

**MILIEUEFFECTRAPPORT  
LANDELIJK AFVALBEHEERPLAN**

**Achtergronddocument A14  
Uitwerking “gft-afval”**

Afval Overleg Orgaan  
2002



## INHOUDSOPGAVE

	blz.
1. INLEIDING	3
2. SAMENSTELLING GFT-AFVAL	4
2.1 Samenstelling algemeen	4
2.2 Spreiding in samenstelling	4
2.3 Verontreinigingen	6
3. VERWERKINGSALTERNATIEVEN EN REFERENTIE-INSTALLATIES	8
4. UITGANGSPUNTEN EN SYSTEEMGRENZEN	10
4.1 Afbakening	10
4.2 Transport	10
4.3 Waterzuivering	12
5. GESCEIDEN INZAMELEN EN COMPOSTEREN	13
5.1 Procesbeschrijving	13
5.2 De toepassing van compost	15
5.3 Massabalans	17
5.4 Ruimtebeslag	19
5.5 Transport	20
5.6 Energie	21
5.7 Bedrijfsmiddelen	24
5.8 Emissies	25
5.9 Verwerkingskosten	34
5.10 Nadere opmerkingen m.b.t. de gevolgde aanpak	34
6. NIET GESCEIDEN INZAMELEN EN VERBRANDEN IN EEN AVI	37
6.1 Procesbeschrijving	37
6.2 Massabalans, producten en reststoffen	38
6.3 Ruimtebeslag	39
6.4 Transport	39
6.5 Energie	40
6.6 Bedrijfsmiddelen	42
6.7 Emissies	43
6.8 Verwerkingskosten	46
7. GESCEIDEN INZAMELEN EN VERGASSEN + E-CENTRALE	47
7.1 Procesbeschrijving	47
7.2 Uitgangspunten/modellering, massabalansen en kwaliteit reststoffen	48
7.3 Ruimtebeslag	54
7.4 Transport	55
7.5 Energie	56
7.6 Bedrijfsmiddelen	58
7.7 Emissies	60
7.8 Verwerkingskosten	64
7.9 Nadere opmerkingen t.a.v. de gehanteerde energierendementen	65
8. INTEGRAAL INZAMELEN EN SCHEIDEN/VERGISTEN/VERBRANDEN	66
8.1 Procesbeschrijving	66
8.2 Balans, producten en reststoffen	67
8.3 Ruimtebeslag	70
8.4 Transport	71
8.5 Energie	72

8.6	Bedrijfsmiddelen	74
8.7	Emissies	76
8.8	Verwerkingskosten	81
8.9	Nadere opmerkingen m.b.t. de gevolgde aanpak	82
8.10	Leemten in kennis	83
9.	GESCHEIDEN INZAMELEN EN VERGISTEN	84
9.1	Procesbeschrijving	84
9.2	Toepassing van de vergistingscompost	85
9.3	Balans, producten en reststoffen	87
9.4	Ruimtebeslag	89
9.5	Transport	90
9.6	Energie	91
9.7	Bedrijfsmiddelen	94
9.8	Emissies	96
9.9	Verwerkingskosten	104
9.10	Nadere opmerkingen m.b.t. de gevolgde aanpak	104

**Bijlagen:**

1: Overzichten milieu-ingrepen

2: Overzicht literatuur

## 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 rookgassen van een verbrandingsinstallatie of het milieucompartiment "bodem" via uitloging bij het storten of nuttig toepassen van reststoffen na 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 worden bijvoorbeeld NO<sub>x</sub> 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 "**gft-afval**". Dit is de gescheiden ingezamelde organische fractie afkomstig van huishoudens. Daarbij wordt ook aangegeven van welke referentie-installaties is uitgegaan bij het bepalen van de emissies en het energie- en bedrijfsmiddelenverbruik.

## **2. SAMENSTELLING GFT-AFVAL**

### **2.1 Samenstelling algemeen**

Voor het uitvoeren van de LCA's is informatie nodig over de samenstelling van gft-afval. Het huidige beleid is gericht op een gescheiden inzameling en verwerking van gft-afval, waarbij compost (en biogas) uit gft-afval wordt (worden) geproduceerd. De gescheiden inzameling van gft-afval richt zich dan ook op de organische fractie van huishoudelijk afval, die voor het grootste deel bestaat uit:

- loof, schillen en resten van groente, fruit en aardappelen
- alle etensresten, waaronder vlees- en visresten, inclusief botten, graten en jus
- kaas en kaaskorsten
- eierschalen
- koffiefilters, koffiedik, theezakjes en theebladeren
- doppen van pinda's en noten en pitten van vruchten
- snijbloemen en kamerplanten, aanhangende potgrond (alleen kleine hoeveelheden)
- mest van huisdieren (geen kattenbakkorrels of zand)
- gras, stro en bladeren
- klein snoeiafval en kort gemaakte takken, resten van tuinplanten
- een krantje gebruikt bij het schillen van aardappelen, maar geen grote hoeveelheden papier.

Van gft-afval zijn uit diverse bronnen samenstellingsgegevens bekend. De meeste gegevens zijn verre van compleet en bevatten alleen analyses van vochtgehalte, gehalte aan organische stof. Een aantal samenstellingsgegevens van gescheiden ingezameld gft-afval is weergegeven in tabel 2.1. Een complete samenstelling van gft-afval is als enige gegeven in de KEMA-studie "Life Cycle Cost Management analyse van vijf verwerkingstechnieken voor gft", deze samenstelling wordt gehanteerd in dit MER. De reden hiervoor is dat deze analyse volledig is en dat hiervoor gegevens bekend zijn van het verwerken van gft-afval in een vergassings- en verbrandingsinstallaties.

De andere referenties zijn verzameld en toegevoegd, teneinde de bandbreedte te demonstreren. De bandbreedte is afgeleid van de analyse resultaten bij SMB en VAR in de KEMA-studie; daar waar de uitersten zijn genoemd door de andere referenties die extremer dan uit de KEMA-analyse volgt, zijn die overgenomen.

### **2.2 Spreiding in samenstelling**

In de LCA-berekeningen in MER-LAP wordt primair gerekend met de waarden onder "normaal" uit tabel 2.1 (voorlaatste kolom), maar zoals uit de andere kolommen in tabel 2.1 blijkt kan de samenstelling van het afval aanzienlijk variëren. Alle variaties in een gevoeligheidsanalyse meenemen resulteert in grote hoeveelheden te beoordelen output. Er is dan ook voor gekozen om voor de gevoeligheidsanalyse alleen voor de meest milieukritische parameters uit te voeren alsmede enkele parameters met een grote spreiding. Zoals aangegeven in de laatste kolom van tabel 2.1 is gekozen voor een variatie van chloor, arseen, cadmium, nikkel, lood en zink. De voor de gevoeligheidsanalyse gehanteerde waarden zijn in de laatste kolom van tabel 2.1 expliciet aangegeven als gevoeligheidsanalyse "andere samenstelling".

Tabel 2.1; Samenstelling gescheiden ingezameld gft-afval

COMPONENT	eenheid	KEMA, 2000,	Spreiding in KEMA, 2000	DHV, 1999 (CAW)	TNO-MEP, 2000	de Weerd	MER-LAP	
							Normaal	Andere samenst.
C	Gew.% van d.s.	29			38,1	36,5	29	29
H	Gew.% van d.s.	3,0			5,14	5,0	3,0	3,0
O	Gew.% van d.s.	21			28,5	23,4	21	21
N	Gew.% van d.s.	1,06		0,58	3,8	1,8	1,06	1,06
S	Gew.% van d.s.	0,18			0,28	0,36	0,18	0,18
K	Gew.% van d.s.	1,21			0,79	0,22	1,21	1,21
Na	Gew.% van d.s.	0,31			0,29	0,12	0,31	0,31
Ca	Gew.% van d.s.	1,62		0,87	2,6	0,64	1,62	1,62
Cl	Gew.% van d.s.	0,24	0,24 – 0,76		0,76	0,08	0,24	<b>0,76</b>
Asrest (1)	Gew.% van d.s.	45	20 – 50		20	33	45	45
stookwaarde	MJ/kg (LHV) d.s.	11,3	10 – 16		16,3		11,3	11,3
Vochtigheid	Gew.%	60	40 – 60	40	52	56	60	60
Al	mg/kg d.s.	9100	8700-9600		5600	12000	9100	9100
As	mg/kg d.s.	3,1	1,1-4,2	3,2		1,1	3,1	<b>4,2</b>
Ba	mg/kg d.s.	166	129-233				166	166
Cd	mg/kg d.s.	0,39	0,29-0,49	<0,5			0,39	<b>0,49</b>
Co	mg/kg d.s.	2,0	1,5-2,4				2,0	2,0
Cr	mg/kg d.s.	44	5 – 49	49		5,6	44	44
Cu	mg/kg d.s.	30	9 – 30	27		8,6	30	30
F	mg/kg d.s.	65	60-70				65	65
Fe	mg/kg d.s.	4900	4400-5300		4800	5100	4900	4900
Hg	mg/kg d.s.	<0,1	<0,1	0,1		0,02	0,1	0,1
Mg	mg/kg d.s.	2100	1260-2100	2770	2600	1260	2100	2100
Mn	mg/kg d.s.	170	159-179				170	170
Mo	mg/kg d.s.	4,4	3,7-4,8				4,4	4,4
Ni	mg/kg d.s.	7,6	7,6 – 25	25			7,6	<b>25</b>
P	mg/kg d.s.	2300	2100-2500	1090		840	2300	2300
Pb	mg/kg d.s.	97	52 – 198	52			97	<b>198</b>
Sb	mg/kg d.s.	2,1	1,6-2,5				2,1	2,1
Se	mg/kg d.s.	<0,5	<0,5				0,5	0,5
Si (1)	% d.s.	17			21	1,9		
Sn	mg/kg d.s.	2,5	1,7-2,8				2,5	2,5
Te	mg/kg d.s.	0,9	0,8-1,1				0,9	0,9
Ti	mg/kg d.s.	660	530-800		290		660	660
V	mg/kg d.s.	10,4	9,3-11,6				10,4	10,4
Zn	mg/kg d.s.	150	89 – 268	118			150	<b>268</b>

1) Voor Si (grotendeels zand) en asrest is er vanuit gegaan dat deze gegevens elkaar grotendeels overlappen en daarom is alleen de asrest als parameter meegenomen.

### 2.3 Verontreinigingen

Gescheiden ingezameld gft-afval is normaliter niet geheel "zuiver". Gft-afval bevat circa 5% onzuiverheden, met name papier en plastic, maar ook metalen, stenen, etc. De metalenfractie vormt normaliter circa 0,1 gew.% van de totale hoeveelheid gft-afval. Onzeker is of gerapporteerde samenstellingen van gft-afval zoals deze staan vermeld in tabel 2.1 alleen betrekking hebben op het organische deel van het afval danwel dat ook de effecten van de hier bedoelde verontreinigingen daarin zijn mee genomen. Voor een deel zullen metingen vaak alleen betrekking hebben op het organische deel van het gft-afval, dus exclusief de relatief eenvoudig af te scheiden grovere stukken als papier, karton en plastic. Daar staat echter tegenover dat dat voor de kleinere stukken papier en plastic minder eenduidig is. In ieder geval moet worden vastgesteld dat de verschillende rapportages omtrent de samenstellingen van gft-afval hier geen eenduidig antwoord op geven.

In dit MER is als functionele eenheid gekozen voor een ton gft-afval met daarin de net genoemde 5% verontreiniging en met een samenstelling zoals in tabel 2.1 is gegeven. Een ton gft-afval bestaat in deze aanpak dus uit ongeveer 950 kg materiaal en 50 kg papier, plastic, karton (en eventueel wat metalen) en dat alles heeft samen de samenstelling zoals vermeld in tabel 2.1.

In dit MER wordt uitgegaan van 5% verontreiniging, bestaande uit papier en plastic. Vanzelfsprekend kan er in praktijk ook zand, stenen en andere zaken in deze 5% zitten. Ten eerste wordt er, zoals hierboven weergegeven, vanuit gegaan dat de 5% aan verontreinigingen deel uitmaakt van de functionele eenheid met een samenstelling van tabel 2.1. Toekennen van een andere samenstelling aan de fractie van 5% zou er toe leiden dat ook de samenstelling van de overblijvende 950 kg verandert en uiteindelijk alleen leiden tot een verschuiving van emissies via de AVI naar emissies naar water of compost. Daar komt bij dat in alle verwerkingsopties deze 5% uiteindelijk geheel of vrijwel geheel naar een verbrandingsinstallatie gaat. Ook hierdoor zal het effect van de gemaakte keuze op de LCA-vergelijking beperkt zijn.

Ten aanzien van de samenstelling van de hoeveelheden papier, PE en PET die zich in het gft-afval bevinden wordt uitgegaan van papier (50%) en plastic (PE, 25% en PET, 25%). De gehanteerde samenstellingen op componentniveau worden gegeven in tabel 2.2.



Tabel 2.2; Samenstelling verontreinigingen papier en plastic (PE en PET) zoals deze wordt aangetroffen in huishoudelijk afval en/of gft-afval

<b>COMPONENT</b>	<b>PAPIER</b>	<b>PE</b>	<b>PET</b>
C [gew% nat]	33,10	73,13	53,72
H [gew% nat]	4,73	12,20	4,28
O [gew% nat]	30,26		27,67
N [gew% nat]	0,193	0,090	
S [gew% nat]	0,193	0,010	
P [gew% nat]	0,007		
Cl [gew% nat]	0,282	0,163	
F [gew% nat]	0,0003		
Asrest [gew% nat]	7,56	4,4	4,3
Water [gew% nat]	30	10,0	10,0
Hg [mg/kg droog]	0,1	0,1	
Cd [mg/kg droog]	2	10	0,25
As [mg/kg droog]	0,5	0,5	0,5
Co [mg/kg droog]	2,5	0,1	1
Cr [mg/kg droog]	10	25	25
Cu [mg/kg droog]	100	100	250
Mn [mg/kg droog]	50	10	25
Ni [mg/kg droog]	10	1	10
Pb [mg/kg droog]	100	250	5
Sb [mg/kg droog]	2	10	
V [mg/kg droog]	1	25	25
Zn [mg/kg droog]	275	-	-
Stookwaarde [MJ/kg nat]	9,779	36,678	28,875

### 3. VERWERKINGSALTERNATIEVEN EN REFERENTIE-INSTALLATIES

De in 1999 aangeboden hoeveelheid gft-afval (circa 1490 kton) is grotendeels verwerkt via composteren. Een gering deel (72 kton) is vergist in een tweetal inrichtingen te Tilburg en Lelystad. Van de hoeveelheid gft-afval is een klein deel geïmporteerd (84 kton). Niet al het gft-afval wordt gescheiden ingezameld. Uit sorteerproeven van het RIVM blijkt dat bijna 50% van het gft-afval in het integraal huisvuil wordt aangeboden, een hoeveelheid van ruwweg 1,5 Mton per jaar (VROM, 1999). Dit betekent dat bij de routes die integrale inzameling betreffen de hoeveelheid biomassa, die ingezet kan worden voor de betreffende toepassing groter (tot een factor 2) kan zijn.

Er is een toenemende belangstelling voor de inzet van energiewinning uit gft-afval via vergisting of vergassing. Dit wordt onder meer veroorzaakt door de doelstelling om de productie van CO<sub>2</sub>-neutrale (duurzame) energie sterk te vergroten, zoals in de Derde Energienota is verwoord.

Ook worden soms vraagtekens geplaatst bij het nut van de gescheiden inzameling en verwerking van gft-afval. Enerzijds omdat nieuwe verwerkingsconcepten zich aandienen (zo heeft VAGRON ervoor gekozen de organische fracties op mechanische wijze af te scheiden uit integraal ingezameld huisvuil en deze fractie vervolgens te vergisten). Anderzijds omdat knelpunten optreden bij de gescheiden inzameling van gft-afval in stadscentra en hoogbouwgebieden (een lage respons en vervuild gft-afval), waardoor onevenredig hoge kosten gemaakt moeten worden voor de inzameling van gft-afval.

Gelet op het bovenstaande worden 5 verwerkingsalternatieven voor gft-afval d.m.v. een LCA vergeleken. Deze alternatieven en de in de LCA's gehanteerde referentie-installaties zijn in tabel 3.1 weergegeven.

Tabel 3.1; Alternatieven en referentie-installaties

ALTERNATIEF	REFERENTIE-INSTALLATIE
Gescheiden inzameling + composteren	CAW te Wieringermeer
Geen gescheiden inzameling + verbranden in AVI	HVC te Alkmaar
Gescheiden inzameling + vergassen/bijstoken	Amercentrale EPZ te Geertruidenberg
Geen gescheiden inzameling + SWV	VAGRON te Groningen
Gescheiden inzameling + vergisten	Biocel-Arcadis te Lelystad

Bovengenoemde referentie-installaties zijn om de volgende redenen gekozen:

#### CAW Wieringermeer

Met het door het CAW toegepaste gft-verwerkingsproces bestaat een ruime ervaring (de inrichting is operationeel sinds 1991). Het betreft een zogenaamd "gesloten" composteringssysteem (het verwerkingsproces vindt in een gesloten hal plaats). "Open" systemen worden in Nederland nauwelijks toegepast (wel bij de VAR). Over de verwerkingsinrichting van het CAW is veel informatie beschikbaar, aangezien de inrichting heeft meegedaan in het "Meetprogramma gft-verwerkingsinstallaties" van het Ministerie van VROM. Op enkele relevante punten wordt afgeweken van de specifieke situatie bij CAW, omdat de gemiddelde situatie in Nederland afwijkt van die van CAW.

#### HVC Alkmaar

De Huisvuilcentrale (HVC) te Alkmaar is als referentie-installatie voor conventionele afvalverbranding gekozen, aangezien het hier een moderne ("state of the art") AVI betreft met vergaande rookgasreiniging en energierugwinning. De HVC wordt gekenmerkt door een afvalwatervrije rookgasreiniging. De geproduceerde stoom wordt gebruikt voor elektriciteitsproductie.

#### Amercentrale EPZ

Het vergassen van gft-afval wordt nog niet toegepast. EPZ heeft bij de Amercentrale een houtvergasser gerealiseerd, waarmee momenteel praktijkervaring wordt opgedaan. Deze installatie is als referentie-installatie gekozen voor de LCA. Ook in de KEMA-studie "Een Life Cycle Cost Management analyse van vijf verwerkingstechnieken voor gft" is deze houtvergasser namelijk als vertrekpunt gekozen. Met name deze laatste studie is als bron gebruikt voor het bepalen van de milieu ingrepen, omdat het technisch concept geheel is afgestemd op de verwerking van gft-afval. Het concept is op maat aangepast op specifieke punten voor gft-afval (zoals geïntegreerde droging van gft-afval en een andere stookgas- en rookgasreiniging).

#### VAGRON Groningen

Het scheiden/wassen/vergisten (SWV)-concept wordt momenteel uitsluitend in de installatie te Groningen toegepast. De installatie dient derhalve als een soort demonstratieproject. Wel is op dit moment in Friesland een vergelijkbare installatie in aanbouw (Oorthuijs, 2001) Er wordt overigens ook een slechts kleine fractie gft-afval direct meevergist (3 kton); het overgrote deel is ONF (Organisch Natte Fractie).

#### Biocel-Arcadis-Lelystad

Vergisting van gft-afval vindt in Nederland plaats in Tilburg en Lelystad. Het betreft twee totaal verschillende vergistingssystemen (Valorgaproces in Tilburg en Biocelproces in Lelystad). Over beide verwerkingsinrichtingen is veel informatie beschikbaar, aangezien de inrichtingen hebben meegedaan in het "Meetprogramma gft-verwerkingsinstallaties" van het Ministerie van VROM. Voor de LCA is een theoretische gft-verwerkingsopzet inclusief vergisting als vertrekpunt gekozen; de gekozen opzet is primair gebaseerd op de kenmerken van de installatie te Lelystad.

## 4. UITGANGSPUNTEN EN SYSTEEMGRENZEN

### 4.1 Afbakening

Gft-afval kan een geringe hoeveelheid metalen bevatten (circa 0,1 gew.%). Deze geringe hoeveelheid metalen wordt in alle beschouwde verwerkingsalternatieven afgescheiden en vervolgens gerecycled en is derhalve niet bepalend voor de uitkomsten van de vergelijking van verwerkingsalternatieven voor gft-afval. Transport en recycling van de metalenfractie worden derhalve niet in de LCA-berekeningen meegenomen. Dit geldt niet voor de andere restfracties (plastics, papier).

Bij gft-afvalverwerkingsprocessen ontstaan reststoffen, waarvan enkele nuttig kunnen worden toegepast als secundaire grondstof. 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 handelbare 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.

### 4.2 Transport

#### 4.2.1 Beladingsgraad

De beladingsgraad per transport hangt af van het materiaal dat vervoerd wordt. Gft-afval wordt bij de huishoudens ingezameld. Aanvoer van gft-afval geschiedt in (inzamel)vrachtwagens met een tonnage van 5 à 10 ton per lading. Bulktransport kan plaatsvinden in grotere hoeveelheden, bijvoorbeeld met een oplegger (Stercompost, 2001).

Afvoer van compost vindt ook plaats in containers. Het tonnage is echter (door de grotere dichtheid) rond 25 ton per lading (informatie Stercompost). Voor de overige hulpstoffen en reststoffen is een standaardbelading van 10 ton verantwoord. Tabel 4.1 geeft een samenvatting van de in MER-LAP gehanteerde beladingsgraden. Eventuele afwijkingen van deze tabel worden in de volgende hoofdstukken expliciet gemotiveerd.

Tabel 4.1; Aangehouden beladingsgraden

aanvoer gft-afval	containerwagen 28 ton (1)
aanvoer integraal huisvuil	containerwagen 28 ton (1)
afvoer compost	25 ton
afvoer reststoffen	10 ton
aanvoer hulpstoffen	10 ton

(1) zie ook paragraaf 4.2.3

#### 4.2.2 Transportafstanden

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-installatie niet bepalend is voor de transportafstand omdat deze installatie alleen wordt 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 recycling bedrijven.

In het kader van deze studie wordt derhalve uitgegaan van de in tabel 4.2 opgenomen transportafstanden (heen en terug). Hierbij wordt uitgegaan van 'aantal locaties' hetgeen betekent: aantal verwerkers, aantal leveranciers bedrijfsmiddelen, aantal afzetkanalen reststromen, etc. Als ondergrens kiezen we een afstand van 35 km. Per geval worden, wanneer daar aanleiding voor is, specifieke uitzonderingen van deze tabel expliciet gemotiveerd. Dit geldt bijvoorbeeld voor stoffen als veen (import).

Tabel 4.2; Gestandaardiseerde transportafstanden

AANTAL LOCATIES	transportafstand (km)
1	150
2	100
3-5	75
6-10	50
11-15	40
>15	35

#### 4.2.3 Transport van het gft-afval versus integraal afval

Kijkend naar de technieken in tabel 3.1 kan worden geconstateerd dat hier sprake is van een verschil in schaalgrootte tussen met name de integrale verbranding en AVI een de ene kant en de andere technieken aan de andere kant. Uitgaande van de bestaande situatie met 11 AVI's en circa 30 composteerinstallaties zou voor de "integraal inzamelen en AVI" 40 km aangehouden moeten worden en voor bijvoorbeeld "gescheiden inzamelen en composteren" 35 km (zie tabel 4.2). In dit MER wordt er voor gekozen om ook voor de andere drie opties uit te gaan van 35 km, hierbij aannemende dat deze verwerkingsopties in het algemeen qua schaalgrootte kleiner zijn dan de AVI en dus het afval meer uit de eigen regio zullen betrekken. Alleen voor "integraal inzamelen en AVI" wordt derhalve 40 km aangehouden en voor alle andere opties 35 km.

Een tweede verschil kan zijn gelegen in de gemiddelde beladingsgraad (grotere of kleinere inzamelvoertuigen). In alle beschouwde gft-afvalbeheersalternatieven wordt het gft-afval huis-aan-huis ingezameld (al dan niet gescheiden van het overige huishoudelijk afval) en vervolgens na overslag in bulk verder vervoerd. Voor de meer lokaal gerichte verwerkingsopties is opbulking/overslag niet altijd aan de orde maar in veel gevallen geschiedt dat wel. Dit leidt tot de conclusie dat de verschillen tussen de diverse alternatieven op dit punt vermoedelijk beperkt zijn.

In dit MER is er voor gekozen om (1) standaard uit te gaan van opslag/opbulken naar grotere containers, en (2) het transport van inzameling tot overslagpunt buiten de systeemgrens te laten. Er wordt dus in alle gevallen gerekend met transport in bulkcontainers van 28 ton. Middels een speciale gevoeligheidsanalyse (de gevoeligheidsanalyse "kleinschalig transport") zal tevens bezien worden wat het effect is van transport in eenheden van maximaal 7,5 ton/vracht.

### 4.3 Waterzuivering

Voor het verwerken van 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. Aangezien de resulterende lozing naar het water te sterk afhangt van de karakteristieken van de afvalstroom om ook hiervoor standaardwaarden te hanteren wordt deze aanpak dus uitsluitend gehanteerd gedaan voor ingrepen als energiegebruik, ruimtebeslag en dergelijke. Voor de uiteindelijk resterende lozingen is dus wel een relatie gelegd met de samenstelling van de vrijkomende waterstroom (en is dus geen standaard ingreeppakket gehanteerd) en zijn de in tabel 4.3 gehanteerde zuiveringsrendementen gebruikt.

Tabel 4.3; Zuiveringsrendementen<sup>1</sup> voor resulterende waterstromen

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

1 Bron: (Zuiveringsschap Limburg, 1998) en eigen aannames voor Ba, Co, Mo, Sb, Se, Sn en V

## **5. GESCHEIDEN INZAMELEN EN COMPOSTEREN**

### **5.1 Procesbeschrijving**

De gescheiden inzameling van gft-afval wordt in Nederland sterk gestimuleerd. Er zijn ongeveer 30 composteringsinstallaties voor gft-afval en twee vergistingsinstallaties. De composteringsinstallaties produceren jaarlijks bijna 600 kton compost. Voorafgaand aan de verwerking vindt controle plaats, waarbij de verwerkers een maximale vervuilingsgraad van 10% aanhouden. Het gaat dan om plastics, karton enz. Bij afkeuring wordt het gft-afval afgevoerd naar de AVI waar het wordt verbrand.

#### A. Transport

Het gft-afval wordt eens per twee weken ingezameld en vervolgens vervoerd naar de afvalverwerkingsinrichting. Aangenomen is (zie paragraaf 4.2) dat het transport naar de inrichting plaatsvindt in bulk (28 ton/vracht). In de gevoeligheidsanalyse "kleinschalig transport" wordt bezien wat het effect is van transport in eenheden van maximaal 7,5 ton/vracht.

#### B. Opslag gft-afval

Het aangevoerde gft-afval wordt op een stortvloer gestort in een afvalontvangsthal. Daar wordt het gft-afval visueel gecontroleerd op aanwezigheid van grove componenten, die tot problemen bij de verdere verwerking kunnen leiden (boomstronken e.d.). Na de controle wordt het afval met behulp van een shovel naar de opslag in dezelfde hal verplaatst. Deze shovel zorgt tevens voor de belading van de gft-voorbewerkingsinstallatie.

#### C. Voorbewerking gft-afval

De voorbewerking van gft-afval bestaat uit verkleinings-, scheidings- en mengprocessen. Er vindt geen handmatige scheiding plaats. Verkleining van gft-afval wordt uitgevoerd met behulp van een wormmolen. Ferro-metalen worden afgescheiden door een magneetscheider. Een trommelzeef met openingen van 80 mm produceert een te composteren fractie (de zeefdoorval) en een restfractie (de zeefoverloop). Het voorbewerkte gft-afval wordt gemengd met structuurmateriaal (de 10-40 mm fractie uit de compostnabewerking).

#### D. Compostering

Het gft-afval wordt door transportbanden op een composteringsveld gedeponeerd, dat voorzien is van drainage- en beluchtingsbuizen. Bij de referentie-installatie heeft elke composteringshal elf composteringsevelden. Het composterende materiaal wordt 1-2 keer per week omgezet met behulp van een mechanische omzetmachine (de Wendelin) en tegelijkertijd verplaatst naar het volgende veld. Het materiaal afkomstig van het laatste veld wordt via een transportband naar de narijpingshal gebracht. Het gehele composteringsproces duurt 6 à 7 weken.

De sturing van het composteringsproces vindt geheel geautomatiseerd plaats op basis van meetresultaten aangaande temperatuur, zuurstofconcentratie en vochtgehalte in het composterende materiaal en in de proceslucht. Oppervlaktewater wordt gebruikt om te voorzien in de waterbehoefte van de composteerinrichting (met name voor bevochtiging composterende massa).

Er wordt door het CAW geen gebruik gemaakt van percolaat en condensaat dat vrijkomt, teneinde ophoping van chloriden en andere zouten in de compost te voorkomen.

#### E. Nabewerking (zeven)

Het gecomposteerde materiaal wordt in een nabewerkings- en compostopslaghal door twee trommelzeven geleid (zeefopeningen 10 en 40 mm). Er wordt met water gesproeid om stofemissies tijdens zeven te voorkomen. De zeeffractie >40mm wordt als residu afgevoerd. De fractie 10-40 mm bestaat grotendeels uit houtachtig materiaal en wordt als structuurmateriaal in het composteringsproces hergebruikt (hiertoe wordt het gemengd met voorberekt gft-afval).

#### F. Nabewerking (ballistische scheiding)

De zeeffractie <10 mm wordt onderworpen aan een ballistische scheiding teneinde relatief zware stoffen zoals stenen, glas en eventueel grote stukken slecht afbraakbaar organisch materiaal te verwijderen.

#### G. Opslag/rijpen

De fijne fractie wordt na de ballistische scheiding opgeslagen. In de opslagperiode vindt een verdere rijping van de compost plaats.

#### H. Luchtbehandeling

De lucht die in de composteringshallen wordt afgezogen, wordt met behulp van biofilters gereinigd, om de geurcomponenten te verwijderen (vooral NH<sub>3</sub>, maar daarnaast ook vetzuren).

#### I. Afvalwaterzuivering

Het percolaat en condensaat dat in het gft-verwerkingsproces vrijkomt, circa 0,114 m<sup>3</sup> afvalwater per ton verwerkt gft-afval (DHV, 1999), wordt geloosd op het riool en vervolgens afgevoerd naar een RWZI.

#### J. Transport compost

De geproduceerde compost wordt per vrachtwagen afgevoerd naar de plaats van toepassing.

#### K. Toepassing compost

Compost uit gft-afval kan op diverse manieren worden toegepast (zie paragraaf 5.2).

#### L. Transport residu nascheiding

De in de compostnabewerking (via ballistische scheiding; processtap F) verkregen reststoffen (stenen, glas e.d.) worden per as afgevoerd.

#### M. Verwijdering residu nascheiding

De in de compostnabewerking (via ballistische scheiding; processtap F) verkregen reststoffen (stenen, glas e.d.) worden gestort.

#### N. Transport te verbranden reststoffen

De te verbranden reststoffen van het gft-verwerkingsproces (zeefoverlopen) worden per as afgevoerd.

#### O. Verbranding reststoffen

De zeefoverloop uit de gft-voorbewerking en de zeefoverloop uit de compostnabewerking worden verwerkt in een AVI, evenals de biofilters.

#### P. Transport reststoffen verbranding

De reststoffen (slakken, vliegassen en rookgasreinigingsresidu) van de AVI worden per vrachtwagen afgevoerd.



#### Q. Nuttige toepassing reststoffen verbranding

De slakken van de AVI worden nuttig toegepast.

#### R. Verwerking reststoffen verbranding

Het rookgasreinigingsresidu van de AVI en de AVI-vliegas worden gestort (respectievelijk in big-bags en na immobilisatie met cement).

### **5.2 De toepassing van compost**

Compost uit gft-afval kan afhankelijk van kwaliteit, seizoen en marktontwikkelingen op diverse manieren worden toegepast en wordt veelal als "compost" of als "zwarte grond" afgezet. Bij het gebruik van compost (zowel groenafval- als gft-compost) als veenvervanger wordt de emissie van langcyclisch CO<sub>2</sub> vermeden.

Gft-compost wordt ingezet als aanvullende bodemverbeteraar. Het gaat daarbij om het opbrengen van organische stof. Als bijeffect worden (in geringe mate) tevens bemestende stoffen opgebracht. Welk ander product daarmee vervangen wordt is niet met zekerheid te zeggen. In 1998 en 1999 was de afzet van gft-compost als volgt (AOO, 2000): 50% in de landbouw, 10% als potgrond, 5% recreatie/groenvoorziening, 7-23% tussenhandel en 28-12% overig.

Jaarlijks wordt 4 miljoen ton veen geïmporteerd en 600 kton gft-compost geproduceerd naast 300-500 kton groencompost. Het potentieel aan veenvervanging in potgrond lijkt groot te zijn (Essent, 2001). De bottleneck wordt gevormd door de zoutlast die in de compost kan voorkomen (chloride gehalte). Als potentiële schattingen worden door Essent (Essent, 2001a) hoeveelheden van enige honderdduizenden m<sup>3</sup> per jaar veen genoemd. De vervanging van veen lijkt daarbij wel in potentie mogelijk maar tegelijk onzeker.

Alleen bij de toepassing in potgrond is duidelijk dat het veenvervanging betreft. In de tuin- en akkerbouw is het streven wel meer veen te vervangen door compost, maar onduidelijk is of dit ook daadwerkelijk bereikt wordt (de bottleneck aldaar is meer economisch van aard). Als aanname in deze studie wordt gesteld dat 50% van de compost in de landbouw veen vervangt. Dat betekent dat in totaal 35% (de helft van 50% plus 10% voor potgrond) van de compost veen vervangt. De andere afzet in de landbouw wordt aangemerkt als vervanger van mest. De waarde van compost als mestvervanger is echter gering, maar wordt vooralsnog wel meegenomen. In de LCA-berekeningen voor het MER-LAP wordt derhalve rekening gehouden met het gebruik van compost als veenvervanger (35%) en als mestvervanger in de akkerbouw en landbouw. De andere afzet in de landbouw wordt aangemerkt als vervanger van mest. De vraag is dan of kunstmest dan wel dierlijke (varkens- of runder)mest wordt vervangen. Bij gebrek aan eenduidige informatie hieromtrent is aangenomen dat het halfom zal zijn.

Samengevat betekent dit dat de routes van compost voor de LCA zijn: 35% vervangt veen, 12,5% vervangt dierlijke mest, 12,5% vervangt kunstmest en 40% gaat naar export, afdekkingen voor stortplaatsen en terug in de plantsoenen. Van deze laatste post wordt aangenomen dat dit in hoofdzaak laagwaardige toepassingen zijn die geen andere producten vervangen, zoals afdekking van stortplaatsen en terugbrengen in plantsoenen en ander openbaar groen<sup>2</sup>. De onzekerheid hierin is echter groot, hetgeen zich uit in de marges voor de onzekerheidsanalyse (10 - 60%). Gezien deze vele on-

---

2 Van deze 40% aan resttoepassingen is in 2000 ongeveer 37% (ofwel ongeveer 15% van het totaal) op stortplaatsen terecht gekomen (bron: AOO, 2001)

zekerheden is het nodig bandbreedten te gebruiken in de gevoeligheidsanalyse van de LCA (zie tabel 5.1).

Tabel 5.1; Bandbreedte in toepassingen van gft-compost

bestemming/vervanging van	gemiddeld	laagw. vervanging	hoogw. vervanging
veen	35	20	50
dierlijke mest	12,5	10	20
kunstmest	12,5	10	20
export/afdeklagen stort, plantsoenen	40	rest = 60	rest = 10

Ten aanzien van een vertaling van de hier afgeleide procenten naar kilogrammen geldt vervolgens nog het volgende. Door toevoeging van compost aan landbouwgrond worden ook voedingsstoffen aangevoerd. Bovendien heeft compost een neutraliserende werking. De hierdoor bereikte besparing op minerale meststoffen en kalkmeststoffen is evenwel beperkt (AOO, 2000b). Ook de op zich aanwezige ziektekiemwerende eigenschappen worden onderkend, maar vertalen zich bij die studie (AOO, 2000b) niet in significante hoeveelheden vermeden bestrijdingsmiddelen. Dit geldt zowel voor compost vervaardigd uit groenafval als gft-compost. Zie ter illustratie tabel 5.2 met vervangingswaarden op productbasis voor gft-compost.

Tabel 5.2; Vervangingswaarde op productbasis (volgens AOO, 2000)

MESTSTOF		vervangingswaarde 1 ton gft-compost
Veen	--	830 kg
KAS	Kalkammonsalpeter met 27% N	4,1 kg
TSP	Tripelsuperfosfaat met 45% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	4,9 kg
Kali 60	Met 60% K <sub>2</sub> O	9,3 kg
Kieseriet	Met 25% MgO	4,0 kg
Dolokal	+ 54 neutraliserende waarde	27,2 kg
<b>totaal kunstmest</b>		<b>49,5 kg</b>

In tabel 5.3 is het resultaat van de tabellen 5.1 en 5.2 samengevat en is zowel voor de normale situatie als de gevoeligheidsanalyses "laagwaardiger vervanging" en "hoogwaardiger vervanging" aangegeven met welke vervangingen wordt gerekend.

