

MILIEUEFFECTRAPPORT LANDELIJK AFVALBEHEERPLAN

**Achtergronddocument A27
Uitwerking “Zuiveringsslib”**

Afval Overleg Orgaan
2002

INHOUDSOPGAVE

	blz.
1. INLEIDING	5
2. SAMENSTELLING ZUIVERINGSSLIB	6
3. VERWERKINGSALTERNATIEVEN EN REFERENTIE-INSTALLATIES	9
4. SYSTEEMGRENZEN	12
5. ALTERNATIEF SLIBVERBRANDING	14
5.1 Procesbeschrijving	14
5.2 Massabalans en ruimtebeslag	16
5.3 Transport	18
5.4 Energie	18
5.5 Bedrijfsmiddelen	19
5.6 Emissies	20
5.7 Leemten in kennis	23
6. ALTERNATIEF MEESTOKEN IN EEN AVI	24
6.1 Procesbeschrijving	24
6.2 Massabalans en ruimtebeslag	25
6.3 Transport	28
6.4 Energie	29
6.5 Bedrijfsmiddelen	30
6.6 Emissies	31
7. ALTERNATIEF THERMISCH DROGEN EN INZET IN E-CENTRALE	35
7.1 Procesbeschrijving	35
7.2 Massabalans en ruimtebeslag	36
7.3 Transport	38
7.4 Energie	39
7.5 Bedrijfsmiddelen	39
7.6 Emissies	41
8. ALTERNATIEF THERMISCH DROGEN EN INZET IN CEMENTOVEN	46
8.1 Procesbeschrijving	46
8.2 Massabalans en ruimtebeslag	47
8.3 Transport	48
8.4 Energie	48
8.5 Bedrijfsmiddelen	49
8.6 Emissies	50
9. ALTERNATIEF BIOLOGISCH DROGEN EN INZET IN E-CENTRALE	55
9.1 Procesbeschrijving	55
9.2 Massabalans en ruimtebeslag	56
9.3 Transport	58
9.4 Energie	59
9.5 Bedrijfsmiddelen	60
9.6 Emissies	61
10. ALTERNATIEF BIOLOGISCH DROGEN EN INZET IN CEMENTOVEN	66
10.1 Procesbeschrijving	66
10.2 Massabalans en ruimtebeslag	67
10.3 Transport	68

10.4	Energie	69
10.5	Bedrijfsmiddelen	70
10.6	Emissies	70
11.	ALTERNATIEF NATTE OXIDATIE	75
11.1	Procesbeschrijving	75
11.2	Massabalans en ruimtebeslag	77
11.3	Transport	77
11.4	Energie	78
11.5	Bedrijfsmiddelen	79
11.6	Emissies	79
12.	ALTERNATIEF VERGASSEN EN INZET IN E-CENTRALE	84
12.1	Procesbeschrijving	84
12.2	Massabalans en ruimtebeslag	86
12.3	Transport	87
12.4	Energie	88
12.5	Bedrijfsmiddelen	89
12.6	Emissies	90
13.	ALTERNATIEF PYROLYSE/SMELTEN	96
13.1	Procesbeschrijving	96
13.2	Massabalans en ruimtebeslag	99
13.3	Transport	101
13.4	Energie	102
13.5	Bedrijfsmiddelen	104
13.6	Emissies	105
13.7	Leemten in kennis	108

BIJLAGEN:

1. Overzicht milieu-ingrepen
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.

In de LCA-berekeningen m.b.t. de afvalbeheersalternatieven worden diverse processen meegenomen. 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 rookgasen 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 afvalverwerkingstraject stoffen worden vernietigd en nieuwe stoffen ontstaan. Zo worden bij verbranding diverse organische verbindingen in het afval vernietigd en wordt bijvoorbeeld NO_x 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 “**zuiveringsslib**”.

Daarbij wordt ook aangegeven van welke referentie-installaties is uitgegaan bij het opstellen van de procesbomen en bij het bepalen van de emissies en het energie- en bedrijfsmiddelenverbruik.

2. SAMENSTELLING ZUIVERINGSSLIB

Diverse soorten zuiveringsslib zijn te onderscheiden, zoals slib van communale rioolwaterzuiveringsinstallaties, van zuiveringsinstallaties voor industrieel afvalwater, van installaties ter bereiding van drinkwater, etc.

In het MER voor het LAP wordt uitgegaan van slib met een samenstelling die overeenkomt met die van communaal zuiveringsslib (RWZI-slib). RWZI-slib is een restproduct dat vrijkomt bij de zuivering van afvalwater in biologische zuiveringsinstallaties. Het bestaat voor een deel uit inerte materialen (zand, kalk, fosfaat e.d.) en voor een gedeelte uit organisch (biologisch) materiaal. De verhouding tussen deze twee hoofdbestanddelen hangt af van de aard van het afvalwater en van het toegepaste zuiveringsproces. In het algemeen bedraagt het gehalte aan organisch materiaal 60-70%, maar lagere en ook hogere percentages komen voor.

Daarnaast kan het zuiveringsslib een groot aantal verontreinigingen bevatten, met name van bacteriële aard, zware metalen en soms ook olieachtige bestanddelen, afhankelijk van aard en samenstelling van het afvalwater. Zuiveringsslib van communale rioolwaterzuiveringsinstallaties heeft in het algemeen een redelijk gelijkmatige samenstelling, binnen een bepaalde bandbreedte. Deze bandbreedte is zodanig dat het slib nagenoeg altijd niet-gevaarlijk afval is.

Zuiveringsslib komt bij het zuiveringsproces vrij als een dunne, waterige stroom met hooguit enkele procenten droge stof. Omdat zuiveringsslib volgens de huidige regelgeving (Besluit gebruik Overige Organische Meststoffen, BOOM) slechts in zeer uitzonderlijke gevallen voor agrarische doeleinden kan worden toegepast, wordt het in de regel op de zuiveringsinstallatie direct ingediktd en mechanisch ontwaterd tot een pasteus materiaal met droge stofgehalten van 20-30%. Het onttrokken water wordt teruggevoerd naar de zuivering. Ten behoeve van de ontwatering worden organische vlokkingsmiddelen en/of kalk en/of ijzerchloridezouten toegepast. Het ontwaterde slib komt vanwege de pasteuze consistentie en de samenstelling normaliter niet voor storten in aanmerking en wordt elders verwerkt.

De meeste slibverwerkingstechnieken worden toegepast op mechanisch ontwaterd slib. Er is echter ook een verwerkingstechniek die uitgaat van de dunne waterige afvalstroom zonder mechanische ontwatering (zie ook hoofdstuk 11). Om een vergelijk te kunnen maken tussen de verschillende technieken zullen de milieueffecten van deze techniek voor de niet-mechanisch ontwaterde slib teruggerekend worden naar mechanisch ontwaterd slib met een droog stofgehalte van 25%.

Voor het bepalen van de gemiddelde slibsamenstelling is gebruik gemaakt van gegevens van DRSH (DRSH, 1999) en van gegevensbronnen voor het MER-effectrapport over het meestoken van gedroogd zuiveringsslib in de Hemwegcentrale te Amsterdam (RWA, USHN, 1996). Deze gegevens (voor mechanisch ontwaterd zuiveringsslib) zijn in tabel 2.1 samengevat. De gegevensrange van DRSH ontstaat uit de gemiddelde waarden voor het verwerkte slib in 1997 en 1999. De gegevens van RWA/USHN ("Dienst Riolerings en Waterhuishouding van de gemeente Amsterdam" respectievelijk "Uitwaterende sluisen in Hollands Noorderkwartier") betreffen de maandelijkse analyseresultaten van RWZI-slib in 1996. De aangegeven spreiding betreft het 95%-interval (2 maal de standaarddeviatie).

Uit tabel 2.1 blijkt dat met name voor kwik een afwijking tussen de twee gebruikte bronnen bestaat. Voor kwik kan echter worden gesteld dat in de afgelopen jaren door maatregelen bij de bron, het gehalte in RWZI-slib is afgenomen. De waarde van 1,4 mg/kg d.s. kan momenteel als representatief worden beschouwd. Ook voor koper bestaat er geen overlap in de ranges. Hiervoor is geen verklaring bekend.

Tabel 2.1 Samenstelling mechanisch ontwaterd communaal zuiveringsslib

Component	Gehalte volgens (DRSH, 1999)	Gehalte volgens (RWA/USHN, 1996)
Droge stofgehalte (%)	25	91,7
Asgehalte van de d.s. (%)	-	35,3 – 43,5
Organisch stofgehalte van de d.s. (%)	59 – 61	
Stookwaarde van de d.s. (MJ/kg)	22	12,0
Koolstofgehalte van de d.s. (%)	-	27,8 – 34,9
Zwavelgehalte van de d.s. (%)	-	1,2 – 2,1
Chloorgehalte van de d.s. (%)	-	0,17
Fluorgehalte van de d.s. (%)	-	0,01
Zware metalen (mg/kg d.s.)		
As	11,0 – 12,7	6,3 – 11,1
Cd	2,0 - 2,1	1,4 – 2,7
Cr	35 – 38	17 – 77
Cu	385 – 391	425 – 530
Hg	<1,4 - 1,6	1,9 – 2,7
Ni	26 – 32	17 – 39
Pb	170 – 176	128 – 285
Zn	895 – 903	834 – 1358

De gegevens van tabel 2.1 zijn vergeleken met andere samenstellingen, beschikbaar via de database Phyllis van ECN (www.ecn.nl/phyllis). Het betreft eenmalige analyses. Deze analyses vallen vrijwel allemaal binnen de in tabel 2.1 aangegeven range.

Voor het bepalen van de stookwaarde van het mechanisch gedroogd slib is gebruik gemaakt van gegevens van (RWA/USHN). Uit de aangegeven 12,0 MJ/kg voor slib (met een watergehalte van 8,3%) kan de stookwaarde voor de droge stof worden bepaald: 13,3 MJ/kg. Op basis van dit gegeven is de stookwaarde van mechanisch gedroogd slib met een vaste stof gehalte van 25% gelijk aan 1,6 MJ/kg ($0,25 \cdot 13,3 - 0,75 \cdot 2,26^1$).

In het MER wordt uitgegaan van een gemiddelde samenstelling van zuiveringsslib dat voor alle verwerkingsalternatieven wordt gebruikt. Deze gemiddelde samenstelling is weergegeven in tabel 2.2. In tabel 2.2 is tevens de samenstelling weergegeven voor de gevoeligheidsanalyse "andere samenstelling". Hierbij zijn de milieukritische componenten (cadmium en kwik) en de componenten met een relatief grote variatie (chromium) gevarieerd. Voor kwik is hierbij in analogie met de aanpassing bij de gemiddelde waarde er vanuit gegaan dat ook het maximum inmid-dels iets gedaald is.

¹ De verdampingswaarde van water bij 100°C. Deze waarde geeft een iets beter beeld van de werkelijkheid (het water verdampt immers bij hogere temperaturen) dan de verdampingswaarde van water bij 25°C.

Tabel 2.2 Gemiddelde samenstelling zuiveringsslib van mechanisch ontwaterd zuiveringsslib

Component	Gemiddelde samenstelling	Samenstelling t.b.v. de gevoeligheidsanalyse "andere samenstelling"
Droge stofgehalte (%)	25	25
Asgehalte van de d.s. (%)	35	35
Koolstofgehalte van de d.s. (%)	30	30
Stookwaarde van het slib (MJ/kg)	1,6	1,6
Stookwaarde van de d.s. (MJ/kg)	13,3	13,3
Zwavelgehalte van de d.s. (%)	1,0	1,0
Chloorgehalte van de d.s. (%)	0,17	0,17
Fluorgehalte van de d.s. (%)	0,01	0,01
Zware metalen	(mg/kg d.s.)	
As	12	12
Cd	2,0	2,7
Cr	35	77
Cu	400	400
Hg	1,4	2,0
Ni	30	30
Pb	175	175
Zn	900	900

In tabel 2.3 is voor de zware metalen op basis van tabel 2.2 aangegeven met welke vrachten rekening gehouden moet worden.

Tabel 2.3 Vrachten per ton mechanisch ontwaterd slib (25% droge stof)

Component	Gemiddelde vracht (mg/ton slib)	Vracht voor de gevoeligheidsanalyse "andere samenstelling" (mg/ton slib)
As	3.000	3.000
Cd	500	675
Cr	8.750	19.250
Cu	100.000	100.000
Hg	350	500
Ni	7.500	7.500
Pb	43.750	43.750
Zn	225.000	225.000
S	2.500.000	2.500.000
Cl	425.000	425.000
F	25.000	25.000

3. VERWERKINGSALTERNATIEVEN EN REFERENTIE-INSTALLATIES

De bestaande verwerkingscapaciteit voor mechanisch ontwaterd zuiveringsslib in Nederland betreft:

- 3 slibverbrandingsinstallaties (totale capaciteit circa 200.000 ton d.s./jaar)
- 4 thermische drooginstallaties (totale capaciteit circa 100.000 ton d.s./jaar)
- 2 biologische drooginstallaties, (totale capaciteit circa 50.000 ton d.s./jaar)
- 1 natte oxidatie-installatie (capaciteit ruim 25.000 ton d.s./jaar)
- 1 installatie voor meestoken in een AVI (capaciteit circa 5.000 ton d.s./jaar)
- 1 installatie voor het meestoken van in een cementoven (100.000 ton d.s./jaar).

In voorbereiding zijn drie thermische drooginstallaties (totale capaciteit circa 40.000 ton d.s./jaar) en een installatie voor meestoken in een AVI (capaciteit circa 10.000 ton d.s./jaar, in een tweede fase 40.000 ton d.s./jaar).

Tevens is bij Watco in Roosendaal een project in voorbereiding waarbij zuiveringsslib in combinatie met afvalstoffen met een relatief hoge stookwaarde in een circulerend wervelbedoven zal worden verbrand. Het betreft een slibverwerkingscapaciteit van circa 20.000 ton droge stof per jaar. Qua toegepaste technologie wijkt dit alternatief niet essentieel af van de bovenstaande bestaande slibverbrandingsinstallaties.

Slibvergassing is beproefd door Slibverwerking Zeeland BV in het Sloegebied. EPON heeft het voornemen een slibvergassingsinstallatie te realiseren naast de Eemscentrale.

North Refinery heeft plannen om een afvalverwerkinginrichting te realiseren, werkend op basis van het Gibros-PEC-concept (pyrolyse, vergassen, smelten). Deze inrichting kan ook zuiveringsslib verwerken.

Gelet op het bovenstaande worden de in tabel 3.1 aangegeven slibverwerkingsalternatieven met elkaar vergeleken. Daarbij is tevens aangegeven welke installaties als referentie gediend hebben.

Tabel 3.1 Overzicht referentie-installaties

Verwerkingstechniek	Referentie-installatie
Verbranden	DRSH Dordrecht
Meestoken in een AVI	HVC Alkmaar
Thermisch drogen	Slibdrooginstallatie te Beverwijk
Biologisch drogen	Tunnelcompostering GMB te Tiel
Meestoken gedroogd slib in kolencentrale	Hemwegcentrale UNA
Meestoken gedroogd slib in cementoven	Cementoven (Belgie)
Natte oxidatie	Vartech-istallatie te Apeldoorn
Vergassen gevolgd door verbranden in E-centrale	EPON Eemshaven
Pyrolyse/smelten	North Refinery te Delfzijl (1)

(1) De installatie is nog niet gerealiseerd. Informatie wordt ontleend aan documentatie van initiatiefnemer

Bovengenoemde referentie-installaties zijn om de volgende redenen gekozen.

Slibverbranding DRSH

Het betreft hier een goed functionerende wervelbedverbrandingsinstallatie met een adequate rookgasreiniging. Het gekozen rookgasreinigingssysteem wordt op vele plaatsen toegepast en kan derhalve als representatief worden aangemerkt. Vanzelfsprekend zijn ook andere rookgas-

reinigingssystemen te onderscheiden, maar de keuze wordt veelal door locatiegebonden factoren bepaald.

HVC

De HVC is gekozen, omdat deze moderne “state of the art” AVI ook in andere studies als referentie-installatie is gekozen en een goede weergave is van de gemiddelde AVI in Nederland. Er zijn weliswaar momenteel geen voornemens bekend om bij HVC tot het meestoken van zuiveringsslib over te gaan, maar dat is voor de vergelijking van verwerkingsalternatieven niet relevant. Het bij de HVC gekozen principe van rookgasreiniging (RGR) wordt op vele plaatsen toegepast en kan derhalve als representatief worden aangemerkt. De toegepaste RGR is gebaseerd op een stofafscheiding, een natte wassing, gevolgd door een doekfilter, en een SCR-DeNOx. Afvalwater wordt ingedamppt. Er is een groot scala aan rookgasreinigingssystemen te onderscheiden, bijvoorbeeld met een SNCR-DeNOx, wel of geen afvalwaterlozing, et cetera. Meer in detail beschouwd blijkt dat er geen enkele AVI in Nederland dezelfde RGR bedrijft: er bestaan steeds geringe verschillen in de toegepaste schakelingen, de soort en de hoeveelheid hulpstoffen die gebruikt worden en de soort en hoeveelheid reststoffen die ontstaat. HVC kan echter gezien worden als een zeer representatieve AVI-installatie.

Slibdrooginstallatie te Beverwijk

Deze thermische slibdrooginstallatie is nog relatief nieuw en kan met zijn indirecte slibdrogers (wervelbeddrogers) als representatief worden aangemerkt voor moderne slibdroogtechnieken.

Tunnelcompostering GMB te Tiel

Door GMB wordt een zogenaamde tunnelcompostering toegepast om het slib te drogen. Bij deze composteringstechniek vindt de biologische droging plaats in een gesloten reactor met geforceerde beluchting. Het gesloten systeem is representatief voor moderne biologische slibdroogsystemen, mede omdat geuremissies goed te controleren zijn.

Hemwegcentrale UNA

Deze E-centrale is gekozen, aangezien daar ervaring is opgedaan met het meestoken van gedroogd slib. UNA beschikt bovendien over een vergunning die het meestoken van slib mogelijk maakt. Het bij de Hemwegcentrale toegepaste rookgasreinigingssysteem (E-filter + rookgasontzwavelingsinstallatie) is representatief voor E-centrales.

Cementoven

Bij ENCI heeft sinds 2000 ervaring met het meestoken van gedroogd RWZI slib ter vervanging van primaire brandstoffen. Als referentie wordt echter aangesloten bij de gemiddelde Belgische oven (inclusief de daarvoor opgestelde balansen) die door het gehele MER gehanteerd is voor de diverse afvalstromen. In een aparte gevoeligheidsanalyse is nog het effect van de specifieke informatie van de ENCI gezien.

Vartech-installatie Apeldoorn

Deze installatie is gekozen, omdat het de enige operationele slibverwerkingsinrichting in Nederland is waar natte oxidatie wordt toegepast.

Slibvergassingsinstallatie en inzet in E-centrale EPON Eemshaven

Deze E-centrale is gekozen, omdat dit het enige grootschalige slibvergassingsproject in Nederland is waar de vergassing direct naast een centrale zal worden uitgevoerd.

Smelter North Refinery

Deze smelter is als referentie-installatie gekozen, omdat North Refinery de enige is die plannen heeft ontwikkeld voor het verwerken van zuiveringsslib in Nederland door middel van smelten.

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. Voor verwerkingsopties met significante proceswaterstromen is meer specifiek gekeken naar de ingrepen die bij de verwerking van dit afvalwater horen.

In alle gevallen 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 hante-

ren. 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)².

Tabel 4.2 zuiveringsrendementen voor resulterende waterstromen

Kenmerk	Zuiveringsrendement (%)
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

Hanteren balansen

De verschillende alternatieven worden met elkaar vergeleken waarbij steeds zuiveringsslib met de gemiddelde standaard samenstelling uit tabel 2.1 de basis is. Specifieke meetresultaten van individuele verwerkingsalternatieven zijn steeds gebaseerd op een iets ander zuiveringsslib als meegenomen in tabel 2.1. Om hier toch mee om te gaan is bij de verschillende alternatieven zoveel als mogelijk gebruik gemaakt van standaard balansen van installaties (zie ook achtergronddocument A1 bij het MER-LAP). Het voordeel van deze balansen is dat er steeds uitgegaan kan worden van dezelfde ingangs samenstelling en de balansen tevens sluitend zijn.

Daar waar in de onderliggende uitwerking van zuiveringsslib aanleiding is om tevens inzicht te geven in de effecten van specifieke metingen is dit aangegeven. Daarbij moet rekening gehouden worden dat het gaat om meetresultaten die niet bijdrage aan een sluitende balans.

² Inclusief eigen aannames voor Ba, Co, Mo, Sb, Se, Sn en V.

5. ALTERNATIEF SLIBVERBRANDING

De verwerkingskosten bij een slibverbrandingsinstallatie bedragen ongeveer 90 euro per ton slib (25% d.s.).

5.1 Procesbeschrijving

A. Transport slib

Het mechanisch ontwaterde slib wordt per vrachtwagen vervoerd naar de slibverwerkingsinrichting.

B. Slibopslag

Het aangevoerde slib wordt opgeslagen in een bunker. De bunker wordt geventileerd en de afgezogen ventilatielucht wordt zoveel mogelijk toegepast als verbrandingslucht voor de slibverbrandingsoven.

C. Luchtbehandeling

Wanneer de in de slibbunker afgezogen ventilatielucht niet (volledig) kan worden gebruikt als verbrandingslucht, dan vindt afvoer plaats, via een biofilter.

D. Slibvoordroging

Als eerste processtap wordt het slib in indirecte drogers gedeeltelijk voorgedroogd. Door de voordroging is een aanzienlijke besparing op de voor de slibverbranding benodigde steunbrandstof mogelijk. De voor de voordroging benodigde energie wordt onttrokken aan de achter de slibovens opgestelde stoomketels. Het voorgedroogde slib (d.s.-gehalte circa 40%) wordt aan de slibverbrandingsovens toegevoerd.

E. Koelen droogdampen

De bij de slibvoordroging vrijkomende dampen bestaan in hoofdzaak uit waterdamp. Daarnaast is leklucht aanwezig en een aanzienlijke hoeveelheid geurcomponenten. De hoeveelheid droogdampen wordt gereduceerd door de droogdampen te koelen en zo een gedeelte van de waterdamp te condenseren. De droogdampen worden vervolgens aan de wervelbedoven toegevoerd. Het condensaat wordt afgevoerd naar een RWZI. De condensatiewarmte voor de condensatie van de droogdampen bedraagt circa 1,0 GJ/ton slibmateriaal. In de referentie-installatie wordt hiervoor luchtkoeling toegepast.

F. Zuiveren condensaat en effluent van de fysisch-chemische waterzuivering

In de RWZI wordt het condensaat uit het koelproces van droogdampen, alsmede het effluent van de fysisch-chemische waterzuivering (onderdeel van de natte RGR), gezuiverd. De RWZI produceert effluent en slib.

G. Verbranding van voorgedroogd slib

Het voorgedroogde slib wordt in een wervelbedoven gebracht. Daar verdampt het resterende water, waarna de organische stof met behulp van de in de verbrandingslucht aanwezige zuurstof wordt verbrand. Het wervelbed bestaat uit door de verbrandingslucht in werveling gebracht (gefluidiseerd) zand van een specifieke korrelgrootte. Dit zand dient af en toe gesuppleerd te worden (1 kg zand/ton slib), om verlies van zand via de rookgassen te compenseren.

De verbrandingstemperatuur in het wervelbed bedraagt 850-900°C. Het temperatuurprofiel van de oven is zodanig bepaald, dat de rookgassen gemiddeld minimaal twee seconden op een tem-

peratuurniveau van minimaal 850°C verblijven. Als verbrandingslucht wordt de uit de slibopslagbunker afgezogen ventilatielucht toegepast, alsmede de niet-gecondenseerde droogdampen uit de voordroging. De verbrandingslucht wordt voorverwarmd.

Afkoeling van de bij de verbranding gevormde rookgassen vindt plaats in een ketelinstallatie. De op deze wijze teruggewonnen energie wordt benut voor de genoemde opwarming van de benodigde verbrandingslucht en voor stoomproductie voor de voordroging van het slib.

De ketelinstallatie wordt aan de rookgaszijde belast met een grote hoeveelheid as. Een gedeelte van deze as wordt in de ketel afgevangen (circa 20-30%) en vervolgens samen met vliegias uit het E-filter afgevoerd.

H-L. Rookgasreiniging

Het rookgasreinigingssysteem bestaat uit een E-filter (verwijdering van vliegias met een rendement van > 99,9%), een tweetraps natte rookgasreiniging (vergaande verwijdering SO₂, HCl, HF, eventueel NH₃), een SNCR-DeNO_x en een actief koolfilter (verwijdering van metallisch kwik en/of dioxines en furanen). Het afvalwater uit de natte rookgasreiniging wordt in een fysisch-chemische afvalwaterzuivering gereinigd en daarna afgevoerd naar een RWZI.

Dit principe van rookgasreiniging/afvalwaterreiniging wordt op vele plaatsen toegepast (ook bij AVI's: zie toelichting in hoofdstuk 6) en kan derhalve als representatief worden aangemerkt.

M/N. Transport/verwerken verbrandingsas

De verbrandingsas wordt (conform een stroom als AVI-vliegias) per vrachtwagen afgevoerd en geïmmobiliseerd bij de VBM.

O. Transport RGR-residu/RWZI-slib

Het RGR-residu (filterkoek uit de fysisch-chemische afvalwaterzuivering) wordt per vrachtwagen afgevoerd naar de stortplaats.

P. Storten RGR-residu

Het RGR-residu (filterkoek uit de fysisch-chemische afvalwaterzuivering) wordt gestort (C2). Het materiaal heeft een hoog gehalte aan zware metalen. Met name de in het slib aanwezige kwik wordt in dit materiaal geconcentreerd. Gezien het type afvalstof mag geen uitloging optreden.

Q. Transport actief kool

Het vervuilde (beladen) actief kool wordt per vrachtwagen afgevoerd naar de stortplaats.

R. Storten actieve kool

De actief kool wordt eveneens op een C2-deponie gestort.

5.2 Massabalans en ruimtebeslag

Componentbalans

De verdeling van de componenten uit de zuiveringsslib over de verschillende reststromen is gegeven in tabel 5.1a. Deze verdeling wordt in de volgende paragrafen toegelicht. De verdeling is gebaseerd op de werkelijke cijfers van de DRSH. Aangezien de samenstelling zoals aangegeven in hoofdstuk 2 ook grotendeels van toepassing is op informatie van de DRSH wordt de onderstaande balans tevens als representatief beschouwd voor het zuiveringsslib uit tabel 2.1. Het aandeel van de componenten dat naar de verbrandingsassen (derde kolom) is het verschil tussen de ingaande hoeveelheid (tweede kolom) en de uitgaande hoeveelheden via de filterkoek/actief kool, de spui water naar de RWZI en de rookgassen. Voor het bepalen van de spui naar het oppervlaktewater is uitgegaan van de scheidingsrendementen zoals aangegeven in tabel 4.2.

In tabel 5.1b is voor de gevoeligheidsanalyse "andere samenstelling" een overzicht gegeven van de verdeling van de componenten. Hierbij is aangenomen dat per component procentueel de verdeling gelijk blijft.

Tabel 5.1a Overzicht verdeling componenten bij verbranding

Comp.	Totale toevoer per ton slib (25 % d.s.)	Verbrandingsassen	Filterkoek + actief kool ¹⁾	Spui water naar RWZI	Spui naar oppervlaktewater	Rookgassen
(mg/ton slib)						
As	3000	2964	15	17	3,4	4
Cd	500	491,8	0,2	2	0,56	6
Cr	8.750	8.709	22	8	0,88	11
Cu	100.000	99.810	33	29	2,3	128
Hg	350	4,15	330	12	1,1	3,85
Ni	7.500	7.464	22	4	2,2	10
Pb	43.750	43.665	16	12	1,1	57
Zn	225.000	224.556	94	60	15	290
fijn stof	-			50000	5000	2000
(g/ton slib)						
Cl	425		niet bekend	423	423 ²⁾	2 (HCl)
F	25		niet bekend	n.b.	nb	0,4 (HF)
S	2500		niet bekend	1800 (S)	1800	6 (SO ₂)

¹⁾ Het actief kool bevat met name een deel van het kwik en sporen van andere metalen

²⁾ In werkelijkheid bevat de spui naar de RWZI 1250 gram chloor per ton slib. Het verschil wordt veroorzaakt door de hoeveelheid chloor in het ingenomen water.

Tabel 5.1b Overzicht verdeling componenten bij verbranding t.b.v. de gevoeligheidsanalyse "andere samenstelling"

Comp.	Totale toevoer per ton slib (25 % d.s.)	Verbrandingsassen	Filterkoek + actief kool ¹⁾	Spui water naar RWZI	Spui naar oppervlakte-water	Rookgassen
(mg/ton slib)						
As	3000	2964	15	17	3,4	4
Cd	675	663,9	0,3	2,7	0,76	8,1
Cr	19.250	19.159,8	48,4	17,6	1,9	24,2
Cu	100.000	99.810	33	29	2,3	128
Hg	500	5,93	471,4	17,1	1,5	5,5
Ni	7.500	7.464	22	4	2,2	10
Pb	43.750	43.665	16	12	1,1	57
Zn	225.000	224.556	94	60	15	290
fijn stof	-			50000	5000	2000
(g/ton slib)						
Cl	425		niet bekend	423	423 ²⁾	2 (HCl)
F	25		niet bekend	n.b.	nb	0,4 (HF)
S	2500		niet bekend	1800 (S)	1800	6 (SO ₂)

¹⁾ Het actief kool bevat met name een deel van het kwik en sporen van andere metalen

²⁾ In werkelijkheid bevat de spui naar de RWZI 1250 gram chloor per ton slib. Het verschil wordt veroorzaakt door de hoeveelheid chloor in het ingenomen water.

Producten/reststoffen en bedrijfsmiddelen

De verwerking van afval resulteert in producten en/of reststoffen. Tabel 5.1c bevat een overzicht van de hoeveelheden producten en reststoffen die ontstaan bij de verwerking van zuiveringsslib op een wijze zoals omschreven in paragraaf 5.1. De hoeveelheid verbrandingsas is bepaald op basis van de asrest in zuiveringsslib (87,5 kg) plus de 1 kg zand per ton verwerkt slib dat 'meeslipt'. De verbrandingsassen worden conform AVI-vliegas geïmmobiliseerd waarbij per ton as 1,45 ton immobilisaat ontstaat (zie ook achtergronddocument A1). Voor een onderbouwing van de benodigde hoeveelheid actief kool zie paragraaf 5.5.

Tabel 5.1c Overzicht vaste producten en reststoffen

Producten en reststoffen	Hoeveelheid per ton slib (kg)	Hoeveelheid per ton slib t.b.v. de gevoeligheidsanalyse "andere samenstelling" (kg)	Opmerking
Verbrandingsas	88,5	88,5	Als immobilisaat 128 kg gestort
RDR-residu/RWZI-slib	0,1	0,1	Storten op C2
Beladen actieve kool	0,03	0,04	Storten op C2

Ruimtebeslag

Het netto ruimtebeslag van de afvalverwerkingsinrichting van DRSH met een totale verwerkingscapaciteit van circa 350.000 ton slib per jaar bedraagt circa 2 ha. Dit resulteert in een netto ruimtebeslag van 0,057 m².jr/ton.

Van de reststoffen wordt de filterkoek en actief kool als C2-afval gestort, totaal 0,13 kg per ton slib. Het benodigde ruimtebeslag is derhalve bij een geschatte dichtheid van gemiddeld 1.000 kg/m³ 0,00087 m²*jr/ton (=0,13/(15*1000)*100 jaar). In de gevoeligheidsanalyse "andere samenstelling" gaat het om 0,00093 m²*jr/ton.

Voor de verwerking van de bodemassen is conform AVI-vliegas 9,825 m²*jr/ton as nodig (zie ook achtergronddocument A1). Per ton slib komt dit dus overeen met 0,87 m²*jr/ton.

5.3 Transport

In het beschouwde alternatief vindt transport per vrachtwagen plaats van zuiveringsslib, van bedrijfsmiddelen en van producten en reststoffen van de slibverbrandingsinrichting. Het verbruik aan diesel en smeerolie, alsmede de emissies via de uitlaatgassen van de voertuigen voor het transport van zuiveringsslib, bedrijfsmiddelen (zie paragraaf 5.5), verbrandingsas, filterkoek en beladen actieve kool worden berekend m.b.v. de SimaPro-proceskaarten. Daarbij wordt uitgegaan van de in tabel 5.2 vermelde transportafstanden (totaal heen en terug). Ook de belading en de tkm's zijn in de tabel aangegeven.

Verbranding van zuiveringsslib wordt binnenkort op drie plaatsen toegepast. De verwachting is dat dit aantal vooralsnog niet zal toenemen, zodat transportklasse 3-5 (75 km) van toepassing is. Voor de verbrandingsas die afgevoerd worden naar een VBM-achtige locatie geldt 100 km (zie achtergronddocument A1). Voor de bedrijfsmiddelen wordt uitgegaan van 3-5 locaties alwaar deze middelen verkregen kunnen worden (75 km). Voor de aanvoer van het zand 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. Voor de afvoer naar de C2-deponie geldt 150 km.

Tabel 5.2 Overzicht hoeveelheden en transportafstanden

Materiaal	Hoeveelheid per ton slib (kg)	Afstand (km)	Ton per vracht	Tonkilometer (tkm)
Zuiveringsslib	1.000	75	20	75
Zand water	1	50		0,05
weg	1	35	20	0,035
Overige bedrijfsmiddelen	20	75	10	1,5
Verbrandingsas	88,5	100	10	8,85
Cement (voor immob.)	8,85	300	30	2,66
Filterkoek	0,1	150	10	0,015
Actief kool	0,03	150	5	0,0045
Gevoeligheidsanalyse "andere samenstelling"				
Actief kool	0,04	150	5	0,006

5.4 Energie

Rekening moet worden gehouden met:

- het energieverbruik en de energieproductie van de slibverwerkingsinrichting (inclusief bio-filter)
- het energieverbruik bij de verwijdering van reststoffen.

Het energieverbruik van de slibverwerkingsinrichting

De slibverbrandingsinstallatie verbruikt energie, te weten (DRSH, 1999):

- aardgas (met name voor opstarten): 3,2 Nm³ per ton zuiveringsslib
- elektriciteit: 67 kWh per ton zuiveringsslib.

Dit betreft het totale verbruik op het terrein, dus exclusief de afvoer en verwerking van restproducten en afvalwater elders.

De stoom benodigd voor het drogen van slib wordt in de installatie zelf geproduceerd en verbruikt.

Het energieverbruik bij de verwijdering van reststoffen

Voor het storten van de filterkoek en de actief kool (onder C2-condities) geldt een energieverbruik van 60 MJ per ton, ofwel 0,0078 MJ per ton slib, ervan uitgaande dat totaal 0,13 kg per ton slib wordt gestort.

In de gevoeligheidsanalyse "andere samenstelling" gaat het om 0,0084 MJ per ton slib.

De door DRSH geproduceerde verbrandingsas wordt geïmmobiliseerd en gestort. Daarvoor is conform AVI-vliegias (zie ook achtergronddocument A1) 7,7 MJ en 0,80 kWh per ton slib nodig.

De benodigde hoeveelheid energie voor het reinigen van het afvalwater wordt bepaald op basis de energiekentallen van een gemiddelde RWZI. De hoeveelheid afvalwater dat gereinigd wordt is gelijk aan 1 m³ per ton slib (zie ook paragraaf 5.6).

5.5 Bedrijfsmiddelen

Rekening moet worden gehouden met:

- het verbruik van de slibverwerkingsinrichting
- het verbruik bij de verwijdering van reststoffen.

