondstoffen worden vervangen. De omvang is opgenomen in tabel 6.6. De vermeden milieu-ingrepen worden berekend met de SimaPro-database.

Bij het vervangen van kwikhoudend erts door kwik is een verhouding van 33:1 gehanteerd. In de gevoeligheidsanalyse "vervanging kwikerts" wordt dus uitgegaan van het vervangen van 659 kg kwikerts.

Bij het vervangen van de primaire grondstof aardgas door synthegas is de verhouding van de verbrandingswarmte van het geproduceerde synthegas ten opzichte van aardgas verwerkt. Deze bedraagt 25,3% in de normale situatie (en voor de gevoeligheidsanalyse "wel flux") en respectievelijk 25,7% en 22,1% in de gevoeligheidsanalyses "hoge kwikbelasting" en "lage energetische inhoud".

Tabel 6.6 Vermeden inzet primaire grondstoffen

Vervangen primaire grondstof	Vermeden inzet (kg)	Vermeden inzet t.b.v. de gevoeligheidsanalyse (kg)		
		hoge kwikbelasting	lage energetische inhoud	wel flux
Zand	435	426	396	478
Kwik	19,96	39,92	19,96	19,96
Aardgas	221	219	159	221

6.7 Emissies

Rekening moet worden gehouden met:

- de emissies van de PEC-installatie;
- de emissies bij de verwijdering van reststoffen;
- de emissies bij de nuttige toepassing van secundaire grondstoffen;
- de vermeden emissies door de productie van secundaire grondstoffen en brandstoffen.

De emissies van de PEC-installatie

Uit de procesbeschrijving in paragraaf 6.2 blijkt dat rekening moet worden gehouden met emissies naar lucht en water. Emissies naar bodem vinden normaliter niet plaats. Door bodembeschermende maatregelen en voorzieningen wordt de kans op bodemverontreiniging verwaarloosbaar klein geacht.

Emissies naar lucht

In dit kader wordt onderscheid gemaakt in

- (1) emissies van stof en metalen,
- (2) componentgebonden luchtmissies via gebruik van syn-gas (SO₂, HCl, HBr, etc.),
- (3) procesgebonden emissies via gebruik van syn-gas (CO, NO_x, N₂O), en
- (4) emissie van CO₂

Ad. 1

De samenstelling van het kwikhoudend aardgaslib geeft aanleiding tot vorming van gas waarin een hoeveelheid stof en aanhangende metalen afkomstig van het kwikhoudend aardgaslib worden meegevoerd. Voor de emissies naar lucht wordt uitgegaan van de balans zoals weergegeven in tabel 6.1. De concrete uitwerking voor kwikhoudend aardgaslib is aangegeven in tabel 6.7.

Tabel 6.7 emissie van stof en metalen naar de lucht

Component	Fractie naar de lucht (%)	Emissie naar de lucht (mg/ton)			
		Gemiddeld	Gevoelighedsanalyse "hoge kwikbelasting"	Gevoelighedsanalyse "lage energetische inhoud"	Gevoelighedsanalyse "wel flux"
Hg	5E-07 (**)	4,4	4,3	3,6	4,4
Stof	0,001	4350	4260	3970	4780(*)

(*) inclusief de bijdrage van de flux aan de emissie van stof

(**) fractie van gevormd synthesgas

Ad. 2

Het kwikhoudend aardgaslib geeft aanleiding tot vorming van gasproductie. In het syngas gaan zwavel en halogenen uit het kwikhoudend aardgaslib over naar de gasfase en worden met het syngas meegevoerd naar de gasreiniging en gasmotoren. De emissies van SO₂ en HCl hangen weliswaar sterk samen met de reiniging en verbranding van syn-gas, maar moet toch gezien worden als een componentgebonden emissie. Ook voor deze emissies wordt uitgegaan van de balans zoals weergegeven in tabel 6.1. De concrete uitwerking voor kwikhoudend aardgaslib is aangegeven in tabel 6.8.