Tabel 5.3; vervangingswaarden (in kg) per ton gft-afval.

vervanging	normaal	gevoeligheidsanalyses	
		hoogw. vervanging	laagw. vervanging
veen	103 (1)	146	59
dierlijke mest	341 (2)	546	273
KAS	0,18 (3)	0,29	0,15
TSP	0,21 (3)	0,34	0,17
Kali 60	0,41 (3)	0,65	0,33
Kieseriet	0,17 (3)	0,28	0,14
Dolokal	1,20 (3)	1,91	0,96
<b>som kunstmest</b>	<b>2,17</b>	<b>3,47</b>	<b>1,75</b>

Ter toelichting op voorgaande tabel nog het volgende

- 1) De hoeveelheid veen is berekend uit 830 kg (tabel 5.2), met 0,352 ton compost per ton gft-afval (zie paragraaf 5.3) en met de factor 0,35 uit tabel 5.1. Voor de gevoeligheidsanalyses "laagwaardiger vervanging" en "hoogwaardiger vervanging" is niet met 0,35 maar met respectievelijk 0,20

- en 0,50 gerekend (zie opnieuw tabel 5.1).
- 2) In (AOO, 2000b) is afgeleid dat in het geval van varkensmest 1 ton compost ongeveer 10 ton mest vervangt en voor dunne rundveemest is dit ongeveer 5,5 ton. Maatgevend hierbij is geweest een vergelijkbare hoeveelheid aangevoerde stabiele organische stof. In dit MER is gerekend met het gemiddelde van de getallen voor varkensmest en rundveemest, ofwel een ton compost dat wordt ingezet als mestvervanger vervangt 7,75 ton dierlijke mest. Tenslotte is rekening gehouden met de factor 0,352 (per ton gft-afval ontstaat 0,352 ton compost) en met de 12,5% uit tabel 5.1. Voor de gevoeligheidsanalyses "laagwaardiger vervanging" en "hoogwaardiger vervanging" is niet met 12,5 maar met respectievelijk 10 en 20 gerekend (zie opnieuw tabel 5.1).
  - 3) De hoeveelheden kunstmest zijn berekend uit de laatste kolom van tabel 5.2, met 0,352 ton compost per ton gft-afval (zie paragraaf 5.3) en met de factor 0,125 (zie tabel 5.1). Voor de gevoeligheidsanalyses "laagwaardiger vervanging" en "hoogwaardiger vervanging" is niet met 0,125 maar met respectievelijk 0,10 en 0,20 gerekend (zie opnieuw tabel 5.1).

### 5.3 Massabalans

#### 5.3.1 Compostproductie uit gft-afval

De hoeveelheid compost die geproduceerd wordt uit gft-afval ligt rond eenderde deel. In de rapportage van CREM (CREM, 1999) is gegeven dat 1 ton gft-afval 360 kg compost oplevert. Uit de Novem studie (Novem 1997) is de afzet (let op dat is niet de totale productie) van gft-compost uit gft-afval gegeven per bedrijf en in de rapportage van de Werkgroep Afval Registratie WAR (AOO, 2000) zijn de totale productiecijfers in Nederland gegeven, resulterend in opbrengsten van 387 (1999), 280 (1998) en 330 (1997) kg per ton organisch afval. De LCCM analyse laat een cijfer van 408 zien. Uit de metingen bij CAW tenslotte is een opbrengst van 276 kg per ton gft-afval in de massabalans gegevens. Verder is relevant dat de getallen van jaar kunnen fluctueren afhankelijk van de vraag of het een nat of droog jaar betreft. Het gemiddelde van de verschillende waarden komt uit op 352 ton compost per ton gft-afval. De cijfers zijn samengevat in tabel 5.4.

Tabel 5.4; productie van compost uit gft-afval (ton per ton), diverse referenties.

Referentie	ton compost per ton gft-afval
CREM	0,360
Novem 9710	0,421
WAR 1999	0,387
WAR 1998	0,280
WAR 1997	0,330
CAW	0,276
KEMA, 2000	0,408
<b>gemiddeld</b>	<b>0,352</b>

Gelet op de hiervoor aangegeven spreiding in de hoeveelheid geproduceerde compost per ton gft-afval lijkt het meenemen van een variatie op dit punt (300 kg/ton en 400 kg/ton) in eerste instantie gewenst. Bij de verder uitwerking zal dit zich echter primair vertalen en andere hoeveelheden vermeden veen, vermeden mest en vermeden kunstmest met bijbehorende andere waarden voor transport en energie voor het vermeden opbrengen van deze vervangen materialen. Variatie hierin wordt echter ook bereikt door de reeds eerder genoemde gevoeligheidsanalyses "hoogwaardige vervanging" en "laagwaardige vervanging". Hiermee wordt het ook nog eens separaat variëren van de geproduceerde hoeveelheden compost overbodig geacht en dus achterwege gelaten.<sup>3</sup>

3 Het enige verschil dat wel tot uiting zou komen in de variatie van hoeveelheid geproduceerde compost en niet in de variatie van de toepassingsopties, is de energie voor het uitrijden van de compost (60 MJ/ton). Met 50 kg meer of min-

### 5.3.2 Bestemming residuen

De residuen na de voorbereiding<sup>4</sup> werden in 1999 gesommeerd over heel Nederland als volgt verwerkt; 4506,5 ton verbrand, 17799,5 ton gestort en 43 ton gemeld als afgevoerd metaal. De bedrijven die gezamenlijk verantwoordelijk zijn voor deze hoeveelheden hebben in 1999 samen 1131955 ton organisch materiaal (voornamelijk huishoudelijk gft-afval) verwerkt. Per ton gft-afval leidt de voorbereiding dan tot de volgende 19,7 kg residu waarvan 4 kg is verbrand, 15,7 kg gestort en 38 g voor hergebruik is afgevoerd (metaal). De metalen blijven verder buiten beschouwing (zie hoofdstuk 4). De volledige 19,7 kg/ton aan residuen uit de voorbereiding bestaat voornamelijk uit brandbaar afval (papier, plastic, houtachtig materiaal, zakken huisvuil), dat ook eigenlijk verbrand zou moeten worden in plaats van gestort. Deze laatste route (verbranden) wordt in dit MER aangehouden. Gelet op de 5 % verontreiniging die normaal in gft-afval wordt aangetroffen (zie hoofdstuk 2) betekent afscheiding van 19,7 kg bij de voorbereiding dat aan aanzienlijk deel van deze verontreinigingen bij het composteringsproces meeloopt en vervolgens voor een groot deel bij de nabehandeling in het daar afgescheiden residu zal komen.

Ten aanzien van de nabehandeling is gesommeerd over heel Nederland is in totaal 101356 ton residu voor verdere verwijdering aangemeld (dit is dus exclusief enkele recirculatiestromen) door bedrijven die samen 1265119 ton organisch materiaal (voornamelijk huishoudelijk gft-afval) hebben verwerkt. Per ton gft-afval komt dit neer op 80,1 kg residu (deels dus bestaand uit verontreinigingen aan papier en plastic dat niet bij de voorbereiding is afgescheiden). Van dit residu is 1,7 kg verbrand en 37,2 kg gestort. Van de resterende 40,6 kg per ton gft-afval is 33,4 kg aangemeld als "tussenafdeklaag" als "nuttig toegepast op een stort". De resterende 7,2 kg residu per ton gft-afval is aangemeld als "verwerkt elders". In totaal komt het beeld dus per ton op 80,1 kg residu met als onderverdeling 1,7 kg verbrand, 70,6 kg gestort of anderszins op een stortplaats gebracht en 7,1 kg onbekend. In dit MER wordt voor deze totale fractie van 80,1 kg per ton gft uitgegaan van afvoer naar de stortplaats<sup>5</sup>.

Daarnaast is er sprake van een reststroom uit het biofilter, die qua omvang 510 ton/jaar bedraagt, overeenkomend met 8,5 kg/ton gft-afval. Aangenomen wordt dat deze stroom naar de AVI wordt afgevoerd<sup>6</sup>. Deze stroom bestaat doorgaans uit materialen als schors, verkleind hout en dergelijke; hiervoor hanteren we dezelfde samenstelling als de houtfractie van groenafval (zie achtergronddocument A15 bij het MER).

Voor de hoeveelheden AVI-reststoffen die ontstaan wordt de volgende afleiding aangehouden:

1. Rookgasreinigingsresidu bestaat primair uit de afgevangen Zwavel, afgevangen Fluor en Chloor en verder uit de som van de afgevangen metalen. Op basis van de tabellen 2.1 en de voor de AVI afgeleide balans (zie achtergronddocument A1 bij MER-LAP) betekent dit per ton gft-afval de vorming van 51 g rookgasreinigingsresidu.
2. De aanwezige asrest zal zich verdelen over AVI-slakken en AVI-vliegas in de verhouding 92,6%

---

der compost per ton gft-afval zou dit leiden tot een verschil in energiegebruik van 3 MJ op de totale verwerking van een ton gft-afval. In vergelijking met andere milieu-ingrepen binnen de systeemgrens is dit is niet voldoende significant om het meenemen van deze extra gevoeligheidsanalyses wenselijk te maken.

- 4 De gegevens m.b.t. hoeveelheden residuen die in deze paragraaf worden genoemd zijn gebaseerd op (AOO, 2000b), maar telkens zijn de hoeveelheden verwerkt gft-afval en bijbehorende residuen steeds alleen gebaseerd op dat deel van de bedrijven waar zowel van de verwerkte hoeveelheid gft-afval als van de hoeveelheden residu (uit voor- respectievelijk nabewerking) bekend zijn voor het jaar 1999. Voor zover niet anders vermeld zijn residuen die niet zijn afgevoerd door de composteerinstallatie (maar aangemeld als gerecirculeerd) buiten beschouwing gelaten. Ook zijn de gegevens van vergistingsinstallatie buiten beschouwing gelaten.
- 5 Diverse exploitanten zoeken wel actief naar alternatieven voor het storten
- 6 Het komt ook voor dat deze fractie niet naar de AVI gaat maar wordt meegecomposteerd. In dat geval treden geen AVI-emissies op, en dus ook geen productie van electriciteit, maar wel andere emissies vanuit de compostering zelf.

van het asrest naar de slakken en 7,4% naar het vliegias. Voor gft-afval met restfractie naar de AVI van 28,2 kg (zeefoverloop + biobedafval) waarin asrest van 1600 g as zit (zie tabel 5.9) betekent dit de vorming van 1,48 kg AVI-slakken en 0,12 kg AVI-vliegias.

Tabel 5.5 bevat een overzicht van de hoeveelheden producten en reststoffen die ontstaan bij de verwerking van 1 ton gft-afval als gemiddelde over Nederland. In de tabel is tevens aangegeven met welke verwerkingsroute in dit MER verder wordt gerekend.

Tabel 5.5; Overzicht producten en reststoffen

PRODUCTEN	HOEVEELHEID PER TON VERWERKT GFT-AFVAL	TE STORTEN
Compost	352 kg	N.v.t.
RESTSTOFFEN	HOEVEELHEID PER TON VERWERKT GFT-AFVAL	TE STORTEN
Restfractie voorbereiding naar AVI	19,7 kg	0 kg (1)
Reststoffen naar stortplaats	80,1 kg	80,1 kg
Restfractie biofilters naar AVI	8,5 kg	0 kg (1)
AVI-slak	1,48 kg	0 kg
AVI-vliegias	0,12 kg	0,12 kg
AVI-rookgasreinigingsresidu	0,05 kg	0,05 kg

(1) beide stromen leiden samen tot 0,12 kg AVI-vliegias en 0,05 kg rookgasreinigingsresidu

#### 5.4 Ruimtebeslag

Bij het bepalen van het ruimtebeslag van het beschouwde afvalbeheersalternatief wordt rekening gehouden met:

- het ruimtebeslag van de gft-composteerinrichting,
- de AVI waar 28,2 kg aan reststoffen wordt verbrand,
- de RWZI waar het afvalwater uit het gft-verwerkingsproces wordt gezuiverd,
- het ruimtebeslag als gevolg van nuttige toepassing / storten van AVI-reststoffen.

*De gft-composteerinrichting,*

De oppervlakte voor een composteringsinrichting bedraagt circa 11,7 ha voor een schaalgrootte van 150 kton (KEMA, 2000). Uitgaande van een periode van 100 jaar kan het ruimtebeslag per ton gft-afval dan als volgt worden berekend:

- $117.000 \text{ m}^2 \times 100 \text{ j} = 11,7 \text{ miljoen m}^2 \cdot \text{j}$
- $\frac{150.000 \text{ t/j} \times 100 \text{ j}}{100} = 15 \text{ miljoen ton}$
- $11,7 \text{ miljoen m}^2 \cdot \text{j} : 15 \text{ miljoen ton} = 0,78 \text{ m}^2 \cdot \text{j}$  per ton gft-afval.

*De AVI*

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<sup>2</sup>. Het ruimtebeslag per ton afval is derhalve 0,044 m<sup>2</sup>·jr. De hoeveelheid te verbranden reststoffen uit het gft-verwerkingsproces is circa 28,2 kg per ton verwerkt gft-afval hetgeen een ruimtebeslag van 0,028\*0,044 = 0,001 m<sup>2</sup>·j per ton gft-afval.

### *De RWZI*

Ook de RWZI waar het afvalwater van de composteringsinrichting (circa 114 kg/ton; zie paragraaf 5.1) heeft een zeker ruimtebeslag. Dit ruimtebeslag wordt middels de standaard proceskaart die voor het MER-LAP is opgesteld toegerekend.

### *Storten van reststoffen*

In het kader van de LCA wordt uitgegaan van een storthoogte van 15 meter. Per m<sup>2</sup> stortoppervlak kan dus 15 m<sup>3</sup> afval worden gestort. De dichtheid van de te storten residuen ligt ergens tussen 0,5 en 1 ton/m<sup>3</sup>, en gerekend wordt met een waarde van 0,666. Per m<sup>2</sup> stortruimte wordt dus 15 \* 0,666 = 10 ton afval gestort. Dit betekent dat voor de berging van 1 ton reststoffen 0,10 m<sup>2</sup>/ton nodig is. Uitgaande van 80,1 kg reststoffen per ton gft-afval en een te beschouwen periode van 100 jaar is het fysiek ruimtebeslag per ton gft-afval 0,08\*0,1\*100 = 0,8 m<sup>2</sup>\*jaar.

Voor de verdere verwerking of het toepassen van de reststoffen van de AVI zijn de in achtergronddocument A1 weergegeven proceskaarten. 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-vliegas is aangenomen dat dit geïmmobiliseerd wordt bij de VBM onder toevoeging van cement. Per ton geïmmobiliseerd AVI-vliegas is het ruimtebeslag gelijk aan 9,7 m<sup>2</sup>\*jr. Per ton verwerkt gft-afval (120 g vliegas) komt dit dus overeen met 1,2\*E-3 m<sup>2</sup>\*jr. Van het rookgasreinigingsresidu is aangenomen dat het gestort wordt in big bags met een bijbehorend ruimtebeslag van 14 m<sup>2</sup>\*jr. Per ton gft-afval (0,05 kg rookgasreinigingsresidu) komt dit dus overeen met 0,7\*E-3 m<sup>2</sup>\*jr.

## **5.5 Transport**

In het beschouwde afvalbeheersalternatief vindt transport per as plaats van (1) gft-afval, (2) producten en reststoffen van de composteringsinrichting, en (3) producten, reststoffen en hulpstoffen van de AVI. Daarnaast is sprake van vermeden transporten door vervanging van primaire materialen.

Het verbruik aan diesel en smeerolie, alsmede de emissies via de uitlaatgassen van de voertuigen voor het transport worden berekend m.b.v. de SimaPro database. Deze toe te rekenen afstanden staan voor de normale analyse en voor enkele gevoeligheidsanalyses weergegeven in tabel 5.6. Deze tabel wordt als volgt gemotiveerd.

- Gft-afval; zoals aangegeven in paragraaf 4.2 wordt uitgegaan van transport per as in opgebulkte hoeveelheden (28 ton/vracht) over een afstand van 35 km. Verder is relevant dat in de gevoeligheidsanalyse "kleinschalig transport" wordt gerekend met maximaal 7,5 ton/vracht.
- Compost; composteerinrichtingen hebben veelal regionale schaal. Gelet op de standaard benadering voor transport (zie tabel 4.2) wordt een afstand van 35 km genomen (en een belading van 25 ton/vracht; zie tabel 4.1).
- Te storten reststoffen; de te storten reststoffen worden naar een stortplaats in de regio vervoerd; de transportafstand hiervoor is 35 km.
- Te verbranden reststoffen; in Nederland zijn 11 AVI's zodat de te hanteren afstand 40 km bedraagt.
- Kunstmest; voor vermeden kunstmest wordt uitgegaan van een gemiddelde transportafstand van 75 km en een beladingsgraad van 10 ton/vracht.
- Veen; ten aanzien van de transportafstand voor veen geldt dat veen ten behoeve van de Nederlandse markt voornamelijk in het noorden van Duitsland wordt gewonnen. Hiervoor een afstand van 1000 km (heen en terug) aangehouden. Van de overige winningsplaatsen (zoals Fin-

- land, Canada) wordt relatief weinig geïmporteerd naar Nederland.
- Dierlijke mest; Ten aanzien van dierlijke mest wordt er vanuit gegaan dat vervanging daarvan feitelijk niet leidt tot vermeden transport, daar de dierlijke mestproductie onafhankelijk van de compostinzet doorgaat en de dierlijke mest toch moet worden afgezet. Dit is de achtergrond voor een vermeden transportafstand van 0
  - AVI reststoffen; conform de proceskaarten van de AVI-reststoffen (zie achtergronddocument A1) wordt per ton uitgegaan van 75 km voor de slakken, 130 km voor het vlieggas (inclusief benodigd cement) en 50 km voor het rookgasreinigingsresidu.
  - Vermeden zand; 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. Hetzelfde wordt aangehouden voor afstand voor afdekzand bij het storten van rgrr.
  - RGR-hulpstoffen; voor de bedrijfsmiddelen is aangenomen dat deze op 3-5 locaties in Nederland voorhanden zijn, zodat hier een afstand van 75 km wordt aangehouden.
  - Voor kalk wordt uitgegaan van 600 km per schip, gecombineerd met 50 km over de weg.
  - Ten aanzien van het transport van houtsnippers als (vervangend) biobed-materiaal (zie paragraaf 5.7.1) zijn onvoldoende eenduidige gegevens beschikbaar zijn om hiervoor een goede transportafstand vast te stellen. Dit dient derhalve te worden aangemerkt als leemte in kennis.

Tabel 5.6; Transport en vermeden transport per ton gft-afval

MATERIAAL	kg per ton gft-afval	afstand (km)	normaal	andere samenst.	hoogw. verv.	laagw. verv.
gft-afval	1000	35	35	35	35	35
compost	352	35	20,4	20,4	20,4	20,4
residu naar stort	80,1	35	2,8	2,8	2,8	2,8
residu naar AVI	28,2	40	1,13	1,13	1,13	1,13
AVI-slak	1,48	75	0,11	0,11	0,11	0,11
AVI-vlieggas	0,12	130	0,02	0,02	0,02	0,02
AVI-rookgasreinigingsresidu	0,05	50	0,003	0,003	0,003	0,003
NaOH (20%) en NH <sub>4</sub> OH (25%)	0042	75	0,003	0,003	0,003	0,003
kalk	0,030	600 (w) 50 (as)	0,02 0,001	0,02 0,001	0,02 0,001	0,02 0,001
afdekzand (stort rgrr)	0,038	35 (land) 50 (water)	0,001 0,002	0,001 0,002	0,001 0,002	0,001 0,002
vermeden zand (toepassing AVI-slak)	1,48	35 (land) 50 (water)	0,05 0,07	0,05 0,07	0,05 0,07	0,05 0,07
vermeden veen	103 (1)	1000	103	103	146	59
vermeden kunstmest	2,17 (2)	75	0,16	0,16	0,26	0,13
vermeden dierlijke mest	341 (3)	0	0	0	0	0

1) Geldt voor niet voor "hoogwaardiger vervanging" (146) en "laagwaardiger vervanging" (59)

2) Geldt voor niet voor "hoogwaardiger vervanging" (3,47) en "laagwaardiger vervanging" (1,75)

3) Geldt voor niet voor "hoogwaardiger vervanging" (546) en "laagwaardiger vervanging" (273)

## 5.6 Energie

Rekening moet worden gehouden met:

- het energieverbruik van het gft-afvalverwerkingsinrichting;
- het energieverbruik bij zuiveren afvalwater in RWZI;
- het energieverbruik en de energieproductie bij de verwijdering van reststoffen;
- het (vermeden) energieverbruik bij de nuttige toepassing van de geproduceerde secundaire grondstoffen;

### 5.6.1 Het energieverbruik van het gft-afvalverwerkingsinrichting

De composteringsinrichting van het CAW verbruikt elektriciteit, te weten circa 260 MJ<sub>p</sub> per ton gft-afval (DHV, 1999). In genoemd rapport wordt aangenomen dat 1 MJ primair correspondeert met 0,44 MJ<sub>e</sub>. Bij deze aanname bedraagt het energieverbruik 114 MJ<sub>e</sub> oftewel bijna 32 kWh/ton gft-afval. Dit is redelijk in lijn met de resultaten van de LCCM-studie (KEMA, 2000) analyse (29 kWh<sub>e</sub>/ton).

### 5.6.2 Energieverbruik bij zuiveren afvalwater

Zoals aangegeven in paragraaf 5.1 ontstaat circa 0,114 m<sup>3</sup> afvalwater per ton verwerkt gft-afval. Deze afvalwaterstroom wordt geloosd op het riool en daarna gezuiverd in de RWZI (proces I in de procesbeschrijving). Dit energiegebruik wordt middels de standaardproceskaart die voor het MER-LAP is opgesteld toegerekend.

### 5.6.3 Energieverbruik en de energieproductie bij verwijdering reststoffen

#### *Verbranden residu voorbereiding + biobed-snippers*

Het residu uit de gft-voorbewerking (19,7 kg) en de biofilters (8,5 kg/ton) worden afgevoerd naar een AVI. Een gemiddelde AVI verbruikt ongeveer 100 kWh elektrische energie per ton afval. Daarnaast kan bij een gemiddelde stookwaarde van 10,5 MJ/kg circa 750 kWh elektrische energie per ton afval worden teruggewonnen (ongeveer 26%).

De exacte toerekening dient plaats te vinden op basis van de calorische waarde van de hier te verstoppen residu. Er wordt, gelet op de samenstelling van het residu (papier, plastic en biobed-snippers) vanuit gegaan dat het energieverbruik voor het voeden van de AVI niet zal afwijken van het verbruik dat geldt voor de gemiddelde AVI-voeding. Bij een calorische waarde die zo'n 60% hoger ligt dan die van de gemiddelde AVI-voeding zal verbranden van dit residu echter wel tot aanzienlijk meer rookgassen leiden waardoor het toe te rekenen energieverbruik van de rookgasreiniging vermoedelijk wel boven het gemiddelde zal liggen. Samengevat wordt het energieverbruik per ton residu hoger ingeschat dan de 100 kWh per ton die geldt voor de gemiddelde AVI-voeding, maar is een volledige ophoging met 60% (conform de 60% hogere stookwaarde) te veel. Er wordt uitgegaan van 140 kWh per ton residu.

Voor de toerekening van de geproduceerde energie wordt voor dit residu van overloop en biobed-snippers samen uitgegaan van een calorische waarde van 15,9 MJ/kg (zie voor een toelichting onder paragraaf 5.8.2). Bij een bruto elektrisch rendement van 26% levert dit bruto 1148 kWh elektriciteit per ton residumengsel op.

Uitgaande van 28,2 kg mengsel per ton gft-afval resulteert dit in een elektriciteitsgebruik van 3,9 kWh/ton, een elektriciteitsopbrengst van 32,4 kWh/ton.

#### *Storten residu nabewerking*

Bij het storten van het residu wordt uitsluitend energie (diesel) verbruikt door het materieel dat wordt ingezet voor de feitelijke verwerking op de stort (plaatsen, aandrukken, afdekken). In dit MER wordt hiervoor het kentel van 60 MJ per ton te storten afval aangehouden. Voor 80,1 kg betekent dit een energiegebruik van 4,8 MJ per ton gft-afval.

#### *AVI-reststoffen*

Voor het energieverbruik bij het verwijderen van de reststoffen uit de AVI wordt uitgegaan van de kentallen opgenomen in achtergronddocument A1. Voor het vlieggas gaat het om 5,2 kWh (voor de



menger) en 87 MJ (voor het opbrengen van het immobilisaat) per ton vlieg-as. Voor het rookgasreïnigingsresidu gaat het om 60 MJ (voor het opbrengen van het residu) en 45 MJ (voor aanbrengen afdeklaag) per ton rookgasreïnigingsresidu. Aangezien het slechts gaat om een fractie van de energiebijdragen van andere processen wordt dit energiegebruik verder buiten beschouwing gelaten.

Bij het gebruik van AVI-slakken in de wegenbouw treedt geen gewijzigd verbruik van bedrijfsmiddelen op in vergelijking tot het gebruik van primair materiaal. Hiervoor hoeft derhalve geen energiegebruik in rekening gebracht te worden.

#### 5.6.4 (Vermeden) energieverbruik bij nuttige toepassing secundaire grondstoffen

Dit betreft energiegebruik bij de toepassing van compost en slakken uit de AVI.

##### *De toepassing van compost*

Zoals toegelicht in paragraaf 5.2 wordt er van uitgegaan dat compost nuttig wordt toegepast en worden daarbij verschillende varianten onderscheiden (zie tabel 5.1). Ten aanzien van de energie-effecten hiervan wordt uitgegaan van het volgende:

- Voor het uitrijden van de compost en het opbrengen op de locatie van toepassing wordt uitgegaan van 60 MJ/ton compost. Dit is kental wordt door het hele MER heen voor dit soort processen gehanteerd en is gebaseerd op de aanname dat het benodigde materieel 10 ton per uur verzet en 15 liter diesel met een energie-inhoud van 37 MJ/liter.
- Bij veenvervanging in potgrond wordt energie verbruikt bij het mengen van de compost met andere materialen. Hierbij wordt uitgegaan van een energieverbruik (elektriciteit) bij mengen van 15 kWh per ton compost dat als veenvervanger dient (uitgaande van een menger met een vermogen van 150 kW, die 1600 uur/jaar in bedrijf is en 10 ton mengsel per uur aanmaakt).
- Bij veenvervanging wordt per ton vervangen veen tevens het opbrengen daarvan vermeden (60 MJ/ton).
- Bij het vervangen van kunstmest gaat het om 49,5 kg kunstmest per ton compost die als kunstmestvervanger wordt ingezet (vergelijk tabel 5.2 de laatste kolom). Onbekend is welk energieverbruik met het vermeden opbrengen van kunstmest wordt uitgespaard, maar het lijkt redelijk aan te nemen dat het energiegebruik voor het uitrijden van kunstmest een vergelijkbare orde-grootte zal hebben als het uitrijden van een ton compost. Er wordt dan ook gerekend met 60 MJ per ton vermeden kunstmest.
- Ten aanzien van dierlijke mest wordt er vanuit gegaan dat vervanging daarvan feitelijk niet leidt tot vermeden energie, daar de dierlijke mestproductie onafhankelijk van de compostinzet door-gaat en de dierlijke mest vervolgens elders zal moeten worden afgezet.

Verder is sprake van vermeden energieverbruik bij de vermeden winning van veen, dat vervangen wordt. Dit vermeden energieverbruik wordt als een negatieve milieu-ingreep toegerekend in de LCA-berekeningen. Welk vermeden energieverbruik er geldt bij afgraven en gereedmaken voor transport is niet eenvoudig te kwantificeren. De standaard hoeveelheid bedraagt 60 MJ per ton veen, maar het lijkt gerechtvaardigd deze hoeveelheid te verdubbelen, omdat niet alleen de inzet van graafmachines nodig zijn voor het winnen van veen, maar ook shovels en/of graafmachines om de ontstane gaten op te vullen. De energiehoeveelheid wordt gesteld op 120 MJ per ton vermeden veen. Niet meegenomen wordt het vermeden energieverbruik dat samenhangt met extra maatregelen die noodzakelijk zijn als gevolg van de veenwinning, zoals landschapherstelmaatregelen, het aanbrengen van waterkeringen rond afgegraven gebieden, etc.

Op basis van 352 kg compost per ton gft-afval is in tabel 5.7 weergegeven wat er wordt vermeden in kg/ton gft-afval (hierbij is gebruik gemaakt van tabel 5.3). Met de hierboven aangegeven energiedata (ook in tabel 5.7 samengevat) is vervolgens aangegeven wat dat voor de energietoerekening betekent. Relevant is nog dat:

- positieve getallen duiden op energiegebruik en negatieve getallen op vermeden energie, en
- in de tabel alleen de normale situatie en de gevoeligheidsanalyse "hoogwaardiger vervanging" en "laagwaardiger vervanging" zijn uitgewerkt. Voor alle andere gevoeligheidsanalyses is het beeld hetzelfde als in de normale beschrijving.

Tabel 5.7; energie en vermeden energie bij het toepassen van compost

Proces	energie in MJ per ton	normaal		gevoeligheidsanalyse hoogw. vervanging		gevoeligheidsanalyse laagw. vervanging	
		omvang (kg)	energie (MJ)	omvang (kg)	energie (MJ)	omvang (kg)	energie (MJ)
opbrengen compost	60	317 (1)	19	317 (1)	19	317 (1)	19
vermeden veenwinning	- 120	103	-12,4	146	-17,5	59	-7,1
opmengen veen in potgrond	- 15 kWh	35,2	-0,5 kWh	35,2	-0,5 kWh	35,2	-0,5 kWh
verm. opbr. veen	-60	103	-6,2	146	-8,8	59	-3,5
verm. opbr. mest	0	341	0	546	0	273	0
verm. opbr. kunstmest	-60	2,17	-0,1	3,47	-0,2	1,75	-0,1

(1) totale composthoeveelheid van 352 kg/ton is gecorrigeerd voor de 10% die in potgrond wordt ingezet

#### AVI-slakken

De geproduceerde slakken worden nuttig toegepast als secundaire grondstoffen en vervangen de primaire grondstof zand (in de wegenbouw). De toepassing van de slakken verandert niet noemenswaardig door de daarin opgenomen hoeveelheden verbrandingsas van het bijgestookte gft-residu. 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.

## 5.7 Bedrijfsmiddelen

Rekening moet worden gehouden met:

- het verbruik van het gft-afvalverwerkingsinrichting;
- het verbruik van de RWZI;
- het verbruik bij de verwijdering van reststoffen;
- het verbruik bij de nuttige toepassing van de geproduceerde secundaire grondstoffen;
- het vermeden verbruik door het gebruik van secundaire grondstoffen.

### 5.7.1 Bedrijfsmiddelenverbruik gft-afvalverwerkingsinrichting

Bij de productie van compost uit gft-afval worden geen bijzondere bedrijfsmiddelen (chemicaliën, hulpstoffen) verbruikt. Voor het composteringsproces is wel water benodigd. Oppervlaktewater wordt gebruikt om te voorzien in de waterbehoefte van de composteerinrichting (met name voor bevochtiging composterende massa). Het betreft hier circa 184 kg (0,184 m<sup>3</sup>) per ton gft-afval (DHV 1999).

Daarnaast is per ton verwerkt gft-afval 8,5 kg biobedmateriaal nodig ter vervanging van het afgevoerde materiaal (zie paragraaf 5.3). Er wordt uitgegaan van 8,5 kg houtchips.

### 5.7.2 Bedrijfsmiddelenverbruik RWZI

Zoals aangegeven in paragraaf 5.1 ontstaat circa 0,114 m<sup>3</sup> afvalwater per ton gft-afval. Deze afvalwaterstroom wordt geloosd op het riool en daarna gezuiverd in de RWZI. Het bedrijfsmiddelenverbruik van deze waterzuivering wordt bepaald in de standaardkaart voor RWZI (zie achtergronddocument A1 bij MER-LAP).

### 5.7.3 Toe te rekenen bedrijfsmiddelen van de AVI

Het kalk en natronlooggebruik hangt af van het zwavel- en halogeengehalte in de verstookte afvalstroom (i.c. de overloop van de voorbereiding en de biobed-snipper). Voor het bepalen van het bedrijfsmiddelenverbruik is gebruik gemaakt van de in achtergronddocument A1 bij MER-LAP aangegeven balansen. Met een fractie van 28,2 kg en een bijbehorende samenstelling zoals afgeleid in tabel 5.9 betekent dit 29 g kalk (Ca(OH)<sub>2</sub>) en 14 g NaOH-oplossing (20%).

Naast kalk en natronloog wordt ook gebruik gemaakt van ammoniak ter reductie van de NO<sub>x</sub>-emissies. Uitgaande van een verwijderingrendement van 50% door de SNCR en de hoeveelheid van 28,2 kg residu met een calorische waarde van 15,9 MJ/kg (zie tabel 5.9) is er sprake van de verwijdering van 16 gram NO<sub>x</sub> door de SNCR, hetgeen betekent een verbruik aan NH<sub>4</sub>OH van 28 gram per ton gft-afval.

### 5.7.4 Het bedrijfsmiddelenverbruik bij de verwijdering van reststoffen

Voor het bedrijfsmiddelengebruik voor het storten van AVI-rookgasreinigingsresidu en AVI-vliegas wordt verwezen naar achtergronddocument A1. Voor 120 g AVI-vliegas betekent dit 12 g cement. Voor 51 g rookgasreinigingsresidu komt het neer op 0,17 g big-bag, 0,07 g PE-hoes en 38 g zand.

### 5.7.5 Bedrijfsmiddelenverbruik bij nuttige toepassing secundaire grondstoffen

Bij de toepassing van compost en slakken worden geen bedrijfsmiddelen, zoals chemicaliën gebruikt.

### 5.7.6 Vermeden bedrijfsmiddelenverbruik

Door de productie van compost en slakken wordt de winning van primaire grondstoffen vermeden. Het bedrijfsmiddelenverbruik van de uitgespaarde winnings- en productieprocessen van deze primaire grondstoffen wordt als een negatieve milieu-ingreep in de LCA toegerekend. De omvang wordt bepaald door gebruik te maken van de database in SimaPro.

## 5.8 Emissies

Rekening moet worden gehouden met:

- het gft-afvalverwerkingsinrichting;
- de verwijdering van de zeefoverloop van de voorbewerking en het afval van het biobed;
- de verdere verwijdering / nuttige toepassing van de gevormde AVI-reststoffen
- de verwijdering van het residu uit de nabewerking
- de nuttige toepassing van de geproduceerde compost;
- vermeden emissies

### 5.8.1 De emissies van het gft-afvalverwerkingsinrichting

#### *Emissies naar bodem*

De composteerinrichting is voorzien van adequate bodembeschermende voorzieningen; vloestofdichte vloer op afschot gelegd naar het percolaatopvangsysteem. Op deze wijze kunnen er geen emissies naar de bodem optreden.

#### *Emissies naar lucht*

Emissies naar lucht die samenhangen met het energiegebruik van de inrichting (NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> etc.) worden in rekening gebracht middels standaard proceskaarten die in SimaPro voorhanden zijn.

Het biologische afbraakproces (de compostering) zal met name resulteren in geur- en CO<sub>2</sub>-emissies en mogelijk NH<sub>3</sub> emissie. Daarnaast is het denkbaar dat bij de compostering CH<sub>4</sub> ontstaat.

- Binnen deze LCA wordt het aspect geur niet meegenomen.
- Hetzelfde geldt voor de geproduceerde kortcyclische CO<sub>2</sub>.
- Voor gft-compost zijn omtrent de methaan-emissie weinig cijfers beschikbaar. Uit de studie van Novem (Novem 1997) worden emissies gegeven van 4 tot 8 kg CH<sub>4</sub> per ton gft-afval. Het meetprogramma van DHV noemt een emissies vóór het biofilter van 2,4 kg per ton gft-afval. Er vanuit gaande dat methaan het biofilter vrijwel ongehinderd passeert wordt in dit MER deze laatste waarde 2,4 kg per ton gft-afval aangehouden
- Ook ammoniak-doorslip door het biofilter kan niet altijd worden verwaarloosd. Het meetprogramma van DHV noemt een emissies vóór het biofilter van 2.000 gram per ton gft-afval, en ook dit betreft een emissie vóór het biofilter. Uitgaande van een biofilterrendement van 90% wordt in MER-LAP een emissie van 200 g NH<sub>3</sub> per ton gft-afval toegerekend
- Uit het meetprogramma van DHV blijkt verder dat er een N<sub>2</sub>O emissie plaatsvindt van 960 gram per ton gft-afval uit het composteringsproces, ook weer vóór het biofilter. Wat hiervan wordt weggenomen door het biofilter is niet duidelijk. In MER-LAP is uitgegaan van een verwijderingsrendement van 90%, ofwel restemissie van 96 gram per ton gft-afval. In een aparte gevoeligheidsanalyse "geen N<sub>2</sub>O-verwijdering" wordt tevens het effect bezien van een rendement door het biofilter van 0, ofwel een emissie vaar de lucht van 960 gram N<sub>2</sub>O per ton gft -afval.
- Tenslotte noemt (DHV, 1999) ook nog een ruwe emissie (vóór) het biofilter van 8 g H<sub>2</sub>S per ton gft-afval. Voor deze component wordt uitgegaan van een vrijwel volledige afbraak door het biofilter zodat deze component voor de emissies naar lucht buiten beschouwing wordt gelaten.