Bedrijfsmiddelenverbruik slibverwerkingsinrichting

De inrichting verbruikt diverse bedrijfsmiddelen. De per ton slibmateriaal verbruikte middelen zijn aangegeven in tabel 5.3. De totale hoeveelheid bedrijfsmiddelen bedraagt ongeveer 21 kg/ton slib.

Tabel 5.3 Bedrijfsmiddelenverbruik slibverbranding

Bedrijfsmiddelen	Hoeveelheid per ton verwerkt slib (kg)
Fluidisatiezand	1
Chemicaliën, toegepast in de rookgasreiniging	
Polyelektroliet (PE) en TMT 15	0,005
FeCl ₃ (40%)	0,09
HCl (30%)	3
NaOH (50%)	14
NH ₄ OH (25%)	3

Voor het afvangen van met name kwik uit de rookgassen wordt gebruik gemaakt van actief kool. Aangenomen is dat ongeveer 1200 mg kwik per kg actief kool af te vangen is. Aangenomen is dat ongeveer 10% van het kwik in het actief kool terecht zal komen. Dit komt overeen met ongeveer 35 mg. Voor deze hoeveelheid kwik is dus 0,03 kg actief kool nodig.

In de gevoeligheidsanalyse "andere samenstelling" gaat het om het afvangen van 50 mg kwik, ofwel 0,04 kg actief kool.

Het bedrijfsmiddelenverbruik bij de verwijdering van reststoffen

Conform achtergronddocument A1 bij het MER-LAP is er voor het storten van 1 ton RGR-residu 3,3 kg big bag, 1,3 kg PE-hoes en 750 kg zand nodig. Voor dit alternatief gaat het om 0,13 kg RGR-residu plus actief kool, ofwel 0,429 g big bag, 0,169 g PE-hoes en 97,5 g zand. Het transport van deze hoeveelheden is verder in tabel 5.2 buiten beschouwing gelaten.

Er is geen bedrijfsmiddelenverbruik bij het storten van de filterkoek en actief kool.

Voor het immobiliseren van de verbrandingsassen is cement nodig. Conform AVI-vliegas (zie achtergronddocument A1) komt de cementbehoefte overeen met 8,85 kg cement per ton slib.

5.6 Emissies

Rekening moet worden gehouden met:

- de emissies van de slibverwerkingsinrichting
- de emissies bij de verwijdering van reststoffen.

De emissies van de slibverwerkingsinrichting

Emissies naar lucht

De emissies naar lucht vinden in hoofdzaak plaats via de schoorsteen. Een geringe hoeveelheid komt via het biofilter vrij.

De emissie via het biofilter betreft met name restcomponenten geur. Geur wordt als milieuthema niet meegenomen in het MER-LAP. De afgassen, afkomstig uit de slibopslag, worden alleen bij stilstand van de installatie via het biofilter verwerkt (zie paragraaf 5.1). Deze afgassen bevatten een zeer groot scala aan allerlei (organische en anorganische) verbindingen. De exacte samenstelling is onbekend (leemte in kennis).

In tabel 5.4a is op basis van 5.000.000 m³ lucht over het biofilter (10.000 m³/h gedurende 500 uur stilstand), een verwerking van 350.000 ton slib en een afscheidingsrendement van 95% (DHV, MER-evaluatie composteersinstallatie VAM) een indicatie gegeven van de NH₃ en C_xH_y-emissies naar lucht.

Tabel 5.4a Emissies naar lucht via biofilter

Component	Concentratie voor biofilter (mg/Nm ³)	Concentratie na biofilter (mg/Nm ³)	Emissie (gram/ton slib)
NH ₃	30	1,5	0,021
C _x H _y	50	2,5	0,036

De hoeveelheid gereinigde rookgassen die de schoorsteen verlaten, is circa 2.000 Nm³/ton slib (berekend op basis van koolstof-gehalte in het slib en de in de praktijk gemeten CO₂-concentratie in de rookgassen). De gemeten samenstelling van de gereinigde rookgassen (DRSH, 1999) en de aangenomen hoeveelheid rookgassen van 2.000 Nm³/ton slib geven de in tabel 5.4b aangegeven emissies per ton slib.

Het geproduceerde CO₂ is niet meegenomen. Gezien het organische karakter van de koolstof in het slib wordt aangenomen dat het hier gaat om kortcyclisch CO₂ en dus niet meegenomen hoeft te worden in de LCA-vergelijking.

Tabel 5.4b Emissies naar lucht via de rookgassen

Component	Emissies naar lucht	Emissies naar lucht t.b.v. de gevoeligheidsanalyse "andere samenstelling"
	(g/ton slib)	
Stof	2,0	2,0
CO	10	10
NO _x	94	94
NH ₃	2,0	2,0
N ₂ O	18	18
C _x H _y	4,0	4,0
SO _x	6,0	6,0
HCl	2,0	2,0
HF	0,4	0,4
	(mg/ton slib)	
As	4,0	4,0
Cd	6,0	8,1
Cr	11	24,2
Cu	128	128
Hg	3,85	5,5
Ni	10	10
Pb	57	57
Zn	290	290
	(µg/ton slib)	
PCDD/F	0,06	0,06

Emissies naar oppervlaktewater

De emissies naar oppervlaktewater, via de RWZI, vinden bij DRSH in hoofdzaak plaats via:

- het condensaat van het droogproces (proces E)
- het effluent van de fysisch-chemische afvalwaterzuivering (proces L).

Zowel het condensaat als het effluent van de fysisch-chemische afvalwaterzuivering wordt (gezamenlijk) afgevoerd naar de RWZI. Voor de belasting van het oppervlaktewater (en de RWZI) worden de cijfers gebruikt over het jaar 1999 (DRSH, 1999). Zie daarvoor ook tabel 5.5. Aangenomen is dat daar waar de gemeten concentratie kleiner is dan een bepaalde waarde deze waarde gehanteerd zal worden. De totale hoeveelheid afvalwater die geloosd wordt bedraagt ongeveer 1 m³/ton slib.

Tabel 5.5 Samenstelling afvalwater en emissies naar het oppervlaktewater per ton slib

Component	Concentratie	Vracht naar RWZI	Rendement RWZI (%)	Emissie naar water	Emissie naar water t.b.v. gevoeligh. "andere samenstelling"
	(mg/l)	(gram/ton slib)	(%)	(gram/ton slib)	
Zwevende stof	< 50	50	90	5	5
Sulfaat (SO ₄)	5400	5400	0	5400	5400
Kj-N	560	560	89	62	62
CZV	1500	1500	90	150	150
	(µg/l)	(mg/ton slib)	(%)	(mg/ton slib)	
As	< 17	17	80	3,4	3,4
Cd	< 2	2	72	0,56	0,76
Cr	< 8	8	89	0,88	1,9
Cu	29	29	92	2,3	2,3
Hg	12	12	91	1,1	1,5
Ni	< 4	4	46	2,2	2,2
Pb	< 12	12	91	1,1	1,1
Zn	60	60	75	15	15

Emissies naar bodem

Gelet op de aanwezige bodembeschermende voorzieningen worden er geen emissies naar de bodem (bij de installatie) verwacht.

De emissies bij de verwijdering van reststoffen

De filterkoek, waarvan de samenstelling in tabel 5.6 is weergegeven (KEMA 1998), wordt als C2 afval op de C2-deponie gestort. Gezien de condities die daar gelden en de eigenschappen van de te storten afvalstroom is aangenomen dat er geen emissies naar lucht, oppervlaktewater en bodem zullen optreden. Ook voor de stroom actief kool wordt aangenomen dat er geen emissies zullen plaatsvinden op de C2-deponie.

Tabel 5.6 Samenstelling filterkoek

Zware metalen	Concentratie (mg/kg d.s.)	Vracht (mg/ton slib)	Vracht t.b.v. gevoeligheidsanalyse "andere samenstelling" (mg/ton slib)
As	346	15	15
Cd	5,1	0,22	0,30
Cr	521	22	48,4
Cu	760	33	33
Hg	10.950	295	421,4
Ni	521	22	22
Pb	376	16	16
Zn	2.190	94	94

De verbrandingsas wordt geïmmobiliseerd. In tabel 5.7 is voor zowel de normale situatie als de gevoeligheidsanalyse "andere samenstelling" aangegeven welke hoeveelheden van de afzonderlijke componenten in de verbrandingsassen zijn opgenomen. Zie hiervoor ook de tabel 5.1a en 5.1b.

Ten aanzien van de uitloging na immobilisatie met cement is aangenomen dat aangesloten kan worden bij hetgeen in achtergronddocument A1 is weergegeven voor AVI-vliegas. Volgens deze informatie zal gemiddeld genomen ongeveer 0,1% van de hier onderzochte componenten uiteindelijk uitlogen. Op basis van deze aannames zijn in tabel 5.7 ook de uiteindelijke emissies naar de bodem gegeven.

Tabel 5.7 Gehaltes zware metalen in de verbrandingsassen en emissies naar de bodem

Zware metalen	Normale situatie		Gevoeligheidsanalyse "andere samenstelling"	
	Vracht (mg/ton slib)	Emissie naar bodem (mg/ton slib)	Vracht (mg/ton slib)	Emissie naar bodem (mg/ton slib)
As	2964	3,0	2964	3,0
Cd	491,8	0,49	663,9	0,66
Cr	8.709	8,7	19.159,8	19
Cu	99.810	100	99.810	100
Hg	4,15	0,0042	5,93	0,0059
Ni	7.464	7,5	7.464	7,5
Pb	43.665	44	43.665	44
Zn	224.556	225	224.556	225

5.7 Leemten in kennis

Voor de samenstelling en uitloging van de verbrandingsassen zijn onvoldoende praktijkgegevens bekend. De samenstelling is gebaseerd op het feit dat alle metalen grotendeels in de assen worden opgenomen (met uitzondering van kwik). De uitloging en de verwerkingsmethodiek is gelijk gesteld aan die van AVI-vliegas.

Verder is de exacte samenstelling van de emissies naar lucht via het biofilter onbekend.

6. ALTERNATIEF MEESTOKEN IN EEN AVI

De verwerkingskosten bij meestoken in een AVI bedragen ongeveer 100 euro per ton slib (25% d.s.).

6.1 Procesbeschrijving

A. Slibaanvoer

Het mechanisch ontwaterde slib wordt per vrachtwagen vervoerd naar de slibverwerkingsinrichting.

B. Opslag en mengen slib

Het aangevoerde slib wordt gedoseerd aan en gemengd met overige te verbranden afvalstoffen. Slib met een droge stofgehalte van circa 25% is redelijk “steekvast” en kan na een goede menging met andere afvalstoffen probleemloos op de verbrandingsroosters worden gebracht. De afvalopslagvoorzieningen worden geventileerd en de afgezogen ventilatielucht wordt zoveel mogelijk toegepast als verbrandingslucht voor de verbrandingsoven.

C. Verbranden afval

Het afval uit de opslagbunker wordt met een kraan in een trechter gedeponeed. Aan de onderzijde van de trechter bevindt zich een doseerschuij die het afval op een rooster schuift.

Het afvalverbrandingsproces speelt zich af op het rooster, dat bestaat uit bewegende delen. De roosters staan hellend opgesteld en transporteren het brandende afval door de oven. De snelheid van het rooster is zodanig dat een zo volledig mogelijke verbranding wordt bereikt. Het verbrande afval (de slakken) worden aan het einde van het rooster opgevangen en met water gkoeld. De ontslakkers werken afvalwatervrij.

De hete rookgassen die ontstaan bij verbranding worden door een ketel geleid om stoom te produceren. Met de stoom en een turbinegenerator wordt vervolgens elektriciteit geproduceerd. Ook wordt de stoom gebruikt voor warmtelevering.

D. Rookgasreiniging

De rookgasreiniging van de referentie-installatie bestaat uit een E-filter (verwijdering vliegias), een sproeidroger (indampen effluent van ABI), een tweede E-filter (afvangen zouten uit indamping), een meertraps natte wasser (afschieden zure componenten), een doekfilter met injectie van actieve kool (afschieden dioxines, kwik) en een DeNOx-installatie. Het afvalwater uit de wasser wordt in een fysisch-chemische ABI behandeld. De rookgasreiniging produceert dus geen afvalwater. Het afvalwater uit de meertraps natte wasser wordt, na de ABI, verwerkt in de sproeidroger.

Dit principe van rookgasreiniging wordt op vele plaatsen toegepast en kan derhalve als representatief worden aangemerkt. Er zijn vele alternatieven voorhanden, met relatief geringe verschillen ten opzichte van de configuratie bij de referentie-installatie. De totale milieuscore van de diverse RGR's bij de AVI's in Nederland zal onderling echter erg weinig verschil vertonen. Zie ook de toelichting in hoofdstuk 3.

E. Bewerking slakken

De verbrandingslakken worden bewerkt (zeven, ontijzeren, non-ferro-af scheiding).

F. Transport bewerkte slakken

De bewerkte slakken worden per vrachtwagen afgevoerd naar de plaats van nuttige toepassing.

G. Nuttig toepassen slakken

De bewerkte verbrandingslakken worden nuttig toegepast.

H. Transport metalen

De in het verwerkingsproces afgescheiden metalen worden per vrachtwagen afgevoerd naar de plaats van nuttige toepassing. Het verwerkte zuiveringsslib levert geen bijdrage aan deze materiaalstroom en de stroom wordt in deze studie derhalve niet verder beschouwd.

I. Recycling metalen

De metalen worden toegepast als secundaire grondstof voor staalproductieprocessen. Het verwerkte zuiveringsslib levert geen bijdrage aan deze materiaalstroom en de stroom wordt in deze studie derhalve niet verder beschouwd.

J/K. Transport/verwerken vlieg as

De in het rookgasreinigingsproces afgescheiden vlieg as wordt per vrachtwagen afgevoerd naar de VBM en wordt geïmmobiliseerd.

L. Transport rookgasreinigingsresidu

De residuen uit het rookgasreinigingsproces worden per vrachtwagen afgevoerd naar de stortplaats.

M. Storten residu van de rookgasreiniging

Er kunnen twee soorten rookgasreinigingsresiduen worden onderscheiden. Het afvalwater uit de natte rookgasreiniging wordt eerst behandeld (neutralisatie met kalk, bezinking), waarbij een mengsel van slecht oplosbare zouten (vooral sulfaten, in de vorm van gips), verontreinigd met zware metalen wordt gevormd: de filterkoek. Het resterende waswater wordt middels de sproei-droger in de rookgasstroom verdampt. De gevormde, merendeels goed oplosbare zouten (chloriden) worden in het tweede E-filter afgescheiden. Ook deze zouten zijn licht verontreinigd met zware metalen. Beide soorten RGR-residu dienen te worden gestort als gevaarlijk afval.

N. Verwerken actieve kool

Voor de verwerking van het met kwik beladen actieve kool zijn verschillende mogelijkheden voorhanden. In het MER-LAP wordt uitgegaan van storten.

6.2 Massabalans en ruimtebeslag

Massabalans

De verwerking van afval in een AVI resulteert in diverse reststoffen (vliegas, slakken en RGR-residu). 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. Voor de totstandkoming van deze tabel wordt verwezen naar het achtergronddocument A1 bij het MER-LAP.

Tabel 6.1 Overzicht verdeling van componenten voor de AVI

Component	Lucht (%)	Slakken (%)	Vliegas (%)	RGR-residu (%)
As	0,07	85,53	13,7	0,7
Cd	0,5	50	45	4,5
Cr	0,07	85,53	13,7	0,7
Cu	0,07	85,53	13,7	0,7
Hg	3	0	5	92
Ni	0,07	85,53	13,7	0,7
Pb	0,07	85,53	13,7	0,7
Zn	0,07	85,53	13,7	0,7
Cl	0,2	10	20	69,8
F	5	60	15	20
S	0,3	59,7	20	20

De in het achtergronddocument A1 van het MER-LAP afgeleide componentenbalans voor een AVI geeft het gemiddelde beeld weer van de verwerking van afvalstoffen in een gemiddelde AVI. Er is naast deze gemiddelde informatie ook specifieke informatie voorhanden van de referentie-installatie. Deze specifieke informatie is meegenomen in de gevoeligheidsanalyse "specifieke HVC-gegevens".

De hoeveelheid RGR-residu wordt specifiek bepaald op basis van die samenstelling. Daarmee is de verwachting dat het aanwezige asrest zich volledig zal verdelen over AVI-slakken en AVI-vliegas in de verhouding 92,6% (slakken) staat tot 7,4% (vliegas).

Voor het bepalen van de hoeveelheid RGR-residu wordt aangenomen dat deze hoeveelheid met name bepaald wordt door de afgevangen hoeveelheden chloor (297 gram), fluor (5 gram) en zwavel (500 gram). Ten aanzien van de rookgasreiniging is aangenomen dat deze componenten als calciumzouten zullen neerslaan. Op basis hiervan wordt een hoeveelheid van 3,1 kg RGR-residu verwacht. Zie ook tabel 6.3.

Voor de gevoeligheidsanalyse "specifieke HVC-gegevens" is in tabel 6.2 is een overzicht van de hoeveelheden producten en reststoffen gegeven die gemiddeld ontstaan bij de verwerking van 1 ton afval in een AVI (HVC, 1991; HVC, 1998). De in tabel 6.2 vermelde hoeveelheden producten en reststoffen zijn gebaseerd op een afvalinput, die bestaat uit circa 58% huishoudelijk afval, circa 6% grof huishoudelijk afval en circa 36% bedrijfsafval.

Tabel 6.2 Overzicht producten en reststoffen van een gemiddelde AVI bij een gemiddelde input

Nuttig toepasbare producten	Hoeveelheid per ton verwerkt afval
Slakken	220 kg
Ferro-/non-ferro metalen	24 kg
Te verwerken reststoffen (storten)	
Vliegas	18 kg
RGR-residuen	9 kg zouten uit sproeidroger 5 kg filterkoek
Beladen actieve kool	<0,08 kg

Voor het bepalen van de hoeveelheid RGR-residu uit de gegevens in tabel 6.2 zijn verder de volgende aspecten van belang:

- De hoeveelheid rookgassen per ton afval is ongeveer $6000 \text{ m}_0^3/\text{ton}$, bij verbranding van slib ongeveer $2400 \text{ m}_0^3/\text{ton}$. De RGR wordt door het meestoken van slib dus slechts voor 40% belast.
- Het slib bevat meer zwavel en minder chloor (op basis van droge stof) dan de gemiddelde input van een AVI (en dus de gehanteerde balansen). Gemiddeld genomen is het zwavelgehalte in slib een factor 3 hoger en het chloorgehalte een factor 4 lager. Dit betekent dat het natronloogverbruik (nodig voor SO_2) op basis van droge stof driemaal hoger is, het gebruik van kalk (nodig voor HCl) 4 maal lager. Gecompenseerd naar de gehalten aan droge stof (dus met 40%):
 - * verbruik natronloog factor 1,2 vergeleken met gemiddelde input AVI
 - * verbruik kalk factor 0,1 vergeleken met gemiddelde input AVI.

De hoeveelheid RGR-residu die ontstaat zal eveneens evenredig wijzigen als gevolg van het meestoken van slib:

- omdat er meer sulfaten zijn zal er meer filterkoek ontstaan: 6 kg per ton slib
- hoeveelheid restzouten (vooral chlorides) wordt veel minder: 2 kg per ton slib.

Op basis van het bovenstaande zijn de in tabel 6.3 vermelde hoeveelheden reststoffen te verwachten bij het meestoken van zuiveringsslib in een AVI (voor zowel de normale situatie als de gevoeligheidsanalyse "specifieke HVC-gegevens"). Ten aanzien van het kwik is aangenomen dat dit opgenomen wordt in actief kool en als zodanig een onderdeel vormt van het RGR-residu.

Tabel 6.3 Overzicht producten en reststoffen door het meestoken zuiveringsslib

Producten en reststoffen	Hoeveelheid reststoffen per ton slib (kg)	Hoeveelheid reststoffen per ton slib t.b.v. de gevoeligheidsanalyse "specifieke HVC-gegevens" (kg)
Slakken	81	81
Vliegias	6,5	6,5
RGR-residu	2,6	zouten uit sproeidroger: 2 filterkoek: 6

Ruimtebeslag

Het netto ruimtebeslag van de HVC te Alkmaar met een totale verwerkingscapaciteit van ongeveer 450.000 ton afval per jaar bedraagt circa 20.000 m^2 . Het ruimtebeslag per ton afval is derhalve $0,044 \text{ m}^2/\text{jr}$.

Voor de verdere verwerking of het toepassen van de reststoffen van de AVI is de in achtergronddocument A1 weergegeven informatie gebruikt. Op basis van deze kaarten is duidelijk dat het ruimtebeslag voor het nuttig toepassen van de AVI-slakken even groot is als het vermeden ruimtebeslag t.g.v. het niet toepassen van het zand. Voor AVI-vliegias is aangenomen dat dit geïmmobiliseerd wordt bij de VBM onder toevoeging van cement. Per ton geïmmobiliseerd AVI-vliegias is het ruimtebeslag gelijk aan $9,71 \text{ m}^2/\text{jr}$. Per ton verwerkt zuiveringsslib komt dit dus overeen met $0,063 \text{ m}^2/\text{jr}$.

Van het RGR-residu is aangenomen dat het gestort wordt in big bags met een bijbehorend ruimtebeslag van $14 \text{ m}^2/\text{jr}$. Per ton zuiveringsslib komt dit dus overeen met $0,036 \text{ m}^2/\text{jr}$.

In de gevoeligheidsanalyse "specifieke HVC-gegevens" gaat het om 8 kg RGR-residu ofwel $0,11 \text{ m}^2/\text{jr}$.

6.3 Transport

In het beschouwde afvalbeheersalternatief vindt transport per vrachtwagen plaats van zuiveringsslib en van producten en reststoffen van de afvalverwerkingsinrichting. De te vervoeren producten en reststoffen zijn: zuiveringsslib, bedrijfsmiddelen (zie paragraaf 6.5), slakken, vliegias en rookgasreinigingsresidu.

Het verbruik aan diesel en smeerolie, alsmede de emissies via de uitlaatgassen van de voertuigen voor het transport van zuiveringsslib, slakken, vliegias en rookgasreinigingsresidu (inclusief de geringe hoeveelheid actief kool) worden berekend m.b.v. de ontwikkelde achtergrondprocessen in de SimaPro-database. Daarbij wordt uitgegaan van de in tabel 6.5 vermelde transportafstanden (totaal heen en terug), alsmede de beladingen en tkm's..

Tabel 6.5 Overzicht hoeveelheden en transportafstanden

Materiaal	Hoeveelheid (kg/ton slib)	Beladingsgraad (ton/vracht)	Afstand	
			(km)	(tkm)
Zuiveringsslib	1000	20	50	75
Slakken	81	10	75	6,1
Vliegias	6,5	10	100	0,65
Cement (voor immob.)	0,65	30	300	0,20
RGR-residu	2,6	10	50	0,13
Zand (afdeklaag)	1,97	20	35	0,07
Kalk water	0,32	-	600	0,19
weg	0,32	10	50	0,0016
Bedrijfsmiddelen	6,35	10	75	0,48
Vermeden zand	81	20 (land)	35 (land) 50 (water)	2,8 4,0
Gevoeligheidsanalyse "specifieke HVC-gegevens"				
RGR-residu	8	5	50	0,4
Zand (afdeklaag)	6	20	35	0,21
Kalk water	2	-	600	1,2
weg	2	10	50	0,62
Bedrijfsmiddelen	8,3	10	75	0,62

Voor de verbranding van het zuiveringsslib in een AVI wordt aangenomen dat ongeveer 6 tot 10 AVI's geschikt zijn voor deze bewerking, ofwel 50 km. Conform achtergronddocument A1 wordt uitgegaan van 75 km voor de slakken, 100 km voor het vliegias (het cement nodig voor het immobiliseren wordt in tabel 6.5 apart in rekening gebracht via 300 km transport) en 50 km voor het RGR-residu. Voor de bedrijfsmiddelen is aangenomen dat deze op 3-5 locaties in Nederland voorhanden zijn. Voor de aanvoer van het vermeden 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.

6.4 Energie

Rekening moet worden gehouden met:

- het energieverbruik (of productie) van de afvalverwerkingsinrichting
- het energieverbruik bij de verwijdering van reststoffen
- het energieverbruik bij de nuttige toepassing van de geproduceerde secundaire grondstoffen
- het vermeden energieverbruik.

Het energieverbruik van de afvalverwerkingsinrichting

Een gemiddelde AVI verbruikt ongeveer 100 kWh elektrische energie per ton afval. Daarnaast kan circa 750 kWh elektrische energie per ton afval worden teruggewonnen. Netto komt dit dus overeen met 650 kWh per ton afval, ofwel een netto rendement van 22% bij een ingaande stookwaarde van 10,5 MJ/kg (en dus een brutorendement van 25,7%).

Gezien de afwijkende samenstelling en stookwaarde van het zuiveringsslib zal het energieverbruik ten gevolge van het meestoken van mechanisch ontwaterd zuiveringsslib afwijken van bovenstaande kengetallen. De exacte, aan zuiveringsslib toe te rekenen, energiekentallen zijn niet te achterhalen. Het meestoken van een relatief kleine hoeveelheid zuiveringsslib leidt tot variaties in de overall-verbruiken die normaliter reeds optreden.

Gezien de zeer lage energie-inhoud van zuiveringsslib (1,6 MJ/kg) wordt er geen elektriciteitsproductie toegerekend aan zuiveringsslib.

Zoals reeds aangegeven ontstaan bij slibverbranding circa 40% van de rookgassen per ton van de hoeveelheid die 'normaal' in een AVI ontstaat. Dit betekent dat het eigen verbruik voor de rookgasreiniging een factor 2,5 lager zal zijn. Het eigen verbruik voor de voorbereiding en toevoer zal echter hoger zijn. Op basis daarvan lijkt een gemiddeld eigen verbruik van 65 kWh/ton reëel.

Het aardgasverbruik wordt bepaald door de hoeveelheid rookgassen (die moeten worden opgewarmd). Zoals aangegeven is de omvang van de rookgassen een factor 2,5 lager ten opzichte van 'normaal' afval.

Dit resulteert in de volgende energiekentallen voor het verbranden van zuiveringsslib in een AVI:

- elektriciteitsproductie: 0 kWh/ton
- elektriciteitsverbruik: 65 kWh/ton.

Het energieverbruik bij de verwijdering van reststoffen

Voor het energieverbruik bij het verwijderen van de reststoffen wordt uitgegaan van de kentallen opgenomen in achtergronddocument A1. Voor het vlieggas gaat het om 5,2 kWh (voor de men-ger) en 87 MJ (voor het opbrengen van het immobilisaat) per ton vlieggas, ofwel 0,0338 kWh en 0,57 MJ per ton zuiveringsslib. Voor het RGR-residu gaat het om 60 MJ (voor het opbrengen van het residu) en 45 MJ (voor aanbrengen afdeklaag) per ton RGR-residu. Per ton zuiveringsslib is dit gelijk aan 0,16 MJ en 0,12 MJ.

Voor de gevoeligheidsanalyse "specifieke HVC-gegevens" gaat het bij het RGR-residu om respectievelijk 0,48MJ en 0,36 MJ.

Energieverbruik bij nuttige toepassing secundaire grondstoffen

De geproduceerde slakken worden nuttig toegepast als secundaire grondstoffen en vervangen de primaire grondstof zand (in de wegenbouw). De samenstelling en daarmee de toepassing van de slakken verandert niet noemenswaardig door de daarin opgenomen hoeveelheden verbrandingsas van het bijgestookte zuiveringsslib. De slakken kunnen zonder verdere bewerking worden gebruikt en het energieverbruik voor het opbrengen van de slakken zal gelijk zijn aan het vermeden energieverbruik voor het opbrengen van zand.

Vermeden energieverbruik

Er is sprake van vermeden energieverbruik door de productie van secundaire grondstoffen. De uit het meestoken van zuiveringsslib resulterende slakken vervangt de primaire grondstof zand. Het energieverbruik van de uitgespaarde winnings- en productieprocessen van zand wordt als een negatieve milieu-ingreep in de LCA toegerekend. De omvang wordt bepaald door gebruik te maken van een standaard database in SimaPro.

Door de installatie opgewekte hoeveelheid elektriciteit hoeft niet via primaire (fossiele) brandstoffen te worden geproduceerd. Het vermeden energieverbruik bij de winning en het transport van primaire brandstoffen wordt als een negatieve milieu-ingreep opgenomen in de LCA-berekeningen. De omvang wordt bepaald met de SimaPro-database.

6.5 Bedrijfsmiddelen

Rekening moet worden gehouden met:

- het verbruik van de afvalverwerkingsinrichting
- het verbruik bij de verwijdering van reststoffen
- het verbruik bij de nuttige toepassing van de geproduceerde secundaire grondstoffen
- het vermeden verbruik door de productie van secundaire grondstoffen.

Bedrijfsmiddelenverbruik afvalverwerkingsinrichting

Voor het bepalen van het bedrijfsmiddelenverbruik is gebruik gemaakt van de balans zoals afgeleid in het achtergronddocument A1 van het MER-LAP. Op basis van deze gegevens zijn de in tabel 6.6 aangegeven hoeveelheden kalk, natronloog en ammoniak nodig.

Voor de gevoeligheidsanalyse "specifieke HVC-gegevens" is opnieuw een vertaling gemaakt van de specifieke HVC-informatie naar het meestoken van zuiveringsslib. Per ton verwerkt integraal afval verbruikt de HVC ongeveer 5,5 kg kalk, 5,5 kg natronloog, 4 kg ammoniak en 0,08 kg actief kool (MER-HVC 1991, alsmede MER-evaluatie 1998). Voor een vertaling naar zuiveringsslib is aangenomen dat:

- 1 ton slib geeft een factor 1,2 meer SO₂ dan integraal afval
- 1 ton slib geeft een factor 0,1 minder HCl dan integraal afval
- er is ongeveer 2 kg kalkverbruik voor de ABI per ton slib
- het ammoniakverbruik is evenredig met hoeveelheid rookgassen: factor 2,5 lager dan integraal afval
- de hoeveelheid actief kool is gelijk aan integraal afval.

Tabel 6.6 Bedrijfsmiddelenverbruik voor het meestoken van zuiveringsslib

	Hoeveelheid bedrijfsmiddelen per ton zuiveringsslib (kg)	Hoeveelheid bedrijfsmiddelen per ton zuiveringsslib t.b.v. de gevoeligheidsanalyse "specifieke HVC-gegevens" (kg)
Kalk (Ca(OH) ₂)	0,32	2
Natronloog (50%)	6,25	6,6
Ammoniak (25%)	0,10	1,6
Actief kool	0,27	0,1

Het bedrijfsmiddelenverbruik bij de verwijdering van reststoffen

Zie voor het bedrijfsmiddelenverbruik bij het storten van het vliegias en het RGR-residu ook achtergronddocument A1. Voor het immobiliseren van het vliegias is 100 kg cement per ton vliegias nodig. Ofwel er is 0,65 kg cement per ton zuiveringsslib nodig.

Voor het storten van het RGR-residu zijn big bags (3,3 kg/ton RGR-residu), PE-hoezen (1,3 kg/ton RGR-residu) en zand (750 kg/ton RGR-residu) nodig. Voor de 2,6 kg RGR-residu zijn dus 0,009 kg big bag, 0,003 kg PE-hoes en 1,97 kg zand nodig.

In de gevoeligheidsanalyse "specifieke HVC-gegevens" gaat het om 0,03 kg big bag, 0,01 kg PE-hoes en 6 kg zand.

Bedrijfsmiddelenverbruik bij nuttige toepassing secundaire grondstoffen

Bij het gebruik van slakken in de wegenbouw treedt geen gewijzigd verbruik van bedrijfsmiddelen op.

Vermeden bedrijfsmiddelenverbruik

Het bedrijfsmiddelenverbruik van de uitgespaarde winnings- en productieprocessen van de primaire grondstof zand wordt als een negatieve milieu-ingreep in de LCA toegerekend. De effecten van het vermeden bedrijfsmiddelenverbruik wordt bepaald door gebruik te maken van een standaard database in SimaPro.

6.6 Emissies

Rekening moet worden gehouden met:

- de emissies van de afvalverwerkingsinrichting
- de emissies bij de verwijdering van reststoffen
- de emissies bij de nuttige toepassing van de geproduceerde secundaire grondstoffen
- de vermeden emissies.

De emissies van de afvalverwerkingsinrichting

Emissies naar lucht

De emissies naar lucht zoals weergegeven in tabel 6.7 zijn bepaald aan de hand van tabel 6.1 en achtergronddocument A1. Ten aanzien van de CO₂-emissie is aangenomen dat deze afkomstig is van biomassa, ofwel kortcyclisch is en dus geen bijdrage zal leveren aan het broeikaseffect.

Voor de gevoeligheidsanalyse "specifieke HVC-gegevens" is gebruik gemaakt van specifieke metingen bij de HVC. Deze gegevens zijn afkomstig van het verbranden van integraal afval. Zoals reeds aangegeven dient voor de aan zuiveringsslib toe te rekenen emissies een aantal correcties toegepast worden.

Naast de reeds voor RGR-residu aangegeven correcties is tevens aangenomen dat alle zware metalen (behalve kwik) voor vrijwel 100% in de verbrandingsassen terecht komen (KEMA, 1999). Voor kwik geldt dat de emissie via de rookgassen grotendeels wordt bepaald door gasvormig kwik. In de RGR wordt echter nagenoeg alle gasvormige kwik verwijderd. In de natte wasser zal kwik als $HgCl_2$ worden afgevangen, naar verwachting voor 80 % (mondelinge opgave van firma von Roll, leverancier AVI's), de rest door actief kool op het doekfilter.

Op basis van metingen bij de HVC (KEMA, 1995) en de aanname dat er 2.000 Nm^3 gas per ton zuiveringsslib ontstaat worden de in tabel 6.7 gegeven emissies gevonden voor de gevoeligheidsanalyse "specifieke HVC-gegevens". In hoofdzaak is hierbij aangenomen dat de emissies voor zuiveringsslib vergelijkbaar zullen zijn met die voor integraal afval.

Tabel 6.7 Emissies naar de lucht voor het meestoken van zuiveringsslib in een AVI

Comp.	Emissies naar lucht	Emissies naar lucht t.b.v. de gevoeligheidsanalyse "andere samenstelling"	Emissies naar lucht t.b.v. de gevoeligheidsanalyse "specifieke HVC-gegevens"
	(gram/ton zuiveringsslib)		
Stof	3,16	3,18	2
CO	19,20	19,20	30
NO _x	57,60	57,60	100
NH ₃	2,88	2,88	2
C _x H _y	4,80	4,80	2
SO ₂	15,00	15,00	30
HCl	0,87	0,87	3,4
HF	1,32	1,32	0,4
	(mg/ton zuiveringsslib)		
As	2,10	2,10	2
Cd	2,50	3,38	8
Cr	6,13	13,48	4
Cu	70,00	70,00	43
Hg	10,50	15,00	2
Ni	5,25	5,25	3,5
Pb	30,63	30,63	20
Zn	157,50	157,50	98
	(µg/ton zuiveringsslib)		
PCDD/F	0,048	0,048	0,02

Emissies naar oppervlaktewater

In de balansen is aangenomen dat het gaat om een droge rookgasreiniging waardoor er geen emissies naar water zullen optreden. De HVC heeft ook een droge gasreiniging.

Emissies naar bodem

De emissies bij de verwijdering van reststoffen

Voor de emissies bij de verwijdering van het vliegias en het rookgasreinigingsresidu wordt gebruik gemaakt van de achtergronddocument A1. Ten aanzien van het RGR-residu is aangenomen dat dit gestort wordt in big bags inclusief PE-hoes en dat van daaruit geen uitloging naar de bodem zal plaatsvinden.