Tabel 6.8 emissie van SO₂ en HCl naar de lucht

Component	Fractie naar de lucht (%)	Emissie naar de lucht (mg/ton)			
		Gemiddeld	Gevoelighedsanalyse "hoge kwikbelasting"	Gevoelighedsanalyse "lage energetische inhoud"	Gevoelighedsanalyse "wel flux"
S (als SO ₂)	0,07	3780	3710	3010	3780
HCl	0,003	111	108	86	111

Ad. 3

Het kwikhoudend aardgaslib levert een bijdrage aan de productie van synthesegas en dus aan deze emissies. De emissies aan NO_x, N₂O en CO zijn bepaald aan de hand van de brandstofinzet in

gasmotoren en aan de hand van de deze toepassing aangehouden emissiefactoren voor de drie verontreinigende stoffen (zie tabel 6.9)

Tabel 6.9: procesgerelateerde emissies

		Gemiddelde emissies (kg/ton slib)	Gevoeligheid sanalyse "hoge kwikbelasting" (kg/ton slib)	Gevoeligheid sanalyse "lage energetische inhoud" (kg/ton slib)	Gevoeligheid sanalyse "wel flux" (kg/ton slib)
Brandstofinzet (GJ/ton kwikhoudend slib)		8,6	8,5	6,2	8,6
Emissies	g/GJ				
NO _x	120	1,03	1,02	0,74	1,03
N ₂ O	8	0,07	0,07	0,05	0,07
CO	200	1,72	1,70	1,24	1,72

Ad. 4

Gelet op de samenstelling van de afvalstroom dient ook een bijdrage aan de emissie van CO₂ toegerekend te worden. Op basis van de berekende synthesegassamenstelling is bepaald dat per ton kwikhoudend aardgasslib 24,7 kmol CO₂ vrijkomt. Dit komt overeen met 1087 kg CO₂.

Voor de gevoeligheidsanalyse "hoge kwikbelasting" bedraagt dit 24,3 kmol CO₂, ofwel 1069 kg en voor de gevoeligheidsanalyse "lage energetische inhoud" 19,5 kmol ofwel 858 kg. Voor de duidelijkheid wordt opgemerkt dat de CO₂-emissie die hoort bij het energiegebruik voor het smelten van de afvalstroom ook in rekening wordt gebracht (zie paragraaf 6.5)

Emissies naar water

De Smelter-lijn produceert de volgende afvalwaterstromen:

- a) condensaat dat vrijkomt bij de droging van slibben
- b) condensaat dat ontstaat bij de gasreiniging
- c) zoutwater (spui) van de zuurgaswassers.

Ad. a

Waterstroom a) wordt primair gebruikt als injectiewater bij de vergasser. Hiermee vindt interne verwerking plaats zonder dat sprake van emissies naar water, zodat in de LCA geen rekening hoeft te worden gehouden met emissies naar water als gevolg van deze waterstroom.

Ad. b en c

De emissies via de afvalwaterstromen b) en c) zijn het gevolg van de productie van synthese- en smeltermgas. De omvang van met name het spuiwater hangt af van het chloorgehalte in de afvalstroom en bevat tevens een hoeveelheid zware metalen, terwijl het condensaat uitsluitend organisch belast is.

Met het uitgangspunt dat alle halogenen uiteindelijk in de gasreiniging terecht komen (zie ook onder paragraaf 6.3) dient voor iedere mol halogeendeeltjes die in een ton te verwerken afval zit een hoeveelheid van ongeveer 0,5 kg spui in rekening te worden gebracht. Deze omvang van de spui is geschat door aan te nemen dat de concentratie aan halogenen in de spui uiteindelijk 2 mol/l bedraagt. Dit is een concentratie die ook voor AVI's wel wordt opgegeven. Dit leidt in dit geval tot het toerekenen van 51 liter spui per ton kwikhoudend aardgasslib. In het kader van de

gevoeligheidsanalyse "hoge kwikbelasting" gaat het om 49 l en voor de "lage energetische inhoud" om 39 l.

Ten aanzien van de emissies naar water is de omvang van de toe te rekenen spui gecorrigeerd voor de toe te rekenen hoeveelheid water die achterblijft in zwavelkoek (60% d.s.) en voor de hoeveelheid water die wordt toegevoegd in verband met het op pH=11 brengen van deze waterstroom (met 50% NaOH). Voor kwikhoudend aardgasslib leidt dit tot een hoeveelheid toe te rekenen spuiwater van 55 l/ton in de normale situatie en van 53 en 49 l/ton in het kader van de gevoeligheidsanalyses "hoge kwikbelasting" en "lage energetische inhoud".