#### *Emissies naar oppervlaktewater*

Zoals aangegeven in paragraaf 5.1 wordt oppervlaktewater gebruikt om te voorzien in de waterbehoefte van de composteerinrichting (met name voor bevochtiging composterende massa). Bij het composteringsproces ontstaat circa 114 kg te lozen afvalwater per ton verwerkt gft-afval. Deze afvalwaterstroom wordt afgevoerd naar een RWZI.

De samenstelling van het te lozen proceswater en de emissies naar oppervlaktewater per ton gft-afval zijn weergegeven in tabel 5.8. Bij het bepalen van de emissies naar oppervlaktewater is voor de RWZI uitgegaan van de in hoofdstuk 4 vermelde zuiveringsrendementen. De samenstelling van het te zuiveren water is bepaald op basis van onderstaande praktijkcijfers van het gft-verwerkingsproces van het CAW, waaruit kan worden afgeleid welk deel van een component in gft-afval terecht komt in het afvalwater. De aldus verkregen percentages zijn vervolgens toegepast op de gft-samenstelling vermeld in hoofdstuk 4. De samenstelling van het afvalwater van CAW wordt dus gecorrigeerd voor de verschillen in samenstelling van gft-afval (CAW - MER-LAP, tabel 2.1).

Tabel 5.8; Emissies via afvalwater

stof	conc. (g/m <sup>3</sup> )	emissie naar RWZI mg per ton gft-afval (1)	vertaling MER-LAP / CAW (2)		verw. rend. (%) (3)	emissies naar water na RWZI (mg/ton gft-afval)	
			normaal	andere samenst.		normaal	andere samenst.
CZV	11200	1276800	1,00	1,00	90	127680	127680
BZV	8780	1000920	1,00	1,00	97	30027,6	30027,6
N	670	76380	1,22	1,22	66	31640,6	31640,6
S	42	4788	1,00	1,00	-	4788	4788
anorg. rest	10000	1140000	1,00	1,00	-	1140000	1140000
Cl	790	90060	1,00	1,00	-	90060	90060
P	7,9	900,6	1,41	1,41	77	291,39	291,39
Mg	180	20520	0,51	0,51	-	10371,1	10371,1
Cu	0,14	15,96	0,74	0,74	92	0,95	0,95
Cr	0,11	12,54	0,60	0,60	89	0,83	0,83
Zn	2,1	239,4	0,85	1,51	75	50,72	90,62
Pb	0,15	17,1	1,24	2,54	91	1,91	3,91
Cd	0,0044	0,5016	1,00	1,00	72	0,14	0,14
Ni	0,20	22,8	0,20	0,67	46	2,50	8,21
Hg	0,00022	0,02508	0,67	0,67	91	0,002	0,002
As	0,062	7,068	0,65	0,88	80	0,91	1,24

- 1) op basis van 114 l per ton gft-afval
- 2) verhouding in samenstelling CAW en MER-LAP (tabel 2.1), incl. correctie voor andere vochtgehalten
- 3) zie tabel 4.3

### 5.8.2 De verwijdering van de zeefoverloop van de voorbereiding en het afval van het biobed

De restfractie uit de gft-voorbewerking en afgedankte biofilters, samen circa 28,2 kg per ton gft-afval, worden afgevoerd naar een AVI. In de LCA moet derhalve rekening worden gehouden met de emissies als gevolg van de verbranding van deze reststoffen. Het betreft hier emissies naar lucht via de rookgassen, emissies naar bodem door uitloging van slakken, vliegias en rookgasreinigingsresidu.

#### *Emissies naar lucht ingevolge de verbranding*

Ten aanzien van de samenstelling van deze afvalfractie is voor het houtachtige deel van het biobed gekozen aan te sluiten bij de samenstelling van houtachtig afval zoals ook gebruikt in achtergronddocument A15 van MER-LAP. De reden hiervoor is daar boomschors/houtsnippen vaak als dragermateriaal in biofilters worden ingezet. In hoeverre de samenstelling van de houtsnippers en de in dit MER gehanteerde samenstelling exact overeenkomt is niet bekend, maar als indicatie lijkt aansluiten bij de samenstelling van houtachtig afval een goede benadering. Ten aanzien van de zeefoverloop wordt er vanuit gegaan dat deze voor het overgrote deel bestaat uit papier en plastic dat ten onrechte in het gft-afval terecht is gekomen. Voor de samenstelling wordt aangesloten bij

tabel 2.2. Er is hierbij gekozen voor de benadering 50% papier en 25% PE en 25% PET. In tabel 5.9 is de resulterende samenstelling van deze fractie gegeven.

Tabel 5.9; afvoer naar AVI teruggerekend naar 1 ton gft-afval

component	biobed-afval in g/ton (1)	zeefoverloop in g/ton (2)	gezamenlijk in g/ton (3)	naar AVI in g per ton gft-afval (4)
As	0,295	0,372	0,348	0,010
Ba	17,700	0,000	5,335	0,150
Cd	0,295	2,647	1,938	0,055
Co	2,478	1,133	1,538	0,043
Cr	4,012	13,003	10,293	0,290
Cu	7,080	102,163	73,503	2,073
Hg	0,035	0,056	0,050	0,001
Mn	86,730	25,076	43,660	1,231
Mo	1,770	0,000	0,534	0,015
Ni	10,030	5,758	7,046	0,199
Pb	15,930	84,516	63,843	1,800
Sb	0,236	2,601	1,888	0,053
Se	0,325	0,000	0,098	0,003
Sn	1,475	0,000	0,445	0,013
V	2,950	9,659	7,637	0,215
Zn	38,940	206,183	155,773	4,393
Cl	472,000	1816,960	1411,564	39,806
F	29,500	1,376	9,853	0,278
S	590,000	34,400	201,868	5,693
vocht	41 %	25,7 %	30,3 %	8,55 kg/ton-gft-afval
cal. waarde	10 MJ/kg	18,5 MJ/kg	15,9 MJ/kg	448 MJ/ton-gft-afval
asrest (%)	5 %	6 %	5,7 %	1600 g/ton-gft-afval

(1) Zie achtergronddocument A15 bij MER-LAP

(2) Gebaseerd op 50% papier, 25% PE, 25% PET en samenstellingen van tabel 2.2

(3) Mix van biobed-afval en zeefoverloop in een verhouding 19,7 : 8,5

(4) Gebaseerd op 28,2 kg mix per ton gft-afval

In het kader van dit MER zijn balansen opgesteld (zie achtergronddocument A1 bij dit MER). De op basis van deze massabalansen berekende componentgebonden en procesgebonden emissies naar lucht per ton gft-afval zijn weergegeven in tabel 5.10 en 5.11.

Tabel 5.10; Berekende componentgebonden emissies naar lucht

component	input in g/ton gft-afval (zie tabel 5.9)	deel dat in gereinigde rookgassen komt (%)	emissie naar lucht in mg/ton gft-afval
As	0,010	0,07	0,007
Ba	0,150	0,07	0,105
Cd	0,055	0,5	0,273
Co	0,043	0,07	0,030
Cr	0,290	0,07	0,203
Cu	2,073	0,07	1,451
Hg	0,001	3	0,042
Mn	1,231	0,07	0,862
Mo	0,015	0,07	0,011
Ni	0,199	0,07	0,139
Pb	1,800	0,07	1,260
Sb	0,053	0,07	0,037
Se	0,003	0,07	0,002
Sn	0,013	0,07	0,009
V	0,215	0,07	0,151
Zn	4,393	0,07	3,075
Cl	39,806	0,2	79,612
F	0,278	5	13,893
SO <sub>2</sub> (1)	5,693	0,3	34,156

(1) invoer als grammen S, emissies in SO<sub>2</sub>

Tabel 5.11; Procesgebonden emissies naar lucht

component	emissie in kg per GJ input	per ton gft-afval (28,2 kg residu met 15,9 MJ/kg) in g/ton
NO <sub>x</sub>	0,072	16,15 (1)
NH <sub>3</sub>	0,0018	0,81
CO	0,012	5,38
C <sub>x</sub> H <sub>y</sub>	0,003	1,35
TCDD TEQ	3E-11	1,35E-08
fijn stof	0,0018	0,82 (2)

(1) na correctie voor een afvang van 50% door de SNCR

(2) som van procesgebonden en componentgebonden emissie

Ten aanzien van de emissie van CO<sub>2</sub> is relevant dat in ieder geval het deel dat uit de plasticfractie van de het residu uit de voorbereiding ontstaat niet kortcyclisch is. Concreet komt dit neer op een emissie van ongeveer 18 kg CO<sub>2</sub> per ton gft-afval. Omdat in alle te vergelijken opties een dergelijke plasticfractie moet worden meegenomen en omdat deze ook in alle te vergelijken opties wordt verbrand, is ook deze langcyclische CO<sub>2</sub>-emissie buiten beschouwing gelaten.

#### *Emissies naar oppervlaktewater*

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

#### 5.8.3 Verdere verwijdering / nuttige toepassing van gevormde AVI-reststoffen

De geproduceerde slakken worden nuttig toegepast en vliegias en filterkoek worden gestort. Hoewel de hoeveelheid aan gft-afval toe te rekenen reststoffen beperkt is, is niet uit te sluiten dat een relevant deel van een bepaalde component via één van die routes in het milieu terecht komt. Dat een afvalstroom immers weinig bijdraagt aan de vorming van een reststroom (bijvoorbeeld door een

lage asrest) betekent immers niet dat de stroom geen relevante bijdrage kan leveren aan de verontreiniging van de AVI-reststoffen in het algemeen. Het deel van de in het te verbranden residu aanwezige componenten dat terecht komt in slak, vlieggas en filterkoek volgt uit de massabalansen op componentenniveau (zie achtergronddocument A1 bij het MER-LAP). De emissie die dat kan opleveren wordt afgeleid met de proceskaarten van achtergronddocument A1 bij MER-LAP. Hieruit is af te leiden dat de AVI-slakken aanleiding kunnen geven tot een emissie naar de bodem, terwijl AVI-vlieggas zowel tot emissie naar bodem als naar lucht kan leiden. In tabel 5.12 is dit verder uitgewerkt. Er is een drempel gehanteerd van 0,1 mg per ton gft-afval. Alle emissies lager dan die drempel zijn verder achterwege gelaten. Voor de emissies naar lucht bleek dat deze voor een enkele component boven deze drempel ligt.

Tabel 5.12; emissie naar de bodem per ton gft-afval (alles in mg per ton verwerkt gft-afval)

comp.	AVI-slak			AVI-vlieggas		
	naar slak (1)	fractie naar bodem (2)	emissie naar bodem	naar vlieggas (1)	fractie naar bodem (2)	emissie naar bodem
As	8,40	0,0005	-	1,35	0,001	-
Ba	128,68	0,0005	-	20,61	0,002	-
Cd	27,33	0,0005	-	24,59	0,001	-
Co	37,11	0,0005	-	5,94	0,002	-
Cr	248,25	0,0005	0,12	39,76	0,001	-
Cu	1772,85	0,0005	0,89	283,97	0,001	0,28
Hg	0,00	0,0005	-	0,07	0,001	-
Mn	1053,05	0,0005	0,53	168,68	0,001	0,17
Mo	12,87	0,0265	0,34	2,06	0,053	0,11
Ni	169,94	0,0005	-	27,22	0,001	-
Pb	1539,86	0,0005	0,77	246,65	0,001	0,25
Sb	45,53	0,0055	0,25	7,29	0,001	-
Se	2,36	0,0005	-	0,38	0,008	-
Sn	10,72	0,0005	-	1,72	0,001	-
V	184,20	0,0005	-	29,50	0,003	-
Zn	3757,15	0,0005	1,88	601,81	0,001	0,60
Cl	3980,61	0,2795	1112,58	7961,22	0,032	254,76
F	166,71	0,0005	-	41,68	0,009	0,38
SO4	10195,60	0,0335	341,55	3415,61	0,011	37,57

(1) Berekend via een combinatie van tabel 5.9 de balans uit achtergronddocument A1 bij MER-LAP

(2) Ontleend aan achtergronddocument A1 bij MER-LAP

#### 5.8.4 De verwijdering van het residu uit de nabewerking

Deze emissies betreffen alleen emissies naar de bodem; de emissies naar lucht zijn nihil. Er is geen informatie bekend omtrent de samenstelling van deze afvalstroom zodat kwantificering van de bijbehorende emissies niet goed mogelijk is. In dit MER is er derhalve voor gekozen om alle verontreinigingen die niet worden afgevoerd via het residu van de voorbereiding (en dus ontwijken naar lucht of terecht komen in de AVI-reststoffen) en die ook niet ontwijken naar het water (tabel 5.8) toe te rekenen aan de compost. De emissie naar het milieu die dat met zich meebrengt zijn in de volgende paragraaf uitgewerkt. Met deze aanpak kunnen eventuele emissies die eigenlijk worden veroorzaakt door het storten van dit residu in plaats van dat zij in de compost komen verder achterwege blijven.



### 5.8.5 De nuttige toepassing van de geproduceerde compost

#### *Emissies naar lucht*

Het toepassen levert op zich geen andere emissies dan reeds in rekening zijn gebracht via energie van apparatuur en dergelijke.

#### *Emissies naar water*

Er vinden geen emissies naar water plaats bij de toepassing van compost.

#### *Emissies naar bodem*

Het betreft hier de emissies naar de bodem door verontreinigingen aanwezig in de compost. Op basis van de samenstelling van het gft-afval zoals die in dit MER wordt gehanteerd (hoofdstuk 2) en het deel dat via de waterstroom wordt afgevoerd naar de RWZI (tabel 5.8) en het deel dat via de zeefoverloop naar de AVI is afgevoerd (tabel 5.9) is af te leiden hoeveel van de verschillende componenten in de compost terecht zal komen.

Hieruit kan worden bepaald welke verontreinigingen via de compost in de bodem worden gebracht. Anders dan bij de toepassing van bouwstoffen in een werk, waar het opgebrachte materiaal als uitgangspunt geen deel gaat uitmaken van de bodem maar door uitloging wel kan bijdragen aan de verontreiniging er van, gaat compost wel deel uitmaken van de bodem zelf. Voor het anorganische deel van de compost, dat blijvend deel uit gaat maken van de bodem, geldt dat deze een zekere verontreiniging mag bezitten zonder dat dit leidt tot een verslechtering van de bodemkwaliteit. De effecten van het opbrengen van verontreinigingen zijn daarbij alleen nadelig wanneer deze de normale samenstelling van de bestaande bodem overschrijden. Een ander deel van de compost is organisch en zal dus na verloop van tijd afbreken met achterlating van een aantal verontreinigingen, in ieder geval de zware metalen. Het "overschot" verontreinigingen in het inerte deel van compost en de niet afbreekbare verontreinigingen in het organische deel blijven echter niet volledig achter in de bodem. Een deel wordt opgenomen door de planten, waarvan de resten later weer als compost op het land belanden, waarna de cyclus opnieuw begint. In het BOOM is daarvoor gecorrigeerd. De toegestane hoeveelheden zware metalen zouden, uitgaande van een bepaalde samenstelling van compost, de toegestane dosering en een bepaalde opname door het gewas (akkerbouw), in principe accumulatie van zware metalen in de bodem moeten voorkomen.

Gelet op het voorgaande is er in MER-LAP als uitgangspunt voor gekozen om uitsluitend die vracht die boven het BOOM uitkomt als emissie in rekening te brengen. Voor metalen waarvoor het BOOM geen normering kent is geen emissie naar de bodem in rekening gebracht. Een en ander is uitgewerkt in tabel 5.13. Relevant is nog dat niet duidelijk is welk deel van de laagwaardige toepassingen (normaal 40% en in de gevoeligheidsanalyses "laagw. verv." en hoogw. verv." respectievelijk 60% en 10%; zie tabel 5.1) op een stort terecht komt. Bij gebrek aan kennis is er vanuit gegaan dat de helft van deze laagwaardige toepassingen op de stort terecht komt<sup>7</sup> en dat de emissie naar de bodem van dat deel verwaarloosbaar is. In de tabel is in de eerste rij middels een percentage aangegeven welk deel van de geproduceerde compost niet op de stort komt en derhalve bijdraagt aan de emissies naar de bodem. De rest van de tabel is ingevuld door per component de totale hoeveelheid per ton gft-afval (tabel 2.1) verminderd met de emissie vóór zuivering naar water (tabel 5.8) en verminderd met de afvoer naar de AVI (tabel 5.9) na correctie met de waarden in het BOOM te vermenigvuldigen met het "percentage dat bijdraagt".

---

<sup>7</sup> Van deze 40% aan resttoepassingen is in 2000 ongeveer 37% (ofwel ongeveer 15% van het totaal) op stortplaatsen terecht gekomen (bron: AOO, 2001)

Tabel 5.13; Emissie naar de bodem door toepassing van de compost (mg per ton gft-afval)

comp.	compost mg/kg d.s.		Boom	resulterende uitloging (mg/ton gft-afval)			
	normaal	andere samenstelling		normaal 80 %	hoogw. verv. 95 %	laagw. verv. 70 %	andere samenst. 80 %
As	5,37	7,28	25	0	0	0	0
Cd	0,45	0,63	2	0	0	0	0
Cr	75,77	75,77	200	0	0	0	0
Cu	43,60	43,60	300	0	0	0	0
Hg	0,17	0,17	2	0	0	0	0
Ni	12,77	43,14	50	0	0	0	0
Pb	162,21	338,69	200	0	0	0	25385
Zn	243,60	449,19	900	0	0	0	0

In het kader van de specifieke gevoeligheidsanalyse "correctie op streefwaarden" is gezien in hoeverre de hier gekozen beperkte toerekening van metaalvrachten naar de bodem de LCA-vergelijking beïnvloedt. Hiertoe is op basis van de berekende samenstelling van compost nu niet getoetst aan het BOOM maar aan de streefwaarden voor schone grond. Er is daarbij vanuit gegaan dat de effecten van het opbrengen van verontreinigingen alleen nadelig zijn wanneer deze de normale samenstelling van bestaande grond overschrijden, en om die reden is bij de emissies naar de bodem alleen rekening gehouden met de concentraties die boven de streefwaarden van schone grond uitkomen. Voor de betreffende streefwaarden is voor de metalen As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Sb en Zn aangesloten bij de circulaire streefwaarden en interventiewaarden bodemsanering (Stcrt. 2000, 39), na correctie van de gevonden samenstelling voor compost voor het gehalte aan organische stof. Hierbij is uitgegaan van een organisch stofgehalte van 30%, een lutumgehalte van 3% (aanname) en een vochtgehalte in de ruwe compost van 35%. Voor Mn is de emissie naar de bodem geheel buiten beschouwing gelaten (dit komt in zo hoge concentraties in de natuur voor dat zelfs besloten is om voorlopig geen voorstel voor een interventiewaarde af te leiden; Stcrt. 2000, 39). Voor de overige componenten is de bijdrage van compost ongecorrigeerd in beeld gebracht (feitelijk is gekozen voor een streefwaarde van 0). In deze gevoeligheidsanalyse is tevens rekening gehouden met het opbrengen van een aantal specifieke organische componenten uit compost.

Tabel 5.14; Emissie naar de bodem door toepassing van de compost (mg per ton gft-afval) in de gevoeligheidsanalyse "correctie op streefwaarden"

	compost mg/kg d.s.	gehanteerde correctiewaarde	resulterende emissie (80%)
As	5,37	28,20	0
Ba	290,21	46,45	44617
Cd	0,45	1,07	0
Co	3,40	2,84	102
Cr	75,77	56,00	3619
Cu	43,60	34,80	1611
Hg	0,17	0,26	0
Mn	295,04	alles	0
Mo	7,69	3,00	859
Ni	12,77	13,00	0
Pb	162,21	83,00	14499
Sb	3,45	3,00	82
Se	0,87	geen	160
Sn	4,37	6,11	0
V	17,35	geen	3176
Zn	243,60	104,00	25552
Cl	3645,74	geen	667317
F	113,52	geen	20778
SO <sub>4</sub>	3122,96	geen	1714882
ethanol (1)			11264
azijnzuur (1)			7040
propionzuur (1)			7040
boterzuur (1)			7040
valeriaanzuur (1)			7040
melkzuur (1)			7040

(1) Gebaseerd op gegevens CAW-compost en 352 kg compost per ton gft-afval

#### 5.8.6 Vermeden emissies

Dit betreft vermeden emissies vanwege de vervanging van andere grondstoffen door de toepassing van compost, AVI-slakken en metalen.

##### *Slakken*

De geproduceerde slakken worden nuttig toegepast in de wegenbouw en vervangen daarbij de primaire grondstof zand. 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 Sima-Pro. Alleen het vermeden transport wordt nog separaat in rekening gebracht (zie tabel 5.6)

##### *Compost*

Er is sprake van vermeden emissies als gevolg van de toepassing van compost. Wordt er van uitgegaan dat de compost als veenvervanger dient, dan worden de emissies van veenwinning en -toepassing vermeden. Deze vermeden emissies worden als een negatieve milieu-ingreep toegerekend in de LCA-berekeningen. In de paragrafen over transport, energie en bedrijfsmiddelen zijn de hoeveelheden reeds gekwantificeerd voor de diverse uitwerkingen.

In (AOO, 2000b; tabel 10) is gegeven dat per ton vervangen veen (droge stof gehalte 27%) 550 kg CO<sub>2</sub> wordt vermeden. De vermeden CO<sub>2</sub>-emissie per ton gft-afval is dan zoals hieronder (tabel 5.15) weergegeven.

Tabel 5.15; vermeden CO<sub>2</sub>-emissie ingevolge veenvervanging per ton gft-afval

MATERIAAL	normaal	hoogw. verv.	laagw. verv.	andere samenstelling
vermeden veen (kg)	103	146	59	103
vermeden CO <sub>2</sub> (kg)	56,7	80,3	32,5	56,7

#### *Vermeden emissies bij kunstmestinzet*

De emissies die worden vermeden voor het vermijden van de productie van kunstmest worden verkregen via de standaard van de betreffende meststoffen. Transport en energie zijn in voorgaande paragrafen al separaat in rekening gebracht (zie tabel 5.3).

Op basis van de samenstelling (AOO, 2000b) van de vermeden hoeveelheden kunstmest (zie tabel 5.3) is tevens een inschatting te maken van de vermeden emissies naar de bodem door het vervangen van deze kunstmest. Op basis van de gegevens van KAS, TSP, Kali-60 en Dolokal (van Kiese-riet ontbreken gegevens) leidt dat tot de volgende vermeden emissies naar de bodem.

Tabel 5.16; vermeden emissies naar bodem door vermeden kunstmest in mg per ton gft-afval

component	normaal	gevoeligheidsanalyses	
		hoogw. vervanging	laagw. vervanging
Cd	6,7	10,7	5,4
Cr	49,2	79,5	39,8
Cu	16,9	27,1	13,6
Ni	20,4	32,7	16,5
Pb	36,5	58,1	29,3
Zn	260,1	417,2	209,3
Hg	0,0	0,1	0,0
As	11,8	19,0	9,8

## 5.9 Verwerkingskosten

De tarieven voor de compostering van gft-afval verschillen per inrichting. Het CAW hanteerde in 1998 een composteringstarief van 50 Euro per ton gft-afval (excl. btw). Opgemerkt wordt dat het kostenniveau onder meer beïnvloed wordt door de gekozen composteringstechniek, de schaal-grootte van de verwerkingsinrichting en de getroffen milieumaatregelen. Gemiddeld over Nederland lagen de tarieven in 2000 op een niveau van 60 Euro per ton excl. btw.

## 5.10 Nadere opmerkingen m.b.t. de gevolgde aanpak

De aanpak die bij de uitwerking van dit hoofdstuk is gevolgd om de balansen sluitend te krijgen komt er in hoofdlijnen op neer dat er vanuit is gegaan dat alles aan zware metalen dat niet ontwijkt naar bodem of lucht uiteindelijk in de compost terecht komt. Hierbij zijn tevens de onbekende verontreinigingen die verdwijnen via het residu van de nabewerking toegekend aan de compost. Het residu leidt in deze aanpak dus niet tot bijvoorbeeld emissies naar de bodem waar tegenover de betreffende emissies die aan de compost worden toegerekend vermoedelijk weer iets te hoog zijn ingeschat.

Een alternatieve aanpak voor het in beeld brengen van de emissies die horen bij de compost is het uitgaan van de gemeten samenstelling, waarvan er van compost uit meerdere bronnen gegevens beschikbaar zijn. Ter illustratie wordt in tabel 5.17 de samenstelling gegeven van CAW-compost (DHV, 1999)

Tabel 5.17; Samenstelling gft-compost volgens DHV, 1999.

Component	Gemiddelde samenstelling gft-compost
Droge stof	72 %
Organische stof	35 %
Ruwe celstof	7,6 %
Stikstof	10.400 mg/kg
Fosfor (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	0,64 %
Kalium (K <sub>2</sub> O)	11.800 mg/kg ds
Magnesium (MgO)	5.200 mg/kg ds
Calcium (CaO)	27.800 mg/kg ds
Chroom	29 mg/kg ds
Nikkel	13 mg/kg ds
Koper	35 mg/kg ds
Zink	162 mg/kg ds
Arseen	3,8 mg/kg ds
Kwik	0,10 mg/kg ds
Cadmium	<0,5 mg/kg ds
Lood	84 mg/kg ds
Ethanol	<10 mg/kg
Organische zuren:	
- azijnzuur	40 mg/kg
- propionzuur	<25 mg/kg
- boterzuur	<25 mg/kg
- valerianaanzuur	<25 mg/kg
- melkzuur	<25 mg/kg

Bij het baseren van de emissies naar de bodem op een specifieke gemeten compostsamenstelling zoals deze in tabel 5.17 staat weergegeven dienen echter een aantal kanttekeningen geplaatst te worden:

- Ten eerste dient daarbij altijd rekening gehouden te worden met de samenstelling van het gft-afval waaruit de betreffende compost is geproduceerd en relatie tot de samenstelling waar in dit MER vanuit wordt gegaan. Dit leidt dus sowieso tot een noodzakelijke correctie zoals die ook voor de emissies naar water is uitgevoerd. Dan nog is het echter de vraag hoe zeker het is dat de gehanteerde compostgegevens en de gehanteerde gft-gegevens inderdaad 1-op-1 op elkaar aansluiten.
- Een tweede kanttekening is dat voor lang niet alle componenten die in dit MER in beschouwing zijn genomen voldoende gegevens beschikbaar zijn van hun voorkomen in compost. Indicatief in deze is tabel 5.17 waar voor CAW-compost de samenstellingsgegevens staan weergegeven (DHV, 1999). Met de in dit MER gevolgde aanpak is echter wel voor alle componenten toch een indicatie te geven.
- De derde en meest belangrijke kanttekening is dat het baseren op een gemeten samenstelling van compost niet tot een sluitende balans kan leiden wanneer niet ook tevens daarop afgestemde gedetailleerde gegevens van het nabewerkingresidu en de daaruit voortvloeiende milieu-ingrepen bekend zijn. Op dit moment ontbreken voldoende gegevens van de samenstelling van dit residu van de nabewerking, nog los van de vraag hoe zeker het is dat de gegevens van gft-afval, com-

post en residu alleen op elkaar zijn afgestemd.

Wanneer wordt gekeken naar de samenstelling van de compost zoals die kan worden afgeleid uit de metingen leidt een nadere analyse tot het volgende. Wanneer uitgaande van de gegevens van de CAW-compost (zie tabel 5.17)

1. de samenstelling wordt omgerekend per ton compost (factor 0,72 i.v.m. vochtgehalte in de compost),
2. een vertaling naar een ton gft-afval wordt doorgevoerd (0,352 ton compost per ton gft-afval), en
3. per component gecorrigeerd wordt voor verschillen in gft-samenstelling tussen CAW en MER-LAP (vergelijk uitwerking waterremissies in paragraaf 5.8.1),

dan blijkt inderdaad dat de emissie de verontreiniging van de compost voor de meeste componenten lager uitkomt dan de berekende samenstelling op basis van dit MER. Voor As, Cu en Ni zouden de gehalten uitkomen op respectievelijk ongeveer 68%, 65%, en 75% van de in dit MER gehanteerde waarden.

Het verschil laat zich waarschijnlijk grotendeels verklaren door het reeds genoemde feit dat in dit MER de verontreinigingen die via het nabewerkingsresidu het systeem verlaten ook aan de compost zijn toegerekend. Wanneer zou worden gerekend met 0,431 ton compost en dezelfde CAW-samenstellingsgegevens van tabel 5.17 (de 431 is dan de som van de 352 kg compost en 80,1 kg residu) zou de vertaling van de CAW-compostsamenstelling voor As, Cu en Ni leiden tot respectievelijk 84%, 81% en 92% van de in dit MER gehanteerde waarden. Wanneer dus het residu van de nabewerking een vergelijkbare samenstelling zou hebben als de compost, dan komen beide methoden voor een groot deel in dezelfde richting.

Verder valt op dat het ook voorkomt dat de verontreiniging van de compost die wordt afgeleid op basis van het toepassen van 352 kg compost met de CAW-samenstelling tot hogere waarden zou leiden dan de in dit MER gevolgde. Zo leidt dit voor Pb en Zn tot respectievelijk 146% en 111% van de verontreiniging zoals die in dit MER is aangehouden. Dit illustreert goed hoe groot verschillen kunnen uitvalleen wanneer specifieke meetgegevens van gft-afval en restfracties worden gehanteerd zonder heel zeker te weten dat deze 1-op-1 op elkaar zijn afgestemd.

Teneinde de balans kloppend te houden is de in dit rapport gehanteerde aanpak gekozen, waarbij uit de in deze paragraaf gegeven nadere analyse valt te concluderen dat dit niet tot onwaarschijnlijke uitkomsten leidt en in ieder geval voorkomt dat er wordt uitgegaan van verschillende gegevens die niet 100% op elkaar aansluiten en daarmee een gat in de balans creërend. Ook in vergelijking tot andere verwerkingsopties is dit de meest eerlijke aanpak.

Tenslotte wordt opgemerkt dat voor een aantal componenten de toegerekende emissie door compost wegvalt door de correctie op basis van BOOM of op basis van de streefwaarde voor schone grond (zie paragraaf 5.8.5) zodat ook eventuele onnauwkeurigheden in de verontreinigingsgraad van de compost in veel gevallen alsnog wegvallen.

## **6. NIET GESCEIDEN INZAMELEN EN VERBRANDEN IN EEN AVI**

### **6.1 Procesbeschrijving**

#### A. Transport

Het gft-afval wordt eens per twee weken integraal met het overig huishoudelijk afval ingezameld en vervolgens vervoerd naar de afvalverwerkingsinrichting. Aangenomen is (zie paragraaf 4.2) dat het transport naar de inrichting plaatsvindt in bulk (28 ton/vracht).

#### B. Opslag

Het aangevoerde gft-afval (lees: huishoudelijk afval) wordt gestort in een bunker. De bunker wordt geventileerd en de afgezogen ventilatielucht wordt toegepast als verbrandingslucht voor de verbrandingsoven.

#### C. Verbranden afval

Het afval uit de opslagbunker wordt met een kraan in een trechter gedeponed. 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 gekoeld. 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.

#### D. Rookgasreiniging

De bij de verbranding gevormde rookgassen bestaan in hoofdzaak uit stikstof, zuurstof, kooldioxide en waterdamp. Daarnaast bevatten de rookgassen stoffen die in het afval aanwezig waren en stoffen die bij verbranding zijn gevormd.

#### E. Bewerking slakken

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

#### F. Transport en nuttig toepassen van slakken

De bewerkte slakken worden per vrachtwagen afgevoerd naar de plaats van nuttige toepassing. De verbrandingslakken worden nuttig toegepast in de wegebouw

#### G. Transport/verwerken vliegias

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

#### H. Transport en storten residu rookgasreiniging

Beide soorten rookgasreinigingsresidu worden per vrachtwagen afgevoerd naar de plaats van storten.

#### I. 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, producten en reststoffen

### Massabalans op componentniveau

De verwerking van afval in een AVI resulteert in diverse reststoffen (vliegassen, slakken en rookgasreinigingsresidu). 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 achtergronddocument A1 bij MER-LAP.

Tabel 6.1; Overzicht verdeling van componenten voor de AVI

Component	Lucht (%)	Slakken (%)	Vliegas (%)	rookgasreinigingsresidu (%)
Ag	0,07	85,53	13,7	0,7
As	0,07	85,53	13,7	0,7
Ba	0,07	85,53	13,7	0,7
Cd	0,5	50	45	4,5
Co	0,07	85,53	13,7	0,7
Cr	0,07	85,53	13,7	0,7
Cu	0,07	85,53	13,7	0,7
Hg	3	0	5	92
Mn	0,07	85,53	13,7	0,7
Mo	0,07	85,53	13,7	0,7
Ni	0,07	85,53	13,7	0,7
Pb	0,07	85,53	13,7	0,7
Sb	0,07	85,53	13,7	0,7
Se	0,07	85,53	13,7	0,7
Sn	0,07	85,53	13,7	0,7
Sr	0,07	85,53	13,7	0,7
V	0,07	85,53	13,7	0,7
W	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

Voor de hoeveelheden zie van ieder van deze reststoffen ontstaan wordt de volgende afleiding aangehouden:

1. Rookgasreinigingsresidu bestaat primair uit de afgevangen Zwavel, afgevangen Fluor en Chloor en verder uit de som van de afgevangen metalen. Op basis van de tabellen 2.1 en 6.1 betekent dit per ton gft-afval de vorming van 1,73 kg rookgasreinigingsresidu en in het kader van de gevoeligheidsanalyse "andere samenstelling" de vorming van 4,12 kg rookgasreinigingsresidu
2. De aanwezige asrest zal zich verdelen over AVI-slakken en AVI-vliegas in de verhouding 92,6% van het asrest naar de slakken en 7,4% naar het vliegas. Voor gft-afval met een asrest van 18% (zie tabel 2.1) betekent dit de vorming van 166,7 kg AVI-slakken en 13,3 kg AVI-vliegas.



Tabel 6.2; Overzicht producten en reststoffen door het bijstoken van gft-afval (alles in kg)

PRODUCTEN	Hoeveelheid per ton Verwerkt gft-afval		Te storten	
	normaal	andere samenstelling	normaal	andere samenstelling
gft-afval	1000	1000	0	0
RESTSTOFFEN	Hoeveelheid per Ton verwerkt gft-afval		Te storten	
	normaal	andere samenstelling	normaal	andere samenstelling
slakken	166,7	166,7	0	0
vliegias	13,3	13,3	19,3	19,3
rookgasreinigingsresidu	1,73	4,12	1,73	4,12
beladen actieve kool	0,03	0,03	0,03	0,03

### 6.3 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<sup>2</sup>. Het ruimtebeslag per ton afval is derhalve 0,044 m<sup>2</sup>\*jr.<sup>8</sup>

Voor de verdere verwerking of het toepassen van de reststoffen van de AVI zijn de in achtergronddocument A1 weergegeven proceskaarten opgesteld. 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; toerekening van ruimtebeslag is niet noodzakelijk;
- is voor AVI-vliegias aangenomen dat dit geïmmobiliseerd wordt bij de VBM onder toevoeging van cement; per ton geïmmobiliseerd AVI-vliegias is het ruimtebeslag gelijk aan 9,71 m<sup>2</sup>\*jr, ofwel per ton gft-afval (13,3 kg vliegias) komt dit dus overeen met 0,136 m<sup>2</sup>\*jr; en
- wordt voor het rookgasreinigingsresidu aangenomen dat het gestort wordt in big bags met een bijbehorend ruimtebeslag van 14 m<sup>2</sup>\*jr; per ton gft-afval komt dit dus overeen met 0,024 m<sup>2</sup>\*jr en in de gevoeligheidsanalyse "andere samenstelling" op 0,058 m<sup>2</sup>\*jr
- Het ruimtebeslag voor het storten van de actieve kool (30 g) wordt buiten beschouwing gelaten.

<sup>8</sup> Er wordt hier voorbij gegaan aan het feit dat de capaciteit van een AVI beïnvloed wordt door de stookwaarde van het afval. Wanneer alleen gft-afval zou worden verwerkt (stookwaarde ongeveer 3,2 MJ/kg) in plaats van integraal afval (9,8 MJ/kg) zou de AVI-capaciteit in tonnen met ongeveer een factor 3 toenemen en het ruimtebeslag per ton dus met een factor drie verminderen. Het stoken van een AVI op pure gft-afval (calorische waarde ongeveer 3,2!!!) wordt echter dermate irreëel geacht dat die benadering niet is gekozen en, conform de rest van het MER is het ruimtebeslag uitsluitend bepaald op de capaciteit in tonnen.