Het bij de VBM geïmmobiliseerde vliegias zal wel leiden tot enige emissies naar de bodem. In tabel 6.8 is op basis van de balansen aangegeven welk deel van de component uiteindelijk zal

uitlogen (zie ook achtergronddocument A1), wat de samenstelling zal zijn van het vlieggas, en de feitelijke emissies naar de bodem (voor zowel de normale situatie als de gevoeligheidsanalyse "andere samenstelling").

Tabel 6.8 Emissies naar de bodem t.g.v. het uitloggen van vlieggas

Comp.	Percentage uitloging naar de bodem (%)	Normale situatie		Gevoeligheidsanalyse "andere samenstelling"	
		Hoeveelheid in vlieggas (gram/ton slib)	Emissie naar de bodem (mg/ton slib)	Hoeveelheid in vlieggas (gram/ton slib)	Emissie naar de bodem (mg/ton slib)
As	0,10	0,41	0,41	0,41	0,41
Cd	0,10	0,23	0,23	0,30	0,30
Cr	0,10	1,20	1,20	2,64	2,64
Cu	0,10	13,70	13,70	13,70	13,70
Hg	0,10	0,018	0,018	0,025	0,025
Ni	0,10	1,03	1,03	1,03	1,03
Pb	0,10	5,99	5,99	5,99	5,99
Zn	0,10	30,83	30,83	30,83	30,83
Cl	3,20	85	2720	85	2720
F	0,90	3,75	33,8	3,75	33,8
S	1,10	500	5500	500	5500

De emissies bij de nuttige toepassing van secundaire grondstoffen

De emissies bij nuttige toepassing van secundaire grondstoffen 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.

De uitloging van de slakken zal anders zijn dan die van het zand dat uitgespaard wordt. De emissies naar de bodem van de slakken worden gegeven in tabel 6.9 en zijn opnieuw gebaseerd op de aangegeven balans van de AVI en de achtergronddocument A1.

Tabel 6.9 Emissies naar de bodem t.g.v. het uitloggen van slakken

Comp.	Percentage uitloging naar de bodem (%)	Normale situatie		Gevoeligheidsanalyse "andere samenstelling"	
		Hoeveelheid in slakken (gram/ton slib)	Emissie naar de bodem (mg/ton slib)	Hoeveelheid in slakken (gram/ton slib)	Emissie naar de bodem (mg/ton slib)
As	0,05	2,57	1,29	2,57	1,29
Cd	0,05	0,25	0,13	0,34	0,17
Cr	0,05	7,48	3,74	16,46	8,23
Cu	0,05	85,53	42,77	85,53	42,77
Hg	0,05	0	0	0	0
Ni	0,05	6,41	3,21	6,41	3,21
Pb	0,05	37,42	17,71	37,42	17,71
Zn	0,05	192,44	96,22	192,44	96,22
Cl	27,95	42,5	21,25	42,5	21,25
F	0,05	15	7,50	15	7,50
S	3,35	1493	746,5	1493	746,5

Vermeden emissies

De geproduceerde slakken worden nuttig toegepast in de wegenbouw en vervangen daarbij de primaire grondstof zand (concreet betreft het hier 81 kg, zie ook tabel 6.5). De uitgespaarde winnings- en productieprocessen van primaire grondstoffen wordt als een negatieve milieu-ingreep in de LCA toegerekend. De omvang van het vermeden bedrijfsmiddelenverbruik wordt bepaald door gebruik te maken van een standaard database in SimaPro.

Door het verbranden van de slib wordt elektriciteit geproduceerd (zie paragraaf 6.4), waardoor er minder primaire (fossiele) brandstoffen behoeven te worden gebruikt voor het E-productieproces, zodat de milieu-ingrepen bij de winning, het transport en het gebruik van primaire (fossiele) brandstof worden vermeden.

7. ALTERNATIEF THERMISCH DROGEN EN INZET IN E-CENTRALE

De verwerkingskosten bij drogen/meestoken bij een E-centrale bedragen ongeveer 140 euro per ton slib (25% d.s.).

7.1 Procesbeschrijving

A. Slibaanvoer

Het mechanisch ontwaterde slib wordt per vrachtwagen vervoerd naar de slibverwerkingsrichting.

B. Slibopslag

Het aangevoerde slib wordt opgeslagen in silos. Deze voorzieningen worden geforceerd geventileerd en de afgezogen lucht wordt behandeld in een biofilter.

C. Slibdroging

Het slib wordt met indirecte drogers (wervelbeddrogers) gedroogd (het warmtedragend medium is stoom). Door de afgegeven warmte verdampt het in het slib aanwezige water. Naast waterdamp bestaan de bij droging vrijkomende droogdampen uit een beperkte hoeveelheid leklucht en uit het slib vrijkomende vluchtige bestanddelen, zoals ammoniak en geurcomponenten. De droogdampen worden afgezogen en worden vanwege de geurcomponenten behandeld. Na de droging heeft het slib een d.s.-gehalte van 91,7% (KEMA, 1997).

D. Koelen droogdampen

De droogdampen worden gekoeld, waardoor de waterdamp wordt gecondenseerd. Het niet gecondenseerde deel van de droogdampen wordt door een biofilter geleid. Het gevormde condensaat wordt afgevoerd naar de RWZI.

Nagenoeg de volledige voor de slibdroging gebruikte energie komt op een relatief laag temperatuurniveau weer vrij bij het condenseren van de droogdampen. In het algemeen zijn de mogelijkheden om deze lage temperatuurwarmte te benutten zeer beperkt en dient de warmte weggekoeld te worden. Bij de slibdrooginrichting te Beverwijk wordt deze restwarmte echter benut voor het opwarmen van de naastgelegen RWZI, waardoor deze beter functioneert. Dit kan resulteren in een kleinere maatvoering, dan wel in een iets hoger reinigingsrendement. De benutting van de restwarmte is in deze studie verder niet meegenomen, omdat het hierbij gaat om een (te) locatiespecifieke configuratie.

E. Luchtbehandeling

De in de slibopslagsilo's afgezogen lucht en de niet gecondenseerde droogdampen worden door een biofilter met voorgeschakelde ammoniakwasser geleid. Spuiwater van deze luchtbehandelingsvoorzieningen wordt afgevoerd naar de RWZI.

F. Zuiveren afvalwater

Het condensaat (uit de gekoelde droogdampen), alsmede het spuiwater (van de luchtbehandelingsvoorzieningen), wordt gezuiverd in een RWZI.

G. Transport gedroogd slib

Het gedroogde slib wordt per vrachtwagen afgevoerd naar een E-centrale.

H. Vermalen gedroogd slib

Het gedroogde slib wordt gemengd met de poederkool en samen met de te verbranden poederkolen vermalen.

I. Verbranden in E-centrale

Het thermisch gedroogde slib kan, nadat het gemengd en vermalen is in poederkoolmolens, worden bijgestookt via de bestaande branders. De energie-inhoud van het gedroogde slib levert dan een bijdrage aan de productie van stoom voor elektriciteitsopwekking.

De bij de referentie-installatie toegepaste dosering bedraagt 75.000 ton/jaar gedroogd zuiveringsslib (met 8,3% vocht) op massabasis bij een kolenverbruik van circa 1.300 kton per jaar, dus circa 5,8% op gewichtbasis. Op basis van stookwaarde is dit ongeveer 2,4% (stookwaarde gedroogd slib circa 12 MJ/kg, stookwaarde steenkool circa 28,3 MJ/ton (MER- MJP GA II)). De toegepaste dosering is gebaseerd op de beschikbare hoeveelheid zuiveringsslib, alsmede op de verwachting dat een beperkte dosering van deze omvang geen nadelige invloed heeft op het normale bedrijf van de installatie.

J. Rookgasreiniging van de E-centrale

De rookgasreiniging van de E-centrale bestaat uit een E-filter en een (natte) rookgasontzwavelingsinstallatie (ROI) voor SO₂-verwijdering. De Hemwegcentrale is nog niet uitgerust met een DeNOx. De balans die in het MER gehanteerd is voor een E-centrale (zie ook achtergronddocument A1) gaat wel uit van een DeNOx.

Het afvalwater uit de ROI wordt behandeld in een afvalwaterbehandelingsinstallatie (ABI). De zware metalen worden hier geconcentreerd in een ABI-slib, dat wordt teruggestookt in de kolencentrale. Het afvalwater wordt vervolgens afgevoerd naar een RWZI.

K. Transport bodemas/vliegas

De bodemas/vliegas wordt per vrachtwagen afgevoerd naar de plaats van nuttige toepassing.

L. Nuttig toepassen bodemas/vliegas E-centrale

De bodemas/vliegas wordt ingezet als vulstof in cement.

M. Transport gips

Het gips uit de rookgasreiniging wordt per vrachtwagen afgevoerd naar de plaats van nuttige toepassing en aldaar nuttig toegepast.

7.2 Massabalans en ruimtebeslag

Componentbalans

Voor de verdeling van de componenten wordt gebruik gemaakt van de balans voor een kolengestookte E-centrale zoals ook weergegeven in het achtergronddocument A1 van het MER en tabel 7.1. In de gevoeligheidsanalyse "specifieke Hemweg-gegevens" wordt inzicht gegeven in de mogelijke effecten van het hanteren van locatiespecifieke informatie.

Tabel 7.1 Overzicht verdeling componenten voor een kolengestookte E-centrale

Component	Lucht (%)	Water (%)	Vliegas (%)	Gips (%)
As	0,1	0	98,9	1
Cd	1	0	89	10
Cr	0,1	0	98,9	1
Cu	0,1	0	98,9	1
Hg	10	0	75	15
Ni	0,1	0	98,9	1
Pb	0,1	0	98,9	1
Zn	0,1	0	98,9	1
Cl	5	70	25	0
F	15	0	35	50
S	10	0	25	65

Producten/reststoffen

De verwerking van het slib resulteert in producten en/of reststoffen. Tabel 7.2 bevat een overzicht van de hoeveelheden producten en reststoffen die ontstaan bij de verwerking van 1 ton (mechanisch ontwaterd) zuiveringsslib op een wijze zoals omschreven in paragraaf 7.1. Deze hoeveelheden zijn gebaseerd op de volgende gegevens:

- de 87,5 kg verbrandingsgas verdeelt zich over de bodemas (9%) en het vliegas (91%). De bodemassen en vliegassen worden uiteindelijk gezamenlijk als 1 fractie afgevoerd naar een cementoven.
- voor het geproduceerde gips is aangenomen dat 65% van de SO₂ afkomstig uit het slib wordt afgevangen plus 50% van de fluor en vervolgens geconverteerd wordt naar gips (slib bevat 1 gew% S, op basis van droge stof). In de gevoeligheidsanalyse "specifieke Hemweg-gegevens" is aangenomen dat 88% van de zwavel afgevangen wordt in het gips.

Het zuiveringsslib bevat 2,5 kg zwavel (zie ook tabel 2.2). Bij een afvangrendement van 65% komt dus uiteindelijk 1,625 kg zwavel in het gips terecht, hetgeen overeenkomt met 6,91 kg gips (CaSO₄). Gips heeft een d.s.-percentage van 90%, ofwel de totale gipsproductie is gelijk aan 7,7 kg. Voor de gevoeligheidsanalyse "specifieke Hemweg-gegevens" gaat het om 10,4 kg gips.

Tabel 7.2 Overzicht (tussen)producten en reststoffen

Producten en reststoffen	Hoeveelheid per ton verwerkt slib (kg)	Hoeveelheid per ton verwerkt slig t.b.v. de gevoeligheidsanalyse "specifieke Hemweg-gegevens" (kg)
Gedroogd slib (incl. 8,3% vocht)	273	273
Bodemas	7,9	7,9
Vliegas	79,6	79,6
Gips (incl. 25% vocht)	8,7	10,4

Ruimtebeslag

Het netto ruimtebeslag van een slibdrooginstallatie met een totale verwerkingscapaciteit van ongeveer 114.000 ton mechanisch ontwaterd slib per jaar bedraagt circa 2 ha. Voor de verbranding van gedroogd slib is aangenomen dat ondanks de andere calorische waarde geen aanvullend ruimtebeslag benodigd: een evenredige ruimte (met name opslagruimte) wordt vermeden doordat er minder kolen benodigd zijn. Dit resulteert in een specifiek ruimtebeslag per ton zuiveringsslib van 0,175 m².jr.

7.3 Transport

In het beschouwde afvalbeheersalternatief vindt transport plaats van zuiveringsslib en van bedrijfsmiddelen, producten en reststoffen van de afvalverwerkingsinrichting en de E-centrale. Per vrachtwagen worden vervoerd: mechanisch ontwaterd slib, thermisch gedroogd slib, ketelas en gips.

Het verbruik aan diesel en smeerolie, alsmede de emissies via de uitlaatgassen van de voertuigen/vaartuigen voor het transport van bovengenoemde materialen, worden berekend m.b.v. SigmaPro. Daarbij wordt uitgegaan van de in tabel 7.3 vermelde transportafstanden (totaal heen en terug) en beladingsgraden.

De inschatting is dat mechanisch ontwaterd zuiveringsslib op vier locaties in Nederland thermisch gedroogd kan worden zoals omschreven in paragraaf 7.1, hetgeen overeenkomt met een transportafstand van 75 km. Voor het thermisch gedroogde slib is aangenomen dat 3 tot 5 poedergestookte kolencentrales het slib kunnen meestoken (ofwel ook 75 km). De verbrandingsassen worden als één fractie afgevoerd naar een cementoven (aannee 300 km). De verwachting is dat het geproduceerde gips op regionale schaal (stel 35 km) afzetbaar is. Het kalk wordt op 3 tot 5 locaties verkregen.

Tabel 7.3 Overzicht hoeveelheden en transportafstanden

Materiaal	Hoeveelheid (kg/ton slib)	Beladingsgraad (ton/vracht)	Afstand	
			(km)	(tkm)
Zuiveringsslib	1000	20	75	75
Therm. gedroogd slib	273	20	75	20,5
Verbrandingsassen	87,5	20	300	26,3
Gips	8,7	20	35	0,30
Kalk	water	-	600	2,46
	weg	10	50	0,21
Ammoniak (25%)	1,24	10	75	0,093
Vermeden gips	3,09	20	50	0,15
Vermeden kalk	water	-	600	0,84
	weg	10	50	0,07
Vermeden E-as	28,75	20	300	8,6
Vermeden kolen	115	16	200	23
Gevoeligheidsanalyse "specifieke Hemweg-gegevens"				
Gips	10,4	20	50	0,52
Vermeden gips	3,7	20	50	0,19
Vermeden kalk	water	-	600	1,08
	weg	10	50	0,09

Aannemende dat voor elke MJ ingaande slib in een E-centrale een MJ kolen wordt vermeden is de hoeveelheid vermeden kolen gelijk aan 0,42 ton (=12/28,3) per ton thermisch gedroogd slib. Ofwel per ton mechanisch gedroogd slib wordt 0,115 ton (=0,42*0,273) kolen vermeden. Deze kolen bevatten 7720 gram zwavel, 160 gram chloor en 97 gram fluor per ton. Met een afscheidingsrendement van 65% komt dit overeen met 3,09 vermeden gips en 1,36 kg vermeden kalk.

Voor de gevoeligheidsanalyse "specifieke Hemweg-gegevens" gaat het om een vermeden gips van 3,69 kg vermeden gips en 1,83 kg vermeden kalk.

7.4 Energie

Rekening moet worden gehouden met:

- het energieverbruik van de slibdrooginrichting
- de elektriciteitsproductie bij de E-centrale
- het energieverbruik bij de verwijdering van reststoffen
- het energieverbruik bij de nuttige toepassing van de geproduceerde secundaire grondstoffen
- het vermeden energieverbruik.

Het energieverbruik van de slibdrooginrichting

De benodigde energie voor het drogen van het mechanisch ontwaterde slib van een d.s.-gehalte van 25% naar 91,7% wordt bepaald aan de hand van de energiekentallen van een directe trommeldroger (3,35 GJ_{th} en 12 kWh_e per ton verdampt water). Voor het verdampen van 727 kg water is dus 2,44 GJ_{th} en 8,7 kWh_e nodig per ton slib.

De elektriciteitsproductie bij de E-centrale

Het netto elektrisch rendement van een poedergestookte E-centrale is ongeveer 42,5%. Voor het meestoken van zuiveringsslib wordt eenzelfde rendement aangehouden. Uitgaande van een stookwaarde van het gedroogde slib (met 8,3% water) van 12 MJ/kg, resulteert dit in een elektriciteitsproductie van 1.417 kWh *per ton thermisch gedroogd slib*, ofwel $1417 \cdot (273/1000) = 387$ kWh per ton mechanisch ontwaterd slib.

Het energieverbruik bij de verwijdering van reststoffen

De geproduceerde reststoffen worden als secundaire grondstoffen ingezet.

Energieverbruik bij nuttige toepassing secundaire grondstoffen

De samenstelling en toepassing van de as en gips veranderen niet noemenswaardig door de daarin opgenomen hoeveelheden verbrandingsas van het bijgestookte zuiveringsslib. Het energieverbruik bij nuttige toepassing zal dus niet wijzigen.

Vermeden energieverbruik

Er is sprake van vermeden energieverbruik door de productie van secundaire grondstoffen en de winning van bepaalde producten vermeden wordt. De uit het meestoken van zuiveringsslib ontstane as en gips vervangen de primaire grondstoffen kalksteenmeel (vulstof cement) en natuurlijk gips. De betreffende hoeveelheden zijn weergegeven in tabel 7.3. In beide gevallen geldt een 1 op 1 vervanging. Het energieverbruik van de uitgespaarde winnings- en productieprocessen van primaire grondstoffen wordt als een negatieve milieu-ingreep in de LCA toegerekend. De invloed wordt bepaald door gebruik te maken van de SimaPro-database.

7.5 Bedrijfsmiddelen

Rekening moet worden gehouden met:

- het verbruik van de slibdrogingsinstallatie
- het verbruik van de E-centrale
- het verbruik bij de verwijdering van reststoffen
- het verbruik bij de nuttige toepassing van de geproduceerde secundaire grondstoffen
- het vermeden verbruik.

Bedrijfsmiddelenverbruik slibdrooginstallatie

Een slibdrooginstallatie verbruikt per jaar ongeveer de volgende bedrijfsmiddelen (uitgaande van de reeds gestelde verwerkingscapaciteit van 114.000 ton per jaar):

- drinkwater: 4.000 m³ => 35 l/ton slib
- zwavelzuur (90%-ige H₂SO₄): 6 m³ => 0,05 l/ton slib
- vloeibare stikstof: 17 m³ => 1,5E-4 m³/ton slib
- anti scaling: 50 liter => 4,4E-4 l/ton slib
- zuurstofbinder: 650 liter => 5,7E-3 l/ton slib.

Daarnaast 'verbruikt' de installatie ook nog eens 12.000 m³ bedrijfswater (ofwel effluent van de RWZI). Deze stroom wordt gezien als een afvalstroom die verder niet in rekening gebracht wordt in de LCA-vergelijking.

Het bedrijfsmiddelenverbruik van de E-centrale

Het bedrijfsmiddelenverbruik van de E-centrale is bepaald aan de hand van de balans voor de E-centrale. Op basis van het zwavel-, fluor- en chloorgehalte is een hoeveelheid kalk nodig van 4,1 kg. Verder is er ook 1,24 kg ammoniak nodig.

Het bedrijfsmiddelenverbruik bij de verwijdering van reststoffen

Er komen geen reststoffen vrij die gestort moeten worden. Het ABI-slib uit de rookgasreiniging van de E-centrale wordt teruggestookt.

Bedrijfsmiddelenverbruik bij nuttige toepassing secundaire grondstoffen

Hier treedt geen afwijkend verbruik van bedrijfsmiddelen op ten opzichte van de situatie waarbij alleen kolen worden verstoekt. Ook bij het invoeren van de verbrandingsassen in een cementoven zijn geen (andere of aanvullende) bedrijfsmiddelen nodig.

Vermeden bedrijfsmiddelenverbruik

Met de inzet van het thermisch gedroogde zuiveringsslib in de E-centrale en het inzetten van de verbrandingsassen in een cementoven worden een aantal bedrijfsmiddelen vermeden. Zoals reeds aangegeven wordt met de inzet van 1 ton zuiveringsslib 115 kg kolen vermeden. Uitgaande van een asrest van 25% (MER-MJP-GA II) wordt er 28,75 kg minder assen gevormd. Het vermeden transport naar de cementovens is in rekening gebracht in paragraaf 7.3. Mogelijk moet door het vervallen van deze asproductie bij de cementproductie hierdoor meer primair materiaal worden gebruikt. Doordat echter onduidelijk is in hoeverre het meestoken van zuiveringsslib leidt tot toerekenbaar ander grondstoffengebruik bij de cementproductie is dit (theoretische effect) hier verder buiten beschouwing gelaten.

In paragraaf 7.3 is reeds aangegeven dat met het vervangen van de 115 kg kolen er 3,09 kg gips minder geproduceerd wordt en 1,46 kg kalk minder nodig is. In de gevoeligheidsanalyse "specifieke Hemweg-gegevens" gaat het om 3,69 kg gips en 1,83 kg kalk.

De geproduceerde hoeveelheid verbrandingsassen (87,5 kg) voorkomen door hun inzet in een cementoven eenzelfde hoeveelheid kalksteenmeel aldaar.

Het bedrijfsmiddelenverbruik van de uitgespaarde winnings- en productieprocessen wordt als een negatieve milieu-ingreep in de LCA toegerekend. De milieu-effecten van het vermeden bedrijfsmiddelenverbruik wordt bepaald door gebruik te maken van de SimaPro-database.

7.6 Emissies

Rekening moet worden gehouden met:

- de emissies van de slibdrooginrichting
- de emissies van de E-centrale
- de emissies bij de nuttige toepassing van de geproduceerde secundaire grondstoffen
- de vermeden emissies .

De emissies van de slibdrooginrichting

Emissies naar lucht van de slibdrooginrichting

De emissies naar de lucht vinden bij het slibdrogen plaats via het biofilter en door de warmtekrachtinstallatie.

De emissie via het biofilter betreft met name restcomponenten geur. Geur wordt als milieuthema niet meegenomen in het MER-LAP. De gassen die uit het biofilter komen bevatten echter wel een zeer groot scala aan allerlei (organische en anorganische) verbindingen waarvan de exacte samenstelling onbekend is (leemte in kennis).

In tabel 7.4 is op basis van 10.000 m³ lucht over het biofilter (per uur), voor een periode van 8.000 uur en bij een verwerkingscapaciteit van 114.000 ton slib per jaar een indicatie gegeven van de NH₃ en C_xH_y-emissies naar lucht. Verder is aangenomen dat het biofilter een afscheidingsrendement van 95% (DHV, MER-evaluatie composteerinstallatie VAM) heeft. De verwachting is dat gezien de relatief lage temperatuur van de drooginstallatie de emissie van minder vluchtige verbindingen verwaarloosbaar zal zijn (leemte in kennis).

Tabel 7.4 Emissies naar lucht via biofilter

Component	Concentratie voor biofilter (mg/Nm ³)	Concentratie na biofilter (mg/Nm ³)	Emissie naar lucht (gram/ton slib)
NH ₃	30	1,5	1,1
C _x H _y	50	2,5	1,8

Emissies naar oppervlaktewater van de slibdrooginrichting

Het afvalwater dat op de slibdrooginrichting ontstaat bestaat grotendeels uit condensaat (ten gevolge van koeling van de droogdampen). De hoeveelheid condensaat bedraagt ongeveer 0,70 m³/ton mechanisch ontwaterd slib en wordt afgevoerd naar een RWZI. Het energieverbruik, het bedrijfsmiddelenverbruik en het ruimtebeslag van deze installatie wordt in rekening gebracht met de proceskaart afvalwaterzuivering. De feitelijke emissies naar het oppervlaktewater zijn in tabel 7.5 afgeleid.

Tabel 7.5 Samenstelling afvalwater en emissies naar het oppervlaktewater per ton slib

Component	Concentratie	Vracht naar RWZI	Rendement RWZI (%)	Emissie naar water	Emissie naar water t.b.v. gevoeligh. "andere samenstelling"
	(mg/l)	(gram/ton slib)		(gram/ton slib)	
Zwevende stof	50	35	90	3,5	3,5
Kj-N	330	231	89	25,4	25,4
BZV	530	371	97	11,1	11,1
CZV	660	462	90	46,2	46,2
	(µg/l)	(mg/ton slib)		(mg/ton slib)	
As	8,6	6,0	80	1,2	1,2
Cd	1,4	0,98	72	0,27	0,36
Cr	26	18,2	89	2,0	4,4
Cu	286	200	92	16	16
Hg	1	0,7	91	0,063	0,09
Ni	21	14,7	46	7,9	7,9
Pb	125	87,5	91	7,9	7,9
Zn	640	448	75	112	112

Emissie naar de bodem van de slibdrooginrichting

Gezien de bodembeschermende maatregelen zullen bij de slibdrooginrichting geen emissies naar de bodem optreden.

De emissies van de E-centrale

Emissies naar de lucht van de E-centrale

De emissies naar lucht zoals weergegeven in tabel 7.6 zijn bepaald aan de hand van de in het achtergronddocument A1 (MER-LAP) weergegeven balans voor een E-centrale. Ten aanzien van de CO₂-emissie is aangenomen dat deze afkomstig is van biomassa, ofwel kortcyclisch is en dus geen bijdrage zal leveren aan het broeikas effect. Bij het bepalen van de emissies is reeds rekening gehouden met het feit dat een deel van de aanwezige componenten via de droogstap naar de RWZI zijn gegaan (tabel 7.5).

Voor de gevoeligheidsanalyse "specifieke Hemweg-gegevens" is gebruik gemaakt van specifieke metingen bij de Hemweg-centrale (KEMA, 1997). Deze gegevens zijn bepaald aan de hand van het meestoken van slib. Hierbij zijn de meetgegevens vertaald naar emissies per ton slib via de aanname dat er 2.000 Nm³ gas per ton zuiveringsslib zal ontstaan.

Tabel 7.6 Emissies naar de lucht voor het meestoken van zuiveringsslib in een E-centrale

Comp.	Emissies naar lucht	Emissies naar lucht t.b.v. de gevoeligheidsanalyse "andere samenstelling"	Emissies naar lucht t.b.v. de gevoeligheidsanalyse "specifieke Hemweg-gegevens"
(gram/ton zuiveringsslib)			
Stof	29,60	29,60	10
CO	19,66	19,66	20
NO _x	196,56	196,56	478
NH ₃	3,93	3,93	2
N ₂ O	-	-	2
C _x H _y	4,91	4,91	2
SO ₂	500,00	500,00	284
HCl	21,86	21,86	4,6
HF	3,95	3,95	0,5
(mg/ton zuiveringsslib)			
As	2,99	2,99	4
Cd	4,99	6,74	0,6
Cr	8,73	19,21	11
Cu	99,80	99,80	128
Hg	34,93	49,90	14
Ni	7,49	7,49	10
Pb	43,66	43,66	57
Zn	224,55	224,55	290
(µg/ton zuiveringsslib)			
PCDD/F	0,0197	0,0197	0,02

Emissies naar oppervlaktewater van de E-centrale.

Conform de in het achtergronddocument A1 van het MER aangegeven balans voor een E-centrale wordt er alleen chloor geëmitteerd naar water. Van het aanwezige chloor in zuiveringsslib gaat bijna 70% naar het oppervlaktewater, ofwel er zal 297 gram chloor naar het water gaan.

Emissies naar bodem van de E-centrale

Gezien de bodembeschermende maatregelen zullen bij de E-centrale geen emissies naar de bodem optreden.

De emissies bij de nuttige toepassing van secundaire grondstoffen

De verbrandingsassen worden toegepast in cement/beton. Conform achtergronddocument A1 zal dit leiden tot een emissie naar lucht. Voor het bepalen van deze emissies naar lucht is het eerst van belang inzicht te hebben in de samenstelling van de verbrandingsassen uit de E-centrale. Deze zijn bepaald aan de hand van de balans van de E-centrale uit achtergronddocument A1 van het MER. In tabel 7.7 is de samenstelling van de assen weergegeven (inclusief de samenstelling op basis van de gevoeligheidsanalyse "andere samenstelling").

In tabel 7.8 is vervolgens aangegeven welk deel van de componenten vervolgens in de cementoven naar de lucht zullen emitteren (zie ook achtergronddocument A1). Hiervoor wordt aangesloten bij de balans van de cementoven.

Tabel 7.7 Samenstelling verbrandingsassen uit de E-centrale

Component	Percentage naar as (%)	Vracht in as (gram/ton slib)	Vracht in as t.b.v. gevoeligheidsanalyse "andere samenstelling" (gram/ton slib)
As	98,9	2,96	2,96
Cd	89	0,44	0,60
Cr	98,9	8,64	19,0
Cu	98,9	98,70	98,70
Hg	75	0,26	0,37
Ni	98,9	7,40	7,40
Pb	98,9	43,18	43,18
Zn	98,9	222,08	222,08
Cl	25	106,25	106,25
F	35	8,75	8,75
S	25	625	625

Tabel 7.8 Emissies naar lucht ten gevolge van de inzet van assen in de cementoven

Component	Emissie naar lucht (%)	Emissie naar lucht (mg/ton slib)	Emissie naar lucht t.b.v. gevoeligheidsanalyse "andere samenstelling" (gram/ton slib)
As	0,05	1,5	1,5
Cd	0,5	2,2	3
Cr	0,05	4,3	9,5
Cu	0,05	49,4	49,4
Hg	6	15,7	22,2
Ni	0,05	3,7	3,7
Pb	0,05	21,6	21,6
Zn	0,05	111	111
Cl (als HCl)	0,6	656	656
F (als HF)	1	87,5	87,5
S (als SO ₂)	0,05	625	625

Uiteindelijk worden de componenten opgenomen in het cement en als zodanig toegepast. Aangenomen is dat deze componenten in de normale situatie niet zullen uitlogen. In het kader van de gevoeligheidsanalyse "wel uitloging" wordt echter toch rekening gehouden met enige uitloging. Hiervoor is gebruik gemaakt van achtergronddocument A1. In tabel 7.9 is de te verwachten uitloging afgeleid.

Tabel 7.9 Samenstelling verbrandingsas inclusief de uitloging naar de bodem voor de gevoeligheidsanalyse "wel uitloging"

Component	Vracht component in as (g/ton slib)	Percentage uitloging (%)	Emissie naar de bodem t.b.v. gevoeligheidsanalyse "wel uitloging" (mg/ton slib)
As	2,96	0,05	1,48
Cd	0,44	0,65	2,89
Cr	8,64	0,05	4,32
Cu	98,70	0,05	49,35
Hg	0,26	1,1	2,88
Ni	7,40	0,05	3,70
Pb	43,18	0,05	21,59
Zn	222,08	0,05	111,04
Cl	106,25	0,05	53,13
F	8,75	0,05	4,38
SO ₄	625	0,05	937,50

Vermeden emissies

De geproduceerde verbrandingsas wordt nuttig toegepast als vulstof en vervangt de primaire grondstof kalksteenmeel. Ook de geproduceerde gips wordt hergebruikt. Door het meestoken wordt tevens een hoeveelheid kolen vermeden (zie tabel 7.3). De vermeden emissies ten gevolge van de uitgespaarde winnings- en productieprocessen van primaire grondstoffen worden als een negatieve milieu-ingreep in de LCA toegerekend. De omvang van de vermeden emissies wordt bepaald door gebruik te maken van een standaard SimaPro-database.

8. ALTERNATIEF THERMISCH DROGEN EN INZET IN CEMENTOVEN

De verwerkingskosten bij drogen en vervolgens inzet in een cementoven bedragen ongeveer 120 euro per ton slib (25% d.s.).

8.1 Procesbeschrijving

A. Slibaanvoer

Het mechanisch ontwaterde slib wordt per vrachtwagen vervoerd naar de slibverwerkingsrichting.

B. Slibopslag

Het aangevoerde slib wordt opgeslagen in silos. Deze voorzieningen worden geforceerd geventileerd en de afgezogen lucht wordt behandeld in een biofilter.

C. Slibdroging

Het slib wordt met indirecte drogers (wervelbeddrogers) gedroogd (het warmtedragend medium is stoom). Door de afgegeven warmte verdampt het in het slib aanwezige water. Naast waterdamp bestaan de bij droging vrijkomende droogdampen uit een beperkte hoeveelheid leklucht en uit het slib vrijkomende vluchtige bestanddelen, zoals ammoniak en geurcomponenten. De droogdampen worden afgezogen en worden vanwege de geurcomponenten behandeld. Na de droging heeft het slib een d.s.-gehalte van 91,7% (KEMA, 1997)

D. Koelen droogdampen

De droogdampen worden gekoeld, waardoor de waterdamp wordt gecondenseerd. Het niet gecondenseerde deel van de droogdampen worden door een biofilter geleid. Het gevormde condensaat wordt afgevoerd naar de RWZI.

Nagenoeg de volledige voor de slibdroging gebruikte energie komt op een relatief laag temperatuurniveau weer vrij bij het condenseren van de droogdampen. In het algemeen zijn de mogelijkheden om deze lage temperatuurwarmte te benutten zeer beperkt en dient de warmte weggekoeld te worden. Bij de slibdroginrichting te Beverwijk wordt deze restwarmte echter benut voor het opwarmen van de naastgelegen RWZI, waardoor deze beter functioneert. Dit kan resulteren in een kleinere maatvoering, dan wel in een iets hoger reinigingsrendement. De benutting van de restwarmte is in deze studie verder niet meegenomen, omdat het hierbij gaat om een (te) locatiespecifieke configuratie.

E. Luchtbehandeling

De in de slibopslagsilo's afgezogen lucht en de niet gecondenseerde droogdampen worden door een biofilter met voorgeschakelde ammoniakwasser geleid. Spuiwater van deze luchtbehandelingsvoorzieningen wordt afgevoerd naar de naastgelegen RWZI.

F. Zuiveren afvalwater

Het condensaat (gekoelde droogdampen), alsmede het spuiwater (van de luchtbehandelingsvoorzieningen), worden gezuiverd in de RWZI.

G. Transport gedroogd slib

Het gedroogde slib wordt per vrachtwagen afgevoerd naar cementoven.

H. Verbranden in de cementoven

Het thermisch gedroogde slib wordt bijgestookt als secundaire brand- en grondstof in een cementoven. De energie-inhoud van het gedroogde slib levert dan een bijdrage aan de productie van cement. De aanwezige inertien fungeren daarbij als vulstof in de cement.

I. Rookgasreiniging

Een gedeelte van de verontreinigingen in het zuiveringsslib wordt geabsorbeerd in de cementoven. De rookgasreiniging van de cementoven bestaat uit een E-filter om het stof af te scheiden. De afgevangen vliegias wordt weer teruggevoerd naar de klinker. Er ontstaan dus geen reststoffen.

8.2 Massabalans en ruimtebeslag

Componentbalans

Voor de verdeling van de componenten in de cementoven wordt gebruik gemaakt van de balans voor een cementoven zoals weergegeven in het achtergronddocument A1 bij het MER-LAP en tabel 8.1. In de gevoeligheidsanalyse "specifieke ENCI-gegevens" (Haskoning,1997) wordt inzicht gegeven in de mogelijke effecten van het hanteren van locatiespecifieke informatie.

Tabel 8.1 Overzicht verdeling componenten voor een cementoven

Component	Lucht (%)	Cement (%)
As	0,05	99,95
Cd	0,5	99,5
Cr	0,05	99,95
Cu	0,05	99,5
Hg	6	94
Ni	0,05	99,95
Pb	0,05	99,95
Zn	0,05	99,95
Cl	0,6	99,4
F	1	99
S	3,6	96,4

Producten/reststoffen

De verwerking van het slib resulteert in producten en/of reststoffen. Tabel 8.2 bevat een overzicht van de hoeveelheden producten die ontstaan bij de verwerking van 1 ton (mechanisch ontwaterd) zuiveringsslib op een wijze zoals omschreven in paragraaf 8.1. Hierbij ontstaan geen niet-buikbare reststoffen.