Deze waterstroom wordt afgevoerd naar een communale RWZI. Met de rendementen zoals aangegeven in tabel 4.2 en de balans over de PEC van tabel 6.1 geeft dit voor kwikhoudend aardgasslib de volgende ingrepen naar water.

Tabel 6.10 Emissies naar water

Component	Afscheidingsrendement RWZI (%)	Emissie naar het oppervlakte water (mg/ton)			
		Gemiddeld	Gevoeligheidsanalyse "hoge kwikbelasting"	Gevoeligheidsanalyse "lage energetische inhoud"	Gevoeligheidsanalyse "wel flux"
Hg	91	0	0	0	0
Cl	0	3599892	3499895	2799916	3599892

Naast de uiteindelijke lozing van verontreinigingen uit tabel 9.9, wordt voor de rest van de ingrepen die met het bewerken van dit water samenhangen (ruimtebeslag RWZI, chemicaliëngebruik RWZI, energiegebruik RWZI) gebruik gemaakt van een proceskaart in SimaPro waarin op basis van de gemiddelde kenmerken van RWZI's deze ingrepen zijn opgenomen. Per ton kwikhoudend aardgasslib wordt hierbij dus 66 liter water dat primair is verontreinigd met anorganische componenten toegerekend. In het kader van de gevoeligheidsanalyse "hoge kwikbelasting" gaat het om 64 liter en in de gevoeligheidsanalyse "lage energetische inhoud" om 51 liter per ton. Gelet op het feit dat kwikhoudend aardgasslib niet bijdraagt aan organische verontreinigingen in het water is een bijdrage aan de vorming van RWZI-slib voor kwikhoudend aardgasslib verder buiten beschouwing gelaten.

De emissies bij de verwijdering van reststoffen

Emissies bij de verwijdering van reststoffen zijn niet van toepassing, aangezien in de eindfase door de PEC-lijn geen te verwijderen reststoffen worden geproduceerd. Kwik, slak en zwavel uit de gasreiniging kunnen namelijk nuttig worden toegepast.

De emissies bij de nuttige toepassing van secundaire grondstoffen

Zoals reeds aangegeven bij het onderdeel "Energieverbruik bij nuttige toepassing secundaire grondstoffen" zijn de door de PEC-lijn geproduceerde secundaire grondstoffen "zwavel", "kwik" en synthegas gelijkwaardig aan de uitgespaarde primaire grondstoffen, zodat de milieu-ingrepen door nuttige toepassing van deze stoffen niet in de LCA-berekeningen worden meegenomen.

De emissies naar bodem bij gebruik van de geproduceerde slak als zandvervanger in funderingslagen moeten echter wel worden meegenomen.

Bekend is, uit vergelijkbare basaltachtige producten van de verwerking van andere afvalstoffen, dat een thermische immobilisatie zoals hier gebeurt ten aanzien van het beperken van uitloging zeer goede resultaten geeft. In een reeks aan uitgevoerde metingen lag voor alle componenten de resulterende

uitloging op basis van een kolomproef rond of zelfs ruim onder de a-waarden uit het bouwstoffenbesluit, hetgeen feitelijk neerkomt op een bijna verwaarloosbare omvang. Derhalve wordt in het kader van deze studie het uitlooggedrag in de normale situatie op nul gesteld.

In het kader van de gevoeligheidsanalyse wordt wel uitloging meegenomen. Het uitlooggedrag van de slak van de verwerking van een afvalstroom met kwikhoudend aardgasslib is onbekend. Wel zijn van een aantal vergelijkbare basaltachtige materialen beschikbaarheidstesten gedaan. Het is echter onduidelijk in hoeverre de componenten waarvoor beschikbaarheidsgegevens bekend zijn⁴ in kwikhoudend afval aanwezig zijn. Daarmee is het onmogelijk deze gevoeligheidsanalyse ook daadwerkelijk te kwantificeren.