## 6.4 Transport

In het beschouwde afvalbeheersalternatief vindt transport per as plaats van gft-afval, van producten en reststoffen van de AVI en van in de AVI gebruikte bedrijfsmiddelen (zie tabel 6.3). Het verbruik aan diesel en smeerolie, alsmede de emissies via de uitlaatgassen van de voertuigen voor het transport worden berekend m.b.v. de SimaPro database. De te vervoeren producten en reststoffen zijn gft-afval, slakken, vlieg-as rookgasreinigingsresidu alsmede bedrijfsmiddelen bij de AVI. Bij bedrijfsmiddelen gaat het om de chemicaliën gebruikt in de rookgasreiniging. Deze toe te rekenen afstanden staan voor de normale analyse en voor enkele gevoeligheidsanalyses weergegeven in tabel 6.3. Deze tabel wordt als volgt gemotiveerd.

- Gft-afval; zoals aangegeven in paragraaf 4.2 wordt uitgegaan van transport per as in opgebulkte hoeveelheden (28 ton/vracht) over een afstand van 40 km.
- AVI reststoffen; conform de proceskaarten van de AVI-reststoffen (zie achtergronddocument A1) wordt per ton uitgegaan van 75 km voor de slakken, 130 km voor het vlieg-as (inclusief benodigd cement) en 50 km voor het rookgasreinigingsresidu.
- Vermeden zand; voor de aanvoer van het vermeden ophoogzand door de nuttige toepassing van slakken 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. Hetzelfde wordt aangehouden voor afstand voor afdekzand bij het storten van rgr
- RGR-hulpstoffen; voor de bedrijfsmiddelen is aangenomen dat deze op 3-5 locaties in Nederland voorhanden zijn, zodat hier een afstand van 75 km wordt aangehouden.
- Voor kalk wordt uitgegaan van 600 km per schip, gecombineerd met 50 km over de weg.

Tabel 6.3; Transport en vermeden transport per ton gft-afval.

MATERIAAL	normaal			andere samenstelling		
	kg	afstand (km)	tkm	kg	afstand (km)	tkm
gft-afval (in integraal huisvuil)	1000	40	40	1000	40	40
slakken	166,7	75	12,5	166,7	75	12,5
vlieg-as	13,3	130	1,73	13,3	130	1,73
rookgasreinigingsresidu	1,73	50	0,086	4,12	50	0,206
afdekzand (stort rgr)	1,30	35 (land) 50 (water)	0,045 0,065	3,09	35	0,108 0,155
vermeden zand (toepassing AVI-slak)	166,7	35 (land) 50 (water)	5,83 8,34	166,7	35 (land) 50 (water)	5,83 8,34
bedrijfsmiddelen (2)	2,0	75	0,150	2,0	75	0,150
kalk	0,71	600 (w) 50 (as)	0,036 0,428	2,33	600 (w) 50 (as)	0,116 0,140

1) zie toelichting boven de tabel.

2) het betreft de som van natronloog (20%) en ammonia-oplossing (25%); zie tabel 6.5

## 6.5 Energie

Rekening moet worden gehouden met:

- het energieverbruik en de energieproductie van de AVI;
- het energieverbruik bij de verwijdering van reststoffen;
- het energieverbruik bij de nuttige toepassing van de geproduceerde secundaire grondstoffen;
- het vermeden energieverbruik door gebruik van secundaire grondstoffen.

### 6.5.1 Energieverbruik en productie afvalverwerkingsinrichting

Een gemiddelde AVI verbruikt ongeveer 100 kWh elektrische energie per ton afval. Daarnaast kan bij een gemiddelde stookwaarde van 10,5 MJ/kg circa 750 kWh elektrische energie per ton afval worden teruggewonnen (ongeveer 26%).

Er wordt, gelet op de samenstelling van het gft-afval vanuit gegaan dat het energieverbruik voor het voeden van de AVI niet zal afwijken van het verbruik dat geldt voor de gemiddelde AVI-voeding. Op basis van de veel lagere calorische waarde zal verbranden van gft-afval echter wel tot aanzienlijk minder rookgassen leiden waardoor het toe te rekenen energieverbruik van de rookgasreiniging onder het gemiddelde zal liggen. Samengevat wordt het energieverbruik per ton gft-afval als geheel dus lager ingeschat dan de 100 kWh per ton die geldt voor de gemiddelde AVI-voeding en gerekend wordt met 50 kWh per ton gft-afval.

De exacte toerekening van de geproduceerde energie dient plaats te vinden op basis van de calorische waarde van het te verstoffen afval. Voor gft-afval wordt de calorische waarde geschat op ongeveer 3,2 MJ/kg<sup>9</sup>. Feitelijk is deze warmte-inhoud zo laag dat redelijkerwijs niet kan worden verondersteld dat gft-afval nog een werkelijke bijdrage levert aan de energieproductie van de AVI. Het stoken van een AVI met afval van een dergelijke lage stookwaarde zal in praktijk niet eens als goed zelfstandig verbrandingsproces blijven lopen. Als uitgangspunt wordt, gelet op deze lage stookwaarde van gft-afval, dan ook afgezien van het toerekenen van een bijdrage van de elektriciteitsproductie aan gft-afval. Teneinde de relevantie van deze keuze op de uitkomst van de LCA-vergelijking te kunnen toetsen wordt als gevoeligheidsanalyse (gevoeligheidsanalyse "toch toerekenen van energie") alsnog een deel van de energieproductie aan gft-afval toegerekend op basis van het hierboven genoemde bruto-rendement van de AVI. Uitgaande van een calorische waarde van 3,2 GJ/ton en een bruto elektrisch rendement van 26% levert dit bruto 231 kWh elektriciteit per ton gft-afval op.

Tabel 6.4; Energiegebruik en productie per ton gft-afval

	normaal	toch toerekenen van energie
gebruik (kWh/ton)	50	50
productie (kWh/ton)	0	231

9 Dit is geschat volgens  $(0,4 \cdot 11,3 - 0,6 \cdot 2,26)$ . De 0,4 en 0,6 zijn hierbij de gehalten aan respectievelijk droge stof en water (zie tabel 2.1), de 11,3 is de stookwaarde van de droge stof en de 2,26 is de verdampingswaarde van water bij 100°C. Deze laatste waarde geeft een iets beter beeld van de werkelijkheid (het water verdampt immers bij hogere temperaturen) dan het hanteren van de verdampingswaarde van water bij 25°C.

#### 6.5.2 Energieverbruik bij verwijdering 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 menger) en 87 MJ (voor het opbrengen van het immobilisaat) per ton vlieggas, ofwel 0,07 kWh en 1,16 MJ per ton gft-afval.
- Voor het rookgasreinigingsresidu gaat het om 60 MJ (voor het opbrengen van het residu) en 45 MJ (voor aanbrengen afdeklaag) per ton rookgasreinigingsresidu. Per ton gft-afval is dit in de normale situatie (1,73 kg residu) in totaal 0,18 MJ en in de gevoeligheidsanalyse "andere samenstelling" (dus 4,12 kg rookgasreinigingsresidu) 0,43 MJ

#### 6.5.3 Energieverbruik bij nuttige toepassing secundaire grondstoffen

De geproduceerde AVI-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 gft-afval. 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.

#### 6.5.4 Vermeden energieverbruik

Er is sprake van vermeden energieverbruik door de productie van secundaire grondstoffen. De uit het bijstoken van gft-afval resulterende slakken vervangen 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 de 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 database in SimaPro.

### **6.6 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

Voor het bepalen van het bedrijfsmiddelenverbruik is gebruik gemaakt van de achtergronddocument A1 bij MER-LAP gehanteerde balansen. Op basis van deze gegevens zijn de in tabel 6.5 aangegeven hoeveelheden kalk en natronloog nodig.

Naast kalk en natronloog wordt ook gebruik gemaakt van ammoniak ter reductie van de NO<sub>x</sub>-emissies. Uitgaande van een verwijderingrendement van 50% door de SNCR en de calorische waarde van gft-afval is er sprake van de verwijdering van 114 gram NO<sub>x</sub> door de SNCR, hetgeen betekent een verbruik aan NH<sub>4</sub>OH van 196 gram per ton gft-afval.

De hoeveelheid actief kool is afhankelijk van de hoeveelheid afgevangen kwik. Op basis van de in achtergronddocument A1 bij MER-LAP gehanteerde balansen en een maximale beladingsgraad van

1200 mg/kg komt dit neer op ongeveer 30 gram per ton gft-afval.

#### Het bedrijfsmiddelenverbruik bij de verwijdering van reststoffen

Zie voor het bedrijfsmiddelenverbruik bij het storten van het vlieg-as en het rookgasreinigingsresidu ook de proceskaarten in achtergronddocument A1.

- Voor het immobiliseren van het vlieg-as is 100 kg cement per ton vlieg-as nodig, ofwel er is 1,33 kg cement per ton gft-afval.
- Voor het storten van het rookgasreinigingsresidu zijn big bags (3,3 kg/ton), PE-hoezen (1,3 kg/ton) en zand (750 kg/ton) nodig. Voor de voor 1,73 kg rookgasreinigingsresidu is dit dus 5,7 g big-bag, 2,3 g PE-hoes en 1297 g zand nodig. Voor de gevoeligheidsanalyse "andere samenstelling" (4,12 kg rookgasreinigingsresidu) betreft het 13,6 g big-bag, 5,36 g PE-hoes en 3092 g 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 door de nuttige toepassing van de gevormde slakken wordt als een negatieve milieu-ingreep in de LCA toegerekend. Per ton gft-afval betreft het 166,7 kg zand. De effecten van het vermeden bedrijfsmiddelenverbruik wordt bepaald door gebruik te maken van een standaard database in SimaPro.

Tabel 6.5; Bedrijfsmiddelenverbruik

	Geraamd verbruik in grammen per ton gft-afval	
	normaal	andere samenstelling
Kalk (op basis van $\text{Ca}(\text{OH})_2$ )	714	2329
Natronloog (20%)	1800	1800
$\text{NH}_4\text{OH}$ (25%)	196	196
Actief kool	30	30
Cement	1330	1330
Big-bag	5,7	13,6
PE-hoes	2,3	5,36
Afdekszand	1297	3092
Vermeden zand (toepassen slak)	166700	166700

## 6.7 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.

### 6.7.1 Emissies van de afvalverwerkingsinrichting

#### *Emissies naar lucht*

De emissies naar lucht zoals weergegeven in tabel 6.6 en 6.7 zijn bepaald aan de hand van de tabel 6.1 weergegeven balans voor een AVI. Ten aanzien van de CO<sub>2</sub>-emissie is aangenomen dat deze afkomstig is van biomassa, ofwel kortcyclisch is en dus geen bijdrage zal leveren aan het broeikas-effect. Evenals in hoofdstuk 5 is de emissie die afkomstig is van de verontreinigende plasticfractie in gft-afval (en die dus langcyclisch is) buiten beschouwing gelaten omdat deze toch in alle verwerkingsopties hetzelfde is.

Tabel 6.6; Berekende componentgebonden emissies naar lucht

component	emissie naar lucht in mg/ton gft-afval	
	normaal	andere samenstelling
As	0,868	1,176
Ba	46,480	46,480
Cd	0,780	0,980
Co	0,560	0,560
Cr	12,320	12,320
Cu	8,400	8,400
Hg	1,200	1,200
Mn	47,600	47,600
Mo	1,232	1,232
Ni	2,128	7,000
Pb	27,160	55,440
Sb	0,588	0,588
Se	0,140	0,140
Sn	0,700	0,700
V	2,912	2,912
Zn	42	75,040
Cl	1920	6080
F	1300	1300
SO <sub>2</sub>	4320	4320

Tabel 6.7; Procesgebonden emissies naar lucht

component	emissie in kg per GJ input	per ton gft-afval (3,16 GJ/ton) en in g/ton	
		normaal	andere samenstelling
NO <sub>x</sub>	0,072	113,9 (1)	113,9 (1)
NH <sub>3</sub>	0,0018	5,70	5,70
CO	0,012	37,97	37,97
C <sub>x</sub> H <sub>y</sub>	0,003	9,49	9,49
Dioxines	3E-11	9,49E-08	9,49E-08
fijn stof	0,0018	5,89 (2)	5,96 (2)

(1) na correctie voor een afvang van 50% door de SNCR

(2) som van procesgebonden en componentgebonden emissie

#### *Emissies naar oppervlaktewater*

Verwerking in een AVI leidt niet tot emissies naar water, omdat uit is gegaan van een afvalwater-vrije rookgasreiniging (zie achtergronddocument A1 bij MER-LAP).

#### *Emissies naar bodem*

De inrichting is voorzien van adequate bodembeschermende voorzieningen, zodat er normaliter geen emissies naar de bodem optreden.

#### 6.7.2 Emissies bij verwijdering / toepassing van AVI-reststoffen

De geproduceerde slakken worden nuttig toegepast. 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 dienen derhalve betrokken te worden in de LCA-vergelijking. Het vliegias en de filterkoek worden gestort. De emissie die dat kan opleveren wordt afgeleid met de proceskaarten van achtergronddocument A1 bij MER-LAP. Hieruit is af te leiden dat de AVI-vliegias zowel tot emissie naar bodem als naar lucht kan leiden terwijl voor rookgasreinigingsresidu wordt uitgegaan van een bergingsmethode die verder niet meer leidt tot emissies.

In tabellen 6.8 en 6.9 is dit verder uitgewerkt voor de normale situatie en de gevoeligheidsanalyse "andere samenstelling". Het deel van de in het gft-afval aanwezige componenten dat terecht komt in slak, vliegias en filterkoek volgt uit de massabalansen op componentenniveau (zie achtergronddocument A1 bij het MER-LAP en zie tevens tabel 6.1). De resulterende emissies volgen uit de kaarten van achtergronddocument A1. Bij de verdere uitwerking is in beide gevallen een drempel gehanteerd van 0,1 mg per ton gft-afval. Alle emissies lager dan die drempel zijn verder achterwege gelaten.

Tabel 6.8; Emissies per ton gft-afval t.g.v. de verwerking van AVI-reststoffen voor de uitwerking "normaal" (alles in mg per ton verwerkt gft-afval)

comp.	AVI-slak			AVI-vliegas				
	naar slak (1)	fractie naar bo- dem (2)	emissie naar bo- dem	naar vliegas (1)	fractie naar bo- dem (2)	emissie naar bo- dem	fractie naar lucht (2)	emissie naar lucht
As	1060,57	0,0005	0,53	169,88	0,001	0,17	0,0000005	-
Ba	56791,92	0,0005	28,40	9096,80	0,002	18,19	0,0000005	-
Cd	78,00	0,0005	-	70,20	0,001	-	0,0000005	-
Co	684,24	0,0005	0,34	109,60	0,002	0,22	0,0000005	-
Cr	15053,28	0,0005	7,53	2411,20	0,001	2,41	0,0000005	-
Cu	10263,60	0,0005	5,13	1644,00	0,001	1,64	0,0000005	-
Hg	0,00	0,0005	-	2,00	0,001	-	0,0000005	-
Mn	58160,40	0,0005	29,08	9316,00	0,001	9,32	0,0000005	-
Mo	1505,33	0,0265	39,89	241,12	0,053	12,78	0,0000005	-
Ni	2600,11	0,0005	1,30	416,48	0,001	0,42	0,0000005	-
Pb	33185,64	0,0005	16,59	5315,60	0,001	5,32	0,0000005	-
Sb	718,45	0,0055	3,95	115,08	0,001	0,12	0,0000005	-
Se	171,06	0,0005	-	27,40	0,008	0,22	0,0000005	-
Sn	855,30	0,0005	0,43	137,00	0,001	0,14	0,0000005	-
V	3558,05	0,0005	1,78	569,92	0,003	1,71	0,0000005	-
Zn	51318,00	0,0005	25,66	8220,00	0,001	8,22	0,0000005	-
Cl	96000	0,2795	26832,00	192000	0,032	6144,00	0,0000005	-
F	15600	0,0005	7,8	3900	0,009	35,1	0,0000005	-
SO4	1289520	0,0335	43198,92	432000	0,011	4752,00	0,0000005	0,22

(1) Berekend via een combinatie van tabel 2.1 en 6.1

(2) Ontleend aan achtergronddocument A1 bij MER-LAP



Tabel 6.9; Emissies per ton gft-afval t.g.v. de verwerking van AVI-reststoffen voor de uitwerking "andere samenstelling" (alles in mg per ton verwerkt gft-afval)

comp.	AVI-slak			AVI-vliegas				
	naar slak (1)	fractie naar bodem (2)	emissie naar bodem	naar vliegas (1)	fractie naar bodem (2)	emissie naar bodem	fractie naar lucht (2)	emissie naar lucht
As	1436,90	0,0005	0,72	230,16	0,001	0,23	0,0000005	-
Ba	56791,92	0,0005	28,40	9096,80	0,002	18,19	0,0000005	-
Cd	98,00	0,0005	-	88,20	0,001	-	0,0000005	-
Co	684,24	0,0005	0,34	109,60	0,002	0,22	0,0000005	-
Cr	15053,28	0,0005	7,53	2411,20	0,001	2,41	0,0000005	-
Cu	10263,60	0,0005	5,13	1644,00	0,001	1,64	0,0000005	-
Hg	0,00	0,0005	-	2,00	0,001	-	0,0000005	-
Mn	58160,40	0,0005	29,08	9316,00	0,001	9,32	0,0000005	-
Mo	1505,33	0,265	398,91	241,12	0,053	12,78	0,0000005	-
Ni	8553,00	0,0005	4,28	1370,00	0,001	1,37	0,0000005	-
Pb	67739,76	0,0005	33,87	10850,40	0,001	10,85	0,0000005	-
Sb	718,45	0,0055	3,95	115,08	0,001	0,12	0,0000005	-
Se	171,06	0,0005	-	27,40	0,008	0,22	0,0000005	-
Sn	855,30	0,0005	0,43	137,00	0,001	0,14	0,0000005	-
V	3558,05	0,0005	1,78	569,92	0,003	1,71	0,0000005	-
Zn	91688,16	0,0005	45,84	14686,40	0,001	14,69	0,0000005	-
Cl	304000	0,2795	84968,00	608000	0,032	19456,00	0,0000005	0,30
F	15600	0,0005	7,8	3900	0,009	35,1	0,0000005	-
SO4	1289520	0,0335	43198,92	432000	0,011	4752,00	0,0000005	0,22

(1) Berekend via een combinatie van tabel 2.1 en 6.1

(2) Ontleend aan achtergronddocument A1 bij MER-LAP

De emissies t.g.v. het verder verwerken van actief kool (30 gram per ton gft-afval) worden buiten beschouwing gelaten.

### 6.7.3 Vermeden emissies

Er is sprake van vermeden emissies door de productie van secundaire grondstoffen, te weten slakken die bij nuttige toepassing primair zand vervangen. De emissies van de uitgespaarde winnings- en productieprocessen van deze primaire grondstoffen worden als een negatieve milieu-ingreep in de LCA toegerekend.

## 6.8 Verwerkingskosten

De tarieven voor verbranding van afval verschillen per inrichting. Voor huishoudelijk afval was het gemiddelde tarief in 2000 circa 100 Euro per ton (incl. btw en wbm-heffing). Opgemerkt wordt dat het kostenniveau onder meer beïnvloed wordt door het realisatietijdstip en de schaalgrootte van de verbrandingsinstallatie en van verkregen opbrengsten uit de verkoop van teruggewonnen energie.

## 7. GESCHEIDEN INZAMELEN EN VERGASSEN + E-CENTRALE

### 7.1 Procesbeschrijving

Zoals in hoofdstuk 3 is aangegeven wordt als referentie installatie de voorgeschakelde vergasser volgens het Amer-concept als leidraad genomen. Vanwege de afwijkende brandstof dan in de Amer wordt ingezet, zijn enige aanpassingen aangebracht. Zie verder paragraaf 7.2 voor een nadere toelichting.

#### A. Transport

Het gft-afval wordt eens per twee weken ingezameld en vervolgens vervoerd naar de afvalverwerkingsinrichting. Aangenomen is (zie paragraaf 4.2) dat het transport naar de inrichting plaatsvindt in bulk (28 ton/vracht). In de gevoeligheidsanalyse "kleinschalig transport" wordt bezien wat het effect is van transport in eenheden van maximaal 7,5 ton/vracht.

#### B. Opslag

Het aangevoerde gft-afval wordt gewogen en gelost in een stortbunker.

#### C. Voorbewerking

De biomassavergassingsinstallatie op het terrein van de Amercentrale betreft een circulerend werwelbedvergasser. Voor dit type vergasser moet het gft-afval verkleind worden tot deeltjes met een grootte van maximaal 30 mm. In het gft-afval aanwezige ferro-metalen worden na het verkleiningsproces m.b.v. een bovenbandmagneet afgescheiden.

#### D. Droging

Om het gft-afval te drogen wordt gebruik gemaakt van een voorgeschakelde werwelbeddroger met condensatiewarmtegebruik.

#### E. Vergassing

Het vergassingsproces is gebaseerd op het circulating fluidized bed (CFB) principe, met lucht als vergassingsmedium. Bij de vergassing wordt organisch materiaal onder invloed van hoge temperaturen (circa 900 °C) afgebroken tot eenvoudige gasvormige verbindingen, zoals koolmonoxide, waterstof en methaan. Het ontstane syn-gas heeft een stookwaarde van circa 5 MJ/m<sup>3</sup>. Behalve gft-afval en lucht wordt aan de vergasser ook dolomiet als bedmateriaal toegevoegd.

#### F. Gaskoeling en Filtratie

Om het gas te kunnen ontdoen van as en andere verontreinigingen wordt het eerst in een speciale gaskoeler afgekoeld tot 350 °C. Hierbij wordt middendrukstoom geproduceerd die naar de stoomturbine van eenheid 9 van de Amercentrale wordt vervoerd. Het afgekoelde gas wordt gefilterd in een hoge temperatuur cycloon met een medium efficiency vangst voor stof (65%)<sup>10</sup>. De opgevangen vlieggas wordt samen met de as afkomstig uit de gaskoeler afgevoerd.

---

<sup>10</sup> Overwogen is om, in afwijking van de uitwerking van groenafval (zie achtergronddocument A15 bij MER-LAP), uit te gaan van het plaatsen van een doekenfilter tussen de vergasser en de E-centrale in plaats van een cycloon, vanwege de hogere asrest van gft-afval (18%) in vergelijking tot groenafval (5%). Hiermee zou veel minder stof in de ketel terecht komen en ook minder stof-emissie naar de lucht optreden. Daar zou echter wel tegenover staan dat het gas veel verder gekoeld zou moeten worden dan de huidige 350 °C van nu (tot ongeveer 240 °C). Gelet op de huidige configuratie bij de Amer-centrale en de relatief beperkte rookgasreiniging die daar nu is, is hier vooralsnog vanaf gezien en is een vergelijkbare configuratie aangehouden als bij groenafval. Er is voor dit MER op dit punt echter duidelijk sprake van een leemte in kennis nu daadwerkelijke initiatieven voor het vergassen van gft-afval ontbreken.

#### H. Bijstoken

Het gereinigde gas wordt bijgestookt in de ketel van de kolengestookte eenheid 9 van de Amercentrale via speciale gasbranders.

#### K. Rookgasreiniging kolencentrale (E-filter + SNCR + ontzwaveling)

De rookgassen die ontstaan bij de verbranding van kolen en gas in de kolenketel, worden gereinigd in de aanwezige rookgasreinigingsinstallatie. Hiertoe is een electrofilter voorzien om het stof (vliegias) te verwijderen. Een selectieve niet-katalytische reinigungsstap (SNCR) is voorzien voor reductie van de NO<sub>x</sub> uitworp<sup>11</sup>. Vervolgens wordt in een rookgasontzwavelingsinstallatie (ROI) de zwaveldioxide verwijderd. Bij dit rookgasontzwavelingsproces wordt gips geproduceerd. Een deel van het geproduceerde gips moet toegeschreven worden aan de inzet van gft-afval.

#### L. Transport reststoffen

De reststoffen worden per vrachtwagen afgevoerd naar de plaats van storten of nuttige toepassing.

#### M. Nuttige toepassing reststoffen vergasser

Bij de vergassing en de reiniging van het geproduceerde syn-gas komen de assen vrij. Er wordt vanuit gegaan dat deze bodem- en filterassen nuttig worden toegepast als vulstof in de cementindustrie. Als gevoeligheidsanalyse wordt tevens de variant waarin deze reststoffen worden gestort meegenomen.

#### P. Nuttige toepassing reststoffen kolengestookte ketel

Bij de verbranding van syn-gas en kolen in de kolengestookte ketel komen de volgende reststoffen vrij: bodemas uit de ketel, vliegias uit het electrofilter en gips uit de ROI. Bodemas uit de ketel en vliegias uit het electrofilter worden nuttig toegepast (funderingsmateriaal of als vulstof in de cement- en asfaltproductie). Voor gips uit de ROI wordt aangenomen het volledig wordt afgezet als grondstof voor de productie van gietvloeren ten behoeve van de (utiliteits)bouw.

Door de reiniging van het gas is de aanvoer van schadelijke elementen in de centrale-ketel uiterst beperkt en derhalve verwaarloosbaar. De kwaliteit van gips, bodem- en vliegias van de kolencentrale zal daarom niet nadelig worden beïnvloed.

#### Q. Zuiveren afvalwater

De droogdampen (zie proces D) worden na condensatie en warmteterugwinning via de riolering afgevoerd naar een RWZI.

## **7.2 Uitgangspunten/modellering, massabalansen en kwaliteit reststoffen**

### 7.2.1 Uitgangspunten/modellering

Voor het vergassen van gft-afval in de CFB-vergasser ontbreken betrouwbare cijfers op het punt van de emissies en de reststoffen. Het gebruiken van een vergasser als voorschakeling voor de E-centrale maakt tevens het directe gebruik van de ontwikkelde balansen voor de E-centrale (achtergronddocument A1 bij het MER) lastig omdat door de voorschakeling van de vergasser de reiniging van het totaal moet worden bezien.

---

<sup>11</sup> In vergelijking tot groenafval (achtergronddocument A15 bij MER-LAP) is het N-gehalte hoger en zou een SCR overwogen kunnen worden. Hier is in de gevoeligheidsanalyse "balans volgens Meij" alsnog vanuit gegaan.

Te aanzien van het bepalen van de juiste rookgasreinigingconfiguratie en procescondities voor gft-afval zijn, deels op voorstel van Kema, een aantal modificaties doorgevoerd t.o.v. de bestaande configuratie te Geertruidenberg (die is gebaseerd op bouw- en sloophout). Bij deze modificaties is gebruik gemaakt van de LCCM-studie (KEMA; 2000) waarbij enkele technieken voor het verwerken van gft-afval met elkaar zijn vergeleken. In deze LCCM-studie zijn de technische concepten gedetailleerd uitgewerkt, zodat goed onderbouwde cijfers omtrent het energetisch rendement, de hoeveelheid assen en rookgassen alsmede de samenstelling ervan zijn verkregen. Er moet echter wel op gewezen worden dat de techniek niet bewezen is voor gft-afval en dat daarom toch onzekerheid bestaat over de kwaliteit van assen en de werking van het concept.

Het technisch concept omvat:

verkleinen → drogen → vergassen → gaskoelen tot 240 °C → cycloon → tweede cycloon  
→ verbranden in kolenketel → RGR kolenketel

Op enkele belangrijke punten wijkt dit concept af van de voorgeschakelde vergasser bij de AMER

- Er is een droogstap geïntroduceerd. Er is hierbij gekozen voor een wervelbeddroger. Bij het gebruik van een trommeldroger zal rookgas van ongeveer 700°C nodig zijn om te drogen naar 10% restvocht. Er blijft op deze wijze weinig warmte over voor energieopwekking. De keuze van een trommeldroger ligt hierdoor niet erg voor de hand. Bovendien is een ingangstemperatuur van 700°C riskant met betrekking tot ontbrandingsrisico's bij aanvoer van drogere gft-afval. Een wervelbeddroger met eventueel gebruik van lage druk stoom geeft de beste perspectieven, zo is in de LCCM-studie gebleken. Het gft-afval wordt gedroogd tot een vochtgehalte van 10%. Voor de droging wordt gebruik gemaakt van interne warmte (stoom). De droogdampen worden na condensatie via de riolering afgevoerd.
- Voor de verdeling van de as (uit de vergasser!) over vliegas en bodemas is gekozen voor 60% vliegas en 40% bodemas. Uit literatuurgegevens (Meij, 2000) is een spreiding bekend van 50-85% voor de vliegas. Deze spreiding is sterk afhankelijk van de schaalgrootte van de installaties. Bij grotere installaties (waarvan er niet veel zijn) zit het aandeel vliegas niet aan de bovenkant van de range. De keuze voor een verhouding van 60/40 wordt ondersteund door metingen bij een van de weinig CFB vergassingsinstallaties, die operationeel zijn; die in Värnamo, waar eenzelfde verhouding is gevonden. Dit percentage is alleen van belang voor het bepalen van de stofemissies; de bodemas en de vliegas worden toch samengevoegd en tezamen nuttig toegepast in de cementindustrie of gestort in de gevoeligheidsanalyse "toch storten" (zie hieronder).

### 7.2.2 Massabalans assen

De verwerking van gft-afval resulteert in producten en/of reststoffen. In afwijking van het gestelde bij het vergassen van groenafval (zie achtergronddocument A15 bij het MER) is voor gft-afval de schaalgrootte op 150.000 ton per jaar gesteld. Tijdens de LCCM-analyse is over de haalbare schaalgrootte veel discussie geweest, omdat uit energetisch oogpunt een grote schaal voordelen biedt. Daar werd tegenin gebracht dat het transporteren van gft-afval over grote afstanden als ongewenst werd beschouwd, waardoor als compromis de schaalgrootte van 150.000 ton per jaar is gekozen. Dit komt overeen met een thermisch vermogen van ongeveer 17,6 MW<sub>th</sub>.

Jaarlijks worden met het verwerken van 150.000 ton afvalhout in een vergassingsinstallatie in totaal 8260 ton as geproduceerd (3000 ton bedmateriaal en 5260 ton as uit het hout; KEMA, 1996). Het overgrote deel van alle stof wordt afgevangen en er komt weinig stof in de ketel terecht. Bij de vertaling hiervan naar de verwerking van groenafval met eenzelfde thermische input wordt het volgende aangenomen:

- De assen uit de gaskoeler en de cycloon wordt tezamen als filteras beschouwd.

- Gft-afval bevat in vergelijking met afvalhout een veel hogere asrest, bestaande uit veel zand, zodat er minder bodemateriaal nodig is. Er wordt uitgegaan van 700 ton/jaar in de vorm van dolomiet.

Voor de verdere verdeling worden de volgende waarden aangehouden

- de verdeling bodemas/filteras is 40/60
  - 40% van alle as wordt bodemas
- de filteras wordt voor 65% afgevangen en de rest de rest komt in de ketel
  - 39% (65% van 60%) van alle as wordt als filteras afgevangen
- van de as in de ketel wordt 99,5% afgevangen door de ESP en 0,5% komt in de ROI
  - 20,895% (99,5% van 35% van 60%) van alle as wordt als filteras afgevangen
- van de as die terecht komt in de ROI wordt 90% afgevangen en emitteert de rest naar de lucht
  - 0,0945% (90% van 0,5% van 35% van 60%) van alle as komt in het ROI-gips
  - 0,0105% (10% van 0,5% van 35% van 60%) van alle as emitteert naar de lucht

In tabel 7.2 is een en ander uitgewerkt.

Tabel 7.2; Massabalans voor de assen van de houtvergasser (alles in kg)

	totaal as (1) in kg	bodemas (40%) in kg	filteras (39%) in kg	vliegas elec- trofilter (20,985%)	as naar ROI- gips (0,0945%)	emissie naar lucht (0,0105%)
totaal (per 150 kton)	27700000 (1)	11080000	10803000	5812845	26176,5	2908,2
per ton gft	184,67	73,87	72,02	38,7523	0,17451	0,01939

1) betreft 27000000 kg gft-as en 700000 kg bedas/dolomiet

In tabel 7.3 is het ontstaan / vermijden van reststoffen nog eens samengevat en in tabel 7.4 is aangegeven met welke vervolgroutes in dit MER gerekend zal worden.

Tabel 7.3; Overzicht producten en reststoffen

PRODUCTEN	HOEVEELHEID IN KG PER TON GFT-AFVAL
Bodemas vergasser	73,87
Filteras en gaskoeling-as	72,02
Bodemas ketel	Nihil (1)
Vliegas electrofilter	38,75
Gips ROI (2)	0,6
Vermeden vliegas kolen (3)	2,5
Vermeden bodemas kolen (3)	25,3
Vermeden gips uit kolen (4)	2,63

(1) Vermindering van hoeveelheid reststoffen doordat kolen wordt vervangen door syn-gas.

(2) Zie tabel 7.9;

(3) Zie tabel 7.8; in de gevoeligheidsanalyse "minder energierendement" betreft het 16 kg bodemas en 1,6 kg vliegas

(4) Zie tabel 7.9; in de gevoeligheidsanalyse "minder energierendement" betreft het 1670 g

Tabel 7.4; Overzicht afzetroutes producten en reststoffen

PRODUCTEN	AFZETRUTES			
	normaal		analyse "toch storten"	
	nuttige toepassing	storten	nuttige toepassing	storten (*)
Bodemas vergasser	X	-	-	X
Filteras en gaskoeling-as	X	-	-	X
Bodemas ketel	X	-	X	-
Vliegas electrofilter	X	-	-	X
Gips ROI	X	-	X	-
Vermeden vliegas kolen	X	-	X	-
Vermeden bodemas kolen	X	-	X	-
Vermeden gips uit kolen	X	-	X	-

(\*)In de gevoeligheidsanalyse "toch storten" betekent dit dat 267,7 kg finaal afval in rekening wordt gebracht; 184,64 kg assen geeft 267,7 kg immobilisaat; zie achtergronddocument A1.

### 7.2.3 Kwaliteit en toepassing van de assen uit de vergasser

Voor de kwaliteit van de assen uit de vergassingsinstallatie wordt er vanuit gegaan dat deze vergelijkbaar is met de assen zoals die vrij komen bij afvalverbrandingsinstallaties. Er is vanuit gegaan dat samenstelling van de assen dan ook goed wordt benaderd door die van AVI-assen<sup>12</sup>. Met behulp van de balansen die zijn ontwikkeld in het kader van MER-LAP (zie achtergronddocument A1 bij MER-LAP) is nagegaan in welke mate de verontreinigingen uit het gft-afval (tabel 2.1) in dat geval in de assen (bodemas + vliegas) terecht zouden komen. Het resultaat is weergegeven in tabel 7.5. Er is hierbij onderscheid gemaakt in de normale samenstelling en de gevoeligheidsanalyse "andere samenstelling".

Over de toepasbaarheid van de reststoffen zijn nog weinig praktijkgegevens bekend. Uit eerder onderzoek (KEMA, 1999) blijkt dat het uitlooggedrag van reststoffen, die vrij zijn gekomen uit vergassingsproeven van EPON, geen grote afwijkingen vertoont ten opzichte van AVI-reststoffen. Op basis van de as-samenstelling wordt aangenomen dat de assen worden ingezet voor cementproductie (ENCI, 2001), afhankelijk van het werkelijk gehalte aan onverbrand (C) als brandstof of als vulstof. Echter, het is duidelijk dat een dergelijke keuze pas mogelijk is na een goede onderbouwing omtrent de kwaliteit van de assen (die nu niet bekend zijn), de mate van constant zijn van deze kwaliteit en de economie van een en ander. Daarom wordt als gevoeligheidsanalyse "toch storten" ook het storten van de assen meegenomen (zie tabel 7.4).

12 Op zichzelf is de verdeling van de assen over vliegas/bodemas bij een AVI niet goed te vergelijken met die van een wervelbedvergasser. Alleen daarom al komen in het laatste geval veel meer verontreinigingen in het vliegas terecht. Over de exacte verdeling over vliegas en bodemas is echter te weinig informatie beschikbaar, maar dat het totaal aan verontreinigingen dat in de assen komt vergelijkbaar is met dat bij een AVI (vergelijkbare procestemperatuur) is als benadering redelijk. Omdat in dit MER de assen toch als een gezamenlijke fractie worden behandeld, maakt het feit dat er in praktijk kwaliteitsverschil tussen vliegas en bodemas zal bestaan voor de LCA-vergelijking verder geen verschil.