Met de inzet van zuiveringsslib in een cementoven wordt de inzet van kolen (of stookolie) vermeden. Dit heeft tevens gevolgen voor het wel of niet extra aanvoeren van kalksteen als vulstof. Zie hiervoor paragraaf 8.4.

Tabel 8.2 Overzicht (tussen)producten en reststoffen

Producten en reststoffen	Hoeveelheid per ton verwerkt slib (kg)	Nuttige toepassing/verwijdering
Gedroogd slib (incl. 8,3% vocht)	273	wordt verbrand in de cementoven
Verbrandingsas	87,5	vulstof in cement, vervangt kalksteen

Ruimtebeslag

Het netto ruimtebeslag van de slibdrooginstallatie met een totale verwerkingscapaciteit van ongeveer 114.000 ton mechanisch slib per jaar bedraagt circa 2 ha. Aangenomen is dat voor de verbranding van gedroogd slib bij de cementoven geen aanvullend ruimtebeslag benodigd is. Door vervangen van andere grond/brandstoffen wordt eenzelfde ruimtebeslag vermeden. Dit resulteert in een specifiek ruimtebeslag per ton zuiveringsslib van 0,175 m².jr.

8.3 Transport

In het beschouwde afvalbeheersalternatief vindt transport per as plaats van zuiveringsslib en van thermisch gedroogd slib naar de cementoven. Ook wordt met de inzet van zuiveringsslib in de cementoven transport van kolen of stookolie vermeden.

Het verbruik aan diesel en smeerolie, alsmede de emissies via de uitlaatgassen van de voertuigen/vaartuigen voor het transport van bovengenoemde materialen, worden berekend m.b.v. SigmaPro. Daarbij wordt uitgegaan van de in tabel 8.3 vermelde transportafstanden (totaal heen en terug) en beladingsgraden.

De inschatting is dat mechanisch ontwaterd zuiveringsslib op vier locaties in Nederland thermisch gedroogd kan worden zoals omschreven in paragraaf 8.1, hetgeen overeenkomt met een transportafstand van 75 km. Conform de rest van het MER is voor de transport van afval naar een cementoven uitgegaan van een gemiddelde afstand van 300 km.

Voor het vermeden transport van kolen en stookolie wordt uitgegaan van gemiddeld 200 km. Aangenomen wordt dat de winning van kalksteen in de nabijheid van de cementoven plaatsvindt en daarmee geen transport gemoeid gaat.

Tabel 8.3 Overzicht hoeveelheden en transportafstanden

Materiaal	Hoeveelheid (kg/ton slib)	Beladingsgraad (ton/vracht)	Afstand	
			(km)	(tkm)
Zuiveringsslib	1000	20	75	75
Gedroogd slib	273	20	300	81,9
Vermeden kolen	193	16	200	38,6
Gevoeligheidsanalyse "vermeden inzet stookolie"				
Vermeden stookolie	81	16	200	16,2

8.4 Energie

Rekening moet worden gehouden met:

- het energieverbruik van de slibdrooginrichting
- het energieverbruik, of de energieopbrengst, bij de nuttige toepassing van de geproduceerde secundaire grondstoffen (als brandstof in de cementoven)
- het energieverbruik bij de verwijdering van reststoffen
- het vermeden energieverbruik.

Het energieverbruik van de slibdrooginrichting

De benodigde energie voor het drogen van het mechanisch ontwaterde slib van een d.s.-gehalte van 25% naar 91,7% wordt bepaald aan de hand van de energiekentallen van een directe trommeldroger (3,35 GJ_{th} en 12 kWh_e per ton verdampt water). Voor het verdampen van 727 kg water is dus 2,44 GJ_{th} en 8,7 kWh_e nodig per ton slib.

Het energieverbruik bij de verwijdering van reststoffen

Bij de cementoven ontstaan geen te verwijderen reststoffen.

Vermeden energieverbruik

Er is sprake van vermeden energieverbruik door de productie van secundaire grondstoffen. De uit het meestoken van zuiveringsslib resulterende verbrandingsas vervangt de primaire grondstof kalksteen, op basis van een 1-op-1 vervanging. Het energieverbruik van de uitgespaarde winnings- en productieprocessen van primaire grondstoffen wordt als een negatieve milieuingreep in de LCA toegerekend. De omvang wordt bepaald door gebruik te maken van een standaard database in SimaPro.

8.5 Bedrijfsmiddelen

Rekening moet worden gehouden met:

- het verbruik van de afvalverwerkingsinrichting
- het verbruik bij de verwijdering van reststoffen
- het verbruik bij de nuttige toepassing van de geproduceerde secundaire grondstoffen
- het vermeden verbruik.

Bedrijfsmiddelenverbruik afvalverwerkingsinrichting

Een slibdrooginstallatie verbruikt per jaar ongeveer de volgende bedrijfsmiddelen (uitgaande van de reeds gestelde verwerkingscapaciteit van 114.000 ton per jaar):

- drinkwater: 4.000 m³ => 35 l/ton slib
- zwavelzuur (90%-ige H₂SO₄): 6 m³ => 0,05 l/ton slib
- vloeibare stikstof: 17 m³ => 1,5E-4 m³/ton slib
- anti scaling: 50 liter => 4,4E-4 l/ton slib
- zuurstofbinder: 650 liter => 5,7E-3 l/ton slib.

Daarnaast 'verbruikt' de installatie ook nog eens 12.000 m³ bedrijfswater (ofwel effluent van de RWZI). Deze stroom wordt gezien als een afvalstroom die verder niet als bedrijfsmiddelen in rekening gebracht wordt in de LCA-vergelijking.

De cementoven geeft geen afwijkend verbruik aan bedrijfsmiddelen ten gevolge van het meestoken.

Het bedrijfsmiddelenverbruik bij de verwijdering van reststoffen

Er ontstaan geen te verwijderen reststoffen.

(Vermeden) bedrijfsmiddelenverbruik bij nuttige toepassing secundaire grondstoffen

Het gedroogde slib vervangt de aangegeven hoogzwavelige kolen (of stookolie). Verder zorgen de aanwezige 'verbrandingsassen' voor het vermijden van eenzelfde hoeveelheid kalksteen. Per ton mechanisch ontwaterd zuiveringsslib ontstaat 87,5 kg assen en wordt dus eenzelfde hoeveelheid kalksteen vermeden.

Met de inzet van het gedroogde slib wordt echter ook de inzet van 193 kg hoogzwavelige kolen (met een asrest van ongeveer 40%) vermeden. Deze kolen zouden 77,2 kg assen bijdragen. Netto wordt ontstaan er dus 10,3 kg meer assen en wordt dus in de inzet van 10,3 kg kalksteen vermeden.

In het geval van de gevoeligheidsanalyse "vermeden inzet van stookolie" wordt aangenomen dat stookolie geen asrest heeft en daarmee dus netto 87,5 kg kalksteen wordt vermeden.

Vermeden secundaire brand- en grondstoffen

Het gedroogde slib met een droogstofgehalte van 91,7% heeft een stookwaarde van 12 MJ/kg. Met de inzet van 273 kg gedroogd slib wordt dus 3,28 MJ aan 'brandstof' aangevoerd. Aangenomen wordt dat slib hier 1-op-1 eenzelfde energiehoeveelheid hoogzwavelige kolen (17 MJ/kg) of stookolie (40,6 MJ/kg), t.b.v. de gevoeligheidsanalyse "vermeden inzet stookolie", vervangt. Concreet betekent dit dat per ton (mechanisch ontwaterd slib) 193 kg kolen (3,28/17) of 81 kg stookolie (3,28/40,6) wordt vermeden.

Het bedrijfsmiddelenverbruik van de uitgespaarde winnings- en productieprocessen van primaire grondstoffen wordt als een negatieve milieu-ingreep in de LCA toegerekend. De omvang van het vermeden bedrijfsmiddelenverbruik wordt bepaald door gebruik te maken van een standaard database in SimaPro.

8.6 Emissies

Rekening moet worden gehouden met:

- emissies van de slibdrooginrichting
- emissies uit de cementoven
- emissies bij de verwijdering van reststoffen
- emissies bij de nuttige toepassing van de geproduceerde secundaire brand- en grondstoffen
- vermeden emissies.

De emissies van de slibdrooginrichting

Emissies naar lucht van de slibdrooginrichting

De emissies naar de lucht vinden bij het slibdrogen plaats via het biofilter en door de warmtekrachtinstallatie.

De emissie via het biofilter betreft met name restcomponenten geur. Geur wordt als milieuthema niet meegenomen in het MER-LAP. De gassen die uit het biofilter komen bevatten echter wel een zeer groot scala aan allerlei (organische en anorganische) verbindingen waarvan de exacte samenstelling onbekend is (leemte in kennis).

In tabel 8.4 is op basis van 10.000 m³ lucht over het biofilter per uur voor 8.000 uur per jaar bij een verwerkingscapaciteit van 114.000 ton slib per jaar een indicatie gegeven van de NH₃ en C_xH_y-emissies naar lucht. Verder is aangenomen dat het biofilter een afscheidingsrendement van 95% (DHV, MER-evaluatie composteerinstallatie VAM) heeft. De verwachting is dat gezien de relatief lage temperatuur van de drooginstallatie de emissie van minder vluchtige verbindingen verwaarloosbaar zal zijn (leemte in kennis).

Tabel 8.4 Emissies naar lucht via biofilter

Component	Concentratie voor biofilter (mg/Nm ³)	Concentratie na biofilter (mg/Nm ³)	Emissie naar lucht (gram/ton slib)
NH ₃	30	1,5	1,1
C _x H _y	50	2,5	1,8

Emissies naar oppervlaktewater van de slibdrooginrichting

Het afvalwater dat op de slibdrooginrichting ontstaat bestaat grotendeels uit condensaat (ten gevolge van koeling van de droogdampen). De hoeveelheid condensaat bedraagt ongeveer 0,70 m³/ton mechanisch ontwaterd slib en wordt afgevoerd naar een RWZI. Het energieverbruik, het

bedrijfsmiddelenverbruik en het ruimtebeslag van deze installatie wordt in rekening gebracht met de proceskaart afvalwaterzuivering. De feitelijke emissies naar het oppervlaktewater zijn in tabel 8.5 afgeleid.

Tabel 8.5 Samenstelling afvalwater en emissies naar het oppervlaktewater per ton slib

Component	Concentratie	Vracht naar RWZI	Rendement RWZI	Emissie naar water	Emissie naar water t.b.v. gevoeligh. "andere samenstelling"
	(mg/l)	(gram/ton slib)	(%)	(gram/ton slib)	
Zwevende stof	50	35	90	3,5	3,5
Kj-N	330	231	89	25,4	25,4
BZV	530	371	97	11,1	11,1
CZV	660	462	90	46,2	46,2
	(µg/l)	(mg/ton slib)	(%)	(mg/ton slib)	
As	8,6	6,0	80	1,2	1,2
Cd	1,4	0,98	72	0,27	0,36
Cr	26	18,2	89	2,0	4,4
Cu	286	200	92	16	16
Hg	1	0,7	91	0,063	0,09
Ni	21	14,7	46	7,9	7,9
Pb	125	87,5	91	7,9	7,9
Zn	640	448	75	112	112

Emissie naar de bodem van de slibdrooginrichting

Gezien de bodembeschermende maatregelen zullen bij de slibdrooginrichting geen emissies naar de bodem optreden.

De emissies van de cementoven

Emissies naar de lucht van de cementoven

De emissies naar lucht zoals weergegeven in tabel 8.6 zijn bepaald aan de hand van de in de achtergronddocument A1 (van het MER-LAP) weergegeven balans voor een cementoven. Ten aanzien van de CO₂-emissie is aangenomen dat deze afkomstig is van biomassa, ofwel kortcyclisch is en dus geen bijdrage zal leveren aan het broeikas-effect. Bij het bepalen van de emissies is reeds rekening gehouden met het feit dat een deel van de aanwezige componenten via de droogstap naar de RWZI zijn gegaan (tabel 8.5).

Voor de gevoeligheidsanalyse "specifieke ENCI-gegevens" is gebruik gemaakt van specifieke metingen bij de ENCI. Deze gegevens zijn bepaald aan de hand van het meestoken van slib. Hierbij zijn de meetgegevens vertaald naar emissies per ton slib via de aanname dat er 2.000 Nm³ gas per ton zuiveringsslib zal ontstaan.

Tabel 8.6 Emissies naar de lucht voor het meestoken van gedroogd zuiveringsslib in een cementoven

Comp.	Emissies naar lucht	Emissies naar lucht t.b.v. de gevoeligheidsanalyse "andere samenstelling"	Emissies naar lucht t.b.v. de gevoeligheidsanalyse "specifieke Hemweg-gegevens"
(gram/ton zuiveringsslib)			
Stof	29,54	29,54	50
CO	491,40	491,40	500
NO _x	1572,48	1572,48	1200
C _x H _y	131,04	131,04	50
SO ₂	180,00	180,00	300
HCl	2,62	2,62	4
HF	0,26	0,26	0,2
(mg/ton zuiveringsslib)			
As	1,50	1,50	1
Cd	2,50	3,37	2
Cr	4,37	9,61	5
Cu	49,90	49,90	50
Hg	20,96	29,94	120
Ni	3,74	3,74	3
Pb	21,83	21,83	23
Zn	112,28	112,28	120
(µg/ton zuiveringsslib)			
PCDD/F	0,098	0,098	0,2

Emissies naar oppervlaktewater van de cementoven.

Er ontstaat bij de cementoven geen te lozen afvalwaterstroom.

Emissies naar bodem

Gezien de bodembeschermende maatregelen zullen bij de cementoven geen emissies naar de bodem optreden.

De emissies bij de verwijdering van reststoffen

Er komen geen reststoffen vrij die gestort moeten worden.

De emissies bij de nuttige toepassing van secundaire grondstoffen

De inertien aanwezig in het gedroogde zuiveringsslib worden opgenomen in het uiteindelijke cement. Conform achtergronddocument A1 is aangenomen dat deze assen normaal gesproken niet zullen uitloggen.

In de gevoeligheidsanalyse "wel uitloging" zal uitgegaan worden van enige uitloging. In tabel 8.7 is voor het cement aangegeven welke hoeveelheden van de afzonderlijke componenten in het cement terechtkomen (op basis van de balans) en welk deel daarvan zal uitloggen.

Tabel 8.7 Samenstelling as in cement inclusief de uitloging naar de bodem voor de gevoeligheidsanalyse "wel uitloging"

Component	Vracht component in cement (g/ton slib)	Percentage uitloging (%)	Emissie naar de bodem t.b.v. gevoeligheidsanalyse "wel uitloging" (mg/ton slib)
As	2,99	0,05	1,50
Cd	0,50	0,65	3,23
Cr	8,73	0,05	4,36
Cu	99,75	0,05	49,88
Hg	0,33	1,1	3,61
Ni	7,48	0,05	3,74
Pb	43,64	0,05	21,82
Zn	224,44	0,05	112,22
Cl	422,45	0,05	211,23
F	24,75	0,05	12,38
S	2410,00	0,05	1205,00

Vermeden emissies

De geproduceerde verbrandingsas wordt nuttig toegepast als vulstof en vervangt de primaire grondstof kalksteen. De vermeden emissies ten gevolge van de uitgespaarde winnings- en productieprocessen van primaire grondstoffen worden als een negatieve milieu-ingreep in de LCA toegerekend. De omvang van de vermeden emissies wordt bepaald door gebruik te maken van de SimaPro-database.

Daarnaast wordt, door het vermijden van kolen of stookolie emissie naar de lucht vermeden. In tabel 8.8 is aangegeven welke emissies naar lucht vermeden worden met de vermeden inzet van 193 kg hoogzwavelige kolen of 81 kg stookolie (gevoeligheidsanalyse "vermeden inzet stookolie").

Ten aanzien van de vermeden CO₂-emissie is uitgegaan van 85,6 gram CO₂ per MJ (TNO, 2000). Uitgaande van een input in de cementoven van 3,28 MJ wordt dus 281 kg CO₂ vermeden (voor zowel de vermeden kolen als de vermeden stookolie).

Voor de procesgebonden emissies is aangenomen dat deze gelijk zijn aan de directe emissies aangezien deze gebaseerd worden op de energetische input. Uitzondering daarop geldt voor de stofemissie. De stofemissie wordt niet alleen bepaald door de energetische inhoud van de stroom, maar is tevens een deel componentgebonden. Hierdoor ontstaat er een klein verschil met de directe stofemissie.

Tabel 8.8 Vermeden emissies naar de lucht

Comp	Vermeden emissies door vermeden inzet van 193 kg kolen			Vermeden emissies door vermeden inzet van 81 kg stookolie		
	Input (g/ton kolen)	Emissie naar lucht (%)	Vermeden emissie (mg/ton slib)	Input (g/ton stookolie)	Emissie naar lucht (%)	Vermeden emissie (mg/ton slib)
As	4,05	0,05	0,39	0,8	0,05	0,03
Ba	320	0,05	30,88	0	0,05	0,00
Cd	1,17	0,5	1,13	0	0,5	0,00
Co	45,1	0,05	4,35	2	0,05	0,08
Cr	60	0,05	5,79	0,3	0,05	0,01
Cu	53	0,05	5,11	1	0,05	0,04
Hg	0,83	6	9,61	0,006	6	0,03
Mn	845	0,05	81,54	0	0,05	0,00
Mo	4	0,05	0,39	0,5	0,05	0,02
Ni	88,3	0,05	8,52	30	0,05	1,22
Pb	67	0,05	6,47	9	0,05	0,36
Sb	15	0,05	1,45	0	0,05	0,00
Se	5	0,05	0,48	0,75	0,05	0,03
Sn	15	0,05	1,45	0	0,05	0,00
Sr	220	0,05	21,23	0	0,05	0,00
V	399	0,05	38,50	60	0,05	2,43
Zn	264	0,05	25,48	3,5	0,05	0,14
Cl	1900	0,6	2200,2	90	0,6	43,74
F	93	1	179,49	9	1	7,29
SO ₂	17100	7,2	237621,60	9300	7,2	54237,60
			(gram/ton)			(gram/ton)
Stof			29,73			29,49
CO			491,4			491,4
NO _x			1572,48			1572,48
C _x H _y			131,04			131,04
			(kg/ton)			(kg/ton)
CO ₂			281			281
			(µg/ton)			(µg/ton)
Dioxines			0,098			0,098

9. ALTERNATIEF BIOLOGISCH DROGEN EN INZET IN E-CENTRALE

De verwerkingskosten bij drogen en vervolgens inzet in een E-centrale bedragen ongeveer 140 euro per ton slib (25% d.s.).

9.1 Procesbeschrijving

A. Slibaanvoer

Het mechanisch ontwaterde slib wordt per vrachtwagen vervoerd naar de slibverwerkingsinrichting.

B. Slibopslag

Het aangevoerde slib wordt opgeslagen in een bunker/slibsilo's. Deze voorzieningen worden geforceerd geventileerd en de afgezogen lucht wordt behandeld in een biofilter.

C. Mengen

Voorafgaand aan het biologische droogproces wordt het slib gemengd met toeslagstoffen (houtchips) en compost. Deze stoffen hebben de functie van dragermateriaal, zorgen voor entstoffen en een luchtige structuur, een hogere koolstof/stikstofverhouding, dragen bij aan de energieproductie en absorberen direct na het mengen een deel van het vocht in het slib. Van de toegevoerde houtsnippers wordt gemiddeld 50 kg per ton slib verbruikt.

D. Voorcompostering

De biologische slibdrooginstallatie betreft een zogenaamde tunnelcompostering. Het te drogen slib bevindt zich hierbij in een afgesloten horizontale reactor (de tunnel), waar lucht aan de onderzijde wordt ingeblazen.

Er wordt bij de voorcompostering gestreefd naar een stijging van de temperatuur tot circa 75°C, waarna de temperatuur zo lang mogelijk op dit niveau wordt gehandhaafd door meer of minder lucht in te brengen. De ingebrachte verse lucht stijgt eveneens in temperatuur en raakt meer verzadigd met waterdamp, zodat het slib droogt. De lucht zorgt tevens voor aanvoer van zuurstof voor het biologische proces. Een deel van het organisch stofgedeelte uit het slib wordt omgezet ("broeiverlies") en levert aldus de benodigde warmte voor de droging.

E. Nabewerking

Na de voorcompostering wordt het materiaal uitgezeefd om de "compost" te scheiden van het toeslagmateriaal. Het uitgezeefde toeslagmateriaal gaat retour in het proces (naar de menger (onderdeel C)). De compost wordt naar het nacomposteringsterrein gebracht voor een verdere compostering (zonder toeslagmateriaal).

F. Nacompostering

De "compost" uit de voorcompostering wordt gedurende circa 14 dagen geforceerd belucht teneinde ook de moeilijk afbreekbare organische verbindingen af te breken. De temperatuur ligt hierbij opnieuw rond de 75°C.

G. Luchtbehandeling

De afgezogen (proces)lucht wordt ter voorkoming van geurproblemen behandeld in een biofilter met voorgeschakelde ammoniakwasser. Spuiwater van deze luchtbehandelingsvoorzieningen wordt afgevoerd een RWZI.

H. Zuiveren afvalwater in RWZI

Spuiwater van de luchtbehandeling wordt gezuiverd in de RWZI.

I. Transport gedroogd slib

Het biologisch gedroogde slib wordt per vrachtwagen afgevoerd naar de E-centrale.

J. Pelletiseren en/of vermalen gedroogd slib

Het biologisch gedroogde slib kan tot pellets geperst worden. Aangenomen wordt echter dat het slib, na droging, geschikt is om direct op te mengen met de poederkool en verstoekt te worden.

K. Verbranden in E-centrale

Het gedroogde slib kan, nadat het gemengd en vermalen is in poederkoolmolens, worden bijgestookt via de bestaande branders. De energie-inhoud van het gedroogde slib levert dan een bijdrage aan de productie van stoom voor elektriciteitsopwekking.

L. Rookgasreiniging van de E-centrale

De rookgasreiniging van de E-centrale bestaat uit een E-filter en een (natte) rookgasontzwavelingsinstallatie (ROI) voor SO₂-verwijdering. De Hemwegcentrale is nog niet uitgerust met een DeNO_x-installatie.

Het afvalwater uit de ROI wordt behandeld in een afvalwaterbehandelingsinstallatie (ABI). De zware metalen worden hier geconcentreerd in een ABI-slib, dat wordt teruggestookt in de kolencentrale. Het afvalwater wordt vervolgens afgevoerd naar een RWZI.

M. Transport bodemas en vliegas

De bodemas/ vliegas wordt per vrachtwagen afgevoerd naar de plaats van nuttige toepassing.

N. Nuttig toepassen bodemas en vliegas

De bodemas/vliegas wordt nuttig toegepast als vulstof voor cement.

O. Transport gips (RGR-residu)

Het RGR-residu (gips) wordt per vrachtwagen afgevoerd naar de plaats van nuttige toepassing.

9.2 Massabalans en ruimtebeslag

Componentbalans

Voor de verdeling van de componenten wordt gebruik gemaakt van de balans voor een kolenge-stookte E-centrale zoals ook weergegeven in het achtergronddocument A1 van het MER-LAP en tabel 9.1. In de gevoeligheidsanalyse "specifieke Hemweg-gegevens" wordt inzicht gegeven in de mogelijke effecten van het hanteren van locatiespecifieke informatie.

Tabel 9.1 Overzicht verdeling componenten voor een kolengestookte E-centrale

Component	Lucht (%)	Water (%)	Vlieggas (%)	Gips (%)
As	0,1	0	98,9	1
Cd	1	0	89	10
Cr	0,1	0	98,9	1
Cu	0,1	0	98,9	1
Hg	10	0	75	15
Ni	0,1	0	98,9	1
Pb	0,1	0	98,9	1
Zn	0,1	0	98,9	1
Cl	5	70	25	0
F	15	0	35	50
S	10	0	25	65

Producten/reststoffen

De verwerking van (gedroogd) zuiveringsslib resulteert in producten en/of reststoffen. Tabel 9.2 bevat een overzicht van de hoeveelheden producten en reststoffen die ontstaan bij de verwerking van 1 ton (mechanisch ontwaterd) zuiveringsslib op een wijze zoals omschreven in paragraaf 9.1. Voor het biologische drogingsproces zijn de volgende gegevens afgeleid, danwel aangenomen:

- de mechanisch ontwaterde slib bevat 162,5 kg organische stof (65% van 250 kg)
- door het biologisch drogen wordt ongeveer 97 kg organische stof afgebroken, ofwel er resteert 65,5 kg organisch
- in totaal resteert er dus 153 kg (65,5 kg organische stof en 87,5 kg inerten) droge stof
- door dit broeiverlies wordt het slib gedroogd tot een droge stofgehalte van 70%
- dit komt overeen met 219 kg biologisch gedroogd slib (65,5 kg organisch, 87,5 kg inert en 66 kg water)
- de stookwaarde van het biologisch gedroogde slib bedraagt 5,9 MJ/kg, daarbij is uitgegaan van een energie-inhoud van 22 MJ per kg organisch materiaal (ofwel $[22 * 65,5 - 66 * 2,26^3]/219 = 5,9$)⁴
- voor de meegedroogde houtchips wordt voor de samenstelling uitgegaan van houtfractie uit groenafval (zie ook achtergronddocument A15), ofwel het initiële hout heeft een vochtpercentage van 41%
- door het drogen (naar een d.s-gehalte van 70%) en de gedeeltelijke afbraak (aanname 20%)⁵ resteert er van de ingaande 50 kg houtchips uiteindelijk 34 kg 'gecomposteerd' hout opgenomen in het biologisch gedroogde slib
- in totaal resteert er dus 253 kg slib (inclusief 34 kg gecomposteerde houtchips) dat vervolgens naar de E-centrale vervoerd wordt.

³ De verdampingswaarde van water bij 100°C. Deze waarde geeft een iets beter beeld van de werkelijkheid (het water verdampt immers bij hogere temperaturen) dan de verdampingswaarde van water bij 25°C.

⁴ Aangenomen is dat het meegenomen hout geen wijziging tot gevolg heeft voor de calorische waarde van het slib.

⁵ In het achtergronddocument A15 (houtfractie uit groenafval) is aangegeven dat ongeveer 60% van het ingaande hout resteert na compsteren. Gezien het kortere composteringsproces bij de biologische droging van slib wordt aangenomen dat 80% van de organische stof zal resteren.

Voor de E-centrale zijn de volgende gegevens afgeleid, danwel aangenomen:

- de assen verdelen zich over bodemas (9%) en vliegass (91%)
- de verbrandingsassen uit de E-centrale worden als 1 gezamenlijke fractie afgevoerd naar de cementoven
- in de oorspronkelijke 50 kg houtfractie bevatte 5% as, ofwel 2,5 kg
- kijkend naar de vracht aan zware metalen die via de oorspronkelijke 50 kg houtchips (zie ook achtergronddocument A15) aan het zuiveringsslib wordt toegevoegd (hooguit enkele tienden van procenten⁶ in vergelijking met de totale vrachten in het zuiveringsslib) is het aanvaardbaar deze extra belasting achterwege te laten
- voor het geproduceerde gips is aangenomen dat 65% van de SO₂ afkomstig uit het slib wordt afgevangen en geconverteerd naar gips (slib bevat 1 gew% S, op basis van droge stof); in de gevoeligheidsanalyse "specifieke Hemweg-gegevens" is aangenomen dat 88% van de zwavel afgevangen wordt in het gips.

Het zuiveringsslib bevat 2,5 kg zwavel (zie ook tabel 2.2). Bij een afvangrendement van 65% komt dus uiteindelijk 1,625 kg zwavel in het gips terecht, hetgeen overeenkomt met 6,91 kg gips (CaSO₄). Gips heeft een d.s.-percentage van 90%, ofwel de totale gipsproductie is gelijk aan 7,7 kg. Voor de gevoeligheidsanalyse "specifieke Hemweg-gegevens" gaat het om 10,4 kg gips

Tabel 9.2 Overzicht (tussen)producten en reststoffen

Producten en reststoffen	Hoeveelheid per ton verwerkt slib (kg)	Hoeveelheid per tot verwerkt slig t.b.v. de gevoeligheidsanalyse "specifieke Hemweg-gegevens" (kg)
Gedroogd slib (incl. 30% vocht)	253	253
Bodemas	8,1	8,1
Vliegass	81,9	81,9
Gips (incl. 25% vocht)	8,7	10,4

Ruimtebeslag

Het ruimtebeslag van de slibdrooginrichting te Tiel met een totale verwerkingscapaciteit van ongeveer 84.000 ton slib per jaar. De inrichting heeft een oppervlakte van ongeveer 1,3 ha. Het ruimtebeslag komt daarmee op 0,155 m².jr.

Voor de verbranding van het biologisch gedroogd slib is aangenomen dat bij de E-centrale geen aanvullend ruimtebeslag nodig is: een evenredige ruimte (met name opslagruimte) wordt vermeden doordat er minder kolen benodigd zijn.

9.3 Transport

Het verbruik aan diesel en smeerolie, alsmede de emissies via de uitlaatgassen van de voertuigen/vaartuigen voor het transport van bovengenoemde materialen, worden berekend m.b.v. SigmaPro. Daarbij dient te worden uitgegaan van de in tabel 9.3 vermelde transportafstanden (totaal heen en terug), en tkm's.

⁶ Via de houtchips zouden bijvoorbeeld voor achtereenvolgens As, Cd, Cr, Hg en Cu 15, 12, 201, 1,8 en 300 mg toegevoegd worden aan reeds aanwezige vrachten van 3.000, 500, 8.750, 350 en 100.000 mg in het slib.

Biologische droging van zuiveringsslib wordt op 2 plaatsen toegepast, zodat een transportafstand van 100 km wordt aangehouden. Voor het transport van houtchips is 50 km gehanteerd. Voor de afleiding van de overige afstanden zie ook paragraaf 7.3.

Tabel 9.3 Overzicht hoeveelheden en transportafstanden

Materiaal	Hoeveelheid (kg/ton slib)	Beladingsgraad (ton/vracht)	Afstand	
			(km)	(tkm)
Zuiveringsslib	1000	20	75	75
Bio. gedroogd slib	253	20	75	19,0
Verbrandingsassen	90	20	300	27,0
Houtchips	50	20	50	2,5
Gips	8,7	20	50	0,44
Kalk	water	-	600	2,46
	weg	10	50	0,21
Ammoniak (25%)	0,61	10	75	0,05
Vermeden gips	1,43	20	50	0,07
Vermeden kalk	water	-	600	0,36
	weg	10	50	0,03
Vermeden E-as	13,25	20	300	4,0
Vermeden kolen	53	16	200	10,6
Gevoeligheidsanalyse "specifieke Hemweg-gegevens"				
Gips	10,4	20	50	0,52
Vermeden gips	1,7	20	50	0,085
Vermeden kalk	water	-	600	0,50
	weg	10	50	0,04

9.4 Energie

Rekening moet worden gehouden met:

- het energieverbruik van de slibdrooginrichting
- de energieproductie bij de E-centrale
- het energieverbruik bij de verwijdering van reststoffen
- het energieverbruik bij de nuttige toepassing van de geproduceerde secundaire grondstoffen
- het vermeden energieverbruik.

Het energieverbruik van de afvalverwerkingsinrichting

Een biologische slibdrooginstallatie verbruikt energie. Volgens GMB was dit over de periode 1998 - 2000 gemiddeld 35 kWh elektriciteit en 1,3 liter diesel (voor shovels) per ton ontwaterd zuiveringsslib.

De energieproductie bij de E-centrale

Het netto elektrisch rendement van een poedergestookte E-centrale is ongeveer 42,5%. Voor het meestoken van zuiveringsslib wordt eenzelfde rendement aangehouden. Uitgaande van een stookwaarde van het gedroogde slib (met 30% water) van 5,9 MJ/kg, resulteert dit in een elektriciteitsproductie van 696 kWh *per ton biologisch gedroogd slib*, ofwel $696 \cdot (253/1000) = 176$ kWh per ton mechanisch ontwaterd slib.

Het energieverbruik bij de verwijdering van reststoffen

Er komen geen reststoffen vrij die gestort moeten worden. Het ABI-slib uit de rookgasreiniging van de E-centrale wordt teruggestookt.

Energieverbruik bij nuttige toepassing secundaire grondstoffen

De samenstelling en toepassing van as en gips veranderen niet noemenswaardig door de daarin opgenomen hoeveelheden verbrandingsas van het bijgestookte zuiveringsslib. Het energieverbruik bij nuttige toepassing zal dus niet wijzigen.

Vermeden energieverbruik

Er is sprake van vermeden energieverbruik door de productie van secundaire grondstoffen en de winning van bepaalde producten vermeden wordt. De uit het meestoken van zuiveringsslib ontstane as en gips vervangen de primaire grondstoffen kalksteenmeel (vulstof cement) en natuurlijk gips. De betreffende hoeveelheden zijn weergegeven in tabel 9.3. In beide gevallen geldt een 1-op-1 vervanging. Het energieverbruik van de uitgespaarde winnings- en productieprocessen van primaire grondstoffen wordt als een negatieve milieu-ingreep in de LCA toegerekend. De invloed wordt bepaald door gebruik te maken van een standaard database in SimaPro.

9.5 Bedrijfsmiddelen

Rekening moet worden gehouden met:

- het verbruik van de slibdrooginrichting
- het verbruik van de E-centrale
- het verbruik bij de verwijdering van reststoffen
- het verbruik bij de nuttige toepassing van de geproduceerde secundaire grondstoffen
- het vermeden verbruik.

Bedrijfsmiddelenverbruik slibdrooginrichting

Een biologische slibdrooginstallatie verbruikt ongeveer 50 kg houtchips per ton mechanisch ontwaterd slib en 19,8 m³ water (zie paragraaf 9.6).

Bedrijfsmiddelenverbruik E-centrale

Het bedrijfsmiddelenverbruik van de E-centrale is bepaald aan de hand van de balans voor de E-centrale. Op basis van het zwavel-, fluor- en chloorgehalte is een hoeveelheid kalk nodig van 4,1 kg. Verder is er ook nog 0,61 kg ammoniak (25%) nodig.

Het bedrijfsmiddelenverbruik bij de verwijdering van reststoffen

Er komen geen reststoffen vrij die gestort moeten worden. Het ABI-slib uit de rookgasreiniging van de E-centrale wordt teruggestookt.

Bedrijfsmiddelenverbruik bij nuttige toepassing secundaire grondstoffen

Hier treedt geen afwijkend verbruik van bedrijfsmiddelen op ten opzichte van de situatie waarbij alleen kolen worden verstoekt. Ook bij het invoeren van de verbrandingsassen in een cementoven zijn geen (andere of aanvullende) bedrijfsmiddelen nodig.

Vermeden bedrijfsmiddelenverbruik

Aannemende dat voor elke MJ ingaande slib in een E-centrale een MJ kolen wordt vermeden is de hoeveelheid vermeden kolen gelijk aan 0,21 ton (=5,9/28,3) per ton biologisch gedroogd slib. Ofwel per ton mechanisch gedroogd slib wordt 0,053 ton (=0,21*0,253) kolen vermeden. Deze kolen bevatten 7720 gram zwavel, 160 gram chloor en 97 gram fluor per ton. Met een afscheidingsrendement van 65% komt dit overeen met 1,43 vermeden gips en 0,63 kg vermeden kalk.

Voor de gevoeligheidsanalyse "specifieke Hemweg-gegevens" gaat het om 1,70 kg vermeden gips en 0,84 kg vermeden kalk.