Vermeden emissies

Er is sprake van vermeden emissies door de productie van secundaire grondstoffen. De emissies van de uitgespaarde winnings- en productieprocessen van primaire grondstoffen worden als een negatieve milieu-ingreep in de LCA toegerekend.

In tabel 6.6 is reeds aangegeven welke primaire grondstoffen worden vervangen. De omvang van de vermeden emissies wordt berekend met de SimaPro-database.

De geïntegreerde afvalverwerkingsinrichting van North Refinery produceert tevens extern afzetbaar synthesegas, zodat ook sprake is van de productie van een secundaire brandstof. De vermeden emissies van de uitgespaarde winnings- en productieprocessen van primaire brandstoffen/energie worden berekend met behulp van standaard databases van TNO-MEP.

Gevoeligheidsanalyse op kwikemissie naar lucht

Het alternatief pyrolyse/smelten is gebaseerd op een MER en vergunningaanvraag van een bedrijf dat een speciale kwiklijn wil plaatsen naast smelters voor ander afval. Op basis van het betreffende MER zou een resterende kwikemissie naar de lucht ontstaan van ongeveer 4,4 mg per ton afval. Voor de vacuümdestillatie is echter gerekend met een kwikemissie van 1.260 mg per ton kwikhoudend slib, ofwel een emissie die ongeveer 285 maal hoger is dan de emissie van de (nog te realiseren) smelter. Teneinde na te gaan in hoeverre dit verschil de LCA-vergelijking zou beïnvloeden is voor de smeltoptie als gevoeligheidsanalyse tevens gerekend met een vergelijkbare kwikemissie naar de lucht.

⁴ Beschikbaarheidsgegevens zijn bekend voor: As, Ba, Co, Cr, Cu, Mo, Ni, Pb, Sb, V en Zn.

6.8 Leemten in kennis en informatie

De hierboven beschreven thermische immobilisatie is gebaseerd op basis van twee milieueffectrapportages. Praktijkcijfers van dit concept zijn nog niet bekend en moeten derhalve als leemten in kennis worden beschouwd. De belangrijkste onzekerheden zijn:

- het energieverbruik van het proces;
- het succes van het proces, met andere woorden hoe zal verglazing van kwikhoudend aardgaslib met andere afstoffen verlopen en hoe uit dit zich in het uitlooggedrag (ofwel de toepasbaarheid van basalt).

Bovendien is de samenstelling op componentniveau van de in- en uitgangstromen ten behoeve van de verwerking van kwikhoudend aardgaslib niet volledig bekend.

BIJLAGE 1

OVERZICHTEN MILIEU-INGREPEN

Verwerkingstechniek: Vacuümdestillatie						
ASPECT		(specificatie)	INGREEP	Gevoeligheidsanalyses ^(a)		
				1 ^(b)	2 ^(c)	3 ^(d)
1.	Ruimtebeslag (m ² jaar)	VD-proces storten DTO	1,46 10,9 0,098	1,46 10,7 0,096	1,46 9,9 0,12	als normaal
2.	Transport in tkm (ton/vracht)	kwikh slib kwik residu destillaat actief kool zand (water) zand (as)	75 (20) 3,0 (10) 43,9 (20) 36,8 (20) 2,4 (10) 28,2 19,7 (20)	75 6,0 43 36 4,9 27,7 19,4	75 3,0 40 46,5 2,4 25,7 18,0	als normaal
3.	Energiegebruik	VD proces verbranden dest (waterfr.) verbranden dest (oliefr.) storten verwerken act kool	3,5 GJe 0,81 GJ 13,2 kWh 87 MJ 0,085 GJe	3,5 0,80 12,9 85 0,17	3,5 1,32 2,2 79 0,085	als normaal
4.	Bedrijfsmiddelen	actief kool water big bags PE hoes koelwater schrobwater zand	24,3 kg 146 kg 2,5 kg 1,0 kg 13 ton 0,37 ton 564 kg	48,5 143 2,45 0,98 13 0,37 553	24,3 133 2,28 0,91 13 0,37 514	als normaal
5.	Emissie lucht (g, tenzij)	kwik benzeen tolueen ethylbenzeen totaal-xyleen stof CO2 Cl SO2 kwik NOx CO CxHy TCCD TEQ fijn stof	0,3 0,28 0,13 0,05 0,05 2175 181500 0,72 5,4 0,96 1176 118 29 2,94 ^e -7 18	0,6 0,28 0,12 0,05 0,05 2131 181500 0,75 5,4 1,9 1176 118 29 2,94 ^e -7 18	0,3 0,36 0,16 0,06 0,06 1983 30300 0,12 0,9 0,96 156 16 4 3,9 ^e -8 2	als normaal
6.	Emissie bodem (mg)		-	-	-	-
7.	Emissie water	kwik	0,54 gram	1,1 gram	als normaal	als normaal
8.	Finaal afval / te storten rest	residu	877	860	800	als normaal
9.	Vermeden Transport in tkm (ton/vracht)		-	-	-	-
10.	Vermeden energie	verbranden olie in DTO (MWh)	0,071	0,069	0,012	als normaal