Tabel 7.5; Indicatieve samenstelling voor assen uit gft-afval

	normaal	andere samenstelling
omvang as (kg)	184,64	184,64
component	mg/kg	mg/kg
As	6,66	9,03
Ba	356,85	356,85
Cd	0,80	1,01
Co	4,30	4,30
Cr	94,59	94,59
Cu	64,49	64,49
Hg	0,01	0,01
Mn	365,45	365,45
Mo	9,46	9,46
Ni	16,34	53,74
Pb	208,52	425,64
Sb	4,51	4,51
Se	1,07	1,07
Sn	5,37	5,37
V	22,36	22,36
Zn	322,45	576,12
Cl	1559,79	4939,34
F	105,61	105,61
S	3107,89	3107,89

#### 7.2.4 Verdere uitgangspunten m.b.t. het gedrag van componenten

De componenten die niet in de assen achterblijven worden met het te verstoffen gas de E-centrale ingeleid. Nu deze verontreinigingen er middels een gasfase worden ingebracht zijn de balansen voor de E-centrale zoals deze in achtergronddocument A1 bij het MER afgeleid zijn niet zondermeer toepasbaar. Die zijn immers gebaseerd op een input als vaste brandstof en laten tevens een groot deel van het materiaal in de bodem- en vliegassen terecht komen. In tabel 7.6 zijn de rendementen weergegeven die bij het opstellen van deze balansen zijn gehanteerd en die alleen betrekking hebben op de RGR na de ketel. Deze wijken dus af van de getallen uit achtergronddocument A1 bij het MER daar de getallen uit dat document tevens betrekking hebben op de verontreinigingen die in de bodemmassen van de E-centrale achterblijven.

Tabel 7.6; Verdeling van relevante stoffen van de RGR na de kolenketel (%)

component	lucht	water	gips
stof	zie tekst onder tabel		
NO <sub>x</sub>	zie tekst onder tabel		
SO <sub>2</sub>	13	0	87
HCl	7	93	0
HF	20	0	80
Cd	9	0	91
Hg	40	0	60
zwarte metalen	9	0	91

Ten aanzien van stof wordt verwezen naar tabel 7.2 waar al is uitgewerkt hoe groot de emissie naar de lucht uiteindelijk in totaal zal zijn, dus na vergassing/bijstoken en doorlopen van de RGR van de E-centrale. Concreet komt dit neer op 19,39 g per ton gft.

Ten aanzien van NO<sub>x</sub> wordt, in principe aangesloten bij de standaardaanpak (achtergronddocument A1 bij het MER), ofwel met een emissie van 60 g/GJ. Zoals aangegeven in zowel de procesbeschrijving paragraaf 7.1 als in paragraaf 7.2.1, is voor deze afvalstroom uitgegaan van het plaatsen van een SNCR. Dit betekent ongeveer 50% van de gevormde NO<sub>x</sub> wordt afgevangen.

#### 7.2.5 Variatie in de verwachte emissies naar lucht

Volgens (Meij, 2000) wijken de prestaties van de RGR van een E-centrale af van de gegevens zoals in dit MER worden gehanteerd en die in tabel 7.6 zijn weergegeven<sup>13</sup>. De gegevens van deze bron staan samengevat in tabel 7.7.

In het kader van de gevoeligheidsanalyse "balans volgens Meij" wordt tevens een variant uitgewerkt waarbij voor NO<sub>x</sub>, Hg, Cd, F en de overige zware metalen wordt uitgegaan van het gebruik van een SCR en de bijbehorende prestaties volgens (Meij, 2000). Ten gevolge van de SCR zal de NH<sub>3</sub> emissie evenals de NO<sub>x</sub>-emissie gereduceerd worden met 80%.

Tabel 7.7; Verwijderingspercentages van de RGR na de kolenketel volgens (Meij, 2000)

component	SNCR	SCR	data tabel 7.6
stof	> 99,5	> 99,5	-
NO <sub>x</sub>	50	80	50 (*)
SO <sub>2</sub>	90	90	87
HCl	95	95	93
HF	95	95	80
Cd	99	99	91
Hg	50	80	60
zware metalen	99,5	99,5	91

(\*) zie einde paragraaf 7.2.4

#### 7.2.6 Effecten op reststoffen door meestook van het gas in de kolencentrale

De hoeveelheid reststoffen afkomstig uit de vergasser is gebaseerd op een asgehalte van 18% (op natte basis) in het gft-afval (zie tabel 2.1). Het asgehalte van de verstoekte kolen bedraagt circa 25% (MER-MJP GA II). Aangezien het hout in de hoedanigheid van syn-gas aan de kolengestookte ketel wordt toegevoerd en op deze wijze kolen vervangt, resulteert dit in een vermindering van de vorming van bijproducten van de kolengestookte centrale. Deze vermindering bestaat uit:

- minder vlieg-as (vanwege lagere percentage as in gft-afval dan in kolen)
- minder gips en eventueel rookgasreinigingsresidu vanwege minder te verwijderen zwavel (gehalten in kolen is 0,772% en van het hout 0,1% op ds = 0,05% as received).

<sup>13</sup> De cijfers van Meij hebben betrekking op de configuratie ESP + ROI. In de balansen in dit MER (achtergronddocument A1 bij het MER) is het effect van de afvang van vlieg-as echter al meegenomen in de fractie "assen". Dat is ook het geval in de afleiding van tabel 7.5 en dus ook in de bepaling van de componenten die naar de keten van de E-centrale doorgaan. Omdat in deze afleiding dus het afvangen van vlieg-as als is verwerkt zijn de afscheidingsrendementen van Meij voor deze uitwerking mogelijk te optimistisch. Niettemin wordt dit als gevoeligheidsanalyse toch met de betreffende rendementen gerekend.



De verminderde productie van vlieg-as, bodemas en gips is te berekenen uit de vermeden kolenstook van 111 kg per ton gft-afval (zie paragraaf 7.6.4). Met een asgehalte van 25% leidt dit toe het vermijden van 27,8 kg as per ton gft-afval en in het kader van de gevoeligheidsanalyse "minder energierendement" tot 17,6 kg as per ton gft-afval.

Tabel 7.8; Vermeden productie van assen uit de kolencentrale per ton gft-afval.

as-type	verdeling	normaal (in kg)	minder energierendement (in kg)
vlieg-as	91% van de as	25,3	16
bodemas	9% van de as	2,5	1,6

De productie van gips is direct afhankelijk van het zwavelgehalte. De zwavellast bij gft-afval is  $(\text{gft-inzet} \cdot \text{ds-gehalte} \cdot \text{zwavelgehalte}) = 150000 \cdot 0,4 \cdot 0,0018 = 108$  ton, ofwel 720 g per ton gft-afval. Hiervan komt 574 g terecht in de assen van de vergassing (184,67 kg as met 3,107 g S per kg [zie tabel 7.5]). Daarnaast wordt uitgegaan van het afvangen van ongeveer 87% van de SO<sub>2</sub> in de vorm van gips (zie paragraaf 7.2.5). Dit leidt tot een gipsproductie - gerekend met 75% d.s. - van  $([720-574] \cdot 0,87 \cdot 136/32)/0,75 = 720$  g per ton gft-afval.

Tegenover deze toe te rekenen gipsproductie staat een hoeveelheid vermeden gips vanwege per ton gft-afval het uitsparen van 111 kg kolen met een zwavelgehalte van 0,772% (MER MJP-GA II). De vermeden zwavellast bij koleninzet is  $(\text{kolenverbruik} \cdot \text{zwavelgehalte}) = 111 \cdot 0,00772 = 857$  g S. Hiervan komt uiteindelijk ongeveer 65% in het gips terecht (zie balans E-centrale in de separate achtergronddocument A1 van het MER) en de vermeden gipsproductie (75% d.s.) is dan  $(857 \cdot 0,65 \cdot 136/32)/0,75 = 3157$  g per ton gft-afval. In het kader van de gevoeligheidsanalyse "minder energierendement" is de besparing 70,5 kg kolen per ton gft-afval (zie paragraaf 7.6). Dit betekent een vermeden gipsproductie van  $(70,5 \cdot 0,00772 \cdot 0,65 \cdot 136/32)/0,75 = 2004$  g.

Tabel 7.9; Productie en vermeden productie van gips per ton gft-afval.

	gipsproductie (g)	vermeden gipsproductie (g)
normaal	720	3157
andere samenstelling	720	3157
minder energierendement	720	2004

### 7.3 Ruimtebeslag

Het ruimtebeslag van de EPZ biomassavergasser te Geertruidenberg, inclusief opslag, bedraagt circa 3500 m<sup>2</sup>. Onder de aanname dat een vergasser voor gft-afval per ton ongeveer evenveel ruimte in zal nemen (er is alleen meer aandacht voor het drogen nodig, maar verder is er geen reden om uit te gaan van een heel ander ruimtebeslag) wordt, uitgaande van een periode van 100 jaar, het ruimtebeslag per ton gft:

- $3500 \text{ m}^2 \times 100 \text{ j} = 0,35$  miljoen m<sup>2</sup>\*j
- $\frac{150000 \text{ t/j} \times 100 \text{ j}}{15 \text{ miljoen ton}} = 10$  miljoen ton
- $0,35 \text{ miljoen m}^2 \cdot \text{j} : 10 \text{ miljoen ton} = 0,035$  m<sup>2</sup>\*j per ton gft-afval.

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 gft-afval 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) gft-afval.

Door de verminderde productie van kolenreststoffen is in principe ook minder ruimte nodig voor vlieggas- en gipstransport en handling. Bij de LCA gaan we ervan uit dat de voorgeschakelde vergasser bij bestaande kolencentrales worden geplaatst en dat het ruimtebeslag niet afneemt door inzet van gft-afval.

Tenslotte worden alle reststoffen nuttig toegepast waarbij primair materiaal wordt vermeden in een proces dat toch had plaatsgevonden. De toepassing van de reststoffen leidt derhalve niet tot de toerekening van ruimtebeslag. Een uitzondering is de gevoeligheidsanalyse "toch storten". In dat geval worden per ton gft-afval uiteindelijk 184,64 kg assen gestort (zie de tabellen 7.3 en 7.4). Daar niet bekend is op welke wijze deze assen gestort zouden worden wordt als indicatie aangesloten bij de milieueffecten die horen bij de storten van AVI-vlieggas (zie achtergronddocument A1). Voor ruimtebeslag betekent dit 9,7 m<sup>2</sup>\*jr per ton as, hetgeen voor 184,64 kg as dus neerkomt op 1,791 m<sup>2</sup>\*j.

Het totale ruimtebeslag in dit afvalbeheersalternatief is derhalve 0,023 m<sup>2</sup>\*j per ton gft-afval. In het geval van de gevoeligheidsanalyse "toch storten" komt daar nog 1,814 m<sup>2</sup>\*j bij.

#### 7.4 Transport

In dit beschouwde alternatief vindt transport per as plaats van het gft-afval, reststoffen (bodemas en filteras) en bedrijfsmiddelen (ammonia, wervelbedzand en kalk). Het verbruik aan diesel en smeerolie, alsmede de emissies via de uitlaatgassen van de transportvoertuigen worden berekend m.b.v. de SimaPro database. Daarbij wordt uitgegaan van de in tabel 7.10 vermelde transportafstanden (totaal heen en terug).

Zoals aangegeven in hoofdstuk 4 hangen de transportafstanden af van het aantal locaties waarop de beschouwde verwerkingstechniek naar verwachting kan worden toegepast.

- Uitgaande van de bestaande kolencentrales (7 eenheden) zal het aantal locaties in het onderhavige geval 1 of 2 bedragen. Zoals reeds in hoofdstuk 4 aangegeven wordt er echter vanuit gegaan dat een gft-verwerkingsinstallaties zich toch voornamelijk zal richten op de directe omgeving en dat een situatie dat er een paar installaties voor alle gft-afval in Nederland zouden kunnen dienen zich niet zal voordoen<sup>14</sup>. Zoals reeds aangegeven in paragraaf 4.2.3 wordt een afstand van 35 km aangehouden. Wel wordt, middels een speciale gevoeligheidsanalyse (de gevoeligheidsanalyse "kleinschalig transport") tevens gezien worden wat het effect is van transport in eenheden van maximaal 7,5 ton/vracht.
- Voor kalk wordt uitgegaan van 600 km per schip, gecombineerd met 50 km over de weg.
- Gips kan regionaal worden afgezet zodat hier transportafstanden van 35 km worden aangehouden.
- Evenals in het kader van de cementovens wordt voor de (vermeden) aanvoer van kolen een afstand aangehouden van 200 km.
- De assen worden nuttig toegepast in de cementindustrie zodat daarvoor een afstand van 300 km wordt aangehouden. Voor de gevoeligheidsanalyse "toch storten" wordt aangesloten bij de 130 km van achtergronddocument A1 (dit is inclusief cement voor de immobilisatie).
- Voor het bedrijfsmiddel ammonia is uitgegaan van 75 km (aanname).
- Transport van vermeden kalksteenmeel is buiten beschouwing gelaten omdat er vanuit wordt

---

<sup>14</sup> Ook tijdens de LCCM analyse is over de haalbare schaalgrootte veel discussie geweest, omdat uit energetisch oogpunt een grote schaal voordelen biedt. Daar werd tegenin gebracht dat het transporteren van gft-afval over grote afstanden als ongewenst werd beschouwd, een ook daar werd als compromis de schaalgrootte van 150.000 ton per jaar gekozen.

gegaan dat dat in de onmiddellijke nabijheid van de cementoven wordt gewonnen.

Voor gft-afval wordt gerekend met 10 ton/vracht, evenals voor gips en voor de verschillende assen en vermeden assen. Voor de vermeden kolen wordt gerekend met 16 ton/vracht en voor kalk met aanvoer per schip, en aanvullend transport per as met 10 ton/vracht. Voor ammonia-oplossing ten-slotte wordt gerekend 10 ton/vracht.

Tabel 7.10; Overzicht transportafstanden en toerekening in tkm (alles per ton gft-afval)

MATERIAAL	normaal			toch storten			minder E-rendement		
	omv. (kg)	afst. (km)	tkm	omv. (kg)	afst. (km)	tkm	omv. (kg)	afst. (km)	tkm
Gft-afval	1000	40	40	1000	40	40	1000	40	40
Bodemas	73,87	300	22,16	73,87	130	9,6	73,87	300	22,16
Filteras	72,02	300	21,61	72,02	130	9,36	72,02	300	21,61
vliegasp ESP	38,75	300	11,63	38,75	130	5,04	38,75	300	11,63
NH <sub>4</sub> OH (25%) (1)	0,163	75	0,01	0,163	75	0,01	0,163	75	0,01
gips	0,72	35	0,025	0,6	35	0,025	0,6	35	0,025
kalk (2)	0,97	600 (w) 50 (as)	0,58 0,05	0,97	600 (w) 50 (as)	0,58 0,05	0,97	600 (w) 50 (as)	0,58 0,05
dolomiet	4,67	75	0,35	4,67	75	0,35	4,67	75	0,35
vermeden gips	3,16	35	0,11	3,16	35	0,11	2,0	35	0,07
vermeden kalk	1,31	600 (w) 50 (as)	0,79 0,07	1,31	600 (w) 50 (as)	0,79 0,07	0,83	600 (w) 50 (as)	0,50 0,04
Vermeden E-as	27,8	300	8,34	27,8	300	8,34	16,6	300	4,98
Vermeden kolen	111	200	22,2	111	200	22,2	70,6	200	14,12

(1) voor de gevoeligheidsanalyses "balans volgens Meij" wordt dit 261 g (0,02 tkm); zie paragraaf 7.6

(2) voor gevoeligheidsanalyse "andere samenstelling" wordt dit 2,42 kg g kalk, corresponderend met 0,12 askilometers en 1,45 waterkilometers; zie verder paragraaf 7.6

## 7.5 Energie

wordt rekening gehouden met:

- energieverbruik bij het verkleinen gft-afval;
- energieverbruik voor het drogen van gft-afval;
- het energieverbruik van de vergassingsinstallatie;
- het energieverbruik bij het zuiveren van condensaat;
- het energieverbruik bij de verwijdering/nuttige toepassing van reststoffen;
- het vermeden energieverbruik door bijstoken van syn-gas in kolengestookte ketel;
- vermeden energieverbruik door vervanging van primaire grondstoffen.

### 7.5.1 Energieverbruik bij verkleinen gft

Voor het verkleinen van het gft-afval is een vermogensderving aan elektriciteit nodig van 1,223 MWe<sup>15</sup>; dit is verrekend in het netto energie rendement van de centrale (zie paragraaf 7.5.3).

### 7.5.2 Energieverbruik bij drogen gft

Voor het drogen van het gft-afval is een vermogensderving aan elektriciteit nodig van 2,339 MWe<sup>16</sup>; dit is verrekend in het netto energie rendement van de centrale (zie paragraaf 7.5.3).

<sup>15</sup> Getal is afgeleid via procesberekeningen voor (Kema, 2000b)

<sup>16</sup> Getal is afgeleid via procesberekeningen voor (Kema, 2000b)

### 7.5.3 Het energieverbruik van de vergassingsinstallatie

In het kader van de vergassing wordt energie verbruikt bij de logistieke installaties voor (intern) transport van gft-afval, maar ook voor de vergassing en de reiniging van het geproduceerde gas. Er wordt vanuit gegaan dat voor het drogen gebruik gemaakt wordt van interne warmte die resteert na elektriciteitsopwekking.

In de LCCM-studie zijn voor het vergassen van gft-afval in een voorgeschakelde vergasser en vervolgens bijstoken van het gevormde stookgas in een kolenketel de volgende uitgangspunten gehanteerd, die als optimaal zijn te beschouwen:

- waterdamp als gevolg van het drogen van het gft-afval wordt gebruikt voor voedingwatervoorwarming van de kolenketel, waardoor de afgetapte hoeveelheid lagedrukstoom vermindert
- de thermische energie van het stookgas wordt in de kolenketel omgezet naar elektriciteit. Het rendement van deze omzetting bedraagt 42% (netto), gelijk aan het rendement van de kolenketel.
- het aantal vollasturen bedraagt 7500 per jaar
- het totaal opgewekte elektrisch vermogen door gft-vergassing bedraagt 7,3 MW<sub>e</sub>. Dit is als volgt berekend:

- energie uit stookgas: 19,54 MW <sub>th</sub> input * 42% :	8,2	MW <sub>e</sub>
- extra E-productie uit stoom van stookgaskoeler:	1,2	MW <sub>e</sub>
- extra productie door condensatie van damp uit droger:	1,4	MW <sub>e</sub>
- totaal extra verbruik voorbewerking/vergasser:	-1,22	MW <sub>e</sub>
- derving door stoomverbruik droger:	-2,34	MW <sub>e</sub>
<b>Netto vermogen:</b>	<b>7,3</b>	<b>MW<sub>e</sub></b>

Dit vermogen over 7500 bedrijfsuren per jaar leidt tot een elektriciteitsproductie van  $7300 \cdot 7500 / 150.000 = 365$  kWh<sub>e</sub> per ton gft-afval. Met een ingangswaarde van 3,16 MJ/kg voor nat gft-afval betekent dit overall een rendement van ongeveer 41,6%

Analoog aan de redenering bij groenafval (zie achtergronddocument A15 bij MER-LAP) kan in de gevoeligheidsanalyse worden nagegaan wat het effect is van het toewijzen van een deel van de vermogenswinst aan de inzet van fossiele brandstof (dankzij de aanwezigheid hiervan wordt er immers gedroogd). Indien de werkwijze bij groenafval wordt gevolgd, kan een rendement van slechts 26,5% worden berekend op de inzet van gft-afval. Voor de afleiding van dit rendement wordt verwezen naar paragraaf 7.9. Bij een overall-rendement van 26,5% (gevoeligheidsanalyse "lager energierendement") wordt de elektriciteitsproductie per ton gft-afval van 233 kWh.

Verder wordt bij iedere koude start aardgas verbruikt. Het verbruik bij 5 koude starten per jaar (analoog aan de verwerkingstechniek wervelbedverbranding) wordt geraamd op 40000 m<sup>3</sup> aardgas. Dit komt overeen met 1260000 MJ ofwel 8,4 MJ per ton gft-afval.

De energieverbruikspost tenslotte die buiten de hiervoor gehanteerde rendementen en kosten valt is het energiegebruik voor de logistiek op het bedrijfsterrein. Hiervoor wordt waarde van 60 MJ/ton aangehouden die elders in het MER ook voor handling van materialen is gehanteerd.

### 7.5.4 Energieverbruik bij zuivering afvalwater

In de standaardproceskaart voor RWZI is het energieverbruik gekoppeld aan de hoeveelheid afvalwater. Zoals aangegeven in paragraaf 7.1 (zie procesbeschrijving onder Q) ontstaat circa 60.000 m<sup>3</sup> condensaat per jaar. Deze afvalwaterstroom wordt gezuiverd in een RWZI. Dit is ongeveer 400 kg per ton gft-afval.

#### 7.5.5 Het energieverbruik bij de nuttige toepassing van reststoffen

Bij de het vergassen/bijstoken van gft-afval komen diverse reststoffen (assen, gips) vrij, die nuttig worden toegepast. De nuttige toepassing van de assen in de cementindustrie leidt niet tot een ander energiegebruik als het energieverbruik dat met primair materiaal in het cementproces aan de orde was geweest. Voor deze LCA kan dit energiegebruik derhalve achterwege blijven. Een uitzondering geldt de gevoeligheidsanalyse "toch storten". In dat geval worden per ton gft-afval uiteindelijk 184,64 kg assen gestort (zie de tabellen 7.3 en 7.4). Daar niet bekend is op welke wijze deze assen gestort zouden worden wordt als indicatie aangesloten bij de effecten die horen bij de storten van AVI-vlieggas (zijn achtergronddocument A1). Voor energie betekent dit per ton vlieggas een verbruik van 87 MJ voor het storten en 5,2 kWh voor het mengen voorafgaand daar aan. Voor 184,64 kg aan assen komt dit neer op een energieverbruik van 16,1 MJ en 0,96 kWh per ton gft-afval.

Het gips uit de ROI wordt gebruikt als grondstof voor de productie van gietvloeren ten behoeve van de (utiliteits)bouw en vervangt de primaire grondstof anhydriet, waarbij een vervangingsverhouding van circa 1:1 geldt. Het energieverbruik per ton gips in de gipsverwerkende industrie is nagenoeg gelijk aan het vermeden energieverbruik (vermeden anhydriet), zodat hiermee geen rekening behoeft te worden gehouden in de LCA.

#### 7.5.6 Vermeden energieverbruik door bijstoken syn-gas in kolengestookte ketel

De netto elektriciteitsproductie is 365 kWh<sub>e</sub> per ton gft-afval en in de gevoeligheidsanalyse "minder energierendement" wordt dit 233 kWh<sub>e</sub>.

Deze hoeveelheid elektriciteit behoeft dus niet via primaire (fossiele) brandstoffen te worden geproduceerd. Het vermeden energieverbruik bij de winning en het transport van primaire brandstoffen (steenkool) wordt als een negatieve milieu-ingreep opgenomen in de LCA-berekeningen. De omvang wordt bepaald met de SimaPro database bij met behulp van het bij een kolencentrale behorende achtergrondproces.

#### 7.5.7 Vermeden energieverbruik door vervanging primaire grondstoffen

De geproduceerde bodem- en filterassen worden toegepast in de cementindustrie (basisvariant) of gestort (de gevoeligheidsanalyse "toch storten"). Hiermee worden of brandstoffen of vulstoffen vermeden. Conform de proceskaart assen E-centrale (achtergronddocument A1) wordt uitgegaan van een 1:1 vervanging van kalksteenmeel. In de normale situatie gaat het om 184,64 kg/ton. In het geval van de gevoeligheidsanalyse "toch storten" wordt 184,64 kg van de assen gestort (zie tabellen 7.3 en 7.4) en wordt geen kalksteenmeel uitgespaard.

## 7.6 Bedrijfsmiddelen

Rekening moet worden gehouden met het bedrijfsmiddelenverbruik van:

- de vergassingsinrichting;
- de zuivering van gecondenseerde droogdampen;
- de nuttige toepassing van reststoffen (secundaire grondstoffen en gas); en met
- het vermeden bedrijfsmiddelenverbruik.

### 7.6.1 Bedrijfsmiddelenverbruik van de vergassingsinrichting

De volgende bedrijfsmiddelen worden toegepast:

- dolomiet (als bedmateriaal in vergasser); circa 4,67 kg per ton gft-afval (700.000 kg dolomiet op 150.000 ton gft-afval);
- ammonia; bij SNCR wordt 50% NO<sub>x</sub> verwijderd. Dit komt neer op 94,9 g NO<sub>x</sub> (als NO<sub>2</sub> berekend) per ton gft-afval. De NO<sub>x</sub> verwijdering met NH<sub>3</sub> vereist per kilo NO<sub>2</sub> ongeveer 0,43 kilo<sup>17</sup> NH<sub>3</sub> en aan 25% ammonia oplossing dus 1,72 kg ammonia-oplossing. Per ton gft-afval is dan benodigd 163 g ammonia-oplossing (25%). Bij de gevoeligheidsanalyse het "balans volgens Meij" wordt geen 50% NO<sub>x</sub> verwijderd, maar 80%; dit is 152 g NO<sub>x</sub> per ton gft-afval. Het ammoniaverbruik is in dit geval 261 g ammonia-oplossing (25%) per ton gft-afval.
- kalk; de inzet van kalk in de ROI van de kolencentrale die aan het gft-afval is toe te rekenen is direct gekoppeld aan de zwavellast. In paragraaf 7.2 is reeds aangegeven dat per ton gft-afval 127 g S ( $[720-574]*0,87$ ) wordt afgevangen in de vorm van gips. Dit leidt tot een kalk-inzet (berekend als Ca(OH)<sub>2</sub>) van  $127*72/32$  (molgewichtverhouding) = 285 g Ca(OH)<sub>2</sub> per ton gft-afval.

Daarnaast wordt uitgegaan van kalkgebruik voor het afvangen van halogenen.

- Cl; een input van 960 g/ton (zie tabel 2.1; 40% d.s. en 0,24 % Cl), 288 g in de assen van de vergassing (zie tabel 7.5) en een afvangpercentage van 95% (zie tabel 7.6) geeft een kalkgebruik van 670 g Ca(OH)<sub>2</sub> per ton gft-afval ( $[960-288]*0,95*1,05$ ). In de gevoeligheidsanalyse "andere samenstelling" wordt dit  $[3040-912]*0,95*1,05 = 2123$  g Ca(OH)<sub>2</sub>.
- F; een input van 26 g/ton (zie tabel 2.1; 65 mg/kg d.s. en 40 % d.s.), 19,5 g in de assen van de vergassing (zie tabel 7.5) en een afvangpercentage van 80% (zie tabel 7.6) geeft een kalkgebruik van 10.1 g Ca(OH)<sub>2</sub> ( $[26-19,5]*0,8*1,95$ ). In de gevoeligheidsanalyse "balans volgens Meij" wordt dit een verwijderingsrendement van 95% (zie tabel 7.7) ofwel  $[26-19,5]*0,95*1,95 = 12$  g Ca(OH)<sub>2</sub>.

In totaal komt het kalkgebruik dus op

- 965,1 gram (normale situatie; 285 + 670 + 10,1),
- 2418,1 gram (andere samenstelling; 285 + 2123 + 10,1), en
- 967 gram (balans volgens Meij; 285 + 670 + 12).

### 7.6.2 Bedrijfsmiddelenverbruik RWZI

Het bedrijfsmiddelenverbruik in de RWZI volgt uit de standaardproceskaart die hiervoor is aangeemaakt.

### 7.6.3 Bedrijfsmiddelenverbruik bij nuttige toepassing van secundaire grondstoffen

Bij de nuttige toepassing van de geproduceerde bodemas en filteras bij de cementindustrie worden geen bedrijfsmiddelen verbruikt. In de variant "toch storten" wordt een bedrijfsmiddelengebruik van 18,5 kg cement in rekening gebracht (zie achtergronddocument A1).

---

17 Gebaseerd op  $6 \text{ NO}_2 + 8 \text{ NH}_3 \Rightarrow 7 \text{ N}_2 + 12 \text{ H}_2\text{O}$  (VVAV, 1993)

#### 7.6.4 Vermeden bedrijfsmiddelenverbruik

Voor het vermeden gebruik van kalksteenmeel door de inzet van assen in de cementindustrie wordt verwezen naar het laatste deel van paragraaf 7.5 onder "Vermeden energieverbruik door vervanging primaire grondstoffen".

Per ton gft-afval wordt uiteindelijk 365 kWh geleverd. Uitgaande van een normale levering in een E-centrale met een rendement van 42% en op basis van kolen met een energie-inhoud van 28,3 MJ/kg (MER MJP-GA II) wordt per ton gft-afval 111 kilo kolen vermeden. Uitgaande van gehalten aan Chloor van 160 g/ton, Fluor van 93 g/ton en Zwavel van 7720 g/ton (MER MJP-GA II) leidt dit, met de balans van achtergronddocument A1 uit het MER, tot een vermeden kalkgebruik van 1,31 kg per ton gft-afval. In het geval van de gevoeligheidsanalyse "minder energierendement" wordt uit de warmte-inhoud van een ton gft-afval 233 kWh geleverd. In dit geval is de hoeveelheid vermeden kolen per ton gft-afval 70,6 kg hetgeen correspondeert met 0,83 kg vermeden Ca(OH)<sub>2</sub>.

Tabel 7.11; Overzicht bedrijfsmiddelegebruik in kg/ton gft-afval

MATERIAAL	normaal	gevoeligheidsanalyse			
		andere samenst.	toch storten	balans volgens Meij	minder E-rend.
dolomiet (bedas)	4,67	4,67	4,67	4,67	4,67
ammonia (25% NH <sub>4</sub> OH)	0,163	0,163	0,163	0,261	0,163
cement	0	0	18,5	0	0
kalk (Ca(OH) <sub>2</sub> )	0,965	2,418	0,965	0,967	0,965
vermeden kalksteenmeel	184,67	184,67	0	184,67	184,67
vermeden kalk (Ca(OH) <sub>2</sub> )	1,31	1,31	1,31	1,31	0,83

#### 7.6.5 Overige vermeden effecten

Door het vervangen van kolen door gft-afval neemt de hoeveelheid as van de E-centrale af, en daarmee de nuttige toepassing hiervan in cementovens. Uitgaande van een asrest 250 kg/ton kolen (MER MJP-GA II) betreft het hier 0,111\*250 = 27,8 kg as dat niet ontstaat door de vervanging van kolen door gft-afval. In het kader van de "minder energierendement" wordt dit 17,7 kg as. Het vermeden transport naar de cementovens is in rekening gebracht in paragraaf 7.4. Mogelijk moet door het vervallen van deze asproductie bij de cementproductie hierdoor meer primair materiaal worden gebruikt. Doordat echter onduidelijk is in hoeverre het vergassen/bijstoken van gft-afval leidt tot toerekenbaar ander grondstoffengebruik bij de cementproductie is dit (theoretische effect) hier verder buiten beschouwing gelaten.

Het gips uit de ROI wordt gebruikt als grondstof voor de productie van gietvloeren ten behoeve van de (utiliteits)bouw en vervangt de primaire grondstof anhydriet, waarbij een vervangingsverhouding van circa 1:1 geldt. Het bedrijfsmiddelenverbruik per ton gips is dus nagenoeg gelijk aan het vermeden bedrijfsmiddelenverbruik, zodat hiermee geen rekening behoeft te worden gehouden in de LCA.

Ook wordt elektriciteit geproduceerd uit het gft-afval (zie paragraaf 7.6), zodat bedrijfsmiddelenverbruik bij de winning van primaire (fossiele) brandstof wordt vermeden. Dit vermeden verbruik wordt als een negatieve milieu-ingreep opgenomen in de LCA-berekeningen. De omvang wordt bepaald met de SimaPro database middels het achtergrondproces voor elektriciteitsopwekking met een kolencentrale.

## 7.7 Emissies

Zoals in hoofdstuk 5 is beschreven valt het versnipperen van het gft-afval buiten de systeemgrenzen van de LCA. Dit betekent dat de emissies die met dit proces samenhangen niet in de LCA worden meegenomen.

Wel moet rekening worden gehouden met:

- emissies van de vergassingsinrichting en de E-centrale;
- emissies bij de zuivering van condensaat;
- emissies bij de nuttige toepassing van secundaire grondstoffen;
- vermeden emissies door de productie van secundaire grondstoffen;
- vermeden emissies door productie van elektriciteit uit het gft-afval.

### 7.7.1 De emissies van de vergassingsinrichting en de E-centrale

#### *Emissies naar bodem*

Emissies naar bodem vinden normaliter niet plaats. Door de aanwezige bodembeschermende maatregelen en voorzieningen zullen emissies naar de bodem niet plaatsvinden.

#### *Emissies naar water*

Bij de vergassing van het gft-afval ontstaan geen afvalwaterstromen. Alleen condensaat van de droger wordt geproduceerd 400 kg/ton gft-afval. In deze dampen zullen alleen de organische componenten opgenomen worden, te weten de CZV en BZV. Bij gebrek aan gedetailleerde gegevens over de watersamenstelling wordt als beste schatting voor het CZV en BZV gehalte aangesloten bij de waarden van tabel 5.8, ofwel 11,2 kg/m<sup>3</sup> (CZV) en 8,78 kg/m<sup>3</sup> (BZV). De verdere uitwerking is gegeven in tabel 7.12.

Daarnaast zal het overgrote deel van het in de rookgasreiniging van de E-centrale afgevangen Cl worden geloosd (zie tabel 7.6). Met een input van 960 g/ton (gevoeligheidsanalyse "andere samenstelling" 3040 g/ton) en een hoeveelheid in de assen van 288 g (gevoeligheidsanalyse "andere samenstelling" 912 g) geeft een afvang van 93% (tabel 7.6) een lozing van 625 g/ton (gevoeligheidsanalyse "andere samenstelling" 1979 g).

Tabel 7.12; Emissies naar water.

Component	input RWZI	reinig. rend. RWZI	output	Emissie naar water in gram per ton gft-afval
CZV	11200 g/m <sup>3</sup>	90%	1120 g/m <sup>3</sup>	560
BZV	8780 g/m <sup>3</sup>	97%	263 g/m <sup>3</sup>	132
Cl				625 (*)

(\*) in de gevoeligheidsanalyse "andere samenstelling" is dit 1979 g/ton

#### *Emissies naar lucht*

De vergassingsinstallatie zelf kent emissies naar de lucht in het geval er koude starten (5 maal per jaar) worden gepleegd. Deze emissies betreffen het verstoken van aardgas en het afstoken van syngas bij onvoorziene stops. De emissies hiervan zijn beperkt (KEMA, 1996) en worden in rekening gebracht middels het bijbehorende energiegebruik.



Het geproduceerde syn-gas wordt evenwel meegestookt en hierbij ontstaan zowel procesgebonden als componentgebonden emissies naar lucht. De uitwerking wordt weergegeven in tabel 7.10. Voor de achtergronden van de uitwerking hiervan wordt verwezen naar paragraaf 7.2. In grote lijnen is de input per ton (tabel 2.1) verminderd met de hoeveelheden die achterblijven in de assen (tabel 7.5), waarna is gerekend met de rendementen uit de tabellen 7.6 en 7.7.

Tabel 7.13; Emissies naar de lucht

component	normaal mg/ton	andere samenstelling mg/ton	balans volgens Meij mg/ton
As	0,859	1,164	0,048
Ba	46,015	46,015	2,556
Cd	0,702	0,882	0,078
Co	0,554	0,554	0,031
Cr	12,197	12,197	0,678
Cu	8,316	8,316	0,462
Hg	15,200	15,200	7,600
Mn	47,124	47,124	2,618
Mo	1,220	1,220	0,068
Ni	2,107	6,930	0,117
Pb	26,888	54,886	1,494
Sb	0,582	0,582	0,032
Se	0,139	0,139	0,008
Sn	0,693	0,693	0,038
V	2,883	2,883	0,160
Zn	41,580	74,290	2,310
Cl	47040	148960	47040
F	1300	1300	325
SO <sub>2</sub>	38002	38002	38002
NO <sub>x</sub>	94920 (1)	94920 (1)	37968 (2)
NH <sub>3</sub>	3796,8	3796,8	759,36
CO	18984	18984	18984
C <sub>x</sub> H <sub>y</sub>	4746	4746	4746
TCDD TEQ	1,898E-05	1,898E-05	1,898E-05
fijn stof (3)	19597	19663	19408

(1) na correctie voor een afvang van 50% door de SNCR

(2) na correctie met afval van 80% door SCR

(3) som van procesgebonden emissie (zie tabel 7.2) en componentgebonden emissie

Ten aanzien van de CO<sub>2</sub>-emissie is aangenomen dat deze afkomstig is van biomassa, ofwel kortcyclisch is en dus geen bijdrage zal leveren aan het broeikas effect. Evenals in hoofdstuk 5 is de emissie die afkomstig is van de verontreinigende plasticfractie in gft-afval (en die dus langcyclisch is) buiten beschouwing gelaten omdat deze toch in alle verwerkingsopties hetzelfde is.

### Emissies bij nuttige toepassing reststoffen

#### *gips*

Het gips uit de ROI wordt gebruikt als grondstof voor de productie van gietvloeren ten behoeve van de (utiliteits)bouw en vervangt de primaire grondstof anhydriet, waarbij een vervangingsverhouding van circa 1:1 geldt. De emissies die vrijkomen bij het toepassen van anhydriet-vloeren zijn nihil. De kwaliteitsverschillen tussen primair en secundair gips zijn zeer gering, zodat de emissies bij de nuttige toepassing van gips uit de ROI in de LCA buiten beschouwing worden gelaten.