Met de inzet van het biologisch gedroogde zuiveringsslib in de E-centrale en het inzetten van de verbrandingsassen in een cementoven worden een aantal bedrijfsmiddelen vermeden. Zoals reeds aangegeven wordt met de inzet van 1 ton zuiveringsslib 53 kg kolen vermeden. Uitgaande van een asrest van 25% (MER-MJP-GA II) wordt er 13,25 kg minder assen gevormd. Het vermeden transport naar de cementovens is in rekening gebracht in paragraaf 9.3. Mogelijk moet door het vervallen van deze asproductie bij de cementproductie hierdoor meer primair materiaal worden gebruikt. Doordat echter onduidelijk is in hoeverre het meestoken van zuiveringsslib leidt tot toerekenbaar ander grondstoffengebruik bij de cementproductie is dit (theoretische effect) hier verder buiten beschouwing gelaten.

In paragraaf 9.3 is reeds aangegeven dat met het vervangen van de 53 kg kolen er 1,43 kg gips minder geproduceerd wordt en 0,63 kg kalk minder nodig is. In de gevoeligheidsanalyse "specifieke Hemweg-gegevens" gaat het om 1,70 kg gips en 0,84 kg kalk.

De geproduceerde hoeveelheid verbrandingsassen (90 kg) voorkomen door hun inzet in een cementoven een eenzelfde hoeveelheid kalksteenmeel.

Het bedrijfsmiddelenverbruik van de uitgespaarde winnings- en productieprocessen wordt als een negatieve milieu-ingreep in de LCA toegerekend. De milieu-effecten van het vermeden bedrijfsmiddelenverbruik wordt bepaald door gebruik te maken van de SimaPro-database.

9.6 Emissies

Rekening moet worden gehouden met:

- de emissies van de slibdrooginrichting
- de emissies van de E-centrale
- de emissies bij de nuttige toepassing van de geproduceerde secundaire grondstoffen
- de vermeden emissies.

De emissies van de slibdrooginrichting

Emissies naar lucht van de slibdrooginrichting

De emissies naar lucht betreffen voornamelijk de emissie van geurcomponenten. Om de geuremissie te beperken worden de afgassen eerst geconditioneerd/gewassen en vervolgens door een biofilter geleid. Het conditioneren/wassen houdt in dat de ammoniakconcentratie wordt verlaagd tot maximaal 30 ppm, de lucht wordt verzadigd en de temperatuur tussen 15 en 35°C wordt gebracht. Onder deze omstandigheden kunnen de geurcomponenten met een hoog rendement worden afgebroken in het biofilter, uitgaande van een goede samenstelling, laagopbouw en oppervlaktebelasting van het biofilter.

In tabel 9.4 zijn de jaarvrachten gegeven, uitgaande van 50.000 m³/uur, 8.000 bedrijfsuren per jaar, een verwerkingscapaciteit van 84.000 ton per jaar en een afscheidingsrendement van 95% (zie ook paragraaf 7.6). Onbekend is welke emissies nog meer zullen optreden (leemte in kennis).

Tabel 9.4 Emissies naar lucht via biofilter

Component	Concentratie voor bio-filter (mg/Nm ³)	Concentratie na biofilter (mg/Nm ³)	Emissie naar lucht (gram/ton slib)
NH ₃	30	1,5	7,1
C _x H _y	50	2,5	11,9

Emissies naar oppervlaktewater van de slibdrooginrichting

Bij de conditionering/wassen van de afgassen wordt een belangrijke hoeveelheid ammoniak afgevangen. Het uit de wasser komende spuiwater heeft tevens een BZV- en CZV-verbruik. Het gebruikte waswater wordt geloosd op een RWZI. De samenstelling en de uiteindelijke emissies naar water zijn in tabel 9.5 gegeven. De hoeveelheid afvalwater bedraagt per dag ongeveer 5.000 m³/dag, ofwel 19,8 m³ per ton slib (uitgaande van 8.000 uur en 84.000 ton per jaar). De overige milieu-effecten ten gevolge van de lozing op de RWZI worden met de speciale proceskaart afvalwaterzuivering bepaald.

Tabel 9.5 Samenstelling afvalwater en emissies naar oppervlaktewater per ton slib

Component	Concentratie (mg/l)	Vracht naar RWZI (g/ton slib)	Rendement RWZI (%)	Emissie naar water (g/ton slib)	Emissie naar water t.b.v. gevoeligh. "andere samenstelling" (g/ton slib)
Zwevende stof	20	396	90	39,6	39,6
Kj-N	70	1386	89	152,5	152,5
BZV	7	139	97	4,2	4,2
CZV	64	1267	90	126,7	126,7

Emissies naar bodem

Gezien de bodembeschermende maatregelen zullen bij de drooginstallatie geen emissies naar de bodem optreden.

De emissies van de E-centrale

Emissies naar lucht van de E-centrale

De emissies bij de verbranding van de gedroogde slib zijn gegeven in tabel 9.6. Deze emissies zijn bepaald aan de hand van de in het achtergronddocument A1 weergegeven balans voor een E-centrale. Ten aanzien van de CO₂-emissie is aangenomen dat deze afkomstig is van biomassa, ofwel kortcyclisch is en dus geen bijdrage zal leveren aan het broeikas-effect.

Voor de gevoeligheidsanalyse "specifieke Hemweg-gegevens" is gebruik gemaakt van specifieke metingen bij de Hemweg-centrale (KEMA, 1997). Deze gegevens zijn bepaald aan de hand van het meestoken van slib. Hierbij zijn de meetgegevens vertaald naar emissies per ton slib via de aanname dat er 2.000 Nm³ gas per ton zuiveringsslib zal ontstaan.

Tabel 9.6 Emissies naar lucht voor het meestoken van zuiveringsslib in een E-centrale

Comp.	Emissies naar lucht	Emissies naar lucht t.b.v. de gevoeligheidsanalyse "andere samenstelling"	Emissies naar lucht t.b.v. de gevoeligheidsanalyse "specifieke Hemweg-gegevens"
	(gram/ton zuiveringsslib)		
Stof	13,54	13,54	4
CO	8,96	8,96	8
NO _x	89,56	89,56	191
NH ₃	1,79	1,79	0,8
N ₂ O	-	-	0,8
C _x H _y	2,24	2,24	0,8
SO ₂	500,00	500,00	284
HCl	21,86	21,86	4,6
HF	3,95	3,95	0,5
	(mg/ton zuiveringsslib)		
As	3,00	3,00	4
Cd	5,00	6,75	0,6
Cr	8,75	19,25	11
Cu	100,00	100,00	128
Hg	35,00	50,00	14
Ni	7,50	7,50	10
Pb	43,75	43,75	57
Zn	225,00	225,00	290
	(µg/ton zuiveringsslib)		
PCDD/F	0,0089	0,0089	0,008

Emissies naar oppervlaktewater van de E-centrale

Conform de in achtergronddocument A1 van het MER aangegeven balans voor een E-centrale wordt er alleen chloor geëmitteerd naar water. Van het aanwezige chloor in zuiveringsslib gaat bijna 70% naar het oppervlaktewater, ofwel er zal 297 gram chloor naar het water gaan.

Emissies naar bodem van de E-centrale

Gezien de bodembeschermende maatregelen zullen bij de E-centrale geen emissies naar de bodem optreden.

De emissies bij de nuttige toepassing van secundaire grondstoffen

De verbrandingsassen worden toegepast in cement/beton. Conform achtergronddocument A1 zal dit leiden tot een emissie naar lucht. Voor het bepalen van deze emissies naar lucht is het eerst van belang inzicht te hebben in de samenstelling van de verbrandingsassen uit de E-centrale. Deze zijn bepaald aan de hand van de balans van de E-centrale (achtergronddocument A1 van het MER). In tabel 9.7 is de samenstelling van de assen weergegeven (inclusief de samenstelling op basis van de gevoeligheidsanalyse "andere samenstelling").

In tabel 9.8 is vervolgens aangegeven welk deel van de componenten vervolgens in de cementoven naar de lucht zullen emitteren (zie ook achtergronddocument A1). Hiervoor wordt aangesloten bij de balans van de cementoven.

Tabel 9.7 Samenstelling verbrandingsassen uit de E-centrale

Component	Percentage naar as (%)	Vracht in as (gram/ton slib)	Vracht in as t.b.v. gevoeligheidsanalyse "andere samenstelling" (gram/ton slib)
As	98,9	2,97	2,97
Cd	89	0,45	0,60
Cr	98,9	8,65	19,04
Cu	98,9	98,90	98,90
Hg	75	0,26	0,38
Ni	98,9	7,42	7,42
Pb	98,9	43,27	43,27
Zn	98,9	222,53	222,53
Cl	25	106,25	106,25
F	35	8,75	8,75
S	25	625	625

Tabel 9.8 Emissies naar lucht ten gevolge van de inzet van assen in de cementoven

Component	Emissie naar lucht (%)	Emissie naar lucht (mg/ton slib)	Emissie naar lucht t.b.v. gevoeligheidsanalyse "andere samenstelling" (gram/ton slib)
As	0,05	1,5	1,5
Cd	0,5	2,2	3
Cr	0,05	4,3	9,5
Cu	0,05	49,5	49,5
Hg	6	15,8	22,8
Ni	0,05	3,7	3,7
Pb	0,05	21,6	21,6
Zn	0,05	111	111
Cl (als HCl)	0,6	656	656
F (als HF)	1	87,5	87,5
S (als SO ₂)	0,05	625	625

Uiteindelijk worden de componenten opgenomen in het cement en als zodanig toegepast. Aangenomen is dat deze componenten in de normale situatie niet zullen uitlogen. In het kader van de gevoeligheidsanalyse "wel uitloging" wordt echter toch rekening gehouden met enige uitloging. Hiervoor is gebruik gemaakt van achtergronddocument A1. In tabel 9.9 is de te verwachten uitloging afgeleid.

Tabel 9.9 Samenstelling verbrandingsas inclusief de uitloging naar de bodem voor de gevoeligheidsanalyse "wel uitloging"

Component	Vracht component in as (g/ton slib)	Percentage uitloging (%)	Emissie naar de bodem t.b.v. gevoeligheidsanalyse "wel uitloging" (mg/ton slib)
As	2,97	0,05	1,48
Cd	0,45	0,65	2,89
Cr	8,65	0,05	4,33
Cu	98,90	0,05	49,45
Hg	0,26	1,1	2,89
Ni	7,42	0,05	3,71
Pb	43,27	0,05	21,63
Zn	222,53	0,05	111,26
Cl	106,25	0,05	53,13
F	8,75	0,05	4,38
SO ₄	625,00	0,05	937,50

Vermeden emissies

De geproduceerde verbrandingsas wordt nuttig toegepast als vulstof en vervangt de primaire grondstof kalksteenmeel. Ook de geproduceerde gips wordt hergebruikt. Door het meestoken wordt tevens een hoeveelheid kolen vermeden (zie tabel 9.3). De vermeden emissies ten gevolge van de uitgespaarde winnings- en productieprocessen van primaire grondstoffen worden als een negatieve milieu-ingreep in de LCA toegerekend. De omvang van de vermeden emissies wordt bepaald door gebruik te maken van de SimaPro-database.

10. ALTERNATIEF BIOLOGISCH DROGEN EN INZET IN CEMENTOVEN

De verwerkingskosten bij drogen en vervolgens inzet in een cementoven bedragen ongeveer 120 euro per ton slib (25% d.s.).

10.1 Procesbeschrijving

A. Slibaanvoer

Het mechanisch ontwaterde slib wordt per vrachtwagen vervoerd naar de slibverwerkingsrichting.

B. Slibopslag

Het aangevoerde slib wordt opgeslagen in een bunker/slibsilo's. Deze voorzieningen worden geforceerd geventileerd en de afgezogen lucht wordt behandeld in een biofilter.

C. Mengen

Voorafgaand aan het biologische droogproces wordt het slib gemengd met toeslagstoffen (houtchips) en compost. Deze stoffen hebben de functie van dragermateriaal, zorgen voor entstoffen en een luchtige structuur, een hogere koolstof/stikstofverhouding, dragen bij aan de energieproductie en absorberen direct na het mengen een deel van het vocht in het slib. Van de toegevoerde houtsnippers wordt gemiddeld 50 kg per ton slib verbruikt.

D. Voorcompostering

De biologische slibdrooginstallatie te Tiel betreft een zogenaamde tunnelcompostering. Het te drogen slib bevindt zich hierbij in een afgesloten horizontale reactor (de tunnel), waar lucht aan de onderzijde wordt ingeblazen.

Er wordt bij de voorcompostering gestreefd naar een stijging van de temperatuur tot circa 75°C, waarna de temperatuur zo lang mogelijk op dit niveau wordt gehandhaafd door meer of minder lucht in te brengen. De ingebrachte verse lucht stijgt eveneens in temperatuur en raakt meer verzadigd met waterdamp, zodat het slib droogt. De lucht zorgt tevens voor aanvoer van zuurstof voor het biologische proces. Een deel van het organisch stofgedeelte uit het slib wordt omgezet ("broeiverlies") en levert aldus de benodigde warmte voor de droging.

E. Nabewerking

Na de voorcompostering wordt het materiaal uitgezeefd om de "compost" te scheiden van het toeslagmateriaal. Het uitgezeefde toeslagmateriaal gaat retour in het proces (naar de menger (onderdeel C)). De compost wordt naar het nacomposteringsterrein gebracht voor een verdere compostering (zonder toeslagmateriaal).

F. Nacompostering

De "compost" uit de voorcompostering wordt gedurende circa 14 dagen geforceerd belucht teneinde ook de moeilijk afbreekbare organische verbindingen af te breken. De temperatuur ligt hierbij opnieuw rond de 75°C.

G. Luchtbehandeling

De afgezogen (proces)lucht wordt ter voorkoming van geurproblemen behandeld in een biofilter met voorgeschakelde ammoniakwasser. Spuiwater van deze luchtbehandelingsvoorzieningen wordt afgevoerd naar een RWZI.

H. Zuiveren afvalwater in RWZI

Spuiwater van de luchtbehandeling wordt gezuiverd in de RWZI.

I. Transport gedroogd slib

Het biologisch gedroogde slib wordt per vrachtwagen afgevoerd naar de cementoven.

J. Verbranden in de cementoven

Het biologisch gedroogde slib wordt bijgestookt als secundaire brand- en grondstof in een cementoven. De energie-inhoud van het gedroogde slib levert dan een bijdrage aan de productie van cement. De aanwezige inertien fungeren daarbij als vulstof in de cement.

K. Rookgasreiniging

Een gedeelte van de verontreinigingen in het zuiveringsslib wordt geabsorbeerd in de cementoven. De rookgasreiniging van de cementoven bestaat uit een E-filter om het stof af te scheiden. De vlieg-as wordt weer teruggevoerd naar de klinker. Er ontstaan dus geen reststoffen.

10.2 Massabalans en ruimtebeslag

Componentbalans

Voor de verdeling van de componenten in de cementoven wordt gebruik gemaakt van de balans voor een cementoven zoals weergegeven in het achtergronddocument A1 van het MER en tabel 10.1. In de gevoeligheidsanalyse "specifieke ENCI-gegevens" (Haskoning, 1997) wordt inzicht gegeven in de mogelijke effecten van het hanteren van locatiespecifieke informatie.

Tabel 10.1 Overzicht verdeling componenten voor een cementoven

Component	Lucht (%)	Cement (%)
As	0,05	99,95
Cd	0,5	99,5
Cr	0,05	99,95
Cu	0,05	99,5
Hg	6	94
Ni	0,05	99,95
Pb	0,05	99,95
Zn	0,05	99,95
Cl	0,6	99,4
F	1	99
S	3,6	96,4

Producten/reststoffen

De verwerking van het biologisch gedroogd zuiveringsslib resulteert in producten en/of reststoffen. Tabel 10.2 bevat een overzicht van de hoeveelheden producten en reststoffen die ontstaan bij de verwerking van 1 ton (mechanisch ontwaterd) zuiveringsslib op een wijze zoals omschreven in paragraaf 10.1. Voor het biologische drogingsproces zijn de volgende gegevens afgeleid, danwel aangenomen:

- de mechanisch ontwaterde slib bevat 162,5 kg organische stof (65% van 250 kg)
- door het biologisch drogen wordt ongeveer 97 kg organische stof afgebroken, ofwel er resteert 65,5 kg organisch
- in totaal resteert er dus 153 kg (65,5 kg organische stof en 87,5 kg inertien) droge stof
- door dit broeiverlies wordt het slib gedroogd tot een droge stofgehalte van 70%
- dit komt overeen met 219 kg biologisch gedroogd slib (65,5 kg organisch, 87,5 kg inert en 66 kg water)

- de stookwaarde van het biologisch gedroogde slib bedraagt 5,9 MJ/kg, daarbij is uitgegaan van een energie-inhoud van 22 MJ per kg organisch materiaal (ofwel $[22 * 65,5 - 66 * 2,26^7]/219 = 5,9$)⁸
- voor de meegedroogde houtchips wordt voor de samenstelling uitgegaan van houtfractie uit groenafval (zie ook achtergronddocument A15), ofwel het initiële hout heeft een vochtpercentage van 41%
- door het drogen (naar een d.s-gehalte van 70%) en de gedeeltelijke afbraak (aanname 20%)⁹ resteert er van de ingaande 50 kg houtchips uiteindelijk 34 kg 'gecomposteerd' hout opgenomen in het biologisch gedroogde slib
- in totaal resteert er dus 253 kg slib (inclusief 34 kg gecomposteerde houtchips) dat vervolgens naar de cementoven vervoerd wordt
- de houtfractie bevat 5% as, ofwel 2,5 kg (het totaal aan assen komt daarmee op 90 kg)
- kijkend naar de vracht aan zware metalen die via de oorspronkelijke 50 kg houtchips (zie ook achtergronddocument A15) aan het zuiveringsslib wordt toegevoegd (hooguit enkele tienden van procenten) is het aannemelijk deze extra belasting achterwege te laten.

Tabel 10.2 Overzicht (tussen)producten en reststoffen

Producten en reststoffen	Hoeveelheid per ton verwerkt slib (kg)	Nuttige toepassing/verwijdering
Gedroogd slib (incl. 30% vocht)	253	wordt verbrand in de cementoven
Verbrandingsas	90,0	vulstof in cement, vervangt kalksteen

Ruimtebeslag

Het ruimtebeslag van de slibdrooginrichting te Tiel met een totale verwerkingscapaciteit van ongeveer 84.000 ton slib per jaar. Hiervan is 70.000 ton zuiveringsslib en de rest is met name slib van voedingsmiddelenindustrie. De inrichting heeft een oppervlakte van ongeveer 1,3 ha. Het ruimtebeslag komt daarmee op 0,155 m².jr.

Voor de verbranding van gedroogd slib is bij de cementoven geen aanvullend ruimtebeslag benodigd: door vervangen van andere grond/brandstoffen wordt eenzelfde ruimtebeslag vermeden.

10.3 Transport

In het beschouwde afvalbeheersalternatief vindt transport per as plaats van zuiveringsslib en van biologisch gedroogd slib naar de cementoven. Ook wordt met de inzet van zuiveringsslib in de cementoven transport van kolen of stookolie vermeden.

Het verbruik aan diesel en smeerolie, alsmede de emissies via de uitlaatgassen van de voertuigen/vaartuigen voor het transport van bovengenoemde materialen, worden berekend m.b.v. SimaPro. Daarbij wordt uitgegaan van de in tabel 10.3 vermelde transportafstanden (totaal heen en terug) en belandingsgraden.

⁷ De verdampingswaarde van water bij 100°C. Deze waarde geeft een iets beter beeld van de werkelijkheid (het water verdampt immers bij hogere temperaturen) dan de verdampingswaarde van water bij 25°C.

⁸ Aangenomen is dat de meegenomen houtchips geen wijzigingen tot gevolg heeft voor de calorische waarde van het zuiveringsslib.

⁹ In achtergronddocument A15 voor houtfractie uit groenafval is aangegeven dat ongeveer 60% van het ingaande hout resteert na compsteren. Gezien het kortere composteringsproces bij de biologische droging van slib wordt aangenomen dat 80% van de organische stof zal resteren.

Biologische droging van zuiveringsslib wordt op 2 plaatsen toegepast, zodat een transportafstand van 100 km wordt aangehouden. Voor het transport van houtchips is 50 km gehanteerd. Conform de rest van het MER is voor de transport van afval naar een cementoven uitgegaan van een gemiddelde afstand van 300 km.

Voor het vermeden transport van kolen en stookolie wordt uitgegaan van gemiddeld 200 km. Aangenomen wordt dat de winning van kalksteen in de nabijheid van de cementoven plaatsvindt en daarmee geen transport gemoeid gaat.

Tabel 10.3 Overzicht hoeveelheden en transportafstanden

Materiaal	Hoeveelheid (kg/ton slib)	Beladingsgraad (ton/vracht)	Afstand	
			(km)	(tkm)
Zuiveringsslib	1000	20	100	100
Gedroogd slib	253	20	300	75,9
Houtchips	50	20	50	2,5
Vermeden kolen	88	16	200	17,6
Gevoeligheidsanalyse "vermeden inzet stookolie"				
Vermeden stookolie	37	16	200	7,4

10.4 Energie

Rekening moet worden gehouden met:

- het energieverbruik van de slibdrooginrichting
- het energieverbruik (of -productie) bij de nuttige toepassing van de geproduceerde secundaire brand- en grondstoffen
- het vermeden energieverbruik.

Het energieverbruik van de afvalverwerkingsinrichting

Een biologische slibdrooginstallatie verbruikt energie. Volgens GMB was dit over de periode 1998 - 2000 gemiddeld 35 kWh elektriciteit en 1,3 liter diesel (voor shovels) per ton mechanisch ontwaterd zuiveringsslib.

Energieopbrengst bij nuttige toepassing secundaire brand- en grondstoffen

Met gedroogde slib met een droogstofgehalte van 70% heeft een stookwaarde van 5,9 MJ/kg. Met de inzet van 253 kg gedroogd slib wordt dus 1,49 GJ aan 'brandstof' aangevoerd. Aangenomen wordt dat slib hier 1-op-1 eenzelfde energiehoeveelheid hoogzwavelige kolen (17 MJ/kg) of stookolie (40,6 MJ/kg), t.b.v. de gevoeligheidsanalyse "vermeden inzet stookolie", vervangt. Concreet betekent dit dat per ton (mechanisch ontwaterd slib) 88 kg kolen (1490/17) of 37 kg stookolie (1490/40,6) wordt vermeden.

Vermeden energieverbruik

Er is sprake van vermeden energieverbruik door de productie van secundaire grondstoffen. De uit het meestoken van zuiveringsslib resulterende verbrandingsas vervangt de primaire grondstof kalksteen, op basis van een 1-op-1 vervanging. Het energieverbruik van de uitgespaarde winnings- en productieprocessen van primaire grondstoffen wordt als een negatieve milieuingreep in de LCA toegerekend. De omvang wordt bepaald door gebruik te maken van een standaard database in SimaPro.

10.5 Bedrijfsmiddelen

Rekening moet worden gehouden met:

- het verbruik van de slibdrooginrichting
- het verbruik bij de nuttige toepassing van de geproduceerde secundaire grondstoffen (brandstof in de cementoven)
- het vermeden verbruik.

Bedrijfsmiddelenverbruik slibdrooginrichting

Een biologisch slibdrooginstallatie verbruikt ongeveer 50 kg houtchips per ton mechanisch ontwaterd slib en 19,8 m³ water (zie paragraaf 10.6).

(Vermeden) bedrijfsmiddelenverbruik bij nuttige toepassing secundaire grondstoffen

Het gedroogde slib vervangt de aangegeven hoogzwavelige kolen (of stookolie). Verder zorgen de aanwezige 'verbrandingsassen' voor het vermijden van eenzelfde hoeveelheid kalksteen. Per ton mechanisch ontwaterd zuiveringsslib ontstaat 90,0 kg assen en wordt dus eenzelfde hoeveelheid kalksteen vermeden.

Met de inzet van het gedroogde slib wordt echter ook de inzet van 88 kg hoogzwavelige kolen (met een asrest van ongeveer 40%) vermeden. Deze kolen zouden 35,2 kg assen bijdragen. Netto wordt ontstaan er dus 54,8 kg meer assen en wordt dus in de inzet van 54,8 kg kalksteen vermeden.

In het geval van de gevoeligheidsanalyse "vermeden inzet van stookolie" wordt aangenomen dat stookolie geen asrest heeft en daarmee dus netto 90,0 kg kalksteen wordt vermeden.

Het bedrijfsmiddelenverbruik van de uitgespaarde winnings- en productieprocessen van primaire grondstoffen wordt als een negatieve milieu-ingreep in de LCA toegerekend. De omvang van het vermeden bedrijfsmiddelenverbruik wordt bepaald door gebruik te maken van een standaard database in SimaPro.

10.6 Emissies

Rekening moet worden gehouden met:

- de emissies van de slibdrooginrichting
- de emissies van de cementoven
- de emissies bij de nuttige toepassing van de geproduceerde secundaire grondstoffen
- de vermeden emissies.

De emissies van de slibdrooginrichting

Emissies naar lucht van de slibdrooginrichting

De emissies naar lucht betreffen voornamelijk de emissie van geurcomponenten. Om de geuremissie te beperken worden de afgassen eerst geconditioneerd/gewassen en vervolgens door een biofilter geleid. Het conditioneren/wassen houdt in dat de ammoniakconcentratie wordt verlaagd tot maximaal 30 ppm, de lucht wordt verzadigd en de temperatuur tussen 15 en 35°C wordt gebracht. Onder deze omstandigheden kunnen de geurcomponenten met een hoog rendement worden afgebroken in het biofilter, uitgaande van een goede samenstelling, laagopbouw en oppervlaktebelasting van het biofilter.

In tabel 10.4 zijn de jaarvrachten gegeven, uitgaande van 50.000 m³/uur, 8.000 bedrijfsuren per jaar, een verwerkingscapaciteit van 84.000 ton per jaar en een afscheidingsrendement van 95% (zie ook paragraaf 7.6). Onduidelijk is welke andere emissies zullen optreden (leemte in kennis).

Tabel 10.4: Emissies naar lucht via biofilter

Component	Concentratie voor bio-filter (mg/Nm ³)	Concentratie na biofilter (mg/Nm ³)	Emissie naar lucht (gram/ton slib)
NH ₃	30	1,5	7,1
C _x H _y	50	2,5	11,9

Emissies naar oppervlaktewater van de slibdrooginrichting

Bij de conditionering/wassen van de afgassen wordt een belangrijke hoeveelheid ammoniak afgevangen. Het uit de wasser komende spuiwater heeft tevens een BZV- en CZV-verbruik. Het gebruikte waswater wordt geloosd op een RWZI. De samenstelling en de uiteindelijke emissies naar water zijn in tabel 10.5 gegeven. De hoeveelheid afvalwater bedraagt per dag ongeveer 5.000 m³/dag, ofwel 19,8 m³ per ton slib (uitgaande van 8.000 uur en 84.000 ton per jaar). De overige milieu-effecten ten gevolge van de lozing op de RWZI worden met de speciale proceskaart afvalwaterzuivering bepaald.

Tabel 10.5: Samenstelling afvalwater en emissies naar oppervlaktewater per ton slib

Component	Concentratie (mg/l)	Vracht naar RWZI (gram/ton slib)	Rendement RWZI (%)	Emissie naar water (gram/ton slib)	Emissie naar water t.b.v. gevoeligh. "andere samenstelling" (gram/ton slib)
Zwevende stof	20	396	90	39,6	39,6
Kj-N	70	1386	89	152,5	152,5
BZV	7	139	97	4,2	4,2
CZV	64	1267	90	126,7	126,7

Emissies naar bodem

Gezien de bodembeschermende maatregelen zullen bij de drooginstallatie geen emissies naar de bodem optreden.

De emissies van de cementoven

Emissies naar lucht van de cementoven

De emissies naar lucht zoals weergegeven in tabel 10.6 zijn bepaald aan de hand van de in het achtergronddocument A1 weergegeven balans voor een cementoven. Ten aanzien van de CO₂-emissie is aangenomen dat deze afkomstig is van biomassa, ofwel kortcyclisch is en dus geen bijdrage zal leveren aan het broeikaseffect.

Voor de gevoeligheidsanalyse "specifieke ENCI-gegevens" is gebruik gemaakt van specifieke metingen bij de ENCI. Deze gegevens zijn bepaald aan de hand van het meestoken van slib. Hierbij zijn de meetgegevens vertaald naar emissies per ton slib via de aanname dat er 2.000 Nm³ gas per ton zuiveringsslib zal ontstaan.

Tabel 10.6 Emissies naar de lucht voor het meestoken van gedroogd zuiveringsslib in een cementoven

Comp.	Emissies naar lucht	Emissies naar lucht t.b.v. de gevoeligheidsanalyse "andere samenstelling"	Emissies naar lucht t.b.v. de gevoeligheidsanalyse "specifieke ENCI-gegevens"
(gram/ton zuiveringsslib)			
Stof	13,49	13,49	20
CO	223,91	223,91	200
NO _x	716,50	716,50	480
C _x H _y	59,71	59,71	20
SO ₂	180,00	180,00	300
HCl	2,62	2,62	4
HF	0,26	0,26	0,2
(mg/ton zuiveringsslib)			
As	1,50	1,50	1
Cd	2,50	3,38	2
Cr	4,38	9,63	5
Cu	50,00	50,00	50
Hg	21,00	30,00	120
Ni	3,75	3,75	3
Pb	21,88	21,88	23
Zn	112,50	112,50	120
(µg/ton zuiveringsslib)			
PCDD/F	0,045	0,045	0,08

Emissies naar oppervlaktewater van de cementoven.

Er ontstaat bij de cementoven geen te lozen afvalwaterstroom.

Emissies naar bodem

Gezien de bodembeschermende maatregelen zullen bij de cementoven geen emissies naar de bodem optreden.

De emissies bij de verwijdering van reststoffen

Er komen geen reststoffen vrij die gestort moeten worden.

De emissies bij de nuttige toepassing van secundaire grondstoffen

De inerten aanwezig in het gedroogde zuiveringsslib worden opgenomen in het uiteindelijke cement. Conform achtergronddocument Aa is aangenomen dat deze assen normaal gesproken niet zullen uitloggen.

In de gevoeligheidsanalyse "wel uitloging" zal uitgegaan worden van enige uitloging. In tabel 10.7 is voor het cement aangegeven welke hoeveelheden van de afzonderlijke componenten in het cement terechtkomen (op basis van de balans) en welk deel daarvan zal uitloggen.

Tabel 10.7 Samenstelling as in cement inclusief de uitloging naar de bodem voor de gevoeligheidsanalyse "wel uitloging"

Component	Vracht component in cement (g/ton slib)	Percentage uitloging (%)	Emissie naar de bodem t.b.v. gevoeligheidsanalyse "wel uitloging" (mg/ton slib)
As	3,00	0,05	1,50
Cd	0,50	0,65	3,23
Cr	8,75	0,05	4,37
Cu	99,95	0,05	49,98
Hg	0,33	1,1	3,62
Ni	7,50	0,05	3,75
Pb	43,73	0,05	21,86
Zn	224,89	0,05	112,44
Cl	422,45	0,05	211,23
F	24,75	0,05	12,38
S	2410,00	0,05	1205,00

Vermeden emissies

De geproduceerde verbrandingsas wordt nuttig toegepast als vulstof en vervangt de primaire grondstof kalksteen. De vermeden emissies ten gevolge van de uitgespaarde winnings- en productieprocessen van primaire grondstoffen worden als een negatieve milieu-ingreep in de LCA toegerekend. De omvang van de vermeden emissies wordt bepaald door gebruik te maken van de SimaPro-database.

Daarnaast wordt, door het vermijden van kolen of stookolie emissie naar de lucht vermeden. In tabel 10.8 is aangegeven welke emissies naar lucht vermeden worden met de vermeden inzet van 88 kg hoogzwavelige kolen of 37 kg stookolie (gevoeligheidsanalyse "vermeden inzet stookolie").

Ten aanzien van de vermeden CO₂-emissie is uitgegaan van 85,6 gram CO₂ per MJ (TNO, 2000). Uitgaande van een input in de cementoven van 1,49 MJ wordt dus 128 kg CO₂ vermeden (voor zowel de vermeden kolen als de vermeden stookolie).

Voor de procesgebonden emissies is aangenomen dat deze gelijk zijn aan de directe emissies aangezien deze gebaseerd worden op de energetische input, met uitzondering van de stofemissies, die voor een deel ook componentgebonden zijn.

Tabel 10.8 Vermeden emissies naar de lucht

Comp	Vermeden emissies door vermeden inzet van 88 kg kolen			Vermeden emissies door vermeden inzet van 37 kg stookolie			
	Input (g/ton kolen)	Emissie naar lucht (%)	Vermeden emissie (mg/ton slib)	Input (g/ton stookolie)	Emissie naar lucht (%)	Vermeden emissie (mg/ton slib)	
As	4,05	0,05	0,18	0,8	0,05	0,01	
Ba	320	0,05	14,08	0	0,05	0,00	
Cd	1,17	0,5	0,51	0	0,5	0,00	
Co	45,1	0,05	1,98	2	0,05	0,04	
Cr	60	0,05	2,64	0,3	0,05	0,01	
Cu	53	0,05	2,33	1	0,05	0,02	
Hg	0,83	6	4,38	0,006	6	0,01	
Mn	845	0,05	37,18	0	0,05	0,00	
Mo	4	0,05	0,18	0,5	0,05	0,01	
Ni	88,3	0,05	3,89	30	0,05	0,56	
Pb	67	0,05	2,95	9	0,05	0,17	
Sb	15	0,05	0,66	0	0,05	0,00	
Se	5	0,05	0,22	0,75	0,05	0,01	
Sn	15	0,05	0,66	0	0,05	0,00	
Sr	220	0,05	9,68	0	0,05	0,00	
V	399	0,05	17,56	60	0,05	1,11	
Zn	264	0,05	11,62	3,5	0,05	0,06	
Cl	1900	0,6	1003,2	90	0,6	19,98	
F	93	1	81,84	9	1	3,33	
SO ₂	17100	7,2	108345,60	9300	7,2	24775,20	
			(gram/ton)				(gram/ton)
Stof			13,57			13,52	
CO			223,91			223,91	
NO _x			716,50			716,50	
C _x H _y			59,71			59,71	
			(kg/ton)				(kg/ton)
CO ₂			128			128	
			(µg/ton)				(µg/ton)
Dioxines			0,045			0,045	

11. ALTERNATIEF NATTE OXIDATIE

De verwerkingskosten bij natte oxidatie zijn ongeveer 90 euro per ton slib (met een d.s.-gehalte van 25%).

11.1 Procesbeschrijving

De informatie over de procesbeschrijving alsook de milieu-ingrepen zijn gebaseerd op (Vartech, 2001).

A. Transport slib

Het (niet ontwaterde) slib wordt per vrachtwagen vervoerd naar de slibverwerkingsinrichting. Het slib wordt verwerkt zoals het vrijkomt uit de RWZI, dus met een d.s.-gehalte van ongeveer 5%. Een mechanische ontwatering van het slib is niet vereist; dit is een belangrijk verschil met de andere alternatieven.

B. Opslag en verdunnen slib

Het slib (5% d.s.) wordt in tanks opgeslagen.

C. Luchtbehandeling

De lucht in de opslagtanks wordt afgezogen en behandeld in een biofilter.

D. Versnijden

Het slib passeert een versnijder (ter voorkoming van verstoppingen) alvorens het aan de natte-oxidatiereactor wordt gevoed.

E. Natte oxidatie reactor

De reactor hangt in een 1.280 m diepe schacht met een diameter van 95 cm, met metalen behuizing. De reactor zelf heeft een uitwendige diameter van 40 cm en bestaat uit een stelsel van verticale, buizen. Het te verwerken slib (influent), waaraan in de reactor zuurstof wordt toegevoegd, stroomt naar beneden in de centrale daalbuis. De behandelde slibstroom (effluent) verlaat de reactor rondom de daalbuis door de stijgbuis.