Verwerkingstechniek: Vacuümdestillatie						
ASPECT		(specificatie)	INGREEP	Gevoeligheidsanalyses ^(a)		
				1 ^(b)	2 ^(c)	3 ^(d)
11.	Vermeden emissie lucht		zie 14	als normaal	als normaal	als normaal
12.	Vermeden emissie water		zie 14	als normaal	als normaal	als normaal
13.	Vermeden emissie bodem		zie 14	als normaal	als normaal	als normaal
14.	Vermeden bedrijfsmiddelen	kwik	19,92 kg	39,83	19,92	0
		kwikerts	0 kg	0	0	657
15.	Overig	demi-water	0,98 m ³	0,96	0,16	als normaal

- (a) Ingeval uit de zwaartepuntsanalyse volgt dat transport bij de weegvorm 1 voor 20% of meer de totaalscore bepaald worden, naast de gevoeligheidsanalyses uit de tabel, tevens de gevoeligheidsanalyses "meer transport" resp. "minder transport" uitgevoerd. De transportafstanden (tkm) worden dan met 50% verhoogd c.q. verlaagd.
- (b) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "hoge kwikbelasting"
- (c) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "lage energetische inhoud"
- (d) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "vervangen kwikerts".

Verwerkingstechniek: Pyrolyse/smelten										
ASPECT (specificatie)			INGREEP	Gevoeligheidsanalyses ^(a)						
				1 ^(b)	2 ^(c)	3 ^(d)	4 ^(e)	5 ^(f)	6 ^(g)	7 ^(h)
14.	Vermeden bedrijfsmiddelen	zand kwik aardgas kwikerts	435 kg 19,96 kg 221 kg 0 kg	426 39,92 219 0	396 19,96 159 0	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal
15.	Overig		-	-	-	-	-	-	-	-

- (a) Ingeval uit de zwaartepuntsanalyse volgt dat transport bij de weegvormen 1 of 3 voor 20% of meer de totaalscore bepaald worden, naast de gevoeligheidsanalyses uit de tabel, tevens de gevoeligheidsanalyses "meer transport" resp. "minder transport" uitgevoerd. De transportafstanden (tkm) worden dan met 50% verhoogd c.q. verlaagd.
- (b) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "hoge kwikbelasting"
- (c) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "lage energetische inhoud"
- (d) Dit betreft gevoeligheidsanalyse "wel flux"
- (e) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "meer energie"
- (f) Dit betreft gevoeligheidsanalyse "energie intern gebruikt"
- (g) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "vervangen kwikerts"
- (h) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "kwikemissie van 1260 mg".

BIJLAGE 2

LITERATUURLIJST

AVR, 1997

MER-vergunningaanvraag AVR d.d. juli 1997

AVR, 2000

Overheidsmilieujaarsverslag van de AVR over 1999

LMA, 1998

Informatiebron Kwartaalrapportage NVGA, Landelijk Meldpunt Afvalstoffen,. 1998

NAM, 2001

mondelinge informatie NAM, dd 1 juni 2001

RUN, 1998

Wm en Wvo vergunningaanvragen Recycling and Utilities North d.d. juli 1998

VROM, IPO, 1997

Meerjarenplan Gevaarlijke Afvalstoffen II, 1997