#### *assen*

Er vanuit gaande dat de assen worden verwerkt als vulstof in cement leidt de verontreiniging van de assen door gft-afval daar tot emissies naar de lucht en eventueel naar de bodem (gevoelighedsanalyse "wel uitloging") conform de proceskaart in achtergronddocument A1. De uitwerking is geconcretiseerd in tabel 7.14. De uitwerking voor de gevoelighedsanalyse "andere samenstelling" is weergegeven in tabel 7.15.

Tabel 7.14; emissie ten gevolge van inzet van assen in cementovens (normale situatie)

comp.	deel naar as in g/ton (1)	fractie die ontwijkt naar de lucht (2)	emissie naar de lucht (mg/ton)	fractie die ontwijkt naar de bodem (2) (3)	emissie naar de bodem (mg/ton) (3)
As	1,23	0,0005	0,62	0,0005	0,62
Ba	65,89	0,0005	32,94	0,0005	32,94
Cd	0,15	0,005	0,74	0,0065	0,96
Co	0,79	0,0005	0,40	0,0005	0,40
Cr	17,46	0,0005	8,73	0,0005	8,73
Cu	11,91	0,0005	5,95	0,0005	5,95
Hg	0,00	0,06	0,12	0,011	0,02
Mn	67,48	0,0005	33,74	0,0005	33,74
Mo	1,75	0,0005	0,87	0,0005	0,87
Ni	3,02	0,0005	1,51	0,0005	1,51
Pb	38,50	0,0005	19,25	0,0005	19,25
Sb	0,83	0,0005	0,42	0,0005	0,42
Se	0,20	0,0005	0,10	0,0005	0,10
Sn	0,99	0,0005	0,50	0,008	7,94
V	4,13	0,0005	2,06	0,0005	2,06
Zn	59,54	0,0005	29,77	0,0005	29,77
Cl	288,00	0,006	1728,00	0,0005	144,00
F	19,50	0,01	195,00	0,0005	9,75
S (4)	573,84	0,0005	573,84	0,0005	860,76

(1) zie tabel 7.5; (2) ontleend aan achtergronddocument A1 (kaart 1D) van dit rapport; (3) alleen in het kader van gevoelighedsanalyse "wel uitloging"; (4) input als S, naar lucht als SO<sub>2</sub>, naar bodem als SO<sub>4</sub>

Tabel 7.15; Emissie t.g.v. inzet van assen in cementovens (gev. analyse "andere samenstelling")

comp.	deel naar as in g/ton (1)	fractie die ontwijkt naar de lucht (2)	emissie naar de lucht (mg/ton)
As	1,67	0,0005	0,83
Ba	65,89	0,0005	32,94
Cd	0,19	0,005	0,93
Co	0,79	0,0005	0,40
Cr	17,46	0,0005	8,73
Cu	11,91	0,0005	5,95
Hg	0,00	0,06	0,12
Mn	67,48	0,0005	33,74
Mo	1,75	0,0005	0,87
Ni	9,92	0,0005	4,96
Pb	78,59	0,0005	39,30
Sb	0,83	0,0005	0,42
Se	0,20	0,0005	0,10
Sn	0,99	0,0005	0,50
V	4,13	0,0005	2,06
Zn	106,37	0,0005	53,19
Cl	912,00	0,006	5472,00
F	19,50	0,01	195,00
S (4)	573,84	0,0005	573,84

(1) zie tabel 7.5; (2) ontleend aan achtergronddocument A1; (3) input als S, naar lucht als SO<sub>2</sub>

Indien de reststoffen gestort worden (gevoeligheidsanalyse "toch storten") treden andere emissies op welke zijn weergegeven in tabel 7.16. Hierbij wordt aangesloten bij proceskaart AVI-vliegias van achtergronddocument A1.

Tabel 7.16; Emissie naar bodem in de gevoeligheidsanalyse "toch storten"

comp.	deel naar as in g/ton (1)	fractie die ontwijkt naar de bodem (2) (3)	emissie naar de bodem (mg/ton) (3)
As	1,23	0,001	1,23
Ba	65,89	0,002	131,78
Cd	0,15	0,001	0,15
Co	0,79	0,002	1,59
Cr	17,46	0,001	17,46
Cu	11,91	0,001	11,91
Hg	0,00	0,001	0,00
Mn	67,48	0,001	67,48
Mo	1,75	0,053	92,56
Ni	3,02	0,001	3,02
Pb	38,50	0,001	38,50
Sb	0,83	0,001	0,83
Se	0,20	0,008	1,59
Sn	0,99	0,001	0,99
V	4,13	0,003	12,38
Zn	59,54	0,001	59,54
Cl	288,00	0,032	9216,00
F	19,50	0,009	175,50
S (4)	573,84	0,011	18936,72

(1) zie tabel 7.5

(2) ontleend aan achtergronddocument A1

(3) input in S, emissie als SO<sub>4</sub>

### Vermeden emissies

Er is sprake van vermeden emissies door de productie van secundaire grondstoffen. De emissies van de uitgespaarde winnings- en productieprocessen van primaire grondstoffen worden als een negatieve milieu-ingreep in de LCA toegerekend. In paragraaf 7.2 en 7.6 is reeds aangegeven welke primaire grondstoffen worden vervangen. De omvang van de vermeden emissies wordt berekend met de standaard databases in SimaPro.

Ook wordt elektriciteit geproduceerd uit het gft-afval (zie paragraaf 7.5), zodat emissies bij de winning en het transport van primaire (fossiele) brandstof worden vermeden. Deze vermeden emissies worden als een negatieve milieu-ingreep zoals berekend in paragraaf 7.5 (onder energie) opgenomen in de LCA-berekeningen. De omvang wordt bepaald met de SimaPro database.

### **7.8 Verwerkingskosten**

Er bestaat nog geen definitief inzicht in de kosten van vergassing. De installatie bij de Amercentrale kent nog technische problemen, zodat de uiteindelijke beschikbaarheid (capaciteit) nog onbekendheid is. Uit de LCCM analyse (KEMA, 2000b) is bekend dat de verwerkingskosten van gft-afval bij een schaalgrootte van 150 kton per jaar in de orde van 20-35 Euro per ton bedragen.

## 7.9 Nadere opmerkingen t.a.v. de gehanteerde energierendementen

Het drogen van biomassa heeft een (al dan niet schijnbare) verhoging van het rendement van de thermische verwerking van biomassa (gft-afval) tot gevolg. Dit is reeds uitgebreid toegelicht in bijlage F van de LCCM-studie (KEMA, 2000a). In feite wordt de lage druk stoom (waarmee nog maar weinig elektriciteit kan worden opgewekt in de stoomturbine: maximaal 20 %) omgezet in een vergelijkbare hoeveelheid hoge druk stoom (waarmee elektriciteit met een rendement van meer dan 40% kan worden opgewekt). Dit is alleen maar mogelijk omdat de damp uit het gft-afval de lage druk stoom (voor voorwarming) kan vervangen in de symbiose van kolenketel en bijstoken van gft-afval. In een stand-alone verbranding van gft-afval zal dit voordeel veel kleiner zijn (of lijken).

Analoog aan de redenering bij groenafval (zie achtergronddocument A15 bij MER-LAP) kan in de gevoeligheidsanalyse worden nagegaan wat het effect is van het toewijzen van een deel van de vermogenswinst aan de inzet van fossiele brandstof (dankzij de aanwezigheid hiervan wordt er immers gedroogd). Inzien de werkwijze bij groenafval wordt gevolgd, kan een rendement van slechts 26,5% worden berekend op de inzet van gft-afval. Dit rendement komt op de volgende wijze tot stand:

Bij de techniek bijstoken in kolencentrale (150.000 ton gft-afval en 7500 bedrijfsuren):

hoeveelheid gft:	5,56 kg/sec
stookwaarde gft-afval (nat):	3,16 MJ/kg
hoeveelheid gft-afval na droging (10% vocht):	2,78 kg/sec
stookwaarde gft-afval (10% vocht):	9,9 MJ/kg <sup>18</sup>

De thermische input van het <b>natte</b> gft-afval is dus	17,6 MWth (5,56 * 3,16)
De thermische input van het <b>droge</b> gft-afval is	27,5 MWth (2,78 * 9,9)

Het verschil wordt uiteraard veroorzaakt door de droogstap; hiervoor is een hoeveelheid lage druk stoom benodigd die overeenkomt met het verschil tussen beide cijfers, circa 10 MWth. Bij het drogen ontstaat echter damp uit de gft-afval, die als vervanger van de lage druk stoom kan worden ingezet, ten behoeve van de voedingswater-voorwarming. Per saldo is er voor het totale systeem dus geen verlies aan warmte en/of energie, de brandstof is alleen op een hogere LHV-waarde gekomen (NB: verliezen bij het droogproces zijn niet meegenomen).

De ketel heeft een netto rendement van	42 %
Hierin wordt 28 MWth droge gft-afval verwerkt, dit levert op:	7,3 MWe (zie paragraaf 7.5.3)
Netto rendement, gebaseerd op LHV van natte gft:	41,5 % (7,3/17,6)
Netto rendement, gebaseerd op LHV van droge gft:	26,5 % (7,3/27,5)

---

<sup>18</sup> Dit is geschat volgens  $(0,9 * 11,3 - 0,1 * 2,26)$ . De 0,9 en 0,1 zijn hierbij de gehalten aan respectievelijk droge stof en water (zie tabel 2.1), de 11,3 is de stookwaarde van de droge stof en de 2,26 is de verdampingswaarde van water bij 100°C. Deze laatste waarde geeft een iets beter beeld van de werkelijkheid (het water verdampt immers bij hogere temperaturen) dan het hanteren van de verdampingswaarde van water bij 25°C.

## **8. INTEGRAAL INZAMELEN EN SCHEIDEN/VERGISTEN/VERBRANDEN**

### **8.1 Procesbeschrijving**

#### A. Transport

Het gft-afval wordt eens per twee weken, samen met ander huishoudelijk afval, ingezameld en vervolgens vervoerd naar de afvalverwerkingsinrichting. Aangenomen is (zie paragraaf 4.2) dat het transport naar de inrichting plaatsvindt in bulk (28 ton/vracht). In de gevoeligheidsanalyse "kleinschalig transport" wordt bezien wat het effect is van transport in eenheden van maximaal 7,5 ton/vracht.

#### B. Opslag

De afvalvoertuigen worden gelost in een hal, waar tevens de tijdelijke opslag van het afval plaatsvindt. De lucht uit deze hal, die tengevolge van het lossen en de opslag van afval licht beladen kan zijn met geurcomponenten, wordt via het dak ongezuiverd op hoogte afgevoerd.

#### C. Scheiden

Het afval wordt bewerkt in een "droge" scheidingsinstallatie. De scheidingsinstallatie bestaat onder meer uit twee zeeftrommels met zeefgatdiameters van respectievelijk 200 mm en 70 mm. De RDF bestaat uit de overloopfractie van beide trommelzeven minus de papier/plastic-fractie die m.b.v. windzifters uit de overloopfractie wordt afgescheiden. Het afval wordt gescheiden in de volgende fracties: een te verbranden fractie (RDF), metalen, een papier/kunststof-fractie (PKF) en een organische natte fractie (ONF).

#### D. Verwerking ONF

De ONF wordt in een wasinstallatie onder toevoeging van water gescheiden in drie deelstromen: zand, grof inert materiaal en gewassen organische fractie<sup>19</sup>. Het waswater (voor een belangrijk deel gerecirculeerd proceswater) ondergaat een fysisch/chemische zuivering teneinde zwevende stof af te scheiden, en wordt vervolgens grotendeels gerecirculeerd.

#### E. Vergisting gewassen organische fractie

De gewassen organische fractie wordt verwerkt in een vergistingsinstallatie, waarbij biogas wordt gevormd en digestaat vrijkomt. De vergistingsinstallatie bestaat uit enkele reactoren, waarbij door een thermofiel proces 60% van de organische stoffen in biogas worden omgezet in ongeveer 18 dagen.

#### F. Nuttige toepassing biogas

Het biogas uit de vergister wordt (na ontwaterd te zijn) in een warmtekrachtinstallatie omgezet in elektriciteit en warmte. Daartoe zijn 4 gasmotoren gecombineerd met generators van elk 630 kW. De elektriciteit wordt (na aftrek van het eigen verbruik) aan het net geleverd, de warmte wordt grotendeels gebruikt voor het op temperatuur brengen / houden van het vergistingsproces en voorts voor ruimteverwarming. Deze laatste hoeveelheid wordt door Vagron als niet benut beschouwd en derhalve op nul gesteld. Het biogas behoeft geen nadere reinigingsstappen te ondergaan om het in de gasmotor te verbranden.

---

<sup>19</sup> De RDF-fractie die hier aanvankelijk ook werd afgescheiden komt al enige tijd niet meer vrij door aanpassing van het proces (Oortuijs, 2001)

#### F. Ontwatering digestaat

Het digestaat uit de vergistingsinstallatie wordt mechanisch ontwaterd tot een droge stofgehalte van 35 a 40%. De waterstroom die hierbij ontstaat wordt grotendeels weer ingezet voor het vergistingsproces.

#### G. Zuivering afvalwater

Het afvalwater dat vrijkomt bij de ontwatering van digestaat wordt, samen met het spuiwater uit het ONF-wasproces, grotendeels gerecirculeerd. Een klein deel wordt afgevoerd naar een afvalwaterzuiveringsinstallatie, daar gezuiverd en vervolgens geloosd op het riool, waarna een tweede zuivering plaatsvindt in de RWZI.

#### H/I. Transport en gebruik ontwaterd digestaat

Het ontwaterde digestaat wordt voornamelijk per vrachtwagen afgevoerd naar een stortplaats. Het ontwaterde digestaat is slecht geschikt voor thermische verwerking, gelet op de consistentie van het materiaal (losse, fijne structuur) en de lage verbrandingswaarde (<5 MJ/kg). Een thermische verwerking zou beter mogelijk zijn na een verdere bewerking (drogen, pelletiseren) en hiertoe is een studie uitgevoerd om de diverse mogelijkheden te verkennen op haalbaarheid (Arcadis, 2000). Deze potentiële mogelijkheden worden in dit MER-LAP niet verder beschouwd. Omdat het digestaat formeel niet gestort mag worden, niet mag worden geëxporteerd en voor verbranding slecht geschikt is, ontstaat een lastige situatie voor de LCA. In dit MER is derhalve toch gekozen voor verbranding als verder verwerkingsroute, wetende dat hier vanuit procestechnisch oogpunt kanttekingen bij geplaatst moeten worden.

#### K. Verbranding RDF

De RDF-fractie wordt verbrand in een afvalverbrandingsinstallatie.

#### L. Transport inert materiaal

De afgescheiden inerte fracties (zand en grof inert materiaal) worden per vrachtwagen afgevoerd naar de plaats van nuttige toepassing.

#### M. Nuttige toepassing inert materiaal<sup>20</sup>

De afgescheiden inerte fracties (zand en grof inert materiaal) worden nuttig toegepast als bouwstof in civiele werken.

### **8.2 Balans, producten en reststoffen**

De verwerking van afval resulteert in producten en/of reststoffen. Tabel 8.1 bevat een overzicht van de hoeveelheden (tussen)producten en reststoffen die ontstaan bij de verwerking van 1 ton "Vagron-afval" en bij de verwerking van 1 ton gft-afval volgens het SWV-concept. De cijfers worden hierna onderbouwd. De cijfers m.b.t. "Vagron-afval" zijn ontleend aan (Oorthuys, 1999).

---

<sup>20</sup> Op het moment van opstellen van het MER is van daadwerkelijk nuttige toepassing nog geen sprake en ligt het in opslag in afwachting van de kwaliteitsbeoordeling i.r.t. het bouwstoffenbesluit. De verwachting is echter wel dat de kwaliteit zodanig is dat het op termijn voor nuttige toepassing geschikt zal blijken (bron: persoonlijke mededeling medewerker provincie Groningen, 5-12-2001).

Tabel 8.1: Overzicht producten en reststoffen SWV-concept

TUSSENPRODUCTEN	HOEVEELHEID PER TON “VAGRON-AFVAL”	HOEVEELHEID PER TON GFT-AFVAL
RDF	42% = 420 kg	5% = 50 kg
Papier/kunststof-fractie	15% = 150 kg	nihil
ONF	40% = 400 kg	95% = 950 kg
PRODUCTEN	HOEVEELHEID PER TON “VAGRON-AFVAL”	HOEVEELHEID PER TON GFT
Biogas	100 Nm <sup>3</sup>	75 Nm <sup>3</sup>
Grof en fijn ijzer, blik en non-ferro	3% = 30 kg	nihil (en buiten systeemgrens)
Zand + grof inert	14% = 140 kg	15,5% = 155 kg (uit ONF)
RESTSTOFFEN	HOEVEELHEID PER TON “VAGRON-AFVAL”	HOEVEELHEID PER TON GFT-AFVAL
Ontwaterd digestaat	10% = 100 kg	276 kg

### 8.2.1 RDF / PKF in relatie tot de gft-fractie in het afval

Gft-afval bevat normaliter circa 5% onzuiverheden (zie ook hoofdstuk 2). Het gaat hierbij met name om papier en kunststof. De afgescheiden PKF uit de voorscheiding (processtap C) zou derhalve voor een deel toegewezen kunnen worden aan gft-afval. Het is echter de vraag of de verontreinigingen die in het geval van de gescheiden inzameling bij de andere verwerkingsopties in het gft-afval terecht komen in dit geval als aparte papier/kunststof-fractie kan worden afgescheiden. Waarschijnlijker is het dat de separate papier/kunststof-fractie geheel moet worden toegeschreven aan de andere componenten in het intergraal ingezamelde huishoudelijk afval en niet aan het gft-deel. Er wordt in dit MER dan ook vanuit gegaan dat de 5% verontreiniging in gft-afval niet bijdraagt aan de separate PK-fractie, en terecht komt in de RDF-fractie bij de voorscheiding.

### 8.2.2 Hoeveelheid metalen

Zoals reeds opgemerkt in hoofdstuk 2 is de hoeveelheid metalen in gft-afval zeer beperkt (circa 0,1%), en wordt de metalenfractie buiten beschouwing gelaten. De uit het niet-organische deel van het integraal ingezamelde huishoudelijk afval afgescheiden metalenfractie is niet toe te wijzen aan gft-afval.

### 8.2.3 Hoeveelheid biogas

De biogasproductie uit ONF bedraagt volgens opgave van VAGRON circa 100 Nm<sup>3</sup>/ton ONF (ontwerpwaarde is 90 Nm<sup>3</sup>/ton ONF) bij een vergistingstijd van ongeveer 3 weken en een omzetting van 60% van het organisch materiaal (uitgedrukt als “volatile solids”). Deze 100 kuub heeft betrekking op ONF en voor gft-afval zal dit naar verwachting lager zijn omdat de hoeveelheid organisch materiaal lager is. Bij de vergisting van gft-afval (Valorga Tilburg) is een biogasproductie van circa 75 Nm<sup>3</sup>/ton gft-afval gangbaar. In dit MER is dit laatste getal gehanteerd.

### 8.2.4 Hoeveelheid zand/inert materiaal

Het droge stofgehalte van gft-afval is 40%. De hoeveelheid anorganisch materiaal in gft-afval is circa 45 % van de droge stof d.w.z. circa 18% van de hoeveelheid gft-afval as received (gegevens KEMA; LCCM, zie ook tabel 2.1). Het anorganisch materiaal bestaat uit inert materiaal en het asgehalte van de organische stof; uitgaande van een asgehalte van de organische stof in gft-afval van circa 3% en de organische stoffractie van 0,55 in de droge stof van gft-afval, bedraagt de hoeveelheid inert materiaal circa  $18 \cdot 3 \cdot 0,55 = 16,35\%$  van de hoeveelheid gft-afval. Bij het Vagron-verwerkingsconcept is het afscheidingsrendement hoog, aangezien de afscheiding plaatsvindt als onderdeel van het ONF-wasproces. Het scheidingsrendement van zand en grof inert materiaal be-



draagt gemiddeld 95% (Oorthuijs, 1999). Derhalve wordt berekend dat  $0,95 \cdot 16,35 = 15,5\%$  van de hoeveelheid gft-afval als zand/inert materiaal wordt afgescheiden, d.w.z. 155 kg per ton gft-afval.

#### 8.2.5 Hoeveelheid ontwaterd digestaat

In de Vagron-installatie komt 40% van de hoeveelheid organisch materiaal in de ONF vrij in ontwaterd digestaat naast het resterend inert materiaal. Het overige wordt omgezet in biogas. Voor gft-afval bedraagt deze hoeveelheid resterend inert materiaal  $163,5 - 155 = 8,5$  kg/ton gft-afval. Wordt het percentage van 40% ook gehanteerd voor de organische fractie van gft-afval, dan ontstaat  $0,4 \times 220$  (kg organisch materiaal per ton gft-afval) = 88 kg/ton gft-afval plus dus 8,5 kg zand/inert materiaal (zie boven). Derhalve is de hoeveelheid ontwaterd digestaat  $88 + 8,5 = 96,5$  kg d.s. per ton gft-afval. Bij een droge stof gehalte van 35% in het digestaat (gegevens Vagron) komt dit neer op  $96,5/0,35 = 276$  kg digestaat per ton gft-afval.

#### 8.2.6 Effecten van de voorscheiding

De centrale scheiding van grijs afval in de diverse deelstromen maakt dat een deel van de milieu impact die hierdoor ontstaat, moet worden toegewezen aan het gft-afval fractie in het huisvuil. We gaan ervan uit dat 40% van het grijs afval als gft-afval beschouwd kan worden en na de scheiding als ONF verschijnt (zie ook tabel 8.1). Uit de Vagron gegevens blijkt dat de milieu impact vrijwel alleen het energiegebruik behelst, zie paragraaf 8.5.

#### 8.2.7 overige reststoffen

Het aan gft-afval toe te rekenen RDF (50 kg/ton) en het ontwaterde digestaat (276 kg/ton) wordt afgevoerd naar een AVI. Rookgasreinigingsresidu bestaat primair uit de afgevangen Zwavel, afgevangen Fluor en Chloor en verder uit de som van de afgevangen metalen. Op basis van

- de tabel 2.1,
- de daarop gebaseerde samenstellingen voor RDF en digestaat (zie de tabel 8.7), en
- de voor de AVI afgeleide balans (zie achtergronddocument A1 bij MER-LAP),

betekent dit per ton gft-afval de vorming van 1,73 kg rookgasreinigingsresidu. In de gevoeligheidsanalyse "andere samenstelling" wordt dit 4,12 kg rookgasreinigingsresidu.

De aanwezige asrest zal zich verdelen over AVI-slakken en AVI-vliegas in de verhouding 92,6% van het asrest naar de slakken en 7,4% naar het vliegas. De 50 kg RDF heeft een asrest van 2,98 kg. Het digestaat in totaal nog een asrest van ongeveer 39%, ofwel 107,6 kg as. In totaal leidt dit tot 110,6 kg verbrandingsassen, ofwel van 102,4 kg AVI-slakken en 8,2 kg AVI-vliegas<sup>21</sup>.

Tabel 8.2 bevat een overzicht van de hoeveelheden producten en reststoffen die ontstaan bij de verwerking van 1 ton gft-afval als gemiddelde over Nederland. In de tabel is tevens aangegeven met welke verwerkingsroute in dit MER verder wordt gerekend.

---

<sup>21</sup> Op zichzelf zou, wanneer het digestaat nog uit niet afgebroken organisch materiaal bestaat (zoals bij de afleiding van paragraaf 8.2.5 als uitgangspunt is genomen), verwacht worden dat dit alsnog zou verbranden, waarmee veel minder as zou overblijven. Er is echter sprake van discrepantie tussen de gegevens van (Oorthuijs, 1999), en de metingen aan de samenstelling van het digestaat uit oktober 2001 (info Kema). Digestaat bevat in deze laatste metingen 55-57% as op d.s.-basis, terwijl de redenering onder paragraaf 8.2.5 tot een heel ander gehalte leidt. De oorzaak is voornamelijk onbekend. Er is nu dus uitgegaan van 276 kg digestaat zoals afgeleid in paragraaf 8.2.4 (hetgeen ongeveer overeenkomt met de hoeveelheid uit de vergisten), maar bij het verbranden hiervan in de AVI is gewerkt met de meest recente analysegegevens van digestaat (39% as received).

Tabel 8.2; Overzicht producten en reststoffen

PRODUCTEN	HOEVEELHEID PER TON VERWERKT GFT-AFVAL	ROUTE
zand/inert	155 kg	nuttige toepassing
AVI-slak	102,4 kg	nuttige toepassing
biogas	75 kuub	nuttige toepassing
RDF	50 kg	AVI
digestaat	276 kg	AVI
RESTSTOFFEN	HOEVEELHEID PER TON VERWERKT GFT-AFVAL	ROUTE
AVI rookgasreinigingsresidu	1,73 kg	stort
AVI-vliegas	8,2 kg	stort
Water	250 liter kg	RWZI
actief kool	31 g	stort (C2)

### 8.3 Ruimtebeslag

Bij het bepalen van het ruimtebeslag van het beschouwde afvalbeheersalternatief wordt rekening gehouden met het ruimtebeslag van:

- de SWV-installatie;
- de AVI voor de verbranding van RDF en digestaat;
- de RWZI waar het geloosde afvalwater wordt gezuiverd;
- de gestorte reststoffen.

#### *De SWV-installatie;*

Voor het vergisten van 93 kton/jaar gft-afval is een ruimtebeslag nodig van 1,2 ha (Oorthuys, 2001). Uitgaande van een periode van 100 jaar kan het ruimtebeslag per ton afval dan als volgt worden berekend:

- $12.000 \text{ m}^2 \times 100 \text{ j} = 1,2 \text{ miljoen m}^2 \cdot \text{j}$
- $\frac{98.000 \text{ t/j} \times 100 \text{ j}}{1000} = 9,3 \text{ miljoen ton}$
- $1,2 \text{ miljoen m}^2 \cdot \text{j} : 9,3 \text{ miljoen ton} = 0,13 \text{ m}^2 \cdot \text{j}$  per ton afval.

#### *De AVI voor de verbranding van RDF en digestaat*

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<sup>2</sup>. Het ruimtebeslag per ton afval is derhalve 0,044 m<sup>2</sup>·jr. Voor de verbranding van 50 kg RDF en 276 kg digestaat betekent dit 0,01 m<sup>2</sup>·j.

Voor de verdere verwerking of het toepassen van de reststoffen van de AVI zijn de in achtergrond-document A1 weergegeven proceskaarten opgesteld. 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; toerekening van ruimtebeslag is niet noodzakelijk;
- is voor AVI-vliegas aangenomen dat dit geïmmobiliseerd wordt bij de VBM onder toevoeging van cement; per ton geïmmobiliseerd AVI-vliegas is het ruimtebeslag gelijk aan 9,71 m<sup>2</sup>·jr, ofwel per ton gft-afval (8,2 kg vliegas) komt dit dus overeen met 0,08 m<sup>2</sup>·jr; en
- wordt voor het rookgasreinigingsresidu aangenomen dat het gestort wordt in big bags met een bijbehorend ruimtebeslag van 14 m<sup>2</sup>·jr; per ton gft-afval komt dit dus overeen met 0,025 m<sup>2</sup>·jr en in de gevoeligheidsanalyse "andere samenstelling" op 0,058 m<sup>2</sup>·jr.
- Het ruimtebeslag voor het verder verwerken van actief kool wordt gelet om de omvang (31 gram per ton gft-afval) verder buiten beschouwing gelaten.

#### *De RWZI waar het geloosde afvalwater wordt gezuiverd*

Ook de waterzuiveringen waar het afvalwater van de SWV-installatie wordt gezuiverd nemen ruimte in beslag. Dit ruimtebeslag wordt middels de standaard proceskaart die voor het MER-LAP is opgesteld toegerekend.

#### *Nuttige toepassing van de zand/inert-fractie*

De zand/inert-fractie wordt voor nuttige toepassing als funderingsmateriaal afgezet in de wegebouw en vervangt daar grotendeels ophoogzand. Daar met de inzet van dit materiaal en de daarbij ingenomen ruimte, tegelijkertijd een even groot ruimtebeslag door dit primaire materiaal wordt vermeden, hoeft hiervoor geen ruimtebeslag in rekening gebracht te worden.

### **8.4 Transport**

In het beschouwde afvalbeheersalternatief vindt transport per as plaats van:

- gft-afval (als onderdeel van huishoudelijk afval);
- producten en reststoffen van de SWV-installatie (RDF, ontwaterd digestaat, zand/inert);
- producten en reststoffen van de verbranding (slakken, vlieggas, rookgasreinigingsresidu);
- hulpstoffen voor de AVI (chemicaliën rookgasreiniging);
- hulpstoffen voor de waterzuivering.

Deze toe te rekenen afstanden staan voor de normale analyse en voor enkele gevoeligheidsanalyses weergegeven in tabel 8.3. Deze tabel wordt als volgt gemotiveerd.

- Gft; zoals aangegeven in paragraaf 4.2 wordt uitgegaan van transport per as in opgebulkte hoeveelheden (28 ton/vracht) over een afstand van 40 km.
- RDF en ontwaterd digestaat moeten naar een AVI worden afgevoerd; gelet op het aantal AVI's in Nederland (11) wordt voor deze reststoffen een transportafstand van 40 km aangehouden.
- zand/inert materiaal kunnen naar verwachting op regionale schaal worden toegepast of verwerkt, zodat daarvoor een transportafstand van 35 km wordt aangehouden.
- AVI reststoffen; conform de proceskaarten van de AVI-reststoffen (zie achtergronddocument A1) wordt per ton uitgegaan van 75 km voor de slakken, 130 km voor het vlieggas (inclusief benodigd cement) en 50 km voor het rookgasreinigingsresidu.
- Vermeden zand; voor de aanvoer van het vermeden ophoogzand door de nuttige toepassing van slakken 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. Hetzelfde wordt aangehouden voor afstand voor afdekzand bij het storten van rgr
- AVI-hulpstoffen; voor de bedrijfsmiddelen is aangenomen dat deze op 3-5 locaties in Nederland voorhanden zijn, zodat hier een afstand van 75 km wordt aangehouden.
- Voor kalk wordt uitgegaan van 600 km per schip, gecombineerd met 50 km over de weg.

Tabel 8.3; Transport en vermeden transport per ton gft-afval.

MATERIAAL	normaal			andere samenstelling		
	kg	afstand (km)	tkm	kg	afstand (km)	tkm
gft-afval (in integraal huisvuil)	1000	40	40	1000	40	40
RDF en digestaat	326	40	13,04	326	40	13,04
zand/inert	155	35	5,43	155	35	5,43
AVI-slakken	102,4	75	7,68	102,4	75	7,68
AVI-vliegas	8,2	130	1,07	8,2	130	1,07
rookgasreinigingsresidu	1,73	50	0,086	4,12	50	0,206
afdekzand (stort rgr)	1,30	35 (land) 50 (water)	0,045 0,065	3,09	35	0,108 0,155
vermeden zand (toepassing AVI-slak en zand/inert)	267,4	35 (land) 50 (water)	9,36 13,37	267,4	35 (land) 50 (water)	9,36 13,37
bedrijfsmiddelen (2)	1,94	75	0,146	1,94	75	0,146
kalk	0,71	600 (w) 50 (as)	0,036 0,428	2,33	600 (w) 50 (as)	0,116 0,140

1) zie toelichting boven de tabel.

2) het betreft de som van natronloog (20%) en ammonia-oplossing (25%); zie tabel 8.5

## 8.5 Energie

Rekening moet worden gehouden met:

- het energieverbruik en de energieproductie van de SWV-installatie;
- het energieverbruik bij de zuivering van afvalwater;
- de energieproductie van de AVI waar de RDF en het digestaat worden verbrand;
- het energieverbruik bij het storten van reststoffen (rookgasreinigingsresidu AVI);
- het energieverbruik bij de nuttige toepassing van de geproduceerde secundaire grondstoffen (AVI-slakken, AVI-vliegas, zand/inert);
- het vermeden energieverbruik door de productie van secundaire grondstoffen (AVI-slakken, AVI-vliegas, zand/inert).

### 8.5.1 Energieverbruik SWV-installatie

De SWV-installatie verbruikt elektriciteit, het eigen verbruik wordt in de netto elektriciteitsproductie verwerkt.

### 8.5.2 Energieproductie SWV-installatie

Uit informatie van Vagron is af te leiden dat de bruto elektriciteitsproductie 190 kWh<sub>e</sub>/ton ONF bedraagt. Uit gft-afval wordt dan  $0,795 \cdot 190 = 151$  kWh<sub>e</sub> verkregen (uit 1 ton gft-afval volgt na afscheiding van 5% RDF en 15,5% inert 0,795 ton te vergisten ONF). Om ONF te verkrijgen uit grijs afval is in het scheidingsproces 8 kWh<sub>e</sub> per ton integraal ingezameld huishoudelijk afval nodig, per ton gft-afval is dat dus  $0,4 \cdot 8 = 3,2$  kWh<sub>e</sub>. Voor de was- en vergistingsinstallatie is 18 kWh<sub>e</sub> per ton integraal ingezameld huishoudelijk nodig. Gelet op het feit dat het alleen de ONF-fractie uit voor deze energieconsumptie verantwoordelijk is wordt hier voor gft-afval een correctiefactor van 0,95/0,4 voor gehanteerd. Deze factor is gebaseerd op 0,40 ton te wassen ONF per ton integraal ingezameld huishoudelijk afval en 0,95 ton te wassen ONF per ton gft-afval (zie tabel 8.1). De netto elektriciteitsproductie komt daarmee op  $143 - 3,2 - (0,95/0,4 \cdot 18) = 97$  kWh<sub>e</sub> per ton gft-afval<sup>22</sup>.

<sup>22</sup> Uit de LCCM-analyse voor gft-afval valt af te leiden dat het energieproductie uit gft-afval 3,1 MWe bij 7500 vollasturen per jaar bij een schaalgrootte van 150.000 ton/jaar. Dit komt overeen met 155 kWh<sub>e</sub> per ton gft-afval (netto). Gelet

De warmte van de gasmotor wordt benut voor opwarming van het te vergisten mengsel. Dit is in bovengenoemde rendementen verrekend. De ruimteverwarming die wordt gerealiseerd is niet bekend, maar wordt op nihil gesteld. Eventuele nuttige toepassing van restwarmte van de gasmotoren voor bijvoorbeeld ruimteverwarming blijft daarmee ook buiten beschouwing.

### 8.5.3 Energieverbruik bij zuivering afvalwater

Dit energiegebruik wordt middels de standaardproceskaart die voor het MER-LAP is opgesteld toegerekend.

### 8.5.4 Energieverbruik en productie afvalverwerkingsinrichting

Een gemiddelde AVI verbruikt ongeveer 100 kWh elektrische energie per ton afval. Daarnaast kan bij een gemiddelde stookwaarde van 10,5 MJ/kg circa 750 kWh elektrische energie per ton afval worden teruggewonnen (ongeveer 26%).

Er wordt vanuit gegaan dat het energieverbruik voor het voeden van de AVI met RDF en digestaat niet zal afwijken van het verbruik dat geldt voor de gemiddelde AVI-voeding. Dit is op zichzelf discutabel gelet op de in paragraaf 8.1 reeds genoemde kantekeningen die bij verbranden als verwerkingsroute voor digestaat moeten worden geplaatst. Er is echter onvoldoende kwantitatieve informatie voorhanden om het energie-effect van eventuele extra behandelingen mee te nemen. Mogelijk wordt het energieplaatje van deze optie hiermee dus iets te positief voorgesteld (leemte in kennis).

Op basis van de veel lagere calorische waarde de 276 kg digestaat (5 MJ/kg) zal verbranden wel tot wel tot aanzienlijk minder rookgassen leiden waardoor het toe te rekenen energieverbruik van de rookgasreiniging onder het gemiddelde zal liggen. De calorische waarde van de 50 kg RDF is echter weer hoger dan de gemiddelde AVI-voeding waardoor dit weer ten dele wordt gecompenseerd. In dit MER is uiteindelijk gekozen om derhalve gewoon de 100 kWh per ton die geldt voor de gemiddelde AVI-voeding toe te rekenen. Voor 326 kg RDF en digestaat betekent dit 33 kWh.

De exacte toerekening van de geproduceerde energie dient plaats te vinden op basis van de calorische waarde van het te verstoken afval.

- Voor het RDF, met een geschatte calorische waarde van rond de 18,5 MJ/kg (zie voor een toelichting onder paragraaf 8.7) levert een bruto elektrisch rendement van 26% levert dit bruto 67 kWh elektriciteit per ton gft-afval ( $50 \cdot 0,26 \cdot 18,5/3,6$ ).
- Voor het digestaat wordt uitgegaan van een stookwaarde van 5 MJ/kg. Feitelijk is deze warmte-inhoud zo laag dat redelijkerwijs niet kan worden verondersteld dat dit materiaal werkelijke bijdrage levert een de energieproductie van de AVI. Als uitgangspunt wordt, gelet op deze lage stookwaarde van gft-afval, dan ook afgezien van het toerekenen van een bijdrage van de elektriciteitsproductie aan gft-afval. Teneinde de relevantie van deze keuze op de uitkomst van de LCA-vergelijking te kunnen toetsen wordt als gevoeligheidsanalyse (gevoeligheidsanalyse "toch toerekenen van energie") alsnog een deel van de energieproductie aan digestaat toegerekend op basis van het hierboven genoemde bruto-rendement van de AVI. Voor 276 kg digestaat per ton gft-afval betekent dit  $276 \cdot 0,26 \cdot 5/3,6 = 99,7$  kWh per ton gft-afval.