Bij het naar beneden stromen neemt de temperatuur van het influent met daarin opgeloste gasen en gemineraliseerde vaste stoffen toe als gevolg van de warmte afkomstig van de stijgbuis, de toenemende hydrostatische druk en de exotherme oxidatiereacties. Verdampen of “koken” van de vloeistof wordt voorkomen door een toenemende druk als gevolg van de bovenstaande waterkolom. In de stijgbuis daalt deze druk weer geleidelijk.

De daalbuis en stijgbuis fungeren als een efficiënte warmtewisselaar tussen het warme effluent en het koude influent. Daarnaast is nog een extra warmtewisselaar rondom de stijgbuis in de reactor geplaatst. Met de daarin naar beneden stromende vloeistof kan extra warmte tijdens de opstart van het proces aan de reactor worden toegevoegd, dan wel het teveel aan warmte bij een stabiele, ononderbroken bedrijfsvoering worden afgevoerd. In het laatste geval stroomt de warme koelvloeistof in een aparte, geïsoleerde, buis weer naar boven, waarmee eventueel warmte kan worden teruggewonnen door omzetting in stoom. Met deze stoom zou in een turbine stroom opgewekt kunnen worden. Aangezien dit geen praktijk is wordt dit niet meegenomen in de LCA.

De temperatuur op de bodem van de reactor is 260-280°C bij een druk van 85-110 bar. Het oxidatiemedium wordt toegediend in de vorm van zuivere zuurstof. De verblijftijd in het hoge druk/temperatuurgedeelte van de reactor is 15-20 minuten, opdat een hoge oxidatiegraad wordt bereikt.

In de loop van het oxidatieproces kan een neerslag van calciumsulfaat afzet op de reactorwanden plaatvinden. Om deze neerslag te verwijderen wordt de reactor periodiek gewassen met 15 gewicht-% salpeterzuuroplossing.

F. Gas- en vloeistofscheiding

Het effluent uit de natte oxidatie reactor stroomt naar gas-vloeistofscheiders. Het daar afgescheiden gas gaat naar een afgasbehandelingsinstallatie en de vloeistof met gesuspenderde stoffen gaat naar een indik/buffertank.

G. Afgasbehandeling

De gassen uit de gas-vloeistofscheiders worden behandeld via een thermische en katalytische naverbrander. De temperatuur van 850°C, waarbij de naverbrander bedreven wordt, is hoog genoeg om een volledige omzetting van CO in CO₂ te garanderen. Ook worden koolwaterstoffen in gasvorm, die slechts in sporen in het afgas voorkomen, volledig omgezet in stikstof, waterdamp en CO₂.

H. Indikken en ontwateren

De onderloop van de gas-as-vloeistofafscheiders bevat een droge stofgehalte van circa 2,5% en wordt naar een indik/buffertank gepompt (indikking tot 6% droge stof). Vervolgens vindt een ontwatering plaats met behulp van kamerfilterpersen, waardoor een askoek met een droge stofgehalte van 50% ontstaat. Het filtraat van de persinstallatie wordt afgevoerd naar de biologische afvalwaterzuivering.

I. Afvalwaterzuivering

Het effluent van de natte-oxidatiereactor kan een aanzienlijke concentratie aan kleine moleculaire organische verbindingen bevatten, zoals vluchtige vetzuren, alcoholen, aldehydes, eenvoudige aminozuren en ammoniak. Vervolgens wordt dan ook een aërobe zuivering inclusief biologische stikstofverwijdering toegepast.

J. Transport filterkoek

De filterkoek (50% d.s.) die in de kamerfilterpers ontstaat, wordt per vrachtwagen afgevoerd naar de stortplaats.

K. Nuttig toepassen filterkoek

Voor de filterkoek worden momenteel nuttige toepassingsmogelijkheden gezocht. Gedacht daarbij wordt aan toepassing als bouwstof. Aangezien onduidelijk is of en zo ja welke toepassingsvormen geschikt zijn voor de filterkoek wordt vooralsnog uitgegaan van het storten van de filterkoek onder C3-condities.

In de gevoeligheidsanalyse "filterkoek naar cementoven" wordt tevens gekeken naar het toepassen van de filterkoek in een cementoven.

11.2 Massabalans en ruimtebeslag

Producten/reststoffen

De verwerking van zuiveringsslib in een natte-oxidatiereactor resulteert in filterkoek dat of gestort of naar een cementoven zal gaan. In 2000 is ongeveer 24.000 ton filterkoek gevormd op een totale verwerking van 480.000 ton slib van 5% d.s. Aangezien de functionele eenheid voor het verwerken van zuiveringsslib uitgaat van slib met een d.s.-gehalte van 25% is de hoeveelheid filterkoek in tabel 11.1 hiervoor gecorrigeerd. Gecorrigeerd gaat het dus om een verwerkingscapaciteit van 96.000 ton zuiveringsslib met een d.s.-gehalte van 25%.

Tabel 11.1 Overzicht reststoffen door natte oxidatie

Reststoffen	Hoeveelheid (kg/ton slib)	Toepassing/verwijdering
Filterkoek	250	Storten (C3) of toepassen in cementoven

Ruimtebeslag

Het ruimtebeslag van de installatie met een totale verwerkingscapaciteit van 480.000 ton zuiveringsslib/jaar bedraagt circa 10.000 m², inclusief voorzieningen voor slibbuffering. Hieruit resulteert een specifieke ruimtebehoefte van 0,10 m².jr per ton slibmateriaal met een d.s.-gehalte van 25%.

Voor het storten van de filterkoek is aangenomen dat daarvoor de informatie uit achtergronddocument A1 voor AVI-RGR-residu te hanteren is. Ofwel per ton filterkoek is het ruimtebeslag gelijk aan 14 m².jr. Er resteert ongeveer 250 kg filterkoek, ofwel het aan zuiveringsslib toe te rekenen ruimtebeslag is gelijk aan 3,5 m².jr.

Voor de gevoeligheidsanalyse “filterkoek naar cementoven” wordt geen rekening gehouden met ruimtebeslag voor de installatie. Het ingenomen ruimtebeslag voor de filterkoek is even groot als het vermeden ruimtebeslag.

Doordat de natte-oxidatiereactor uitgaat van slib met een d.s.-gehalte van 5% wordt het ruimtebeslag (en ook het energieverbruik en bedrijfsmiddelenverbruik) vermeden voor het niet reinigen van 4.000 kg water¹⁰. In de andere alternatieven wordt deze hoeveelheid vooraf (bij de mechanische ontwatering) eruit gehaald en valt daar buiten de systeemgrens. Omwille van een eerlijke vergelijking wordt voor de natte-oxidatiereactor deze vermeden ingrepen als vermeden meegenomen door de vermeden zuivering van 4.000 kg water via de standaard proceskaart waterzuivering.

11.3 Transport

In het beschouwde alternatief vindt transport per as plaats van zuiveringsslib en filterkoek.

Het verbruik aan diesel en smeerolie, alsmede de emissies via de uitlaatgassen van de voertuigen voor het transport van zuiveringsslib en filterkoek worden berekend m.b.v. de SimaPro-database. Daarbij wordt uitgegaan van de in tabel 11.2 vermelde transportafstanden (totaal heen en terug). De capaciteit per vracht voor de verschillende (afval)stromen is tevens weergegeven in tabel 11.2.

¹⁰ Slib met een d.s.-gehalte van 25% bevat 250 kg droge stof en 750 kg water. Vijf ton slib met een d.s.-gehalte van 5% bevat ook 250 kg d.s. en 4.750 kg water.

Tabel 11.2 Overzicht hoeveelheden en transportafstanden

Materiaal	Hoeveelheid (kg/ton slib)	Afstand (km)	Ton per vracht	Tonkilometer (tkm)
Zuiveringsslib	5.000	22,5	20	112,5
Technisch zuiver zuurstof	160	75	20	12
Salpeterzuur (15 gew%)	25	75	20	1,9
Filterkoek (50% d.s.)	250	40	20	10
Zand (afdeklaag)	187,5	35	20	6,6
Gevoelighedsanalyse “filterkoek naar cementoven”				
Filterkoek (50% d.s.)	250	300	20	75

Natte oxidatie van zuiveringsslib wordt maar op één locatie toegepast. De installatie is echter gesitueerd naast een RWZI, zodat de transportafstand voor een deel van de slib (circa 55%) nihil is. De werkelijke transport voor dat deel is gelijk aan 50 meter. De overige slib (45%) komt van een nabijgelegen RWZI: als gemiddelde is 50 km aangehouden (heen en terug). De gemiddelde transportafstand komt daarmee in dit specifieke geval op 22,5 km (0,45*50 km).

Verder geldt voor het transport van filterkoek naar de stortplaats dat er in werkelijkheid gerekend wordt met een afstand van 40 km (heen en terug).

De overige afstanden zijn conform de andere technieken. Doordat de natte oxidatie reactor uitgaat van slib met een d.s.-gehalte van 5% wordt voor de vergelijkbaarheid hier uitgegaan van het transport van 5.000 kg slib (i.t.t. de andere alternatieven waar het gaat om 1.000 kg slib).

11.4 Energie

Rekening moet worden gehouden met:

- het energieverbruik van de installatie, inclusief waterzuivering
- het energieverbruik bij de verwijdering van reststoffen
- het energieverbruik bij de nuttige toepassing van de geproduceerde secundaire grondstoffen
- het vermeden energieverbruik.

Het energieverbruik van de afvalverwerkingsinrichting, inclusief waterzuivering

De natte-oxidatiereactor heeft in 2000 elektriciteit, aardgas en dieselolie verbruikt. De hoeveelheden zijn bepaald op basis van de verwerkte tonnen d.s.. Per ton d.s. was dat respectievelijk 394 kWh elektriciteit, 37 Nm³ aardgas en 1,2 liter diesel. Per ton zuiveringsslib met 250 kg d.s. gaat het dus om een energieverbruik van 98,5 kWh elektriciteit, 9,25 Nm³ aardgas en 0,3 liter diesel. Hierin is tevens het energieverbruik voor de afgasbehandeling verdisconteerd.

Het energieverbruik bij de verwijdering van reststoffen

Voor het storten van de filterkoek geldt een energieverbruik van 60 MJ per ton, ofwel 15 MJ per ton slib (25% d.s.). Verder is voor het aanbrengen van de afdeklaag 26 MJ nodig per ton filterkoek, ofwel 6,5 MJ per ton slib.

Energieverbruik bij de nuttige toepassing van secundaire grondstoffen

In de gevoelighedsanalyse “filterkoek naar cementoven” wordt de filterkoek als grondstof ingezet in de cementoven. Voor de inzet van het filterkoek is geen extra energie nodig in vergelijking met de normale inzet van vulstoffen als kalksteenmeel.

Vermeden energieverbruik

De natte-oxidatiereactor werkt zoals reeds aangegeven op slib met een d.s.-gehalte van 5%. In vergelijking met de andere alternatieven (25% d.s.) hoeft het slib hier niet eerst mechanisch ontwaterd te worden. De energie die dat kost wordt hier als vermeden energieverbruik in rekening gebracht. Het gaat om 50 kWh per ton slib (25% d.s.).

11.5 Bedrijfsmiddelen

Rekening moet worden gehouden met:

- het verbruik van de natte-oxidatiereactor, inclusief waterzuivering
- het verbruik bij de verwijdering van reststoffen
- het verbruik bij de nuttige toepassing van de geproduceerde secundaire grondstoffen
- het vermeden verbruik.

Bedrijfsmiddelenverbruik natte oxidatie reactor

De natte-oxidatiereactor verbruikt diverse bedrijfsmiddelen. Een overzicht van de verbruikte bedrijfsmiddelen is weergegeven in tabel 11.3.

Tabel 11.3 Bedrijfsmiddelenverbruik natte oxidatie reactor

Bedrijfsmiddelen	Hoeveelheid (kg/ton slib)
Technisch zuiver zuurstof	160
Salpeterzuuroplossing (15 gew-%)	25

Het bedrijfsmiddelenverbruik bij de verwijdering van reststoffen

Voor het storten van de filterkoek is conform achtergronddocument A1 3,3 kg big bag, 1,3 kg PE-hoes en 750 kg zand nodig per ton te storten filterkoek (aangenomen is dat dezelfde hoeveelheden nodig zijn als voor RGR-residu). Per ton zuiveringsslib wordt 250 kg filterkoek gestort. Daarvoor is dus 0,83 kg big bag, 0,33 kg PE-hoes en 187,5 kg zand nodig.

(Vermeden) bedrijfsmiddelenverbruik bij nuttig toepassing filterkoek

In de gevoeligheidsanalyse “filterkoek naar cementoven” wordt de filterkoek verwerkt in een cementoven. Het filterkoek bevat ongeveer 87,5 kg assen. In de cementoven wordt daarmee de inzet van 87,5 kg kalksteenmeel vermeden.

11.6 Emissies

Rekening moet worden gehouden met:

- de emissies van de natte-oxidatiereactor
- de emissies bij de verwijdering van reststoffen
- de emissies bij de nuttige toepassing van de geproduceerde secundaire grondstoffen
- de vermeden emissies.

De emissies van de natte-oxidatiereactor

Emissies naar lucht

De emissies naar lucht vinden bij de natte-oxidatiereactor voornamelijk plaats via het biofilter en de naverbrander.

De emissie via de kamerfilterpers en het biofilter betreft met name geur. Het milieuthema geur wordt in de LCA-vergelijking niet meegenomen. Daarnaast zullen met name geringe hoeveelheden ammoniak worden geëmitteerd. In tabel 11.4 is aangegeven welke emissies te verwachten zijn. Daarbij is uitgegaan van 10.000 m³ lucht per uur gedurende 8.000 uur, een verwerking van 96.000 ton slib (25% d.s.) en een afscheidingsrendement van 95% (DHV, MER-evaluatie composteerinstallatie VAM). Onduidelijk is welke andere emissies daarbij nog meer optreden (leemte in kennis).

Tabel 11.4 Emissies naar lucht via biofilter

Component	Concentratie voor biofilter (mg/Nm ³)	Concentratie na biofilter (mg/Nm ³)	Emissie naar lucht (gram/ton slib)
NH ₃	30	1,5	1,25
C _x H _y	50	2,5	2,08

In de naverbrander worden de afgassen afkomstig uit de reactor naverbrand waardoor een massastroom (afgassenstroom) van circa 400 Nm³ per ton zuiveringsslib ontstaat.

De gemeten emissies na de naverbrander tijdens normaal bedrijf, teruggerekend naar de situatie bij 11% O₂, droog, geven de emissiewaarden zoals weergegeven in tabel 11.5. Het betreft hier bij VARTECH gemeten waarden bij de verwerking van zuiveringsslib, na een geringe correctie naar de in de LCA gehanteerde standaardsamenstelling. CO en NO_x worden vooral door de werking van de naverbrander bepaald, niet door de samenstelling van de slib. Doordat het slib beperkt wordt opgewarmd en bovendien onder hoge druk (280°C, 100 bar) zullen er vrijwel geen vluchtige verbindingen van Cl en S ontstaan: deze ontbreken in de afgassen. Er is uitgegaan van een volledige omzetting van de organische verbindingen.

Op basis van de VARTECH-metingen was geen informatie bekend over de emissies naar lucht voor As, Cr en Ni. De in tabel 11.5 aangegeven emissies naar lucht zijn voor deze drie zware metalen geschat. Kijkend naar de balansen voor de AVI, cementoven en E-centrale (zoals weergegeven in achtergronddocument A1 van het MER-LAP) dan blijkt steeds dat het gedrag van deze drie zware metalen vergelijkbaar is met dat van Cu, Pb en Zn. Van het in slib aanwezige Cu, Pb en Zn gaat steeds 0,0015% bij de natte-oxidatiereactor naar de lucht. In tabel 11.5 is aangenomen dat As, Cr en Ni ook voor 0,0015% naar de lucht zullen gaan.

In tabel 11.5 is tevens de emissie naar lucht aangegeven voor de gevoeligheidsanalyse “andere samenstelling”.

Tabel 11.5 Emissies naar lucht

Component	Emissie naar lucht	Emissies naar lucht voor de gevoeligheidsanalyse "andere samenstelling"
(g/ton slib)		
Stof	0,4	0,4
CO	46	46
NO _x	40	40
NH ₃	0,4	0,4
C _x H _y	0,4	0,4
SO ₂	0,04	0,04
HCl	0,16	0,16
HF	0,16	0,16
(mg/ton slib)		
As ¹⁾	0,045	0,045
Cd	0,15	0,20
Cr ¹⁾	0,13	0,29
Cu	1,5	1,5
Hg	19	27
Ni ¹⁾	0,11	0,11
Pb	0,7	0,7
Zn	3,4	3,4
(µg/ton slib)		
PCDD/F	0,008	0,008

¹⁾ Geschat op basis van gedrag Cu, Pb en Zn.

Emissies naar oppervlaktewater

Het effluent van de afvalwaterzuivering (onderdeel I van de procesbeschrijving in paragraaf 11.1) wordt geloosd op een RWZI. Voor de samenstelling van dit afvalwater is gebruik gemaakt van gegevens uit de lozingsvergunning en metingen uitgevoerd bij VARTECH: zie tabel 11.6. De overige milieu-ingrepen ten gevolge van de lozing op de RWZI (energieverbruik, ruimtebeslag en bedrijfsmiddeleengebruik) worden met behulp van de speciaal ontwikkelde proceskaart waterzuivering in rekening gebracht.

De hoeveelheid water die geloosd wordt op de RWZI bedraagt 65 -70 m³ per uur. Bij een verwerkingscapaciteit van 96.000 ton en een bedrijfstijd van 8.000 uur wordt er 12 ton slib per uur verwerkt. Per ton slib (25% d.s.) wordt er dus 5,6 m³ water geloosd.

Tabel 11.6 Samenstelling afvalwater en emissies naar het oppervlaktewater per ton slib

Component	Concentratie	Vracht naar RWZI	Rendement RWZI	Emissie naar water	Emissie naar water t.b.v. gevoelig. "andere samenstelling"
	(mg/l)	(g/ton slib)	(%)	(gram/ton slib)	
Zwevende stof	10	56	90	5,6	5,6
P-totaal	7	39,2	77	9,0	9,0
BZV	8	44,8	97	1,3	1,3
Kj-N	40	224	89	33,1	33,1
CZV	1000	56000	90	5600	5600
	(µg/l)	(mg/ton slib)	(%)	(mg/ton slib)	
As	24	135	80	27	27
Cd	0,9	5	72	1,4	1,9
Cr	161	900	89	99	217,8
Cu	259	1450	92	116	116
Hg	0,7	4	91	0,36	0,51
Ni	22	125	46	67,5	67,5
Pb	32	180	91	16,2	16,2
Zn	42	235	75	58,8	58,8

Emissies naar bodem

De emissie naar bodem bij de natte-oxidatiereactor bestaat uit een geringe (onbekende) hoeveelheid thermische emissie naar de diepe ondergrond (leemte in kennis).

De emissies bij verwijdering van reststoffen

De filterkoek wordt gestort op een stortplaats. Ten aanzien van de samenstelling van de filterkoek is aangenomen dat hetgeen niet naar de lucht gaat (tabel 11.5) en ook niet naar het water (tabel 11.6) overblijft in de filterkoek. De resterende componenten die in de filterkoek achterblijven zijn weergegeven in tabel 11.7.

Het is onduidelijk welke emissies zullen optreden op de stortplaats. Aangenomen wordt dat de filterkoek een vergelijkbaar is met het RGR-residu van een AVI. Voor de ingrepen t.g.v. het storten van de filterkoek wordt daarom aangenomen dat deze gelijk zijn aan die van het storten van AVI-RGR-residu (zie ook achtergronddocument A1). Voor de noodzakelijke energie, bedrijfsmiddelen en transport zie de voorgaande paragrafen. Zoals in achtergronddocument A1 is aangegeven wordt aangenomen dat met het storten van de filterkoek in big bags geen emissies zullen optreden.

Gevoeligheidsanalyse "filterkoek naar cementoven"

In de gevoeligheidsanalyse "filterkoek naar cementoven" wordt de filterkoek niet gestort, maar verwerkt in een cementoven. Zoals in tabel 11.1 al aangegeven wordt er 250 kg filterkoek gevormd per ton slib. Voor de emissies die optreden wordt aangesloten bij hetgeen in achtergronddocument A1 is aangegeven voor assen E-centrale naar cementoven. In tabel 11.7 is aangegeven wat de samenstelling van de filterkoek is en welke emissies naar lucht te verwachten zijn door het toepassen in een cementoven. Voor de assen opgenomen in het cement wordt aangenomen dat er geen emissies naar de bodem zullen optreden.

Tabel 11.7 Samenstelling filterkoek en emissies naar lucht bij de cementoven t.b.v. de gevoeligheidsanalyse “filterkoek naar cementoven”

Component	Samenstelling filterkoek (mg/ton slib)	Emissiefactor naar de bodem (%)	Emissie naar de bodem (mg/ton slib)
As	2864,96	0,05	1,43
Cd	494,85	0,5	2,47
Cr	7849,87	0,05	3,92
Cu	98548,50	0,05	49,27
Hg	327,00	6	19,62
Ni	7374,89	0,05	3,69
Pb	43569,30	0,05	21,78
Zn	224761,60	0,05	112,38
S ¹⁾	2499980	0,05	2499,98
Cl ¹⁾	424840	0,6	2621,87
F ¹⁾	24848	1	261,56

¹⁾ De emissies naar lucht zijn weergegeven als SO₂, HCl en HF

12. ALTERNATIEF VERGASSEN EN INZET IN E-CENTRALE

De verwerkingskosten bij drogen en vervolgens vergassen bedragen ongeveer 135-140 euro per ton slib (25% d.s.).

Met het vergassen van slib zijn enkele proeven gedaan. Het vergassen gecombineerd met de inzet van het syngas in een gasgestookte E-centrale (zoals in dit hoofdstuk is uitgewerkt) is nog niet op een dergelijke schaal beproefd. De feitelijke prestaties van deze techniek zijn dan ook nog onzeker. De ingrepen zoals in dit hoofdstuk meegenomen zijn gebaseerd op ervaringen met vergelijkbare processen en modelberekeningen. Onduidelijk is of hetgeen hier aangenomen is ook in werkelijkheid haalbaar is. Bovendien is niet altijd helder met welke bandbreedtes rekening gehouden zou moeten worden in de gevoeligheidsanalyses (leemte in kennis).

12.1 Procesbeschrijving

A. Slibaanvoer

Het mechanisch ontwaterde slib wordt per vrachtwagen vervoerd naar de slibverwerkingsrichting.

B. Slibopslag

Het aangevoerde slib wordt opgeslagen in bunkers/slibsilo's. Deze voorzieningen worden geforceerd geventileerd en de afgezogen lucht wordt behandeld in een biofilter.

C. Slibdroging

Het aangevoerde mechanisch ontwaterd slib moet verder worden gedroogd alvorens tot vergassing kan worden overgegaan. Hiervoor zal een wervelbeddroger (indirecte droging, warmtedragend medium stoom) worden gebruikt, waarmee een droge stofgehalte van ongeveer 90% kan worden bereikt. Door de afgegeven warmte verdampt het in het slib aanwezige water. Naast waterdamp bestaan de bij droging vrijkomende droogdampen uit een beperkte hoeveelheid lekluft en uit het slib vrijkomende vluchtige bestanddelen, zoals ammoniak en vluchtige organische geurcomponenten. De droogdampen worden afgezogen, gecondenseerd en behandeld (zie de onderstaande onderdelen D-G).

D. Afscheiden stof

De droogdampen worden eerst van stof ontdaan door middel van (multi) cyclonen of doekenfilters. Het afgevangen stof wordt teruggevoerd naar de vergasser.

E. Koelen droogdampen

Vervolgens wordt de hoeveelheid droogdampen gereduceerd door de droogdampen te koelen en zo waterdamp te condenseren. Niet gecondenseerde droogdampen worden door een biofilter geleid. Het gevormde condensaat wordt afgevoerd naar een biologische zuiveringsinstallatie.

Nagenoeg de volledige door slibdroging gebruikte energie komt op een relatief laag temperatuurniveau weer vrij bij het condenseren van de droogdampen. In het algemeen zijn de mogelijkheden om deze lage temperatuurwarmte te benutten zeer beperkt en dient de warmte weggekoeld te worden. De volgende mogelijkheden van warmtewegkoeling zijn te onderscheiden: natte luchtkoeling, droge luchtkoeling en waterkoeling. Bij de referentie-installatie zal sprake zijn van een koelcircuit met daarin opgenomen een natte koeltoren met geforceerde ventilatie. De hoeveelheid energie die voor de geforceerde ventilatie nodig is kan verwaarloosd worden ten

opzichte van de verdampings-/condensatiewarmte. Als suppletiewater wordt uitgegaan van hemelwater en/of gezuiverd afvalwater van de slibdroger.

F. Luchtbehandeling

De in de slibopslag afgezogen lucht met de niet gecondenseerde droogdampen worden door een biofilter geleid.

G. Zuivering condensaat

Het condensaat dat ontstaat bij de koeling van de slibdroogdampen wordt gezuiverd in een biologische zuiveringsinstallatie.

H. Opslag

Het gedroogde slib wordt opgeslagen alvorens aan de vergassingsinstallatie te worden gevoed.

I. Vergassen gedroogd slib

Bij vergassing wordt organisch materiaal onder invloed van een hoge temperatuur (800-1.500°C) afgebroken tot eenvoudige gasvormige verbindingen, zoals CO, CH₄ en H₂. Dit gas wordt syngas genoemd. In de referentieinstallatie is gekozen voor een tweetraps-vergassings-systeem, waarbij zuurstof (verkregen uit een luchtscheidingsinstallatie) zal worden toegevoegd. Het vergassingsstelsel zal bestaan uit een circulerend wervelbedvergasser (werktemperatuur circa 900°C) en een verslakkende stofwolkvergasser (werktemperatuur circa 1.400°C). In de stofwolkvergasser worden de teercomponenten uit de wervelbedvergasser verder afgebroken en wordt as uit de wervelbedvergasser verslakt.

J. Syngaskoeling

Het syngas wordt gekoeld tot circa 230°C in een als waterpijpketel uitgevoerde stralings- en convectiekoeler. De daarbij geproduceerde stoom wordt benut voor de slibdroging. Onderaan de stralingskoeler wordt de slak afgescheiden. In het slakkenbad wordt slakgranulaat gevormd. Het slakkenbadwater wordt gespuid naar een afvalwaterbehandelingsinstallatie (zie onderdeel P).

K. Transport slak

De slak wordt per vrachtwagen afgevoerd naar de plaats van nuttige toepassing.

L. Nuttig toepassen slak

De bodemas/slak die vrijkomt na de syngaskoeling zal afgezet worden als vulstof in cement.

M. Syngaszuivering

Het syngas wordt nadat het gekoeld is, gereinigd in de volgende stappen:

- ontstopping door middel van een oppervlaktefilter
- dehalogenering (verwijderen chloride, fluoride, bromide) en metalenverwijdering in een zure quench, gevolgd door een zure wassing
- verwijderen HCN in een hydrolyse-reactor
- ontzwaveling, waarbij zwavelverbindingen (vooral H₂S) worden uitgewassen en omgezet naar zwavel
- syngasfijnzuivering in een actief koolfilter, met name ten behoeve van de verwijdering van eventuele resten kwik.

N. Transport zwavel

De zwavel wordt per vrachtwagen afgevoerd naar de plaats van nuttige toepassing.

O. Nuttig toepassen zwavel

Het geproduceerde zwavel wordt toegepast als grondstof voor de productie van zwavelzuur en/of kunstmest.

P. Afvalwaterbehandeling

Bij de syngasreiniging en de afkoeling van de slakken komt afvalwater vrij. Het afvalwater van de syngasreiniging wordt eerst behandeld in een zuur bedreven stoomstrippereenheid. Hier worden de zure componenten (H_2S , CO_2 en HCN) afgescheiden, zodat ze kunnen worden teruggevoerd naar de vergasser. Vervolgens worden (zware) metalen zoals arseen, molybdeen, antimoon, seleen en vanadium afgescheiden in een twee precipitatiestappen. Deze precipitatie wordt gevolgd door een basische stoomstrippereenheid voor de verwijdering van ammoniak (NH_3). In de daaropvolgende oxidatieve behandeling worden vooral complexvormende stoffen zoals cyaniden omgezet, waardoor de precipitatie van een aantal metalen (in een derde precipitatiestap) wordt verbeterd. Vervolgens wordt het afvalwater belucht en geloosd op oppervlaktewater.

Q Transport/storten slib

Het bij de afvalwaterbehandeling vrijkomende slib wordt per vrachtwagen afgevoerd naar de stortplaats en wordt daarbij gezien als finaal afval.

R. Bijstoken syngas in E-centrale

Het gereinigde syngas zal worden verbrand (bijstoken) in een gasgestookte E-centrale, en bijdragen aan de stoom- en elektriciteitsproductie.

S. Transport/storten actiefkool

Het vervuilde (beladen) actiefkool uit de syngasreiniging wordt per vrachtwagen afgevoerd naar een stortplaats.

12.2 Massabalans en ruimtebeslag

Producten/reststoffen

Tabel 12.1 bevat een overzicht van de hoeveelheden producten en reststoffen die zouden kunnen ontstaan bij de verwerking van 1 ton mechanisch ontwaterd zuiveringsslib. In de tabel is tevens aangegeven wat de bestemming van de afzonderlijke reststoffen is (nuttige toepassing of stort).

Voor de berekening van de reststoffenhoeveelheden is gebruik gemaakt van (KEMA, 2000). Bij de referentie-installatie worden de volgende hoeveelheden afvalstoffen (brandstoffen) verwerkt:

- 120.000 ton/jaar gedroogd zuiveringsslib (d.s.= 90%)
- 80.000 ton/jaar aan diverse soorten afval (RDF, SRM diermeel, ZAV en opgewerkt verfall).

Tabel 12.1 Overzicht producten en reststoffen bij vergassing en inzet in E-centrale

Producten en reststoffen	Hoeveelheid reststof per ton mechanisch ontwaterd slib (kg)	Toepassing/verwijdering
Bodemas/vliegas	87,5	vervangt kalksteenmeel
Zwavel	4	als grondstof voor zwavelzuur/kunstmest
Actief kool	0,1	te storten op C2-deponie
Filterkoek	24	te storten op C2-deponie

Het in het stoffilter afgevangen vlieggas zal zoveel als mogelijk worden teruggevoerd naar de vergasser (op deze wijze worden de zware metalen in de bodemas ingebouwd) en zal daarom slechts een zeer beperkte hoeveelheid vertegenwoordigen. Daarom is in tabel 12.1 de bodemas en vlieggas samengevoegd.

Onduidelijk is nog of de verkregen verbrandingsassen zullen voldoen aan de eisen uit het Bouwstoffenbesluit om toegepast te kunnen worden als ophoogmateriaal. Gezien deze onzekerheid wordt vooralsnog uitgegaan van het toepassen van deze assen als vulstof in cement (conform de verbrandingsassen van een kolengestookte E-centrale).

Ruimtebeslag

De vergassingsinstallatie heeft een netto oppervlakte van ongeveer 9 ha. De verwerkingscapaciteit is ongeveer gelijk aan 240.000 ton slib per jaar met een d.s.-gehalte van 90%. De ingaande stroom heeft echter een d.s.-gehalte van 25%. Teruggerekend naar dit d.s.-gehalte is de verwerkingscapaciteit dus gelijk aan 864.000 ton per jaar. Hiermee komt het ruimtebeslag op 0,104 m².jr per ton mechanisch ontwaterd slib. In dit ruimtebeslag is reeds de ruimte voor het drogen verdisconteerd.

De filterkoek wordt opgeslagen in een C2-deponie. Uitgaande van een storthoogte van 15 meter, een dichtheid van 1000 kg/m³ en een hoeveelheid filterkoek van 24 kg per ton slib is het ruimtebeslag gelijk aan 0,16 m².jr per ton mechanisch ontwaterd slib (over een periode van 100 jaar).

De E-centrale heeft als doel het produceren van elektriciteit en niet het verwerken van afval. Het ruimtebeslag van de installatie hoeft derhalve niet toegerekend te worden aan het verwerken van het syngas aangezien met de productie van hoeveelheid elektriciteit uit dit afval tegelijkertijd de productie van eenzelfde hoeveelheid elektriciteit uit primaire brandstoffen wordt vermeden. Hieraan ligt de aanname ten grondslag dat de werking en capaciteit van de centrale niet merkbaar wordt beïnvloed door de vervanging van primaire brandstoffen door (het gas uit) zuiveringsslib.

Om dezelfde redenen wordt ook geen ruimtebeslag in rekening gebracht voor het verwerken van de verbrandingsassen in een cementoven.

12.3 Transport

In het beschouwde afvalbeheersalternatief vindt transport per as plaats van zuiveringsslib en van producten en reststoffen van de afvalverwerkingsinrichting en de E-centrale. De te vervoeren producten en reststoffen zijn: bodemas/vlieggas, zwavel, actief kool en filterkoek. Daarnaast worden ook de bedrijfsmiddelen en de vermeden grondstoffen per as aangevoerd.

Het verbruik aan diesel en smeerolie, alsmede de emissies via de uitlaatgassen van de voertuigen voor het transport van zuiveringsslib, as, producten en bedrijfsmiddelen worden berekend m.b.v. de SimaPro-database. Daarbij wordt uitgegaan van de in tabel 12.2 vermelde transportafstanden (totaal heen en terug).

Tabel 12.2 Overzicht hoeveelheden en transportafstanden

Materiaal	Hoeveelheid (kg/ton)	Afstand (km)	Ton per vracht	Tonkilometer (tkm)
Zuiveringsslib	1000	100	20	100
Bodemas/vliegas	87,5	300	20	26,25
Zwavel	4	75	10	0,3
Actief kool	0,1	150	10	0,015
Filterkoek	24	150	10	3,6
Bedrijfsmiddelen:				
- zand (wevelbed)	1	75	20	0,075
- HCl (30%)	27	75	10	2
- Ca(OH) ₂	29	75	10	2,2

Op dit moment zijn er twee initiatieven om zuiveringsslib te vergassen (en er worden er voorlopig niet meer verwacht), zodat een transportafstand van 100 km wordt aangehouden. Voor het transport van de filterkoek naar een C2-deponie geldt 150 km. Voor de bodemas/vliegas wordt het transport naar een cementoven (300 km) aangehouden. Voor de zwavel en de bedrijfsmiddelen wordt een gemiddelde transportklasse 3 - 5 (75 km) voorgesteld. Het transport van de overige zeer geringe hoeveelheid bedrijfsmiddelen (95 g, zie ook tabel 12.3) wordt buiten beschouwing gelaten.

Afnemers van zwavel zijn gevestigd in het buitenland of op één of een beperkt aantal specifieke locaties in Nederland. Uitgegaan is 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 (en dus ook geen vermeden emissies, energie of bedrijfsmiddelen).

12.4 Energie

Rekening moet worden gehouden met:

- het energieverbruik en de energieproductie van de slibverwerkingsinrichting en de E-centrale
- het energieverbruik bij de verwijdering van reststoffen
- het energieverbruik bij de nuttige toepassing van de geproduceerde secundaire grondstoffen
- het vermeden energieverbruik door de productie van secundaire grondstoffen.

Omdat in Nederland nog geen vergasser voor zuiveringsslib operationeel is wordt bij het bepalen van het energieverbruik uitgegaan van de vereenvoudigde energiebalansen zoals vermeld in de MER van de Eemscentrale (KEMA, 2000).