Tabel 8.4; Energiegebruik en productie per ton gft-afval

	normaal	toch toerekenen van energie
gebruik (kWh/ton)	33	33
productie (kWh/ton)	67	166,7

#### 8.5.5 Energieverbruik bij verwijdering reststoffen

Voor het energieverbruik bij het verwijderen van de reststoffen wordt uitgegaan van de kentallen opgenomen in achtergronddocument A1.

- Voor het vlieggas (8,2 kg) gaat het om 5,2 kWh (voor de menger) en 87 MJ (voor het opbrengen van het immobilisaat) per ton vlieggas, ofwel 0,04 kWh en 0,7 MJ per ton gft-afval.
- Voor het rookgasreinigingsresidu gaat het om 60 MJ (voor het opbrengen van het residu) en 45 MJ (voor aanbrengen afdeklaag) per ton rookgasreinigingsresidu. Per ton gft-afval is dit in de normale situatie (1,73 kg residu) in totaal 0,18 MJ en in de gevoeligheidsanalyse "andere samenstelling" (dus 4,12 kg rookgasreinigingsresidu) 0,43 MJ.

#### 8.5.6 Energieverbruik bij nuttige toepassing secundaire grondstoffen

De geproduceerde AVI-slakken en de inert/zand-fractie worden nuttig toegepast als in civiele werken en vervangen de primaire grondstof zand. 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.

#### 8.5.7 Vermeden energieverbruik

Er is sprake van vermeden energieverbruik door de productie van secundaire grondstoffen. De geproduceerde AVI-slakken en de inert/zand-fractie vervangen 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 de 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 database in SimaPro.

### **8.6 Bedrijfsmiddelen**

Rekening moet worden gehouden met:

- het verbruik van de SWV-installatie;
- het verbruik bij de zuivering van afvalwater;
- het verbruik bij het verbranden van RDF en digestaat in een AVI;
- het verbruik bij het storten van reststoffen (rookgasreinigingsresidu en AVI-vlieggas);
- het verbruik bij de nuttige toepassing van de geproduceerde secundaire grondstoffen (AVI-slakken en de zand/inert-fractie);
- het vermeden verbruik door de productie van secundaire grondstoffen.

#### 8.6.1 Bedrijfsmiddelenverbruik SWV-installatie

De SWV-installatie verbruikt geen bedrijfsmiddelen, zoals chemicaliën. Wel wordt water verbruikt voor het was- en vergistingsproces. De hoeveelheid water per ton ONF is volgens de schattingen van Vagron 0,25 m<sup>3</sup>/ton ONF. Deze hoeveelheid wordt ook gehanteerd voor een ton gft-afval.

### 8.6.2 Bedrijfsmiddelenverbruik bij zuivering afvalwater

Er ontstaat circa 0,25 m<sup>3</sup> afvalwater per ton gft-afval. Deze afvalwaterstroom wordt gezuiverd. Het bedrijfsmiddelenverbruik bij waterzuivering wordt bepaald in de standaardproceskaart voor de RWZI.

### 8.6.3 Bedrijfsmiddelen het verbruik bij het verbranden van RDF en digestaat in een AVI

Voor het bepalen van het bedrijfsmiddelenverbruik is gebruik gemaakt van de achtergronddocument A1 bij MER-LAP gehanteerde balansen. Op basis van deze gegevens zijn de in tabel 8.5 aangegeven hoeveelheden kalk en natronloog nodig.

Naast kalk en natronloog wordt ook gebruik gemaakt van ammoniak ter reductie van de NO<sub>x</sub>-emissies. Uitgaande van een verwijderingrendement van 50% door de SNCR en de afvoer van 326 kg RDF/digestaat met een calorische waarde van 7,1 MJ/kg (zie tabel 8.7) betekent dit per ton gft-afval de verwijdering van 83 gram NO<sub>x</sub> door de SNCR, hetgeen betekent een verbruik aan NH<sub>4</sub>OH (25%) van 143 gram per ton gft-afval.

De hoeveelheid actief kool is afhankelijk van de hoeveelheid afgevangen kwik. Op basis van de in achtergronddocument A1 bij MER-LAP gehanteerde balansen en een maximale beladingsgraad van 1200 mg/kg komt dit neer op ongeveer 31 gram per ton gft-afval.

### Het bedrijfsmiddelenverbruik bij de verwijdering van reststoffen

Zie voor het bedrijfsmiddelenverbruik bij het storten van het vlieggas en het rookgasreinigingsresidu ook de proceskaarten in achtergronddocument A1.

- Voor het immobiliseren van het vlieggas is 100 kg cement per ton vlieggas nodig, ofwel er is 0,82 kg cement per ton gft-afval.
- Voor het storten van het rookgasreinigingsresidu zijn big bags (3,3 kg/ton), PE-hoezen (1,3 kg/ton) en zand (750 kg/ton) nodig. Voor de voor 1,73 kg rookgasreinigingsresidu is dit dus 5,7 g big-bag, 2,3 g PE-hoes en 1297 g zand nodig. Voor de gevoeligheidsanalyse "andere samenstelling" (7,31 kg rookgasreinigingsresidu) betreft het 13,6 g big-bag, 5,36 g PE-hoes en 3092 g zand.

### Bedrijfsmiddelenverbruik bij nuttige toepassing secundaire grondstoffen

Bij het gebruik van slakken in de wegenbouw treedt geen gewijzigd verbruik van bedrijfsmiddelen op in vergelijking met de situatie dat primair materiaal zou zijn ingezet.

### Vermeden bedrijfsmiddelenverbruik

Het bedrijfsmiddelenverbruik van de uitgespaarde winnings- en productieprocessen van de primaire grondstof zand door de nuttige toepassing van de gevormde slakken en de zand/inert-fractie wordt als een negatieve milieu-ingreep in de LCA toegerekend. Per ton gft-afval betreft het 267,4 kg zand. De effecten van het vermeden bedrijfsmiddelenverbruik wordt bepaald door gebruik te maken van een standaard database in SimaPro.

Tabel 8.5; Bedrijfsmiddelenverbruik

	geraamd verbruik in grammen per ton gft	
	normaal	andere samenstelling
Water	250000	250000
Kalk (op basis van Ca(OH) <sub>2</sub> )	714	2329
Natronloog (20%)	1800	1800
NH <sub>4</sub> OH (25%)	143	143
Actief kool	31	31
Cement	820	820
Big-bag	5,7	13,6
PE-hoes	2,3	5,36
Afdekszand	1297	3092
Vermeden zand	267400	267400

## 8.7 Emissies

Rekening wordt gehouden met:

- de emissies van de SWV-installatie;
- de emissies bij het zuiveren van afvalwater;
- de emissies door verbranding van RDF en digestaat in een AVI;
- de emissies bij het storten / nuttige toepassen van reststoffen;
- de vermeden emissies door de productie van secundaire grondstoffen.

### 8.7.1 Emissies SWV-installatie

#### *Emissies naar bodem*

De inrichting is voorzien van adequate bodembeschermende voorzieningen, zodat er normaliter geen emissies naar de bodem optreden.

#### *Emissies naar lucht*

Het betreft hier onder andere emissies van geurstoffen die, voor zover het het geuraspect betreft, niet in de LCA voor het MER-LAP worden meegenomen. Er is op dit moment onvoldoende informatie beschikbaar omtrent de emissies van met name ammoniak, N<sub>2</sub>O en eventueel methaan bij de Vagron, terwijl deze emissies bij enkele andere opties (vergelijk de paragrafen 5.8.1 en 9.8.1) wel zijn meegenomen. Dit is dus een leemte in kennis die deze verwerkingsoptie enigszins te positief zal laten scoren in vergelijking tot de andere verwerkingstechnieken.

Ook treden emissies naar lucht op als gevolg van verbranding van biogas in de WKK-installatie. De emissies van gasmotoren betreffen NO<sub>x</sub> ligt op het niveau van 120 g NO<sub>x</sub> per GJ (primair). Met een rendement van 35% voor de gasmotor een stroomopbrengst (bruto) van 190 kWh per ton gft-afval is aan primaire energie  $190/0,35 \cdot 3,6 \cdot 10^6$  ongeveer 1,95 GJ verstoekt, hetgeen betekent een NO<sub>x</sub>-emissie van 234 g per ton gft-afval. Uitgaande van 300 mg H<sub>2</sub>S per m<sup>3</sup> biogas (informatie van Vagron) komt de emissie van SO<sub>2</sub> op 42,4 g/ton gft-afval. Dit is berekend middels  $300 \text{ (mg H}_2\text{S/m}^3 \text{ biogas)} \cdot 75 \text{ (m}^3 \text{ biogas/ton gft-afval)} \cdot 64/34 \text{ (molverhouding SO}_2 \text{ en H}_2\text{S)}$ .

#### *Emissies naar oppervlaktewater*

Het spuiwater van het ONF-wasproces en het water dat vrijkomt bij het ontwateren van vergist materiaal worden biologisch gezuiverd alvorens het wordt geloosd op het riool. Het gaat hier om circa 0,25 m<sup>3</sup> afvalwater per ton verwerkt gft-afval. De samenstelling van de totale afvalwaterstroom is weergegeven in tabel 8.6. Tevens is aangegeven welke emissies naar water optreden, uit-



gaande van de afvalwaterzuiveringsrendementen genoemd in hoofdstuk 4. Daarbij is voorrang gegeven aan de cijfers van MER Vagron, maar ter vergelijk zijn de gegevens van de DHV metingen (1997) bij SMB (Brabant) en Arcadis (Biocel te Lelystad) gegeven, waaruit blijkt dat grote verschillen mogelijk zijn. Van niet alle elementen zijn gegevens bekend, zodat emissie naar water niet kan worden meegenomen worden in deze LCA. Voor de betreffende componenten wordt dat deel dat mogelijk via water ontwijkt hierdoor toegerekend aan de compost. Gelet op de emissies van de andere metalen naar water (zie tabel) zal het effect hiervan op de LCA-vergelijking echter vermoedelijk nihil zijn.

Tabel 8.6: Samenstelling afvalwater SWV-installatie, hoeveel afvalwater is 0,25 m<sup>3</sup>/ton gft-afval

	concentratie (Biocel)	concentratie (SMB)	concentratie (SWV)	reinigings rendement	Emissie ( in mg per ton gft- afval)
CZV (mg/l)	10900	4990	1.500	90%	37000
BZV (mg/l)	3530	560	750	97%	5700
NKj (mg/l)	1500	815	750	66%	63750
P (mg/l)	180	41	40	77%	2300
Pb (mg/l)	0,73	0,20	1,5	91%	34
Cu (µg/l)	800	150	120	92%	2,4
Zn (µg/l)	6300	1010	3.500	75%	219
Cd (µg/l)	20	<20	5	72%	0,35
Cr (µg/l)	330	<100	150	89%	4,1
As (µg/l)	310	13	15	80%	0,75

### 8.7.2 De emissies bij het zuiveren van afvalwater

De milieu-effecten die emissies die optreden bij het proces van het zuiveren van 0,25 m<sup>3</sup>/ton gft-afval worden bepaald in de standaardproceskaart voor de RWZI.

### 8.7.3 Emissies AVI

Het afgescheiden RDF en het ontwaterde digestaat, samen circa 326 kg per ton gft-afval, worden afgevoerd naar een AVI. In de LCA moet derhalve rekening worden gehouden met de emissies als gevolg van de verbranding van deze reststoffen.

Ten aanzien van de samenstelling van deze afvalfractie is er voor het RDF vanuit gegaan dat deze bestaat uit papier en plastic en is, net als bij de zeefoverloop van hoofdstuk 5, gekozen voor de benadering 50% papier en 50% kunststof. In tabel 8.7 is de resulterende samenstelling van deze fractie gegeven. Voor de samenstelling van het digestaat is, op basis van de samenstelling van het gft-afval zoals die in dit MER wordt gehanteerd (hoofdstuk 2), het deel dat via de waterstroom wordt afgevoerd naar de RWZI (tabel 8.6) en het deel dat via het RDF naar de AVI is afgevoerd (tabel 8.7) is af te leiden hoeveel van de verschillende componenten in het digestaat overblijft. Ook hiervan is het resultaat gegeven in tabel 8.7.

Tabel 8.7; afvoer naar AVI teruggerekend naar 1 ton gft-afval

comp.	RDF in g/ton RDF (1)	digestaat in g/ton digestaat (1)		naar AVI in g/ton gft-afval (2)	
		normaal	andere samenst.	normaal	andere samenst.
As	0,372	4,41	6,01	1,24	1,68
Ba	0,000	240,58	240,58	66,40	66,40
Cd	2,647	0,08	0,23	0,15	0,19
Co	1,133	2,69	2,69	0,80	0,80
Cr	13,003	61,28	61,28	17,56	17,56
Cu	102,163	24,86	24,86	11,97	11,97
Hg	0,056	0,13	0,13	0,04	0,04
Mn	25,076	241,83	241,83	68,00	68,00
Mo	0,000	6,38	6,38	1,76	1,76
Ni	5,758	9,97	35,19	3,04	10,00
Pb	84,516	123,91	270,29	38,43	78,83
Sb	2,601	2,57	2,57	0,84	0,84
Se	0,000	0,72	0,72	0,20	0,20
Sn	0,000	3,62	3,62	1,00	1,00
V	9,659	13,32	13,32	4,16	4,16
Zn	206,183	176,9	347,9	59,13	106,33
Cl	1816,960	3149,1	10685,3	960	3040
F	1,376	15362,1	15362,1	26	26
S	34,400	2602,46	2602,46	720	720
cal. w.	18,5 MJ/kg	5	5	7,1	7,1
asrest (%)	6 %	39 %	39 %	33,9 %	33,9 %

(1) Gebaseerd op 50% papier, 25% PE, 25% PET en tabel 2.2

(2) Gebaseerd op 276 kg digestaat en 50 kg RDF

#### *Emissies naar oppervlaktewater*

Verwerking van het residu in een AVI leidt niet tot emissies naar water, omdat uit is gegaan van een afvalwatervrije rookgasreiniging (zie achtergronddocument A1 bij MER-LAP).

#### *Emissies naar bodem*

De inrichting is voorzien van adequate bodembeschermende voorzieningen, zodat er normaliter geen emissies naar de bodem optreden.

#### *Emissies naar lucht*

De emissies naar lucht zoals weergegeven in tabel 8.8 bepaald aan de hand van de in achtergronddocument A1 bij het MER gegeven balans voor een AVI (vergelijk ook tabel 6.1). Ten aanzien van de CO<sub>2</sub>-emissie is aangenomen dat deze afkomstig is van biomassa, ofwel kortcyclisch is en dus geen bijdrage zal leveren aan het broeikaseffect. Net als in hoofdstuk 5 is de CO<sub>2</sub>-emissie die afkomstig is van de verontreinigende plasticfractie in gft-afval (en die dus langcyclisch is) buiten beschouwing gelaten omdat deze toch in alle verwerkingsopties hetzelfde is.

Tabel 8.8; Berekende componentgebonden emissies naar lucht

component	emissie naar lucht in mg/ton gft-afval	
	normaal	andere samenstelling
As	0,865	1,173
Ba	46,480	46,480
Cd	0,774	0,974
Co	0,560	0,560
Cr	12,294	12,294
Cu	8,379	8,379
Hg	1,200	1,200
Mn	47,600	47,600
Mo	1,232	1,232
Ni	2,128	7,000
Pb	26,898	55,178
Sb	0,588	0,588
Se	0,140	0,140
Sn	0,700	0,700
V	2,912	2,912
Zn	41,388	74,428
Cl	1920	6080
F	212000	212000
SO <sub>2</sub>	4320	4320

Tabel 8.9; Procesgebonden emissies naar lucht

component	emissie in kg per GJ input	per ton gft-afval en in g/ton	
		normaal	andere samenstelling
NO <sub>x</sub>	0,072	82,90 (1)	82,90 (1)
CO	0,0018	4,14	4,14
C <sub>x</sub> H <sub>y</sub>	0,012	27,63	27,63
C <sub>x</sub> H <sub>y</sub>	0,003	6,91	6,91
Dioxines	3E-11	6,91E-08	6,91E-08
fijn stof	0,0018	4,34 (2)	4,41 (2)

(1) na correctie voor een afvang van 50% door de SNCR

(2) som van procesgebonden en componentgebonden emissie

*Emissies naar oppervlaktewater*

Verwerking van het residu in een AVI leidt niet tot emissies naar water, omdat uit is gegaan van een afvalwatervrije rookgasreiniging (zie achtergronddocument A1 bij MER-LAP).

*Emissies naar bodem*

De inrichting is voorzien van adequate bodembeschermende voorzieningen, zodat er normaliter geen emissies naar de bodem optreden.

#### 8.7.4 Emissies bij verwijdering / toepassing van AVI-reststoffen

De geproduceerde slakken worden nuttig toegepast. 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 dienen derhalve betrokken te worden in de LCA-vergelijking. Het vliegias en de filterkoek worden gestort. De emissie die dat kan opleveren wordt afgeleid met de proceskaarten van achtergronddocument A1 bij MER-LAP. Hieruit is af te leiden dat de AVI-vliegias zowel tot emissie naar bodem als naar lucht kan leiden terwijl voor rookgasreinigingsresidu wordt uitgegaan van een bergingsmethode die verder niet meer leidt tot emissies.

In tabellen 8.10 en 8.11 is dit verder uitgewerkt voor de normale situatie en de gevoeligheidsanalyse "andere samenstelling". Het deel van de in het gft-afval aanwezige componenten dat terecht komt in slak, vliegias en filterkoek volgt uit de massabalansen op componentenniveau (zie achtergronddocument A1 bij het MER-LAP en zie tevens tabel 6.1). De resulterende emissies volgen uit de kaarten van achtergronddocument A1. Bij de verdere uitwerking is in beide gevallen een drempel gehanteerd van 0,1 mg per ton gft-afval. Alle emissies lager dan die drempel zijn verder achterwege gelaten.

Tabel 8.10; Emissies per ton gft-afval t.g.v. de verwerking van AVI-reststoffen voor de uitwerking "normaal" (alles in mg per ton verwerkt gft-afval)

comp.	AVI-slak			AVI-vliegias				
	naar slak (1)	fractie naar bodem (2)	emissie naar bodem	naar vliegias (1)	fractie naar bodem (2)	emissie naar bodem	fractie naar lucht (2)	emissie naar lucht
As	1057,36	0,0005	0,53	169,37	0,001	0,17	0,0000005	-
Ba	56791,92	0,0005	28,40	9096,80	0,002	18,19	0,0000005	-
Cd	77,38	0,0005	-	69,64	0,001	-	0,0000005	-
Co	684,24	0,0005	0,34	109,60	0,002	0,22	0,0000005	-
Cr	15021,21	0,0005	7,51	2406,06	0,001	2,41	0,0000005	-
Cu	10237,94	0,0005	5,12	1639,89	0,001	1,64	0,0000005	-
Hg	0,00	0,0005	-	2,00	0,001	-	0,0000005	-
Mn	58160,40	0,0005	29,08	9316,00	0,001	9,32	0,0000005	-
Mo	1505,33	0,0265	39,89	241,12	0,053	12,78	0,0000005	-
Ni	2600,11	0,0005	1,30	416,48	0,001	0,42	0,0000005	-
Pb	32864,90	0,0005	16,43	5264,23	0,001	5,26	0,0000005	-
Sb	718,45	0,0055	3,95	115,08	0,001	0,12	0,0000005	-
Se	171,06	0,0005	-	27,40	0,008	0,22	0,0000005	-
Sn	855,30	0,0005	0,43	137,00	0,001	0,14	0,0000005	-
V	3558,05	0,0005	1,78	569,92	0,003	1,71	0,0000005	-
Zn	50570	0,0005	25,28	8100	0,001	8,10	0,0000005	-
Cl	96000	0,2795	26832,0	192000	0,032	6144,0	0,0000005	-
F	15600	0,0005	7,8	3900	0,009	35,1	0,0000005	-
SO4	1289520	0,0335	43198,9	432000	0,011	4752,0	0,0000005	0,13 (3)

(1) Berekend via een combinatie van tabel 2.1 en de balansen uit achtergronddocument A1 bij MER-LAP

(2) Ontleend aan achtergronddocument A1 bij MER-LAP

(3) Als SO2

Tabel 8.11; Emissies per ton gft-afval t.g.v. de verwerking van AVI-reststoffen voor de uitwerking "andere samenstelling" (alles in mg per ton verwerkt gft-afval)

comp.	AVI-slak			AVI-vliegas				
	naar slak (1)	fractie naar bodem (2)	emissie naar bodem	naar vliegas (1)	fractie naar bodem (2)	emissie naar bodem	fractie naar lucht (2)	emissie naar lucht
As	1433,70	0,0005	0,72	229,65	0,001	0,23	0,0000005	-
Ba	56791,92	0,0005	28,40	9096,80	0,002	18,19	0,0000005	-
Cd	97,38	0,0005	-	87,64	0,001	-	0,0000005	-
Co	684,24	0,0005	0,34	109,60	0,002	0,22	0,0000005	-
Cr	15021,21	0,0005	7,51	2406,06	0,001	2,41	0,0000005	-
Cu	10237,94	0,0005	5,12	1639,89	0,001	1,64	0,0000005	-
Hg	0,00	0,0005	-	2,00	0,001	-	0,0000005	-
Mn	58160,40	0,0005	29,08	9316,00	0,001	9,32	0,0000005	-
Mo	1505,33	0,0265	39,89	241,12	0,053	12,78	0,0000005	-
Ni	8553,00	0,0005	4,28	1370,00	0,001	1,37	0,0000005	-
Pb	67419,02	0,0005	33,71	10799,03	0,001	10,80	0,0000005	-
Sb	718,45	0,0055	3,95	115,08	0,001	0,12	0,0000005	-
Se	171,06	0,0005	-	27,40	0,008	0,22	0,0000005	-
Sn	855,30	0,0005	0,43	137,00	0,001	0,14	0,0000005	-
V	3558,05	0,0005	1,78	569,92	0,003	1,71	0,0000005	-
Zn	90939,77	0,0005	45,47	14566,53	0,001	14,57	0,0000005	-
Cl	304000	0,2795	84968,0	608000	0,032	19456,0	0,0000005	0,30
F	15600	0,0005	7,8	3900	0,009	35,1	0,0000005	-
SO4	1289520	0,0335	43198,9	432000	0,011	4752,0	0,0000005	0,13 (3)

(1) Berekend via een combinatie van tabel 2.1 en de balans uit achtergronddocument A1 bij MER-LAP

(2) Ontleend aan achtergronddocument A1 bij MER-LAP

(3) Als SO<sub>2</sub>

De emissies t.g.v. het verder verwerken van actief kool (31 gram per ton gft-afval) worden buiten beschouwing gelaten.

### 8.7.5 Vermeden emissies

Er is sprake van vermeden emissies door de productie van secundaire grondstoffen, te weten slakken en de zand/inert-fractie die bij nuttige toepassing primair zand vervangen. De emissies van de uitgespaarde winnings- en productieprocessen van deze primaire grondstoffen worden als een negatieve milieu-ingreep in de LCA toegerekend.

Door het verbranden van RDF en digestaat wordt elektriciteit geproduceerd (zie paragraaf 8.5.4), 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. Deze vermeden emissies worden als een negatieve milieu-ingreep mee genomen in de LCA-berekeningen. De omvang wordt bepaald met de SimaPro standaard database.

## 8.8 Verwerkingskosten

Voor de verwerkingskosten voor het vergisten van "gft" via de ONF worden verschillende kosten-niveaus genoemd. In KEMA, 2000 is een range van 22 tot 45 Euro per ton vermeld. Door Vagron wordt een bedrag van ruim 55 Euro per ton genoemd. De KEMA-analyse gaat er vanuit dat de compost (digestaat na nabewerking) kan worden afgezet. In deze studie is aangenomen dat dat niet het geval is (hetgeen de actuele praktijk is ten tijde van schrijven van dit rapport). Dat verklaart het relatief grote verschil.

## 8.9 Nadere opmerkingen m.b.t. de gevolgde aanpak

De aanpak die bij de uitwerking van dit hoofdstuk is gevolgd om de balansen sluitend te krijgen komt er in hoofdlijnen op neer dat er vanuit is gegaan dat alles dat niet ontwijkt naar bodem of water uiteindelijk in het digestaat terecht komt en via een AVI wordt verwijderd. Hierbij zijn tevens de onbekende verontreinigingen die verdwijnen via de zand/inert-fractie toegekend aan het digestaat. De zand/inert-fractie leidt in deze aanpak dus niet tot bijvoorbeeld emissies naar de bodem waar tegenover de betreffende emissies die via het verbranden van het digestaat en de verwerking van AVI-reststoffen naar het milieu gaan vermoedelijk weer iets te hoog zijn ingeschat.

Bedacht moet echter worden dat van de meeste verontreinigingen die in het digestaat terecht komen de bulk uiteindelijk terecht komt in de AVI-slakken. De emissies die het gevolg zijn van deze slakken is wel degelijk meegenomen in de afleiding hierboven. Omdat zowel de AVI-slakken als de zand/inert-fractie worden toegepast in civiele werken, komen emissies die we niet toerekenen aan de zand/inert-fractie komen via de toepassing van AVI-slakken alsnog in beeld. Een leemte in kennis blijft echter wel de mate waarin de uitloging uit AVI-slakken vergelijkbaar is met de zand/inert-fractie; vermoedelijk is deze minder groot, inhoudende dat het overall-beeld in deze LCA voor deze verwerkingsoptie iets te positief uitpakt t.a.v. de werkelijkheid.

Een alternatieve aanpak voor het in beeld brengen van de emissies die horen bij het digestaat is uitgaan van samenstellingsgegevens van het digestaat van de Vagron. Een dergelijke aanpak zou echter een aantal nadelen met zich meebrengen:

- Het meest belangrijk is dat het digestaat zoals dat uit de Vagron-installatie komt niet het resultaat is van de verwerking van gft-afval maar van integraal huisvuil. Dit betekent dat de samenstellingsgegevens sowieso niet goed passen op de afleiding van de emissies zoals die aan gft-afval zouden moeten worden toegerekend.
- Een tweede kanttekening is dat het baseren op de gemeten samenstellingsgegevens niet tot een sluitende balans kan leiden wanneer niet ook tevens daarop afgestemde gedetailleerde gegevens van de zand/inert-fractie en de daaruit voortvloeiende milieu-ingrepen bekend zijn. Op dit moment ontbreken voldoende gegevens van de samenstelling van deze fractie, nog los van de vraag hoe zeker het is dat de gegevens van de complete zand/inert-fractie uit de Vagron-installatie ook op de samenstelling van gft-afval is afgestemd (ook deze fractie ontstaat niet uit de verwerking van gft-afval maar uit de verwerking van integraal huishoudelijk afval).

Wel is gekeken naar de relatie tussen de gemeten samenstelling van het digestaat (vertrouwelijke metingen die in oktober 2001 door Kema zijn ontvangen) en de samenstelling van het digestaat zoals die op basis van de hier gehanteerde aanpak zou volgen. Vooraf zijn er twee tegengestelde effecten die hier een rol zouden kunnen spelen

1. doordat de metingen aan het Vagron-digestaat zijn gebaseerd op integraal huisvuil in plaats van op gft-afval, zou redelijkerwijs verwacht kunnen worden dat de Vagron-metingen tot een meer vervuild digestaat leiden dan de hier gevolgde balansaanpak
2. doordat in de hier gevolgde balansaanpak ook de verontreinigingen die eigenlijk via de zand/inert-fractie het systeem verlaten aan het digestaat worden toegerekend, zou redelijkerwijs verwacht kunnen worden dat de Vagron-metingen (waarin de via de zand/inert-fractie afgevoerde verontreinigingen niet doortellen) tot een minder vervuild digestaat leiden dan de voor dit MER gevolgde balansaanpak.

Bij een vergelijking van de beide samenstellingen volgt voor een groot aantal metalen dat in het gemeten Vagron-digestaat meer vervuiling is aangetroffen dan er volgens de hier gevolgde berekeningen aan gft-afval wordt toegerekend. Voor bijvoorbeeld de metalen Cd, Cu, Hg, Ni, Pb, Sn en Zn is de totale hoeveelheid die volgens de in MER-LAP gevolgde methodiek in het digestaat terecht komt respectievelijk 11, 35, 30, 47, 65, 38 en 76% van de bij de metingen aangetroffen hoeveelheden. Kennelijk is de samenstelling van het integrale afval zoals dat bij de Vagron wordt verwerkt een stuk minder schoon dan gft-afval, waarmee wordt aangetoond dat het gebruik van de praktijkmetingen aan digestaat deze verwerkingsoptie vermoedelijk ten onrechte in een slecht daglicht zou stellen. Opgemerkt moet wel worden dat er ook metalen zijn waarbij volgens de Vagron-metingen er minder in het digestaat terecht zou moeten komen. Voorbeelden zijn metalen als As, Co, Cr en Mn waar de Vagron-metingen uitkomen op respectievelijk 39, 74, 45 en 43% van de MER-LAP waarden.

### **8.10 Leemten in kennis**

- De toekomstige verwerkingsmogelijkheden voor het digestaat
- De emissies van N<sub>2</sub>O, ammonia en methaan

## 9. GESCHEIDEN INZAMELEN EN VERGISTEN

### 9.1 Procesbeschrijving

In Nederland worden twee typen gft-vergistingsinstallaties bedreven, namelijk het continue vergistingsproces van SMB (Valorga) en het Biocel batch-vergistingsproces (Arcadis Heidemij). Als referentieinstallatie is gekozen voor het Biocel proces omdat, volgens het meetprogramma (DHV, 1999), het vergistingsproces van SMB als de technisch meest complexe uitvoeringsvariant is beoordeeld. Bovendien is vastgesteld dat gft-vergisting middels het SMB-proces tot hogere exploitatiekosten leidt (NLG 139/ton bij 50.000 ton/jr) dan bij toepassing van het Biocel proces (NLG 85/ton bij 50.000 ton/jr), ook als beide processen geoptimaliseerd worden naar aanleiding van de laatste bedrijfsvoeringservaring.

#### A. Transport

Het gft-afval wordt eens per twee weken gescheiden ingezameld en vervolgens vervoerd naar de afvalverwerkingsinrichting. Aangenomen is (zie paragraaf 4.2) dat het transport naar de inrichting plaatsvindt in bulk (28 ton/vracht). In de gevoeligheidsanalyse "kleinschalig transport" wordt bezien wat het effect is van transport in eenheden van maximaal 7,5 ton/vracht.

#### B. Opslag

Het aangevoerde gft-afval wordt in de ontvangsthal op de stortvloer gestort. Het gestorte gft-afval wordt verplaatst naar de gft-opslag in dezelfde hal met behulp van een shovel.

#### C. Voorscheiding

Er is geen voorscheidingsinstallatie voorzien. Wel vindt een scheiding plaats van grove componenten door middel van de shovel waarmee het gft-afval vanuit de loshal in de opslag wordt gebracht. Het betreft hier de verwijdering van grove delen als boomstronken en de omvang van deze stroom is verwaarloosbaar (DHV, meetprogramma, tabel 11). Verdere voorbewerking van gft-afval vindt niet plaats.

#### D. Vergisting

De vergistingsinstallatie bestaat uit een aantal reactoren. Elke reactor heeft een effectief volume van ongeveer 500 m<sup>3</sup>. Vulling van de reactoren vindt plaats met de shovel. Een afgevlude reactor wordt gesloten en op lichte onderdruk gehouden. Een deel van het uitgegiste materiaal wordt toegevoerd als entmateriaal (verhouding gft-afval : entmateriaal = 2 : 1). De verblijftijd bedraagt ongeveer 21 dagen bij een temperatuur van 35°C. Ongeveer 60% van de organische stoffen worden in biogas omgezet.

#### E. Nuttige toepassing biogas

Met het oog op de technische eisen van gasmotoren kan het biogas zonder verdere voorbewerking (stofafscheiding, H<sub>2</sub>S-afscheiding door wassing en droging) worden toegepast.

#### F. Nabewerking digestaat

De nabewerking bestaat uit een eerste zeving (50 mm) waarbij de doorval wordt afgezet als ruwe compost en het resterende digestaat wordt nagecomposteerd gedurende 2 tot 7 maanden op het terrein van de vergistingsinstallatie. De compost wordt vervolgens nagescheiden (op 15 mm) tot een schone compost en restafval (plastics e.d.).



#### G. Zuivering afvalwater

Het afvalwater dat vrijkomt bij de ontwatering van digestaat wordt, samen met het spuiwater uit de gft-vergister afgevoerd naar een afvalwaterzuiveringsinstallatie, daar gezuiverd en vervolgens geloosd op het riool, waarna een tweede zuivering plaatsvindt in de RWZI.

#### H. Transport ontwaterde en nagescheiden compost

De geproduceerde compost wordt per vrachtwagen afgevoerd naar de plaats van toepassing (compost of “zwarte grond”).

#### I. Toepassing compost

Compost uit vergist gft-afval kan als grondverbeteraar worden ingezet (zie ook paragraaf 9.2).

#### J. Transport te verbranden reststoffen

De te verbranden reststoffen gesepareerd uit de nascheiding van het proces ten behoeve van de opwerking van de gft-compost (plastics e.d.), worden per as afgevoerd naar de AVI.

#### K. Transport reststoffen verbranding

De reststoffen (slakken, vliegassen en rookgasreinigingsresidu) van de AVI worden per vrachtwagen afgevoerd.

#### L. Nuttige toepassing reststoffen verbranding

De slakken AVI worden nuttig toegepast (funderingsmateriaal).

#### M. Verwerking reststoffen verbranding

De AVI-vliegassen en het AVI-rookgasreinigingsresidu worden gestort.

### **9.2 Toepassing van de vergistingscompost**

Blijkens recente metingen (DHV, 1999) voldeed een aantal compostmonsters niet aan de criteria van de KIWA-richtlijn (36% organische stof en minimaal 54% d.s.). Narijping bleek te resulteren in compost met 32% organische stof bij 53% d.s. Of de compostkwaliteit na verbetering van het Biocel-proces wel voldoet aan de KIWA-beoordelingsrichtlijn is momenteel onduidelijk. Bovendien is gebleken dat de stabiliteit van de compost ongunstig is. Dit betekent dat, over het algemeen de rottegraad van de compost laag is. Mogelijk kan de stabiliteit met een voldoende lange narijplingsperiode op de gewenste rottegraad V worden gebracht. Aanwijzingen dat dit tot de mogelijkheden behoort, zijn recentelijk geleverd door DHV/Arcadis (DHV, 1998; DHV, 1999).

Gebleken is dat het gehalte zware metalen in de gft-compost ruimschoots kan voldoen aan de eisen gesteld in het BOOM (DHV, 1999). Compost voldoet ook aan de eisen gesteld in het BRL ten aanzien van plantverdraagzaamheid. Bovendien is het gehalte aan nutriënten ruim tot matig vertegenwoordigd; vergeleken met het ringonderzoek voor gft-compost is het gehalte fosfor 30% hoger en stikstof, magnesium, calcium en kalium respectievelijk 30%, 20%, 15% en 20% lager. De waarden vallen ruimschoots binnen de bandbreedte van de waarden gevonden in het ringonderzoek (DHV, 1999).

Dit betekent dat de inzet van compost van vergistingsinstallaties zondermeer als grondverbeteraar ingezet kan worden. Het kan dienen als mestvervanger in de akkerbouw en landbouw, en bij voldoende compost-narijping, wellicht ook als veenvervanging. De afzetmogelijkheden van dit compost zijn als uitgangspunt dus vergelijkbaar aan die van gft-compost die geproduceerd wordt door composteringsinstallaties (zie par. 5.2). Voor de LCA-berekeningen voor het MER-LAP wordt re-

kening gehouden met soortgelijke uitgangspunten als genoemd in par. 5.2. Vergeleken met compost van composteringsinstallatie is compost van vergistingsinstallaties echter verhoudingsgewijze meer inzetbaar als mestvervanger en minder inzetbaar als veenvervanger. In lijn met eerder onderzoek is daarom gekozen voor het uitgangspunt dat 10% van de compostproductie van vergistingsinstallaties in aanmerking komt voor veenvervanging (DHV, 1999). Het verschil dat ontstaat met de uitwerking van tabel 5.1 wordt toegerekend aan mestvervanging, waarbij weer 1-op-1 wordt uitgegaan van vervanging van dierlijke mest en kunstmest. Gezien de onzekerheden omtrent deze aanname wordt een bandbreedte gebruikt in de gevoeligheidsanalyse (zie tabel 9.1).