Het energieverbruik en de energieproductie van de slibverwerkingsinrichting en de E-centrale

Bij het opstellen van de energiebalansen wordt weer verondersteld dat de bijdrage van het mechanisch ontwaterd zuiveringsslib proportioneel is aan de totale bijdrage: alles is gebaseerd op mechanisch ontwaterd slib met een d.s.-gehalte van 25% (leemte in kennis).

Het inzetten van het geproduceerde syngas kan op 2 manieren:

- het syngas wordt in de afgassenketel gevoerd en met branders verbrand
- het syngas wordt in de gasturbine gevoerd.

Wanneer het syngas in de afgassenketel wordt verstoekt bedraagt het netto elektrisch rendement circa 28% (dus ook na aftrek van energieverbruik voor het drogen van de slib), in het geval dat het syngas in de gasturbine wordt verwerkt bedraagt dit circa 34%. Deze rendementen zijn gebaseerd op natte stromen. Bijstoken van syngas in de gasturbine levert een grotere beparing op, echter de technische risico's van dit alternatief zijn aanzienlijk hoger in verband met mogelijke vervuiling van de gasturbines. Deze techniek is nog niet bewezen en zal daarom in een gevoeligheidsanalyse ("hoger energierendement") beschouwd worden. In de verdere berekeningen zal gerekend worden met 28%. Vanwege de vele onzekerheden in de procesvoering zal ook rekening gehouden worden met een gevoeligheidsanalyse "hoger eigen verbruik" waarmee het netto energierendement op 22% komt.

Het mechanisch ontwaterde slib heeft een stookwaarde van 1,6 MJ/kg. Met een netto rendement van 28% zal er totaal 124 kWh per ton slib aan elektriciteit opgewekt worden. In de gevoeligheidsanalyse "hoger energierendement" gaat het om 151 kWh en in de gevoeligheidsanalyse "hoger eigen verbruik" om 98 kWh. Door hier te rekenen met het netto rendement is het eigen verbruik voor o.a. het drogen van het slib, het reinigen van het syngas en de productie van zuurstof reeds verdisconteerd.

Het energieverbruik bij de verwijdering van reststoffen

De filterkoek die resteert uit de afvalwaterzuivering en het actief kool zal afgevoerd worden als gevaarlijke stof en opgeslagen worden in een C2-deponie. Voor het energieverbruik voor gecontroleerd storten geldt 60 MJ per ton residu. Voor het storten van deze reststoffen is dus 1,4 MJ (per ton slib) nodig.

Energieverbruik bij de nuttige toepassing van secundaire grondstoffen

Milieu-ingrepen door nuttige toepassing van secundaire grondstoffen worden in de LCA-berekeningen meegenomen, tenzij de samenstelling en kwaliteit van deze stoffen gelijkwaardig is aan die van de (producten van) uitgespaarde primaire grondstoffen.

De bodemas/vliegas die vrijkomt na de syngaskoeling zal mogelijk voldoen aan de het Bouwstoffenbesluit categorie 2 en zou dan afgezet kunnen worden als ophoogmateriaal. Zoals reeds aangegeven wordt er vooralsnog uitgegaan van het toepassen van de assen in cement. Aangenomen wordt dat daarvoor geen aanvullend energieverbruik noodzakelijk is.

Vermeden energieverbruik

Er is sprake van vermeden energieverbruik door de productie van secundaire grondstoffen. De uit het vergassen van zuiveringsslib resulterende verbrandingsas vervangt de primair kalksteenmeel. Het energieverbruik van de uitgespaarde winnings- en productieprocessen van primaire grondstoffen wordt als een negatieve milieu-ingreep in de LCA toegerekend. De omvang wordt bepaald door gebruik te maken van een standaard database in SimaPro.

12.5 Bedrijfsmiddelen

Rekening moet worden gehouden met:

- het verbruik van de slibverwerkingsinrichting en de E-centrale
- het verbruik bij de verwijdering van reststoffen
- het verbruik bij de nuttige toepassing van de geproduceerde secundaire grondstoffen
- het vermeden verbruik door de productie van secundaire grondstoffen.

Bedrijfsmiddelenverbruik slibverwerkingsinrichting en E-centrale

Het bedrijfsmiddelenverbruik van de vergassingsinstallatie betreft enerzijds technisch zuivere zuurstof voor het vergassingproces en anderzijds chemicaliën voor de syngasreiniging en afvalwaterreiniging.

Het zuurstof wordt op locatie gemaakt en de energie die nodig is voor de vervaardiging daarvan is reeds verdisconteerd in het netto rendement zoals weergegeven in paragraaf 12.4. Om deze redenen zal er geen zuurstof apart als bedrijfsmiddel in rekening gebracht worden.

Het chemicaliënverbruik van de syngasreiniging is nog niet precies gespecificeerd. Deze is afhankelijk van het type toe te passen reiniging, die nog niet gedefinieerd is (leemte in kennis). Afgaande op (KEMA, 2000) worden de in tabel 12.3 weergegeven bedrijfsmiddelen voor het het vergassen en bijstoken van het syngas in een E-centrale van mechanisch ontwaterd zuiveringsslib verwacht (aanname).

Tabel 12.3 Bedrijfsmiddelenverbruik vergassen/bijstoken E-centrale

Bedrijfsmiddel	Verbruik per ton slib (kg)
Zand (wervelbed)	1
HCl (30%)	27
Ca(OH) ₂	29
Polyelektroliet	0,005
FeCl ₃ (40%)	0,09

Het bedrijfsmiddelenverbruik bij de verwijdering van reststoffen

Bij het storten van de filterkoek en het actief kool zijn geen verbruiksmiddelen nodig.

Bedrijfsmiddelenverbruik bij nuttige toepassing secundaire grondstoffen

Hierbij treedt geen afwijkend verbruik van bedrijfsmiddelen op.

Vermeden bedrijfsmiddelenverbruik

De bij de vergassing geproduceerde assen worden nuttig toegepast als vulstof en vervangt daarmee eenzelfde hoeveelheid (87,5 kg) kalksteenmeel. Het bedrijfsmiddelenverbruik van de uitgespaarde winnings- en productieprocessen van primaire grondstoffen wordt als een negatieve milieu-ingreep in de LCA toegerekend. De omvang van het vermeden bedrijfsmiddelenverbruik wordt bepaald door gebruik te maken van een standaard database in SimaPro.

12.6 Emissies

Rekening moet worden gehouden met:

- de emissies van de slibverwerkingsinrichting en de E-centrale
- de emissies bij de verwijdering van reststoffen
- de emissies bij de nuttige toepassing van de geproduceerde secundaire grondstoffen
- de vermeden emissies door de productie van secundaire grondstoffen.

De emissies van de slibverwerkingsinrichting en de E-centrale

Emissies naar lucht

Dit betreft enerzijds de emissies van de thermische drooginstallatie, anderzijds de emissies die optreden bij de verbranding van het syngas.

De emissies van de thermische drooginstallatie betreft een restemissie van geur, die in de LCA verder buiten beschouwing blijft. Daarnaast worden geringe hoeveelheden vluchtige componenten geëmitteerd (zie ook tabel 12.4). Daarbij is uitgegaan van 50.000 m³ lucht per uur gedurende 8.000 uur, een verwerking van 864.000 ton slib en een afscheidingsrendement van 95% (DHV, MER-evaluatie composteerinstallatie VAM). Onduidelijk is welke emissies nog meer zullen optreden (leemte in kennis).

Tabel 12.4 Emissies naar lucht via biofilter

Component	Concentratie voor biofilter (mg/Nm ³)	Concentratie na biofilter (mg/Nm ³)	Emissie naar lucht (gram/ton slib)
NH ₃	30	1,5	0,69
C _x H _y	50	2,5	1,16

De emissies door de verbranding van het syngas dient aan de normen van de BLA te voldoen. Dit wordt bewerkstelligd door de syngasreiniging, aangezien in de E-centrale, die normaliter op aardgas wordt gestookt, geen aanvullende reinigingsmaatregelen zijn voorzien. Verder moet de reiniging zodanig zijn dat aan de strenge (technische) eisen wordt voldaan en bijstoken in de gasturbine mogelijk is. De verwachting bestaat dat uiteindelijk aan de gestelde normen voldaan kan worden. Zekerheid daarover bestaat echter nog niet (leemte in kennis).

De verwachte emissies zijn gegeven in tabel 12.5. Aangenomen is dat met het bijstoken van het syngas evenveel rookgassen zullen ontstaan als bij de directe verbranding van slib. Op basis van de samenstellingsgegevens uit tabel 2.2, (KEMA, 2000) en (KEMA, 1998) ontstaan de in tabel 12.5 weergegeven emissies. Daarbij is tevens uitgegaan van een rookgasdebiet van 2.000 Nm³ per ton mechanisch ontwaterd slib. Zoals aangegeven bestaat er geen zekerheid over de te verwachte emissies naar lucht. Onduidelijk is tevens of met de gevoeligheidsanalyse “andere samenstelling” ook de bandbreedte in de te verwachten emissies door variaties in het presteren van de gasreiniging zijn ondervangen (leemte in kennis).

Tabel 12.5 Verwachte emissies naar de lucht bij de E-centrale

Comp.	Emissies naar lucht	Emissies naar lucht t.b.v. de gevoeligheids-analyse "andere samenstelling"
(gram/ton zuiveringsslib)		
Stof	2,0	2,0
CO	30	30
NO _x	140	140
NH ₃	2	2
N ₂ O	2	2
C _x H _y	2	2
SO ₂	20	20
HCl	4	4
HF	0,4	0,4
(mg/ton zuiveringsslib)		
As	5	5
Cd	20	27
Cr	14	31
Cu	154	154
Hg	20	28,6
Ni	12	12
Pb	68	68
Zn	350	350
(µg/ton zuiveringsslib)		
PCDD/F	0,02	0,02

Emissies naar (oppervlakte)water

Het afvalwater dat op de slibdrooginrichting ontstaat bestaat grotendeels uit condensaat (ten gevolge van koeling van de droogdampen). De hoeveelheid condensaat bedraagt cirongeveer 0,70 m³/ton mechanisch ontwaterd slib en wordt via de koeltoren afgevoerd naar oppervlakte-water (Eemshaven). Het bevat enkele tienden aan procenten van de in de verbrandingsinstallatie te verwerken droge stof plus organische en stikstof-verbindingen (MER Eemscentrale).

Onduidelijk is of de in tabel 12.6 weergegeven concentratie van het condensaat representatief is voor de in dit rapport aangehouden samenstelling (zie tabel 2.2) van zuiveringsslib (leemte in kennis).

Tabel 12.6 Samenstelling condensaat uit koeler van de droogdamper en emissies naar het oppervlaktewater per ton slib

Component	Concentratie	Vracht naar RWZI	Rendement RWZI	Emissie naar water	Emissie naar water t.b.v. gevoeligh. "andere samenstelling"
	(mg/l)	(gram/ton slib)	(%)	(gram/ton slib)	
Zwevende stof	50	35	90	3,5	3,5
Kj-N	330	231	89	25,4	25,4
BZV	530	371	97	11,1	11,1
CZV	660	462	90	46,2	46,2
	(µg/l)	(mg/ton slib)	(%)	(mg/ton slib)	
As	8,6	6,0	80	1,2	1,2
Cd	1,4	0,98	72	0,27	0,36
Cr	26	18,2	89	2,0	4,4
Cu	286	200	92	16	16
Hg	1	0,7	91	0,063	0,09
Ni	21	14,7	46	7,9	7,9
Pb	125	87,5	91	7,9	7,9
Zn	640	448	75	112	112

Daarnaast ontstaat afvalwater bij de gasreiniging. Dit afvalwater is niet vergelijkbaar met afvalwater uit een rookgasreinigingsinstallatie. Er zijn een aantal precipitatiestappen waarin stof en zware metalen afgescheiden worden. Er zijn 2 ammonia-strippers, een oxidatiestap en opnieuw enkele precipitaties. Het afvalwater bevat vooral ammonia, stof, zware metalen, sulfiden en teren. Het afvalwater uit de H₂S-verwijdering bevat speciale chemicalien (afhankelijk van het proces (Sulferox, Ferox) en zal afzonderlijk afgevoerd worden (komt niet voor in de schema's).

Het effluent van de fysisch-chemische afvalwaterzuivering wordt, via het koeltorencircuit, afgevoerd naar oppervlaktewater. In de MER voor de Eemscentrale wordt voor de totale afvalvergassingsinstallatie de in tabel 12.7 gegeven effluent-samenstelling verwacht. Ook de vracht is gegeven, gebaseerd op:

- 5 m³/hr effluent, gedurende 7500 uur per jaar
- ontwerpconcentraties
- totaal wordt 864.000 ton slib/jaar verwerkt.

Net als bij de gegevens van tabel 12.6 is niet duidelijk of de gegevens uit tabel 12.7 voldoende representatief zijn voor het in dit rapport gehanteerde zuiveringsslib (leemte in kennis).

Tabel 12.7 Te verwachten effluentgehaltenes (ontwerpwaarde en maximale waarden) voor de ABI voor de vergassingsinstallatie

Component	ontwerplozing per ton slib (mg/ton)
As	0,43
Cd	0,22
Cr	0,43
Cu	0,43
Hg	0,22
Ni	0,87
Pb	2,2
Zn	2,2
sulfide	2,2
koolwaterstoffen	87.000
CZV	434.000
BZV	1.085.000
NH ₃	217.000
Totaal N	260.000
zwevend stof	434.000
dioxinen+furanen	26 (ng/ton)

Emissies naar bodem

Gezien de bodembeschermende maatregelen zullen geen emissies naar de bodem plaatsvinden bij de vergasser/E-centrale.

De emissies bij de verwijdering van reststoffen

De filterkoek en het actief kool wordt gestort op een C2-deponie. Onduidelijk is welke emissies daarbij zullen optreden. Dit is een leemte in kennis.

De emissies bij het toepassen van de assen als vulstof

De emissies bij toepassing van de bodemas als vulstof in een cementoven zijn weergegeven in tabel 12.8. Voor het bepalen van deze emissies is eerst de vrachten van de afzonderlijk elementen geschat. Aangenomen is dat alles dat niet bij de vergassinginstallatie naar de lucht is gegaan (tabel 12.5), naar het water is gegaan (tabellen 12.6 en 12.7¹¹) of naar de zwavelkoek of de filterkoek¹² is gegaan overblijft in de verbrandingsassen. De te verwachte resterende vrachten zijn tevens weergegeven in tabel 12.8

Voor het bepalen van de emissies naar zowel lucht als bodem is aangesloten bij achtergronddocument A1. Ten aanzien van de emissies naar de bodem is aangenomen dat deze normaal gesproken niet zullen optreden. In de gevoeligheidsanalyse “wel uitloging” zal toch inzicht gegeven worden in de mogelijke effecten van het uitloggen.

¹¹ Aangenomen is dat de lozingen aangegeven in tabel 12.7 een resultante is van een primaire lozing maal de zuiveringsrendementen uit hoofdstuk 4.

¹² Aangenomen is dat er geen zwavel en halogenen overblijven in de verbrandingsassen. Het zwavel zal met name opgenomen zijn in de zwavelkoek en de halogenen in de filterkoek.

Tabel 12.8 Vrachten naar verbrandingsassen na vergassing en de emissies naar lucht en bodem (gevoeligheidsanalyse “toch uitloging”) bij de cementoven

Comp	Vracht naar verbrandingsassen (mg/ton slib)		Emissies naar lucht (mg/ton slib)		Emissie naar bodem (mg/ton slib)
	normaal	Gevoeligheids-analyse “andere samenstelling”	normaal	Gevoeligheids-analyse “andere samenstelling”	Gevoeligheidsanalyse “toch uitloging”
As	2986,85	2986,85	1,49	1,49	1,49
Cd	478,23	645,89	2,39	3,23	3,11
Cr	8713,89	19184,22	4,36	9,59	4,36
Cu	99640,63	99640,63	49,82	49,82	49,82
Hg	326,86	467,98	19,61	28,08	3,60
Ni	7471,69	7471,69	3,74	3,74	3,74
Pb	43570,06	43570,06	21,79	21,79	21,79
Zn	224193,20	224193,20	112,10	112,10	112,10

Vermeden emissies

De geproduceerde bodemas wordt nuttig toegepast en vervangt de daarbij zand. De vermeden emissies ten gevolge van de uitgespaarde winnings- en productieprocessen van primaire grondstoffen worden als een negatieve milieu-ingreep in de LCA toegerekend. De omvang van de vermeden emissies wordt bepaald door gebruik te maken van de database in SimaPro.

13. ALTERNATIEF PYROLYSE/SMELTEN

De verwerkingskosten voor deze verwerkingsoptie bedragen ongeveer 115 euro per ton slib.

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 praktisch schaal 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.

13.1 Procesbeschrijving

Het 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
- een hoge temperatuur vergassing met industriële zuurstof 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 synthesegas, dat in principe zowel als grondstof als brandstof kan worden toegepast. Als grondstof is het in principe geschikt voor de productie van chemicaliën, die normaliter worden geproduceerd op basis van synthesegas 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.

Voor zuiveringsslib geldt dat de vergassing/smelter-lijn wordt doorlopen, dat wil zeggen de navolgende processtappen A tot en met H. Omdat zuiveringsslib veel zwavel bevat zal dit leiden tot een zwavelemissie via het smelergas (zie processtappen I tot en met Q

A. Slibaanvoer

Het mechanisch ontwaterde slib wordt per vrachtwagen vervoerd naar de slibverwerkingsrichting.

B. Opslag

De aangevoerde zuiveringsslib wordt in luchtdichte ruimten met geforceerde ventilatie opgeslagen.

C. Drogen

Sommige afvalstoffen 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 onderdruk-situatie. Dit is voor zuiveringsslib niet aan de orde.

Afvalstromen met een aanzienlijke hoeveelheid water moeten eerst nog worden gedroogd. Voor zuiveringsslib wordt er vanuit gegaan dat in de voorbewerking droging plaatsvindt van 25% d.s.

tot 90% d.s., ofwel het verwijderen van 722 liter water, middels thermisch drogen (zie ook hoofdstuk 7 en 8). De benodigde energie hiervoor wordt in rekening gebracht. Van de oorspronkelijke 1 ton zuiveringsslib zal ongeveer 278 kg in de smelter worden gebracht, bestaande uit 250 kg droge stof en 28 liter water. De droogdampen worden gecondenseerd en intern hergebruikt.

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 $\text{SiO}_2 : \text{Al}_2\text{O}_3 : \text{CaO} \approx 6 : 1 : 1,5$. Veelal wordt hiervoor zand of een kalkhoudend materiaal ingezet.

Zuiveringsslib bevat aanzienlijke hoeveelheden van de componenten Si, Al en Ca. Voor zuiveringsslib is het in rekening brengen van een dergelijke flux derhalve niet aan de orde. In de gevoeligheidsanalyse “wel flux” zal wel rekening gehouden worden met het toevoegen van 10% zand.

E. Luchtfiltratie

De afgezogen lucht bij voorgaande processen (opslag, drogen 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 slib samen met andere afvalstoffen en zuurstof aan de reactor toegevoegd. Het mengsel wordt in de reactor met zuurstof vergast, waarbij de temperatuur stijgt tot een niveau van circa 1450 °C. Daarbij smelten alle in het afval aanwezige mineralen en metaaloxiden. Het smelergas bevat geen koolwaterstoffen maar uitsluitend componenten als CO, H₂O, CO₂ en H₂ en eventuele verontreinigingen.

De meeste metalen worden gereduceerd. Meer vluchtige 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 afgevangen als metaalslib 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 en ABI

Beide synthesegas deelstromen (uit smelter en pyrolyse/kraker) worden vervolgens in achter-eenvolgens een quench, venturiwasser en een druppelvangervangere 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 als HCl, HF en HBr 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).

Door het afvangen van de waterstofhalogenides 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. Zwavelverbindingen worden in een volgende stap afgevangen (processtap L)

Het zoute spuiwater van de druppelwasser voor de afgassen uit de smelter wordt chemisch-fysisch gezuiverd. De hoeveelheid 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 natriumcarbonaatinjectie en vervolgens wordt dit geloosd op het riool.

J. Transport metaalslib

Het metaalslib bevat met name de vluchtige metalen zink en lood en wordt afgevoerd.

K. Nuttige toepassing metaalslib

Het metaalslib wordt als grondstof ingezet in de metallurgische industrie.

L. Ontzwavelen gas

Beide gasstromen (uit smelter en pyrolyse/kraker) worden vervolgens gecombineerd en aan een vierde 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.

M. Transport zwavel

De verkregen elementaire zwavel wordt afgevoerd.

N. Nuttige toepassing zwavel

Zwavel wordt nuttig toegepast.

O. Actiefkoolfilter

In een actiefkoolfilter worden sporen olie, resterende kwikdampen, organische verbindingen, etc. uit het gas verwijderd.

P. Verwerking beladen actiefkool

De vervuilde (met kwik beladen) actiefkool wordt afgevoerd in bigbags en gestort op een C2-deponie.

Q. Gebruik synthesegas

Het schone synthesegas wordt, naast ondervuring van de pyrolyse, gebruikt voor elektriciteitsopwekking in gasmotoren. De daarbij geproduceerde rookgassen, de rookgassen van de ondervuring van de pyrolyse en het gekraakte pyrolysegas worden in warmtewisselaars afgekoeld. De afgestane warmte wordt benut voor de productie van verzadigde stoom van 30 bar. De geproduceerde stoom wordt in een stoommotor benut voor de productie van elektriciteit.

13.2 Massabalans en ruimtebeslag

Componentbalans

Voor de massabalans is relevant dat in dit MER van de in tabel 13.1 aangegeven verdeling is uitgegaan voor de verschillende componenten over de diverse productstromen. Deze tabel is ingeschat voor shredderafval (zie ook achtergronddocument A22 bij het MER-LAP) 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 installatie, ook wanneer deze via een andere afvalstroom en in andere verhoudingen in de installatie worden gebracht. Samen met de gegevens van tabel 2.2 kan hiermee de verdeling van de componenten over de diverse reststromen worden bepaald.

Producten/reststoffen

Uit het proces ontstaan een aantal producten/reststoffen (zie ook tabel 13.2). De hoeveelheden zijn als volgt bepaald:

Uit het gehalte aan zwavel van 10 gram per kg d.s. 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 zuiveringsslib (25% d.s.) ongeveer 2,5 kg elementair zwavel ontstaat.

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 halogenides (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.

Tabel 13.1 Overzicht verdeling componenten voor PEC-installatie

	Slak (%)	Actieve kool (%)	Metaalhoudend slib (%)	Zwavel koek (%)	Lucht (%)	Spui voor RWZI (%)
S				99,965	0,035	
As	10,000		89,964		0,026	0,010
Cd	10,000		89,972		0,026	0,002
Cl					0,003	99,997
Cr	100,000					
Cu	99,999				0,001	
F					0,025	99,975
Hg		19,560	80		0,440	2,18E-15
Ni	99,994				0,006	
Pb	10,000		89,974		0,026	3,10E-09
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 voorbewerking af te scheiden ijzer, non-ferro metalen en water

Tabel 13.2 Overzicht producten/reststoffen per ton zuiveringsslib

Producten en reststoffen	Hoeveelheid per ton zuiveringsslib (kg)	Hoeveelheid per ton zuiveringsslib t.b.v. de gevoeligheidsanalyse "andere samenstelling" (kg)	Hoeveelheid per ton zuiveringsslib t.b.v. de gevoeligheidsanalyse "wel flux" (kg)
Synthetisch basalt	84,3	84,3	92,7
Zwavel (60% d.s.)	4,2	4,2	4,2
Metaalslib (50% d.s.)	0,716	0,716	0,716
Actief kool	0,057	0,082	0,057

De hoeveelheid metaalslib wordt bepaald door verdamping van de metalen As (90%), Cd (90%), Pb (90%), Hg (80%) en Zn (90%). De metalen Zn, Pb, Cd en Hg slaan in de gasreiniging neer als hydroxides, terwijl As als oxide precipiteert¹³. Verder heeft het slib een d.s. gehalte van 50%. Met de samenstelling van tabel 2.1 betekent dit voor zuiveringsslib (25% d.s.) een hoeveelheid van 0,716 kg metaalslib per ton, dat voor circa 0,25 kg bestaat uit de metalen zelf en voor de rest uit bijbehorende anionen en water.

De slak zal vrijwel volledig worden opgenomen in de basalt. Van de 87,5 kg "ruwe" slak per ton nat slib wordt:

- 2,5 kg omgezet in zwavel
- 0,25 kg opgenomen in het zware metalen slib
- nog circa 0,55 kg worden afgevoerd via afvalwater, actief kool en afgassen,

Zodat uiteindelijk circa 84,3 kg wordt omgezet in basalt.

Voor het verbruik van actief kool wordt verondersteld dat de kool tot 1200 mg Hg per kg actief kool kan worden toegepast. Hieruit volgt dat er 57 gram kool per ton nat slib nodig is. In de gevoeligheidsanalyse "andere samenstelling" gaat het om 82 gram actief kool.

¹³ Uitgegaan is van de vorming van Zn(OH)₂, Pb(OH)₂, Cd(OH)₂, As₂O₃, en Hg(OH)₂. De oxides worden reeds gevormd tijdens de vergassing en de hydroxides worden grotendeels gevormd bij de gasreiniging door uitwisseling van de aanvankelijk gevormde metaalhalogenides.

Ruimtebeslag

Het oppervlak van de inrichting bedraagt circa 30.000 m². De totale doorzet van de installatie is 247.000 ton. Dit betekent per ton zuiveringsslib een fysiek ruimtebeslag van 0,12 m²j.

Het ruimtebeslag voor de stort van het beladen kool is buitenbeschouwing gelaten vanwege de zeer geringe hoeveelheid.

Aangenomen wordt dat het ruimtebeslag bij nuttige toepassing van kunstbasalt, metaalslib en zwavel niet wezenlijk verschilt van die bij de reguliere toepassing van primaire grondstoffen.

13.3 Transport

In het beschouwde afvalbeheersalternatief vindt transport per as plaats van zuiveringsslib en van producten van de smelter-lijn. De te vervoeren producten van de installatie zijn slak (basaltachtig materiaal), metaalslib en elementair zwavel. In tabel 13.3 zijn tevens de benodigde bedrijfsmiddelen aangegeven (zie ook paragraaf 13.5).

Het verbruik aan diesel en smeerolie, alsmede de emissies via de uitlaatgassen van de voertuigen voor het transport worden berekend m.b.v. de proceskaarten in de SimaPro-database. Daarbij wordt uitgegaan van de in tabel 13.3 vermelde transportafstanden (totaal km heen en terug). Tevens zijn per vracht de tonkilometers (tkm) weergegeven op basis van 1 ton zuiveringsslib.

Verwacht wordt dat er in Nederland maximaal 5 installaties zullen worden gerealiseerd. Vandaar dat er voor het transport van zuiveringsslib een transportafstand van 75 km wordt aangehouden. Aangezien het synthetisch basalt waarschijnlijk op vele plaatsen (> 15) in Nederland nuttig kan worden toegepast, zijn hiervoor kortere transportafstanden 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.

Voor de aanvoer van NaOH (aq, 50%) is de transportafstand op 75 km genomen.

Potentiële afnemers van het metaalhoudende slib zijn gevestigd in Budel, België, Duitsland en Groot-Britannië. Uitgaande van diverse mogelijk PEC-installaties in Nederland en één verwerker in Nederland (Budel) is een afstand van 150 km aangehouden. Voor het vermeden zinkconcentraat, hetgeen grotendeels komt uit Canada, Australië en Zuid-Amerika, voorziet de proceskaart in SimaPro reeds in aanvoer over water naar Nederland. Er is dan ook alleen rekening gehouden met transport van de haven naar de plaats van gebruik, waarbij is uitgegaan van 100 treinkilometers.

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.

Tenslotte is voor het transport van het beladen actief kool een afstand aangehouden van 150 km, uitgaande van een afstand van een willekeurige plek in Nederland (voor een nog op te richten PEC-installatie) naar de C2-deponie.

Vanwege de zeer geringe hoeveelheden is de aan- en afvoer van actief kool niet meegenomen. Op de totaal te transporteren materiaalstromen zijn de effecten hiervan verwaarloosbaar.

Voor het transport van zuiveringsslib, zand, basalt en vermeden zand wordt uitgegaan van 20 ton/vracht, voor het geproduceerde zwavel en het afgevangen metaalslib is een beladingsgraad van 10 ton per vracht aangehouden¹⁴. Ook voor NaOH (aq, 50%) wordt uitgegaan van 10 ton/vracht.

Tabel 13.3 Overzicht hoeveelheden en transportafstanden

Materiaal	Hoeveelheid normaal (kg/ton slib)	Afstand (km)	Ton per vracht	Afstand (tkm/ton slib)	
				Normaal	Gev. analyse “wel flux”
Zuiveringsslib	1000	75	20	75	75
Synthetisch basalt	84,3	35	20	2,95	3,24
Zwavel (60% d.s.)	4,2	75	10	0,31	0,31
Zand (flux)	-	35 (land) 50 (water)	20	0 0	0,29 0,42
Metaalslib (50% d.s.)	0,716	150	10	0,11	0,11
NaOH (33%)	20,7	75	10	1,6	1,6
Vermeden zand	84,3	35 (land) 50 (water)	20	2,95 4,22	3,24 4,64
Vermeden Zink-conc.	0,37	100 (rail)		0,04	0,04

Indien een nog uit voeren zwaartepuntanalyse daartoe aanleiding geeft, dient in een separate gevoeligheidsanalyse te worden gerekend met transportafstanden van + of – 50%.

13.4 Energie

Rekening moet worden gehouden met:

- energieproductie en het energieverbruik van de installatie (inclusief drogen)
- energieverbruik bij de nuttige toepassing van de geproduceerde secundaire grondstoffen
- vermeden energieverbruik door de productie van secundaire grondstoffen en brandstoffen
- energieverbruik bij verwijderen van reststoffen.

Energieverbruik en energieproductie installatie

Energieverbruik voor het drogen

De energie nodig voor het thermisch drogen van het mechanisch ontwaterde slib (van 25% d.s. naar 90% d.s.) zijn bepaald aan de hand van de gegevens van een trommeldroger (3,35 GJ_{th} warmte en 12 kWh_e stroom per ton verdampt water). Ofwel voor het verdampen van 722 liter water is 2,42 GJ_{th} en 8,66 kWh_e nodig.

Hoofdproces

¹⁴ Let op, dit betekent niet een vracht van 10 ton metaalslib, maar wel middels een transportmiddel dat een dergelijke hoeveelheid goederen meeneemt. Het is met name van belang voor het te kiezen voertuigformaat en niet voor de hoeveelheid metaalslib per individuele rit.

De geproduceerde hoeveelheid energie is bepaald conform de overige PEC-installaties in het MER-LAP (zie bijvoorbeeld achtergronddocument A23 (straalgrit)). Op basis van de aldaar aangegeven methodiek voor het bepalen van de energiebehoefte voor het opwarmen en smelten van de afvalstoffen en de rendementen voor het terugwinnen van energie uit de gasstromen wordt een energieproductie verwacht van ongeveer 0,5 GJ (per ton slib).

Energieverbruik bij nuttige toepassing secundaire grondstoffen

In de ontzwavelingsstap van de gasreiniging ontstaat elementair zwavel door de biologische oxidatie van H_2S . Zwavel ontstaat als vaste deeltjes in de waterfase. Door sedimentatie en afperzen 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 zuiveringsslib toegerekend.

Metaalslib uit de gasreiniging bevat met name de meer vluchtige metalen, zoals zink en lood, maar ook cadmium en kwik. Het metaalslib kan wellicht als grondstof in de metallurgische industrie worden afgezet. Er is hierbij sprake van een vervanging van een zink-contraat dat normaal op de locatie van winning van zink-erts wordt geproduceerd en als grondstof wordt ingezet in de zinkproductie. Daar de zinkgehalten in dit zinkcontraat en in het metaalslib in eenzelfde orde van grootte liggen (zie ook onder paragraaf 13.5) wordt er vanuit gegaan dat inzet zonder verdere specifieke bewerkingen mogelijk is.

Voor de slak uit de smelter (het basaltachtige materiaal) geldt dat deze, getuige de gemeten uitloogwaarden van het synthetische basalt, als categorie-1 bouwstof kan worden toegepast, d.w.z. zonder bodembeschermende voorzieningen. Centrale doelstelling van de 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 3,8 kWh per ton slib.

In de gevoeligheidsanalyse “wel flux” gaat het om 4,2 kWh.

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.

Het energieverbruik bij verwijderen van reststoffen.

Voor het storten van actief kool op een C2-deponie geldt een energieverbruik van 60 MJ/ton residu. Gezien de zeer geringe hoeveelheid actief kool wordt de energie voor het storten van actief kool verder buiten beschouwing gelaten.

13.5 Bedrijfsmiddelen

Rekening moet worden gehouden met:

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

Bedrijfsmiddelenverbruik installatie

Minerale flux

Voor zuiveringsslib wordt er in principe vanuit gegaan dat er geen flux hoeft te worden toegekend: het bevat ruim voldoende mineralen. In de gevoeligheidsanalyse "wel flux" wordt uitgegaan van het toevoegen van 10% zand, ofwel 8,4 kg per ton slib.

Zuurstof

Tijdens het verwerkingsproces wordt zuurstof toegevoegd teneinde organische componenten te vergassen. Deze zuurstof wordt in een eigen PSA-fabriek opgewekt en vereist geen extra bedrijfsmiddelen (alleen buitenlucht). Alleen het energieverbruik wordt verrekend (zie boven).

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 nat slib (25% d.s.) betekent dit dat bij de gemiddelde samenstelling gerekend moet worden met 425 g Chloor, 25 g Fluor en 2500 g zwavel per ton slib. Dit betekent circa 6,8 kg NaOH (100%) aan de verwerking van een ton zuiveringsslib dient te worden toegerekend.

Ad 2:

De hoeveelheid toe te rekenen spui is voor zuiveringsslib 11,5 l/ton (zie voor de afleiding paragraaf 13.6 onder "emissies naar water"). De hoeveelheid NaOH om de spui op pH=11 te brengen is circa 20 g per liter, hetgeen een NaOH-gebruik van ongeveer 0,13 g/liter geeft.

Het totale NaOH verbruik komt hiermee (afgerond) op 6,9 kg NaOH (100%) per ton zuiveringsslib, dus 20,7 kg/ton slib als oplossing van 33%.

Big bags afvoer reststoffen

Voor de afvoer van metaalslib, zwavelkoek en beladen kool worden big-bags gebruikt. Er wordt vanuit gegaan dat deze meer dan eens worden gebruikt. Daarom worden deze niet in rekening gebracht als bedrijfsmiddel.

Bedrijfsmiddelenverbruik bij nuttige toepassing secundaire grondstoffen

De slak/basalt wordt volledig nuttig ingezet als vervanger van zand (funderingsmateriaal) en hierbij worden geen bedrijfsmiddelen verbruikt. Ook voor de nuttig toe te passen stromen metaalslib en zwavel wordt aangenomen dat het verbruik van bedrijfsmiddelen niet wezenlijk verschilt van die bij de toepassing van primaire grondstoffen.

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. De vermeden milieu-ingrepen worden berekend met een proceskaart uit de database van SimaPro.

Het metaalslib kan misschien worden afgezet bij een zinkproducent. Het slib bevat echter ook aanzienlijke hoeveelheden lood, cadmium en kwik. Dit lood zal als bijproduct vrijkomen en aan de loodketen worden toegevoegd. In praktijk wordt zinkerts nabij de winningslocatie geconcentreerd van 6% Zn tot ongeveer 55% Zn, en dit concentraat wordt getransporteerd naar zinkproducenten. In dit MER is uitgegaan van het vermijden van de productie (en het transport) van dit zink-concentraat, waarbij voor de uitgespaarde hoeveelheid is gecorrigeerd op basis van het zinkgehalte (in het slib rond de 28% en in het concentraat rond de 55%).

13.6 Emissies

Rekening moet worden gehouden met:

- de emissies van de installatie (inclusief droger)
- 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 installatie

Uit de procesbeschrijving 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),
- (3) procesgebonden emissies via gebruik van syn-gas (CO, NO_x, N₂O), en
- (4) emissie van CO₂

Ad 1 en 2:

Voor deze emissies wordt gebruik gemaakt van de verdeling zoals aangegeven in tabel 13.1. De resultaten zijn in tabel 13.4 gegeven.

Ad 3:

Bij verbranden van syngas in een gasmotor ontstaan de volgende emissies:

- 200 gram CO per GJ_{th} input
- 120 gram NO_x per GJ_{th} input
- 8 gram N₂O per GJ_{th} input.

De input van het uit de slib ontstane syngas bedraagt 2,44 GJ_{th} (11,7 MJ/kg * 278 kg * 75% koudgasrendement). In tabel 13.4 zijn ook deze emissies weergegeven.

Ad 4:

Alle C in de slib wordt omgezet in CO₂, ofwel 275 kg per ton mechanisch ontwaterd slib. Het gaat hierbij echter om kortcyclisch CO₂ en zal derhalve niet in de LCA meegenomen worden.

Tabel 13.4 Emissies de lucht per ton zuiveringsslib

Comp.	Fractie naar de lucht (%)	Emissie naar lucht (mg /ton slib)	Emissie naar lucht t.b.v. de gevoeligheidsanalyse "andere samenstelling" (mg /ton slib)	Emissie naar lucht t.b.v. de gevoeligheidsanalyse "wel flux" (mg /ton slib)
As	0,026	0,78	0,78	0,78
Cd	0,026	0,13	0,18	0,13
Cr	0	0	0	0
Cu	0,001	1,0	1,0	1,0
Hg	0,44	1,54	2,2	1,54
Ni	0,006	0,45	0,45	0,45
Pb	0,026	11,4	11,4	11,4
Zn	0,026	58,5	58,5	58,5
stof	0,001	1.810	1.810	1.890
HCl	0,003	13,11	13,11	13,11
HF	0,025	6,58	6,58	6,58
SO ₂	0,035	1.750	1.750	1.750
NO _x	-	293.000	293.000	293.000
N ₂ O	-	19.500	19.500	19.500
CO	-	488.000	488.000	488.000

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 of als suppletie op de diverse wassers. Hiermee vindt interne verwerking plaats zonder dat sprake van emissies naar water, zodat in de LCA geen rekening behoeft 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 halogeengehalte in de afvalstroom en bevat tevens een hoeveelheid zware metalen, terwijl het condensaat uitsluitend organisch belast is.

Als uitgangspunt is aangenomen dat alle halogenen uiteindelijk in de gasreiniging terecht komen (zie ook onder paragraaf 13.2) en 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 circa 11,5 liter spui per ton zuiveringsslib.

Deze waterstroom wordt afgevoerd naar een communale RWZI. Tabel 13.5 geeft de emissies in het water naar de RWZI. Voor de ingrepen die met het bewerken van dit water in een RWZI samenhangen, wordt gebruik gemaakt van een speciaal ontwikkelde proceskaart in SimaPro waarin op basis van de gemiddelde kenmerken van RWZI's deze ingrepen zijn opgenomen.

Tabel 13.5 Emissies naar water

Component	Rendement RWZI (%)	Normaal		Gevoeligheidsanalyse “andere samenstelling”	
		In spui naar RWZI (mg/ton)	Emissie naar water (mg/ton)	In spui naar RWZI (mg/ton)	Emissie naar water (mg/ton)
As	80	0,3	0,06	0,3	0,06
Cd	72	0,01	0,0028	0,0135	0,00378
Cr	89	0	0	0	0
Cu	92	0	0	0	0
Hg	91	7,63E-15	6,87E-16	1,09E-14	9,81E-16
Ni	46	0	0	0	0
Pb	91	1,36E-06	1,22E-07	1,36E-06	1,22E-07
Zn	75	0,000165	4,13E-05	0,000165	4,13E-05
Cl	0	424987	424987	424987	424987
F	0	24994	24994	24994	24994

De emissies bij de verwijdering van reststoffen

Aktief kool wordt opgeslagen in een C2-deponie. Verondersteld wordt dat hierbij geen noemenswaardige emissies vrijkomen.

De emissies bij de nuttige toepassing van secundaire grondstoffen

Zoals reeds aangegeven bij het onderdeel “Energie- en bedrijfsmiddelenverbruik bij nuttige toepassing secundaire grondstoffen” zijn de door de smelter-lijn geproduceerde secundaire grondstoffen “zwavel” en “metaalslib” gelijkwaardig aan de uitgespaarde grondstoffen, zodat de milieu-ingrepen door nuttige toepassing van deze stoffen niet in de LCA-berekeningen worden meegenomen.

Emissies naar de bodem

Emissies naar bodem vinden normaliter niet plaats. Door bodembeschermende maatregelen en voorzieningen wordt de kans op bodemverontreiniging verwaarloosbaar klein geacht.

Emissies bij nuttige toepassing van secundaire grondstoffen

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 uitloggedrag in de normale situatie op nul gesteld.

In het kader van de gevoeligheidsanalyse wordt wel uitloging meegenomen. Het uitloggedrag van de slak van de verwerking van zuiveringsslib is onbekend. Wel zijn van een aantal vergelijkbare basalt-achtige materialen beschikbaarheidstesten gedaan en in tabel 13.6 (tweede kolom) is voor een aantal componenten aangegeven welk percentage van de aanwezige hoeveelheid daarbij voor uitloging beschikbaar bleek. In het kader van deze gevoeligheidsanalyse (“wel uitloging”) wordt, op basis van de bijdrage die deze afvalstroom levert aan de slak en met de betreffende beschikbaarheden een indicatie verkregen van de hoeveelheid die in het slechtste geval zou kunnen uitloggen. Benadrukt wordt dat dit een worst-case inschatting is die in praktijk

naar verwachting ook bij tegenvallende immobilisatie-resultaten nog een overschatting van het potentiële milieu-effect zal zijn.

Tabel 13.6 Uitloogcijfers zuiveringsslib i.h.k.v. de gevoeligheidsanalyse "wel uitloging"

Comp.	Beschikbaarheid (%)	Bijdrage aan de slak (g/ton slib)	Uitloging uit basalt (g/ton slib)
As	8	0,30	0,024
Cr	1	8,75	0,088
Cu	8	100,0	8,00
Ni	5	7,50	0,37
Pb	14	4,38	0,61
Zn	12	22,50	2,70

13.7 Leemten in kennis

De hierboven beschreven thermische immobilisatie is gebaseerd op basis van twee milieueffect rapportages. 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
- de toepasbaarheid van de zware metalen slib: behalve zink worden ook andere zware metalen (As, Cd Hg) in dit slib geconcentreerd
- het succes van het proces, met andere woorden hoe zal verglazing van zuiveringsslib met andere afvalstoffen verlopen en hoe uit dit zich in het uitlooggedrag (ofwel de toepasbaarheid van basalt)
- de materiaalbalans: de verdeling van de componenten over de diverse reststromen is nog onvoldoende of niet bewezen. Met name de lage emissies naar de lucht en water lijken te optimistisch
- ook hergebruik van diverse afvalwaterstromen is onzeker.

BIJLAGE 1:

OVERZICHTEN MILIEU-INGREPEN

Verwerkingstechniek: slibverbranding				
ASPECT		(specificatie)	INGREEP	Gevoeligheidsanalyses^(a)
				1^(b)
1.	Ruimtebeslag (m ² /jaar)	installatie storten reststoffen bodemassen	0,057 0,00087 0,87	0,057 0,00093 0,87
2.	Transport in tkm (ton/vracht)	slib zand water weg bedrijfsmiddelen verbrandingsassen cement filterkoek actief kool	75 (20) 0,05 0,035 (20) 1,5 (10) 8,85 (10) 2,66 (30) 0,015 (10) 0,0045 (5)	75 0,05 0,035 1,5 8,85 2,66 0,015 0,006
3.	Energiegebruik	installatie storten reststoffen	67 kWh 3,2 m ³ aardgas 0,0078 MJ 7,7 MJ 0,80 kWh	67 kWh 3,2 m ³ aardgas 0,0084 MJ 7,7 MJ 0,80 kWh
4.	Bedrijfsmiddelen (kg)	zand polyelektroliet FeCl ₃ (40%) HCl (30%) NaOH (50%) NH ₄ OH (25%) cement big bag PE-hoes afdekszand	1 0,005 0,09 3 14 3 8,85 0,429 g 0,169 g 97,5 g	als normaal
5.	Emissie lucht (mg)	<u>via biofilter:</u> NH ₃ C _x H _y <u>via rookgassen:</u> As Cd Cr Cu Hg Ni Pb Zn HCl HF SO ₂ NO _x NH ₃ N ₂ O CO C _x H _y fijn stof dioxines	21 36 4 6 11 128 3,85 10 57 290 2000 400 6000 94000 2000 18000 10000 4000 2000 0,06 mg	21 36 4 8,1 24,2 128 5,5 10 57 290 2000 400 6000 94000 2000 18000 10000 4000 2000 0,06 mg

Verwerkingstechniek: slibverbranding			
ASPECT	(specificatie)	INGREEP	Gevoeligheidsanalyses^(a)
			1^(b)
6.	Emissie water (mg)	stof	5000
		SO ₄	5.400.000
		Kj-N	62.000
		CZV	150.000
		As	3,4
		Cd	0,56
		Cr	0,88
		Cu	2,3
		Hg	1,1
		Ni	2,2
		Pb	1,1
		Zn	15
7.	Emissie bodem (mg)	As	3
		Cd	0,49
		Cr	8,7
		Cu	100
		Hg	0,0042
		Ni	7,5
		Pb	44
		Zn	225
8.	Finaal afval / te storten rest (kg)	immobilisaat	128
		filterkoek/AK	0,13
9.	Vermeden transport in tkm (ton/vracht)		-
10.	Vermeden energie		-
11.	Vermeden emissie lucht		-
12.	Vermeden emissie water		-
13.	Vermeden emissie bodem		-
14.	Vermeden bedrijfsmiddelen		-
15.	Overig	zuiveren water ^(c)	1 m ³
			als normaal

(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 "andere samenstelling"

(c) Koppelen aan ontwikkelde proceskaart "afvalwaterzuivering"

Verwerkingstechniek: meestoken in een AVI					
ASPECT		(specificatie)	INGREEP	Geveelighedsanalyses^(a)	
				1^(b)	2^(c)
1.	Ruimtebeslag (m ³ /jaar)	installatie storten vliegas storten RGR-residu	0,044 0,063 0,036	als normaal	0,044 0,063 0,11
2.	Transport in tkm (ton/vracht)	slib slakken vliegas cement RGR-residu zand kalk water weg overige bedrijfsmidde- len	75 (20) 6,1 (10) 0,65 (10) 0,20 (30) 0,13 (10) 0,07 (20) 0,19 (-) 0,0016 (10) 0,48 (10)	als normaal	75 6,1 0,65 0,20 0,4 0,21 1,2 0,1 0,62
3.	Energiegebruik	installatie storten vliegas storten RGR-residu	65 kWh 0,0338 kWh 0,57 MJ 0,16 MJ 0,12 MJ	als normaal	65 kWh 0,0338 kWh 0,57 MJ 0,48 MJ 0,36 MJ
4.	Bedrijfsmiddelen (kg)	kalk (Ca(OH) ₂) NaOH (50%) NH ₄ OH(25%) Actief kool cement zand big bag PE-hoes	0,32 6,25 0,10 0,27 0,65 1,97 0,009 0,003	als normaal	2 6,6 1,6 0,1 0,65 6 0,03 0,01
5.	Emissie lucht (mg, tenzij)	As Cd Cr Cu Hg Ni Pb Zn HCl HF SO ₂ NO _x NH ₃ CO C _x H _y fijn stof dioxines	2,10 2,50 6,13 70,00 10,50 5,25 30,63 157,50 870 1.320 15.000 57.600 2.880 19.200 4.800 3.600 0,048 µg	2,10 3,38 13,48 70,00 15,00 5,25 30,63 157,50 870 1.320 15.000 57.600 2.880 19.200 4.800 3.600 0,048 µg	2 8 4 43 2 3,5 20 98 3.400 400 30.000 100.000 2.000 30.000 2.000 2.000 0,048 µg
6.	Emissie water (mg)		-	-	-

Verwerkingstechniek: meestoken in een AVI						
ASPECT		(specificatie)	INGREEP	Gevoeligheidsanalyses ^(a)		
				1 ^(b)	2 ^(c)	
7.	Emissie bodem (mg)	<u>vliegass:</u>				
		As	0,41	0,41	als normaal	
		Cd	0,23	0,30		
		Cr	1,2	2,64		
		Cu	13,7	13,7		
		Hg	0,018	0,025		
		Ni	1,03	1,03		
		Pb	5,99	5,99		
		Zn	30,83	30,83		
		Cl	2.720	2.720		
		F	33,8	33,8		
		S	5.500	5.500		
		<u>slakken:</u>				
		As	1,29	1,29		
		Cd	0,13	0,17		
		Cr	3,74	8,23		
		Cu	42,77	42,77		
		Hg	0	0		
		Ni	3,21	3,21		
		Pb	17,71	17,71		
Zn	96,22	96,22				
Cl	21,25	21,25				
F	7,50	7,50				
S	749,5	749,5				
8.	Finaal afval / te storten rest (kg)	RGR-residu immobilisaat	3,1 9,4	als normaal	8 9,4	
9.	Vermeden transport in tkm (ton/vracht)	zand (over land) zand (water)	2,8 (20) 4,0	als normaal	als normaal	
10.	Vermeden energie		-	-	-	
11.	Vermeden emissie lucht	-	zie 10,14	als normaal	als normaal	
12.	Vermeden emissie water	-	zie 10,14	als normaal	als normaal	
13.	Vermeden emissie bodem	-	zie 10,14	als normaal	als normaal	
14.	Vermeden bedrijfsmiddelen	zand	81 kg	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 "andere samenstelling"
- (c) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "specifieke HVC-gegevens".

Verwerkingstechniek: Thermisch drogen en inzet in E-Centrale						
ASPECT		(specificatie)	INGREEP	Gevoeligheidsanalyses ^(a)		
				1 ^(b)	2 ^(c)	3 ^(d)
6.	Emissie water (mg)	stof	3.500	3.500	als normaal	als normaal
		Kj-N	25.400	25.400		
		BZV	11.100	11.100		
		CZV	46.200	46.200		
		As	1,2	1,2		
		Cd	0,27	0,36		
		Cr	2,0	4,4		
		Cu	16	16		
		Hg	0,063	0,09		
		Ni	7,9	7,9		
		Pb	7,9	7,9		
		Zn	112	112		
			Cl	297.000		
7.	Emissie bodem (mg)	As	-	als normaal	als normaal	1,5
		Cd	-			2,9
		Cr	-			4,3
		Cu	-			49,4
		Hg	-			2,9
		Ni	-			3,7
		Pb	-			21,6
		Zn	-			111
		Cl	-			53,1
		F	-			4,38
		S	-			313
8.	Finaal afval / te storten rest		-	-	-	-
9.	Vermeden transport in tkm (ton/vracht)	gips	0,15 (20)	als normaal	0,19	als normaal
		kalk water	0,84		1,08	
		weg	0,07 (10)		0,09	
		E-assen	8,6 (20)		8,6	
		kolen	23 (16)		23	
10.	Vermeden energie	prod. in E-centrale	387 kWh	als normaal	als normaal	als normaal
11.	Vermeden emissie lucht		zie 10,14	als normaal	als normaal	als normaal
12.	Vermeden emissie water		zie 10,14	als normaal	als normaal	als normaal
13.	Vermeden emissie bodem		zie 10,14	als normaal	als normaal	als normaal
14.	Vermeden bedrijfsmiddelen (kg)	kolen	115	als normaal	115	als normaal
		kalk	1,4		1,8	
		kalksteenmeel	87,5		87,5	
15.	Overig	gipsproductie	8,7 kg	als normaal	10,4	als normaal
		verm. gipsprod.	3,09 kg		3,7	
		zuiveren water ^(e)	700 liter		700 liter	

- (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 "andere samenstelling"
- (c) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "specifieke Hemweg-gegevens"
- (d) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "wel uitloging"
- (e) Koppelen aan ontwikkelde proceskaart "afvalwaterzuivering".

Verwerkingstechniek: Thermisch drogen en inzet in cementoven							
ASPECT		(specificatie)	INGREEP	Gevoeligheidsanalyses ^(a)			
				1 ^(b)	2 ^(c)	3 ^(d)	4 ^(e)
9.	Vermeden transport in tkm (ton/vracht)	kolen stookolie	38,6 (16) -	als normaal	als normaal	- 16,2 (16)	als normaal
10.	Vermeden energie		-	-	-	-	-
11.	Vermeden emissie lucht (mg)	As Ba Cd Co Cr Cu Hg Mn Mo Ni Pb Sb Se Sn Sr V Zn Cl F SO ₂ CO ₂ NO _x CO C _x H _y fijn stof dioxines	0,39 30,88 1,13 4,35 5,79 5,11 9,61 81,54 0,39 8,52 6,47 1,45 0,48 1,45 21,23 38,50 25,48 2200,2 179,49 237.621,6 281 kg 1.572.480 491.400 131.040 29.730 0,098 mg	als normaal	als normaal	0,03 0 0 0,08 0,01 0,04 0,03 0 0,02 1,22 0,36 0 0,03 0 2,43 0,14 43,74 7,29 54.237,6 281 kg 1.572.480 491.400 131.040 29.490 0,098 mg	als normaal
12.	Vermeden emissie water		zie 14	als normaal	als normaal	zie 14	als normal
13.	Vermeden emissie bodem		zie 14	als normaal	als normaal	zie 14	als normal
14.	Vermeden bedrijfsmiddelen	kolen stookolie kalksteen (netto)	193 kg - 10,3 kg	als normaal	als normaal	- 81 kg 87,5 kg	als normaal
15.	Overig	zuiveren water ^(f)	700 liter	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal

- (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 "andere samenstelling"
- (c) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "specifieke ENCI-gegevens"
- (d) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "vermeden inzet stookolie"
- (e) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "wel uitloging"
- (f) Koppelen aan ontwikkelde proceskaart "afvalwaterzuivering".

Verwerkingstechniek: biologisch drogen en inzet in E-centrale						
ASPECT		(specificatie)	INGREEP	Gevoeligheidsanalyses ^(a)		
				1 ^(b)	2 ^(c)	3 ^(d)
1.	Ruimtebeslag (m ² /jaar)	installatie	0,155	als normaal	als normaal	als normaal
2.	Transport in tkm (ton/vracht)	slib gedroogd slib verbrandingsassen houtchips gips kalk water weg ammoniak	75 (20) 19 (20) 27 (20) 2,5 (20) 0,44 (20) 2,46 0,21 (10) 0,05 (10)	als normaal	75 (20) 19 (20) 27 (20) 2,5 (20) 0,52 (20) 2,46 0,21 (10) 0,01 (10)	als normaal
3.	Energiegebruik	drogen	35 kWh 1,3 liter diesel	als normaal	als normaal	als normaal
4.	Bedrijfsmiddelen	<u>droger:</u> houtchips water <u>E-centrale:</u> Ca(OH) ₂ NH ₄ OH (25%)	50 kg 19,8 m ³ 4,1 kg 0,61 kg	als normaal als normaal	als normaal als normaal	als normaal als normaal
5.	Emissie lucht (mg, tenzij)	<u>via biofilter:</u> NH ₃ C _x H _y <u>via E-centrale:</u> As Cd Cr Cu Hg Ni Pb Zn HCl HF SO ₂ NO _x N ₂ O NH ₃ CO C _x H _y fijn stof dioxines <u>via cementoven:</u> As Cd Cr Cu Hg Ni Pb Zn HCl HF SO ₂	7.100 11.900 3,00 5,00 8,75 100,0 35,00 7,50 43,75 225,0 21.860 3.950 500.000 89.560 - 1.790 8.960 2.200 13.540 0,0098 mg 1,5 2,2 4,3 49,5 15,8 3,7 21,6 111 656 87,5 625	7.100 11.900 3,00 6,75 19,25 100,0 50,00 7,50 43,75 225,0 21.860 3.950 500.000 89.560 - 1.790 8.960 2.200 13.540 0,0098 mg 1,5 3 9,5 49,5 22,8 3,7 21,6 111 656 87,5 625	7.100 11.900 4 0,6 11 128 14 10 57 290 4.600 500 284.000 191.000 800 800 8.000 800 4.000 0,008 mg 1,5 2,3 4,3 49,5 15,6 3,7 21,6 111 656 87,5 625	als normaal als normaal als normaal

Verwerkingstechniek: biologisch drogen en inzet in E-centrale						
ASPECT		(specificatie)	INGREEP	Gevoeligheidsanalyses ^(a)		
				1 ^(b)	2 ^(c)	3 ^(d)
6.	Emissie water (mg)	stof	39.600	als normaal	als normaal	als normaal
		Kj-N	152.500			
		BZV	4.200			
		CZV	126.700			
		Cl	297.000	als normaal	als normaal	als normaal
7.	Emissie bodem (mg)	As	-	als normaal	als normaal	1,48
		Cd	-			2,49
		Cr	-			4,33
		Cu	-			49,45
		Hg	-			2,89
		Ni	-			3,71
		Pb	-			21,63
		Zn	-			111,26
		Cl	-			53,13
		F	-			4,38
		SO ₄	-			937,5
8.	Finaal afval / te storten rest		-	-	-	-
9.	Vermeden transport in tkm (ton/vracht)	gips	0,07 (20)	als normaal	0,085	als normaal
		kalk water	0,36		0,50	
		weg	0,03 (10)		0,04	
		E-assen	4,0 (20)		4,0	
		kolen	10,6 (16)		10,6	
10.	Vermeden energie	In E-centrale	176 kWh	als normaal	als normaal	als normaal
11.	Vermeden emissie lucht	-	zie 10,14	als normaal	zie 10,14	als normaal
12.	Vermeden emissie water	-	zie 10,14	als normaal	zie 10,14	als normaal
13.	Vermeden emissie bodem	-	zie 10,14	als normaal	zie 10,14	als normaal
14.	Vermeden bedrijfsmiddelen	kolen	53 kg	als normaal	53	als normaal
		kalk	0,6 kg		0,84	
		kalksteenmeel	90 kg		90	
15.	Overig	gipsproductie	8,7 kg	als normaal	10,4	als normaal
		vermedengipsprod.	1,43 kg		1,7	
		zuiveren water ^(e)	19,8 m ³			

- (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 "andere samenstelling"
- (c) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "specifieke Hemweg-gegevens"
- (d) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "wel uitloging"
- (e) Koppelen aan ontwikkelde proceskaart "afvalwaterzuivering".

Verwerkingstechniek: biologisch drogen in inzet in cementoven								
ASPECT		(specificatie)	INGREEP	Gevoeligheidsanalyses ^(a)				
				1 ^(b)	2 ^(c)	3 ^(d)	4 ^(e)	
11.	Vermeden lucht	emissie	As	0,18	als normaal	als normaal	0,01	als normaal
			Ba	14,08			0	
			Cd	0,51			0	
			Co	1,98			0,04	
			Cr	2,64			0,01	
			Cu	2,33			0,02	
			Hg	4,38			0,01	
			Mn	37,18			0	
			Mo	0,18			0,01	
			Ni	3,89			0,56	
			Pb	2,95			0,17	
			Sb	0,66			0	
			Se	0,22			0,01	
			Sn	0,66			0	
			Sr	9,68			0	
			V	17,56			1,11	
			Zn	11,62			0,06	
			Cl	1003,2			19,98	
			F	81,84			3,33	
			SO ₂	108.345,6			24.775,2	
CO ₂	128 kg	128 kg						
NO _x	716.500	716.500						
CO	223.910	223.910						
C _x H _y	59.710	59.710						
fijn stof	13.570	13.520						
dioxines	0,045mg	0,045mg						
12.	Vermeden water	emissie		zie 14	als normaal	als normaal	zie 14	als normaal
13.	Vermeden bodem	emissie		zie 14	als normaal	als normaal	zie 14	als normaal
14.	Vermeden middelen	bedrijfs-	kolen	88 kg	als normaal	als normaal	-	als normaal
			stookolie	-			37	
			kalksteen	54,8 kg			90,0	
15.	Overig		zuiveren water ^(f)	19,8 m ³	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal

- (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 "andere samenstelling"
- (c) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "specifieke ENCI-gegevens"
- (d) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "vermeden inzet stookolie"
- (e) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "wel uitloging"
- (f) Koppelen aan ontwikkelde proceskaart "afvalwaterzuivering".

Verwerkingstechniek: Natte oxidatie reactor					
ASPECT		(specificatie)	INGREEP	Gevoeligheidsanalyses ^(a)	
				1 ^(b)	2 ^(c)
7.	Emissie water (mg)	stof	5.600	5.600	als normaal
		Kj-N	33.100	33.100	
		BZV	1.300	1.300	
		CZV	5.600.000	5.600.000	
		P-tot	9.000	9.000	
		As	27	27	
		Cd	1,4	1,9	
		Cr	99	217,8	
		Cu	116	116	
		Hg	0,36	0,51	
		Ni	67,5	67,5	
		Pb	16,2	16,2	
Zn	58,8	58,8			
8.	Finaal afval / te storten rest	filterkoek	250 kg	als normaal	-
9.	Vermeden Transport in tkm (ton/vracht)		-	-	-
10.	Vermeden energie	tgV niet drogen	50 kWh	als normaal	als normaal
11.	Vermeden emissie lucht		zie 10,14	als normaal	als normaal
12.	Vermeden emissie water		zie 10,14	als normaal	als normaal
13.	Vermeden emissie bodem		zie 10,14	als normaal	als normaal
14.	Vermeden bedrijfsmiddelen	kalksteenmeel	-	-	87,5 kg
15.	Overig	zuiveren water ^(d)	5,6 m ³	als normaal	als normaal
		verm.zuiv.water^(d)	4.000 kg		

(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 "andere samenstelling"

(c) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "filterkoek naar cementoven"

(d) Koppelen aan ontwikkelde proceskaart "afvalwaterzuivering".

Verwerkingstechniek: Vergassen en inzet in E-centrale							
ASPECT (specificatie)		INGREEP	Gevoeligheidsanalyses ^(a)				
			1 ^(b)	2 ^(c)	3 ^(d)	4 ^(e)	
1.	Ruimtebeslag (m ² /jaar)	installatie stort reststoffen	0,104 0,16	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal
2.	Transport in tkm (ton/vracht)	slib verbrandingsassen zwavel actief kool filterkoek bedrijfsmiddelen	100 (20) 26,25 (20) 0,3 (10) 0,015 (10) 3,6 (10) 4,275 (10)	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal
3.	Energiegebruik	stort reststoffen	1,4 MJ	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal
4.	Bedrijfsmiddelen	zand HCl (30%) Ca(OH) ₂ polyelectroliet FeCl ₃ (40%)	1 kg 27 kg 29 kg 0,005 kg 0,09 kg	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal
5.	Emissie lucht (mg, tenzij)	<u>via biofilter:</u> NH ₃ C _x H _y <u>via E-centrale</u> As Cd Cr Cu Hg Ni Pb Zn fijn stof SO ₂ HCl HF NO _x NH ₃ N ₂ O CO C _x H _y dioxines <u>via cementoven:</u> As Cd Cr Cu Hg Ni Pb Zn	690 1.160 5 20 14 154 20 12 68 350 2.000 20.000 4.000 400 140.000 2.000 2.000 30.000 2.000 0,02 µg 1,49 2,39 4,36 49,82 19,61 3,74 21,79 112,10	690 1.160 5 27 31 154 28,6 12 68 350 2.000 20.000 4.000 400 140.000 2.000 2.000 30.000 2.000 0,02 µg 1,49 3,23 9,59 49,82 28,08 3,74 21,79 112,10	als normaal	als normaal	als normaal
6.	Emissie bodem (mg)	As Cd Cr Cu Hg Ni Pb Zn	- - - - - - - -	als normaal	als normaal	als normaal	1,49 3,11 4,36 49,82 3,60 3,74 21,79 112,10

Verwerkingstechniek: Vergassen en inzet in E-centrale								
ASPECT		(specificatie)	INGREEP	Gevoeligheidsanalyses ^(a)				
				1 ^(b)	2 ^(c)	3 ^(d)	4 ^(e)	
7.	Emissie water (mg, tenzij)	via droogdamper:						
		stof	3.500	3.500	als normaal	als normaal	als normaal	
		Kj-N	25.400	25.400				
		BZV	11.100	11.100				
		CZV	46.200	46.200				
		As	1,2	1,2				
		Cd	0,27	0,36				
		Cr	2,0	4,4				
		Cu	16	16				
		Hg	0,063	0,09				
		Ni	7,9	7,9				
		Pb	7,9	7,9				
		Zn	112	112				
			via vergasser:					
			As	0,43	0,43	als normaal	als normaal	als normaal
			Cd	0,22	0,22			
			Cr	0,43	0,43			
			Cu	0,43	0,43			
			Hg	0,22	0,22			
			Ni	0,87	0,87			
			Pb	2,2	2,2			
			Zn	2,2	2,2			
			sulfide	2,2	2,2			
	C _x H _y	87.000	87.000					
	CZV	434.000	434.000					
	BZV	1.085.000	1.085.000					
	NH ₃	217.000	217.000					
	P-totaal	1.085.000	1.085.000					
	N-totaal	260.000	260.000					
	stof	434.000	434.000					
	dioxines	26 ng	26 ng					
8.	Finaal afval / te storten rest	act. kool	0,1 kg	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal	
		filterkoek	24 kg					
9.	Vermeden Transport in tkm		-	-	-	-	-	
10.	Vermeden energie	bijstoken syngas	124 kWh	als normaal	151	98	als normaal	
11.	Vermeden emissie lucht		zie 10, 14	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal	
12.	Vermeden emissie water		zie 10, 14	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal	
13.	Vermeden emissie bodem		zie 10, 14	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal	
14.	Vermeden bedrijfsmiddelen	kalksteenmeel	87,5 kg	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 "andere samenstelling"
- (c) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "hoger energierendement"
- (d) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "hoger eigen verbruik"
- (e) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "toch uitloging"

Verwerkingstechniek: pyrolyse/smelten						
ASPECT		(specificatie)	INGREEP	Gevoeligheidsanalyses ^(a)		
				1 ^(b)	2 ^(c)	3 ^(d)
1.	Ruimtebeslag (m ² /jaar)		0,12	als normaal	als normaal	als normaal
2.	Transport in tkm (ton/vracht)	slib basalt zwavel zand water weg metaalslib NaOH (50%)	75 (20) 2,95 (20) 0,31 (10) - - (20) 0,11 (10) 1,6 (10)	als normaal	75 (20) 3,24 (20) 0,31 (10) 0,42 0,29 (20) 0,11 (10) 1,6 (10)	als normaal
3.	Energiegebruik	voordrogen breken slak	2,42 GJ 8,66 kWh 3,8 kWh	als normaal	2,42 8,66 4,2	als normaal
4.	Bedrijfsmiddelen	zand NaOH (50%)	- 20,7 kg	als normaal	8,4 kg 20,7	
5.	Emissie lucht (mg)	As Cd Cr Cu Hg Ni Pb Zn fijn stof SO ₂ HCl HF NO _x N ₂ O CO	0,78 0,13 0 1 1,54 0,45 11,4 58,5 1.810 1750 13,11 6,58 293.000 19.500 488.000	0,78 0,18 0 1 2,2 0,45 11,4 58,5 1.810 1750 13,11 6,58 293.000 19.500 488.000	0,78 0,13 0 1 1,54 0,45 11,4 58,5 1.890 1750 13,11 6,58 293.000 19.500 488.000	als normaal
6.	Emissie bodem (mg)	As Cr Cu Ni Pb Zn	- - - - - -	als normaal	als normaal	24 88 8.000 370 610 2.700
7.	Emissie water (mg)	As Cd Cr Cu Hg Ni Pb Zn Cl F	0,06 0,0028 0 0 6,87 ^E -16 0 1,22 ^E -7 4,13 ^E -5 424.987 24.994	0,06 0,00378 0 0 9,81 ^E -16 0 1,22 ^E -7 4,13 ^E -5 424.987 24.994	als normaal	als normaal
8.	Finaal afval / te storten rest		-	-	-	-
9.	Vermeden Transport in tkm (ton/vracht)	zand water weg zinkconc (rail)	4,22 2,95 (20) 0,04	als normaal	4,64 3,24 0,04	als normaal
10.	Vermeden energie		0,5 GJ	als normaal	als normaal	als normaal
11.	Vermeden emissie lucht		zie 10,14	als normaal	als normaal	als normaal
12.	Vermeden emissie water		zie 10,14	als normaal	als normaal	als normaal
13.	Vermeden emissie bodem		zie 10,14	als normaal	als normaal	als normaal
14.	Vermeden bedrijfsmiddelen	zand zink-conc.	84,3 kg 0,37 kg	als normaal	92,6 0,37	als normaal
15.	Overig	zuiveren water ^(e)	11,5 liter	als normaal	als normaal	als normaal

- (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 "andere samenstelling"
- (c) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "wel flux"
- (d) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "wel uitloging"
- (e) Koppelen aan ontwikkelde proceskaart "afvalwaterzuivering".

BIJLAGE 2

LITERATUURLIJST

DHV, 1998

MER-evaluatie van de VAM-composteringsinstallatie van 400.000 ton gft-afval, dossier P3580.01.001

DRSH, 1999

"Milieu en Veiligheid 1999; Tweede uitgave van het verslag over milieu en veiligheid bij de slibverbranding van DRSH in Dordrecht"

Haskoning, 1997

MER "Inzet van secundaire grond- en brand- en hulpstoffen en emissiereductie 2000", ref. 1997/23K.

KEMA, 1995

Garantiemetingen bij HVC

KEMA 1995

Vergelijkende studie thermische verwerking van huishoudelijk afval, een evaluatie van 5 technieken, rapportnr. 53751-KET/PEC 95-2001

KEMA, 1997

MER Bijstoken gedroogd zuiveringsslib in de Hemwegcentrale te Amsterdam, rapportnr. 64652-KES/MAD 96-3037

KEMA, 1998

DRSH Zuiveringsslib NV: Toetsing van rookgasemissies aan vergunningsvoorwaarden, rapportnr. 64857-KPG/TCM 97-3561

KEMA, 1998b

Conversieroutes voor (afval)biomassa. Kostenverlaging gasreiniging, rapportnr. 98560222-KPS/TPE 99-3034.

KEMA, 1999

Emissies naar lucht (van micro- en sporenelementen) tijdens bijstoken van 10% secundaire brandstoffen en biomassa in kolengestookte eenheden in Nederland, rapportnr. 99530162-KST/MAT 99-6579

KEMA, 2000

MER Afvalvergassing Eemscentrale, rapportnr. 98560219-KPS/MEC 99-3017

RIVM, 1993

Informatiedocument AVI-reststoffen, rapportnr. 738902025

VVAV, 1993

Reststoffen van afvalverbranding - kwaliteiten en kwantiteiten. Publicatie VVAV 93029TR.R

USHN, 1997

Data samenstelling RWZI slib, 1997

HVC, 1991
MER -HVC, 1991

HVC, 1998
Milieujaarverslag 1998

Zuiveringsschap Limburg, 1998
Rapportage "Werking van rioolwaterzuiveringsinstallaties in 1998"

Vartech, 2001
Milieujaarverslag 2000

TNO, 2000
Emissiefrofielen Verwijderingstechnologieën Gevaarlijk Afval