Tabel 9.1; Bandbreedte in toepassingen van gft-compost van vergistingsinstallaties

bestemming/vervanging van	gemiddeld	laagw. verv.	hoogw. verv.
veen	10	0	20
dierlijke mest	25	10	40
kunstmest	25	10	40
export/afdeklagen stort, plantsoenen	40	rest = 80	rest = 0

Ten aanzien van een vertaling van de hier afgeleide procenten naar kilogrammen geldt vervolgens nog het volgende. Door toevoeging van compost aan landbouwgrond worden ook voedingsstoffen aangevoerd. Bovendien heeft compost een neutraliserende werking. De hierdoor bereikte besparing op minerale meststoffen en kalkmeststoffen is evenwel beperkt (AOO, 2000). Ook de op zich aanwezige ziektekiemwerende eigenschappen worden onderkend, maar vertalen zich bij die studie (AOO, 2000) niet in significante hoeveelheden vermeden bestrijdingsmiddelen. Dit geldt zowel voor compost vervaardigd uit groenafval als gft-compost. Zie ter illustratie tabel 5.2 met vervangingswaarden op productbasis voor gft-compost van composteerinrichtingen.

Voor de verschillende varianten zoals genoemd in tabel 9.1 is de vervangingswaarde op productbasis te berekenen. Bij deze berekening is verondersteld dat gft-compost van vergistingsinstallaties enigszins andere vervangingswaarde heeft ten aanzien van fosfor-, stikstof-, magnesium-, calcium- en kaliumhoudende nutriënten. De resultaten hiervan zijn samengevat in tabel 9.2.

Tabel 9.2; Vervangingswaarde op productbasis

MESTSTOF		vervangingswaarde 1 ton gft-compost (1)	vervangingswaarde 1 ton gft-vergistingscompost
Veen	--	830 kg	830 kg
KAS	Kalkammonsalpeter met 27% N	4,1 kg	2,9 kg (2)
TSP	Tripelsuperfosfaat met 45% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	4,9 kg	6,4 kg (3)
Kali 60	Met 60% K <sub>2</sub> O	9,3 kg	7,4 kg (4)
Kieseriet	Met 25% MgO	4,0 kg	3,2 kg (5)
Dolokal	+ 54 neutraliserende waarde	27,2 kg	23,1 kg (6)

(1)Zie tabel 5.2

(2)30% minder stikstof in gft-compost van vergistingsinstallaties t.o.v. composteringsinstallaties

(3)30% meer fosfor in gft-compost van vergistingsinstallaties t.o.v. composteringsinstallaties

(4)20% minder kalium in gft-compost van vergistingsinstallaties t.o.v. composteringsinstallaties

(5)20% minder magnesium in gft-compost van vergistingsinstallaties t.o.v. composteringsinstallaties

(6)15% minder calcium in gft-compost van vergistingsinstallaties t.o.v. composteringsinstallaties

In tabel 9.3 is het resultaat van de tabellen 9.1 en 9.2 samengevat en is zowel voor de normale situatie als de gevoeligheidsanalyses "laagwaardiger vervanging" en "hoogwaardiger vervanging" aangegeven met welke vervangingen wordt gerekend. Tenslotte is in de tabel tevens de transportafstand opgenomen, die een rol speelt bij vermeden transporten.

Tabel 9.3; Vervangingswaarden (in kg) per ton gft-afval.

vervanging	normaal	gevoeligheidsanalyses	
		hoogw. vervanging	laagw. vervanging
veen	33,8 (1)	67,6	0
dierlijke mest	788 (2)	1262	316
KAS	0,30 (3)	0,64	0,12
TSP	0,65 (3)	1,05	0,26
Kali 60	0,76 (3)	1,21	0,30
Kieseriet	0,33 (3)	0,52	0,14
Dolokal	2,37 (3)	3,76	0,94
som kunstmest	4,41	7,18	1,76

Ter toelichting op tabel 9.3 nog het volgende

- 1) De hoeveelheid veen is berekend uit 830 kg (tabel 9.2), met 0,407 ton vergistingscompost per ton gft-afval (zie paragraaf 9.3) en met de factor 0,1 uit tabel 9.1. Voor de gevoeligheidsanalyses "laagwaardiger vervanging" en "hoogwaardiger vervanging" is niet met 0,1 maar met respectievelijk 0 en 0,2 gerekend (zie opnieuw tabel 9.1).
- 2) In (AOO, 2000) is afgeleid dat in het geval van varkensmest 1 ton compost ongeveer 10 ton mest vervangt en voor dunne rundveemest is dit ongeveer 5,5 ton. Vervolgens is gerekend met het gemiddelde van de getallen voor varkensmest en rundveemest, ofwel een ton vergistingscompost dat wordt ingezet als mestvervanger vervangt 7,75 ton dierlijke mest. Tenslotte is rekening gehouden met de factor 0,407 (per ton gft-afval ontstaat 0,407 ton vergistingscompost) en met de 25% uit tabel 9.1. Voor de gevoeligheidsanalyses "laagwaardiger vervanging" en "hoogwaardiger vervanging" is niet met 0,25 maar met respectievelijk 0,1 en 0,4 gerekend (zie opnieuw tabel 9.1).
- 3) De hoeveelheden kunstmest zijn berekend uit de laatste kolom van tabel 9.2, met 0,407 ton vergistingscompost per ton gft-afval (zie paragraaf 9.3) en met de factor 0,25. Voor de gevoeligheidsanalyses "laagwaardiger vervanging" en "hoogwaardiger vervanging" is niet met 0,25 maar met respectievelijk 0,1 en 0,4 gerekend (zie opnieuw tabel 9.1).

### 9.3 Balans, producten en reststoffen

De verwerking van gft-afval resulteert in producten en reststoffen.

#### *Biogasproductie uit gft-afval*

Het gereinigde biogas, bestemd voor de gasmotor, dat uit 1 ton gft-afval vrijkomt is afhankelijk van het vergistingsproces. Tijdens de meetcampagne (DHV, 1999) verliep het Biocel vergistingsproces niet optimaal. De opbrengst van biogas was relatief laag: 24 m<sup>3</sup>/ton gft-afval en is met proces optimalisatie op zeker boven de 65 m<sup>3</sup>/ton gft-afval te brengen. Zo is een gasproductie van 76 m<sup>3</sup>/ton gft-afval gemeten (Haskoning, 1998). Deze biogasproductie kan nog verder worden verhoogd worden tot circa 100 m<sup>3</sup>/ton gft-afval (KEMA, 2000), hoewel dit wel als optimum-case moet worden beschouwd. In dit MER wordt uitgegaan van een biogasproductie van 75 kuub per ton gft-afval, waarbij als gevoeligheidsanalyses tevens wordt gekeken naar 40 kuub per ton (analyse "minder biogas") en 100 kuub per ton (analyse "meer biogas").

#### *Compostproductie uit gft-afval*

De hoeveelheid compost die geproduceerd wordt ligt rond 40%. In de rapportage van DHV is aangegeven dat afhankelijk van het type vergistingsproces de hoeveelheid compost per ton gft-afval ligt tussen de 276 en 407 kg. Het betrof hier echter installaties, waarvan is vastgesteld dat verdere procesoptimalisatie mogelijk was, bijvoorbeeld via een verder afscheiding van een zandfractie. Uit interviews (KEMA, 2000) is gebleken dat een compostproductie van 300 kg/ton gft-afval als haal-

baar mag worden verondersteld, wanneer hiervan een zandfractie en restafval (ongeveer 100 kg/ton gft-afval) is afgescheiden.

In dit MER wordt, aansluitend bij de rapportage van DHV (DHV, 1999), uitgegaan van de productie van ongeveer 407 kg gedroogde en nagerijpte compost geproduceerd. Gelet op de praktijkproblemen die nabewerking van vergistingscompost nogal eens opleveren (meetprogramma) wordt in dit MER niet uitgegaan van een uitgebreide afscheiding van zand en uitsluitend van de gerapporteerde afscheiding van ongeveer 45 kg restafval bij de nazeving van de nagecomposteerde compost (primair plastic en wat overgebleven papier)

Voor de verwerking van het residu van de nascheiding van de compost wordt uitgegaan van afvoer naar een AVI. Ten aanzien van de samenstelling wordt (zie ook de hoofdstukken 2, 5 en 8) uitgegaan van de 5% verontreiniging die regulier in gft-afval aanwezig is en dat deze voornamelijk uit papier en plastic bestaat. Er vanuit gaande dat het plastic-deel de vergistingstap ongeschonden verlaat is van de 45 kilogram restfractie 25 kg aangemerkt als plastic en 20 kg als papier<sup>23</sup>. Voor de samenstelling waarmee is gerekend wordt verwezen naar tabel 9.11.

Er is ook sprake van een reststroom uit het biofilter, dat de hallucht zuivert. Over deze reststroom zijn geen meetgegevens bekend. Daarom is de omvang van dit residu gelijk verondersteld aan het verbruik van biofilters ingezet bij composteringsinstallaties, namelijk 8,5 kg/ton. Dit is een inschatting die aan de veilige kant is omdat het vergistingsproces een gesloten proces is en het biofilter alleen belast wordt vanuit de nacompostering.

Voor de hoeveelheden zie van ieder van deze reststoffen ontstaan wordt de volgende afleiding aangehouden:

1. Rookgasreinigingsresidu bestaat primair uit de afgevangen Zwavel, afgevangen Fluor en Chloor en verder uit de som van de afgevangen metalen. Op basis van de tabellen 2.1 en 6.1 en de samenstelling van de restfractie en biofilterresidu-fractie (zie tabel 9.11) betekent dit per ton gft-afval de vorming van 0,099 kg rookgasreinigingsresidu.
2. De aanwezige asrest zal zich verdelen over AVI-slakken en AVI-vliegas in de verhouding 92,6% van het asrest naar de slakken en 7,4% naar het vliegas. Voor de 53,5 kg restfractie en biofilterresidu samen betreft het een asrest van 3028 gram (zie tabel 9.11). Per ton gft-afval betekent dit de vorming van 2,8 kg AVI-slakken en 0,22 kg AVI-vliegas.

Tabel 9.4 geeft een overzicht van producten en reststoffen die bij de vergisting van 1 ton gft-afval ontstaan zoals gehanteerd in dit MER.

---

23 Hiermee wordt afgeweken van het meetprogramma gft-afval waar deze fractie ook een groot deel hout / organische bevatte. Om echter aan te sluiten met bij de in dit MER gehanteerde samenstelling van gft-afval, en om deze uitwerking vergelijkbaar te houden met de uitwerking van de andere verwerkingsopties

Tabel 9.4; Overzicht producten en reststoffen

PRODUCTEN	HOEVEELHEID PER TON VERWERKT GFT-AFVAL	TE STORTEN
Compost	407 kg	0 kg
Biogas	75 kuub (1)	0 kg
RESTSTOFFEN	HOEVEELHEID PER TON VERWERKT GFT-AFVAL	TE STORTEN
Restfractie compostnazeving (naar AVI)	45 kg	0 kg (1)
Restfractie biofilters naar AVI	8,5 kg	0 kg (1)
AVI-slak	2,8 kg	0 kg
AVI-vliegas	0,22 kg	0,22 kg
AVI-rookgasreinigingsresidu	0,099 kg	0,099 kg

(1) in de gevoeligheidsanalyses "meer biogas" en "minder biogas" respectievelijk 100 en 40 kuub

(2) beide stromen leiden samen tot 0,22 kg AVI-vliegas en 0,099 kg rookgasreinigingsresidu

#### 9.4 Ruimtebeslag

Bij het bepalen van het ruimtebeslag van het beschouwde afvalbeheersalternatief wordt rekening gehouden met:

- het ruimtebeslag van de gft-composteerinrichting,
- de AVI waar 53,5 kg aan reststoffen wordt verbrand,
- de RWZI waar het afvalwater uit het gft-verwerkingsproces wordt gezuiverd,
- het ruimtebeslag als gevolg van nuttige toepassing / storten van AVI-reststoffen.

##### *Het ruimtebeslag van de vergistingsinstallatie*

De oppervlakte voor een vergistingsinstallatie bedraagt ongeveer 14 ha voor een schaalgrootte van 150 kton per jaar (KEMA, 2000). Uitgaande van een periode van 100 jaar kan het ruimtebeslag per ton gft-afval dan als volgt worden berekend:

- $140.000 \text{ m}^2 \times 100 \text{ j} = 14,0 \text{ miljoen m}^2 \cdot \text{j}$
- $\frac{150.000 \text{ t/j} \times 100 \text{ j}}{15 \text{ miljoen ton}} = 15 \text{ miljoen ton}$
- $14,0 \text{ miljoen m}^2 \cdot \text{j} : 15 \text{ miljoen ton} = 0,93 \text{ m}^2 \cdot \text{j per ton gft-afval}$ .

##### *De AVI waar reststoffen worden verbrand*

Het netto ruimtebeslag van de HVC te Alkmaar met een totale verwerkingscapaciteit van ongeveer 450.000 ton afval per jaar bedraagt circa  $20.000 \text{ m}^2$ . Het ruimtebeslag per ton afval is derhalve  $0,044 \text{ m}^2 \cdot \text{jr}$ . De hoeveelheid te verbranden reststoffen uit het gft-verwerkingsproces is circa 53,5 kg (45 + 8,5) per ton verwerkt gft-afval, hetgeen een ruimtebeslag van  $0,0535 \cdot 0,044 = 0,002 \text{ m}^2 \cdot \text{j}$  per ton gft-afval betekent.

##### *De RWZI*

Het ruimtebeslag van de RWZI waar het afvalwater van de vergistingsinstallatie naar toe wordt gevoerd (circa  $186 \text{ kg/ton}$ )<sup>24</sup> wordt middels de standaard proceskaart die voor het MER-LAP is opgesteld toegerekend.

##### *Verdere verwerking van AVI-reststoffen.*

Voor de verdere verwerking of het toepassen van de reststoffen van de AVI zijn de in achtergrond-document A1 weergegeven proceskaarten opgesteld. Op basis van deze kaarten is duidelijk dat het ruimtebeslag voor het nuttig toepassen van de AVI-slakken even groot is als het vermeden ruimte-

<sup>24</sup> Deze 186 kg is gemeld voor de Biocel-installatie. Voor de SMB-installatie wordt een hoeveelheid van iets meer dan 300 kg/ton gemeld (DHV, 1999)

beslag t.g.v. het niet toepassen van het zand.

Voor AVI-vliegas is aangenomen dat dit geïmmobiliseerd wordt bij de VBM onder toevoeging van cement. Per ton geïmmobiliseerd AVI-vliegas is het ruimtebeslag gelijk aan  $9,71 \text{ m}^2 \cdot \text{jr}$ . Per ton verwerkt gft-afval (220 g vliegas) komt dit dus overeen met  $2,1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{jr}$ . Van het rookgasreinigingsresidu is aangenomen dat het gestort wordt in big bags met een bijbehorend ruimtebeslag van  $14 \text{ m}^2 \cdot \text{jr}$ . Per ton gft-afval (0,099 kg rookgasreinigingsresidu) komt dit dus overeen met  $1,39 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{jr}$ .

## 9.5 Transport

In het beschouwde afvalbeheersalternatief vindt transport per as plaats van:

- gft-afval (aanvoer)
- producten (nagereinigd compost en restafval de nascheiding van de vergistingsinstallatie)
- producten en reststoffen (slakken, vliegas en rookgasreinigingsresidu) van de AVI, hetgeen afkomstig is van verbranding van reststoffen uit de vergistingsinstallatie.

Het verbruik aan diesel en smeerolie, alsmede de emissies via de uitlaatgassen van de voertuigen voor het transport worden berekend m.b.v. de SimaPro database. Deze toe te rekenen afstanden staan voor de normale analyse en voor enkele gevoeligheidsanalyses weergegeven in tabel 5.6. Deze tabel wordt als volgt gemotiveerd.

- Gft; zoals aangegeven in paragraaf 4.2 wordt uitgegaan van transport per as in opgebulkte hoeveelheden (28 ton/vracht) over een afstand van 35 km. Verder is relevant dat in de gevoeligheidsanalyse "kleinschalig transport" wordt gerekend met maximaal 7,5 ton/vracht.
- Compost; composteerinrichtingen hebben veelal regionale schaal. Gelet op de standaard benadering voor transport (zie tabel 4.2) wordt een afstand van 35 km genomen (en een belading van 25 ton/vracht; zie tabel 4.1).
- Te verbranden reststoffen; In Nederland zijn 11 AVI's zodat de te hanteren afstand 40 km bedraagt.
- Kunstmest; Voor vermeden kunstmest wordt uitgegaan van een gemiddelde transportafstand van 75 km en een beladingsgraad van 10 ton/vracht.
- Veen; Ten aanzien van de transportafstand voor veen geldt dat veen ten behoeve van de Nederlandse markt voornamelijk in het noorden van Duitsland wordt gewonnen. Hiervoor een afstand van 1000 km (heen en terug) aangehouden. Van de overige winningsplaatsen (zoals Finland, Canada) wordt relatief weinig geïmporteerd naar Nederland.
- Dierlijke mest; Ten aanzien van dierlijke mest wordt er vanuit gegaan dat vervanging daarvan feitelijk niet leidt tot vermeden transport, daar de dierlijke mestproductie onafhankelijk van de compostinzet doorgaat en de dierlijke mest toch moet worden afgezet. Dit is de achtergrond voor een vermeden transportafstand van 0.
- AVI reststoffen; Conform de proceskaarten van de AVI-reststoffen (zie achtergronddocument A1) wordt per ton uitgegaan van 75 km voor de slakken, 130 km voor het vliegas (inclusief benodigd cement) en 50 km voor het rookgasreinigingsresidu.
- Vermeden zand; 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. Hetzelfde wordt aangehouden voor afstand voor afdekzand bij het storten van rgr.
- Ten aanzien van het transport van houtsnippers als (vervangend) biobed-materiaal (zie paragraaf 9.7.1) zijn onvoldoende eenduidige gegevens beschikbaar zijn om hiervoor een goede transportafstand vast te stellen. Dit dient derhalve te worden aangemerkt als leemte in kennis.

Tabel 9.5; Transport en vermeden transport per ton gft

MATERIAAL	kg per ton gft-afval	afstand (km)	normaal	andere samenst.	hoogw. verv.	laagw. verv.
gft	1000	35	35	35	35	35
compost	407	35	14,4	14,4	14,4	14,4
residu naar AVI	53,5	40	2,1	2,1	2,1	2,1
AVI-slak	2,8	75	0,2	0,2	0,2	0,2
AVI-vliegas	0,22	130	0,03	0,03	0,03	0,03
AVI-rookgasreinigingsresidu	0,099	50	0,005	0,005	0,005	0,005
afdekkand (stort rgr)	0,074	35 (land) 50 (water)	0,003 0,004	0,003 0,004	0,003 0,004	0,003 0,004
vermeden zand (toepassing AVI-slak)	2,8	35 (land) 50 (water)	0,1 0,14	0,1 0,14	0,1 0,14	0,1 0,14
vermeden veen	33,8 (1)	1000	33,8	33,8	33,8	0
vermeden kunstmest	4,41 (2)	75	0,33	0,33	0,54	0,13
vermeden dierlijke mest	788 (3)	0	0	0	0	0

1) Geldt voor niet voor "hoogwaardiger vervanging" (67,6) en "laagwaardiger vervanging" (0)

2) Geldt voor niet voor "hoogwaardiger vervanging" (7,18) en "laagwaardiger vervanging" (1,76)

3) Geldt voor niet voor "hoogwaardiger vervanging" (1262) en "laagwaardiger vervanging" (316)

## 9.6 Energie

Rekening moet worden gehouden met:

- de energieopbrengst uit de gft-vergistingsinstallatie
- het energieverbruik van de gft-vergistingsinstallatie
- het energieverbruik bij het zuiveren van het afvalwater in de RWZI
- het energieverbruik en de energieproductie bij de verwijdering van reststoffen
- het energieverbruik bij de nuttige toepassing van de geproduceerde secundaire grondstoffen
- het vermeden energieverbruik door het gebruik van de secundaire grondstoffen.

### 9.6.1 De energieopbrengst van de gft-vergistingsinstallatie

De energieopbrengst van de gft-vergistingsinstallatie kan worden berekend, uitgaande van een stookwaarde van  $20 \text{ MJ/m}_0^3$  biogas (KEMA, 2000). Bij een biogasproductie van  $75 \text{ m}_0^3/\text{ton}$  gft-afval bedraagt de energie-inhoud  $20 \cdot 75 = 1500 \text{ MJ/ton}$  gft-afval. Dit wordt bevestigd door meetwaarden van Haskoning en DHV. De elektriciteitsproductie bedraagt  $555 \text{ MJ}_e/\text{ton}$  gft-afval bij een gasmotorrendement van 35%. Dit komt overeen met  $146 \text{ kWh}_e$ . In tabel 9.6 is een samenvatting gegeven van de energieopbrengst uit biogas voor de normale situatie maar ook voor de gevoeligheidsanalyses "meer biogas" en "minder biogas".

Tabel 9.6; Energieopbrengst van de gft-vergistingsinstallatie

	normaal	meer biogas	minder biogas
energie-inhoud biogas [MJ/ton gft-afval]	1500	2000	800
elektriciteitsproductie [ $\text{kWh}_e/\text{ton}$ gft-afval]	146	194	78

Deze geproduceerde elektriciteit hoeft niet meer uit primaire brandstoffen te worden opgewekt. De omvang van de hierdoor vermeden milieu-ingrepen wordt bepaald met de SimaPro database.

### 9.6.2 Het energieverbruik van de gft-vergistingsinstallatie

De geoptimaliseerde Biocel gft-vergistingsinstallatie verbruikt ongeveer  $350 \text{ MJ}$  per ton gft-afval (DHV, 1999; KEMA, 2000). Dit komt overeen met  $97 \text{ kWh}_{el}/\text{ton}$  gft-afval.

### 9.6.3 Het energieverbruik bij zuivering afvalwater

Dit energiegebruik wordt middels de standaardproceskaart die voor het MER-LAP is opgesteld toegerekend.

### 9.6.4 Het energieverbruik en de energieproductie bij de verwijdering van reststoffen

#### *Verbranden restfractie nabewerking + biobed-snippers*

Het residu uit de gft-voorbewerking (45 kg) en de biofilters (8,5 kg/ton) worden afgevoerd naar een AVI. Een gemiddelde AVI verbruikt ongeveer 100 kWh elektrische energie per ton afval. Daarnaast kan bij een gemiddelde stookwaarde van 10,5 MJ/kg circa 750 kWh elektrische energie per ton afval worden teruggewonnen (ongeveer 26%).

De exacte toerekening dient plaats te vinden op basis van de calorische waarde van de hier te verstoffen fracties. Er wordt, gelet op de samenstelling van deze fractie (papier, plastic en biobed-snippers) vanuit gegaan dat het energieverbruik voor het voeden van de AVI niet zal afwijken van het verbruik dat geldt voor de gemiddelde AVI-voeding (zie tabel 9.11). Bij een calorische waarde die zo'n 80% hoger ligt dan die van de gemiddelde AVI-voeding zal verbranden van dit residu echter wel tot aanzienlijk meer rookgassen leiden waardoor het toe te rekenen energieverbruik van de rookgasreiniging vermoedelijk wel boven het gemiddelde zal liggen. Samengevat wordt het energieverbruik per ton residu hoger ingeschat dan de 100 kWh per ton die geldt voor de gemiddelde AVI-voeding, maar is een volledige ophoging met 80% (conform de 80% hogere stookwaarde) te veel. Er wordt uitgegaan van 140 kWh per ton residu.

Voor de toerekening van de geproduceerde energie wordt voor deze restfractie en de biobed-snippers samen uitgegaan van een calorische waarde van 18 MJ/kg (zie voor een toelichting onder paragraaf 9.8.3). Bij een bruto elektrisch rendement van 26% levert dit bruto 1300 kWh elektriciteit per ton op.

Uitgaande van 53,5 kg restfractie/biobed mengsel per ton gft-afval resulteert dit in een elektriciteitsgebruik van 7,5 kWh/ton, een elektriciteitsopbrengst van 69,6 kWh/ton.

#### *AVI-reststoffen*

Voor het energieverbruik bij het verwijderen van de reststoffen uit de AVI wordt uitgegaan van de kentallen opgenomen in achtergronddocument A1. Voor het vlieggas gaat het om 5,2 kWh (voor de menger) en 87 MJ (voor het opbrengen van het immobilisaat) per ton vlieggas. Voor het rookgasreinigingsresidu gaat het om 60 MJ (voor het opbrengen van het residu) en 45 MJ (voor aanbrengen afdeklaag) per ton rookgasreinigingsresidu. Aangezien het slechts gaat om een fractie van de energiebijdragen van andere processen (het betreft 220 gram vlieggas en 99 gram rookgasreinigingsresidu) wordt dit energiegebruik verder buiten beschouwing gelaten.

Bij het gebruik van AVI-slakken in de wegenbouw treedt geen (ander) verbruik van bedrijfsmiddelen op in vergelijking tot het gebruik van primair materiaal. Hiervoor behoeft derhalve geen energiegebruik in rekening gebracht te worden.



### 9.6.5 (Vermeden) energieverbruik bij nuttige toepassing secundaire grondstoffen

Dit betreft energiegebruik bij de toepassing van compost en slakken uit de AVI.

#### *De toepassing van compost*

Zoals toegelicht in paragraaf 9.2 wordt er van uitgegaan dat compost nuttig wordt toegepast en worden daarbij verschillende varianten onderscheiden (zie tabel 9.1). Ten aanzien van de energie-effecten hiervan wordt uitgegaan van het volgende:

- Voor het uitrijden van de compost en het opbrengen op de locatie van toepassing wordt uitgegaan van 60 MJ/ton compost. Dit is kental wordt door het hele MER heen voor dit soort processen gehanteerd en is gebaseerd op de aanname dat het benodigde materieel 10 ton per uur verzet en 15 liter diesel met een energie-inhoud van 37 MJ/liter.
- Bij veenvervanging in potgrond wordt energie verbruikt bij het mengen van de compost met andere materialen. Hierbij wordt uitgegaan van een energieverbruik (elektriciteit) bij mengen van 15 kWh per ton compost dat als veenvervanger dient (uitgaande van een menger met een vermogen van 150 kW, die 1600 uur/jaar in bedrijf is en 10 ton mengsel per uur aanmaakt).
- Bij veenvervanging wordt per ton vervangen veen tevens het opbrengen daarvan vermeden (60 MJ/ton).
- Bij het vervangen van kunstmest gaat het om 43 kg kunstmest per ton compost die als kunstmestvervanger wordt ingezet (vergelijk tabel 9.2 de laatste kolom). Onbekend is welk energieverbruik met het vermeden opbrengen van kunstmest wordt uitgespaard, maar het lijkt redelijk aan te nemen dat het energiegebruik voor het uitrijden van kunstmest een vergelijkbare orde-grootte zal hebben als het uitrijden van een ton compost. Er wordt dan ook gerekend met 60 MJ per ton vermeden kunstmest. Opgemerkt wordt dat de vermeden energie i.v.m. de uitgespaarde productie van kunstmest middels de proceskaarten in SimaPro in rekening wordt gebracht.
- Ten aanzien van dierlijke mest wordt er vanuit gegaan dat vervanging daarvan feitelijk niet leidt tot vermeden energie, daar de dierlijke mestproductie onafhankelijk van de compostinzet door-gaat en de dierlijke mest vervolgens elders zal moeten worden afgezet.

Verder is sprake van vermeden energieverbruik bij de vermeden winning van veen, dat vervangen wordt. Dit vermeden energieverbruik wordt als een negatieve milieu-ingreep toegerekend in de LCA-berekeningen. Welk vermeden energieverbruik er geldt bij afgraven en gereedmaken voor transport is niet eenvoudig te kwantificeren. De standaard hoeveelheid bedraagt 60 MJ per ton veen, maar het lijkt gerechtvaardigd deze hoeveelheid te verdubbelen, omdat niet alleen de inzet van graafmachines nodig zijn voor het winnen van veen, maar ook shovels en/of graafmachines om de ontstane gaten op te vullen. De energiehoeveelheid wordt gesteld op 120 MJ per ton vermeden veen. Niet meegenomen wordt het vermeden energieverbruik dat samenhangt met extra maatregelen die noodzakelijk zijn als gevolg van de veenwinning, zoals landschapherstelmaatregelen, het aanbrengen van waterkeringen rond afgegraven gebieden, etc.

Op basis van 407 kg compost per ton gft-afval is in tabel 9.7 weergegeven wat er wordt vermeden in kg/ton gft-afval (hierbij is gebruik gemaakt van tabel 9.3). Met de hierboven aangegeven energiedata (ook in tabel 9.7 samengevat) is vervolgens aangegeven wat dat voor de energietoerekening betekent. Relevant is nog dat:

- positieve getallen duiden op energiegebruik en negatieve getallen op vermeden energie, en
- in de tabel alleen de normale situatie en de gevoeligheidsanalyse "hoogwaardiger vervanging" en "laagwaardiger vervanging" zijn uitgewerkt. Voor alle andere gevoeligheidsanalyses is het beeld hetzelfde als in de normale beschrijving.

Tabel 9.7; Energie en vermeden energie bij het toepassen van compost

Proces	energie in MJ per ton	normaal		gevoeligheidsanalyse hoogw. vervanging		gevoeligheidsanalyse laagw. vervanging	
		omvang (kg)	energie (MJ)	omvang (kg)	energie (MJ)	omvang (kg)	energie (MJ)
opbrengen compost	60	407	24,4	407	24,4	407	24,4
vermeden veenwinning	- 120	33,8	-4,1	67,6	-8,1	0	0
verm. opbr. veen	-60	33,8	-2	67,6	-4,1	0	0
verm. opbr. mest	0	788	0	1262	0	316	0
verm. opbr. kunstmest	-60	4,41	-0,3	7,18	-0,43	1,76	-0,1

#### AVI-slakken

De geproduceerde slakken worden nuttig toegepast als secundaire grondstoffen en vervangen de primaire grondstof zand (in de wegenbouw). De toepassing van de slakken verandert niet noemenswaardig door de daarin opgenomen hoeveelheden verbrandingsas van het bijgestookte gft-residu. 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.

## 9.7 Bedrijfsmiddelen

Rekening moet worden gehouden met:

- het verbruik van de gft-vergistingsinstallatie
- het verbruik van de RWZI
- het verbruik van de verwijdering van reststoffen
- het verbruik bij de nuttige toepassing van de geproduceerde secundaire grondstoffen
- het vermeden verbruik door het gebruik van secundaire grondstoffen.

### 9.7.1 Bedrijfsmiddelenverbruik gft-afvalverwerkingsinrichting

Bij de productie van compost uit gft-afval worden geen bijzondere bedrijfsmiddelen (chemicaliën, hulpstoffen) verbruikt. Voor het vergistingsproces is wel water benodigd. Oppervlaktewater wordt gebruikt om te voorzien in de waterbehoefte van de vergistingsinstallatie; 30 kg (0,03 m<sup>3</sup>) per ton gft-afval. Daarnaast is per ton verwerkt gft-afval 8,5 kg biobedmateriaal nodig ter vervanging van het afgevoerde materiaal (zie paragraaf 9.3). Er wordt uitgegaan van 8,5 kg houtchips.

### 9.7.2 Bedrijfsmiddelenverbruik bij zuivering afvalwater

Zoals aangegeven in paragraaf 9.3 ontstaat circa 0,186 m<sup>3</sup> afvalwater per ton gft-afval. Deze afvalwaterstroom wordt geloosd op het riool en daarna gezuiverd in de RWZI. Het bedrijfsmiddelenverbruik van deze waterzuivering wordt bepaald in de standaard kaart voor RWZI.

### 9.7.3 Bedrijfsmiddelen het verbruik bij het verbranden van RDF en digestaat in een AVI

Voor het bepalen van het bedrijfsmiddelenverbruik is gebruik gemaakt van de achtergronddocument A1 bij MER-LAP gehanteerde balansen. Op basis van deze gegevens zijn de in tabel 9.8 aangegeven hoeveelheden kalk en natronloog nodig.

Naast kalk en natronloog wordt ook gebruik gemaakt van ammoniak ter reductie van de NO<sub>x</sub>-emissies. Uitgaande van een verwijderingrendement van 50% door de SNCR en de hoeveelheden (45 kg en 8.5 kg) en bijbehorende stookwaarden van deze stromen is er sprake van de verwijdering van 34 gram NO<sub>x</sub> door de SNCR, hetgeen betekent een verbruik aan NH<sub>4</sub>OH van 60 gram per ton gft-afval.

De hoeveelheid actief kool is afhankelijk van de hoeveelheid afgevangen kwik. Op basis van de in achtergronddocument A1 bij MER-LAP gehanteerde balansen en een maximale beladingsgraad van 1200 mg/kg komt dit neer op ongeveer 2 gram per ton gft-afval.

#### 9.7.4 Het bedrijfsmiddelenverbruik bij de verwijdering van reststoffen

Zie voor het bedrijfsmiddelenverbruik bij het storten van het vliegias en het rookgasreinigingsresidu ook de proceskaarten in achtergronddocument A1.

- Voor het immobiliseren van het vliegias is 100 kg cement per ton vliegias nodig, ofwel er is 22 g cement per ton gft-afval.
- Voor het storten van het rookgasreinigingsresidu zijn big bags (3,3 kg/ton), PE-hoezen (1,3 kg/ton) en zand (750 kg/ton) nodig. Voor de voor 0,099 kg rookgasreinigingsresidu is dit dus 0,33 g big-bag, 0,13 g PE-hoes en 74 g zand nodig.

#### 9.7.5 Bedrijfsmiddelenverbruik bij nuttige toepassing secundaire grondstoffen

Bij het gebruik van slakken in de wegenbouw treedt geen gewijzigd verbruik van bedrijfsmiddelen op in vergelijking met de situatie dat primair materiaal zou zijn ingezet.

#### 9.7.6 Vermeden bedrijfsmiddelenverbruik

Het bedrijfsmiddelenverbruik van de uitgespaarde winnings- en productieprocessen van de primaire grondstof zand door de nuttige toepassing van de gevormde slakken en de zand/inert-fractie wordt als een negatieve milieu-ingreep in de LCA toegerekend. Per ton gft-afval betreft het 2,8 kg zand. De effecten van het vermeden bedrijfsmiddelenverbruik wordt bepaald door gebruik te maken van een standaard database in SimaPro.

Tabel 9.8; Bedrijfsmiddelenverbruik

	geraamd verbruik in grammen per ton gft-afval
Water	30000
Kalk (op basis van $\text{Ca(OH)}_2$ )	59
Natronloog (20%)	16
$\text{NH}_4\text{OH}$ (25%)	60
Actief kool	2
Cement	22
Big-bag	0,33
PE-hoes	0,13
Afdekszand	74
Vermeden zand (toepassen slak)	2800

## 9.8 Emissies

Rekening wordt gehouden met:

- de emissies van de gft-vergistingsinstallatie
- de emissies bij de zuivering van afvalwater
- de emissies bij de verwijdering van reststoffen in een AVI
- de emissies bij de nuttige toepassing/verwerking AVI-reststoffen
- de emissies bij de nuttige toepassing van geproduceerde compost
- de vermeden emissies door gebruik van secundaire grondstoffen en compost

### 9.8.1 Emissies gft-vergistingsinstallatie

#### *Emissies naar bodem*

De inrichting is voorzien van adequate bodembeschermende voorzieningen, zodat er normaliter geen emissies naar de bodem optreden.

#### *Emissies naar lucht*

Emissies naar lucht die samen hangen met het energiegebruik van de inrichting (NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> etc.) worden in rekening gebracht middels standaard proceskaarten die in SimaPro voorhanden zijn.

Op basis van het meetprogramma GFT-AFVAL kan worden afgeleid dat er tevens sprake is van uitstoot naar het biofilter van geur, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S en N<sub>2</sub>O.

- Binnen deze LCA wordt het aspect geur niet meegenomen.
- Hetzelfde geldt voor de geproduceerde kortcyclische CO<sub>2</sub>.
- De methaan zal het biofilter vrijwel ongeschonden passeren, hetgeen leidt tot een emissie van 1100 g per ton gft-afval.
- De mate van afvang van de ammoniak is niet bekend. Analoog aan het composteren (zie hoofdstuk 5) wordt 90% als emissie in rekening gebracht, ofwel 2,3 g per ton gft-afval (toevoer naar het biofilter is 23 g per ton gft-afval).
- Evenals in hoofdstuk 5 wordt voor H<sub>2</sub>S (toevoer naar het biofilter is 26 g per ton gft-afval) uitgegaan van een vrijwel volledige afbraak door het biofilter zodat deze component voor de emissies naar lucht buiten beschouwing wordt gelaten.
- Uit het meetprogramma van DHV blijkt verder dat er een N<sub>2</sub>O emissie plaatsvindt van 460 gram per ton gft-afval uit het composteringsproces, ook weer vóór het biofilter. Wat hiervan wordt weggenomen door het biofilter is niet duidelijk. In MER-LAP is uitgegaan van een verwijderingsrendement van 90%, ofwel restemissie van 46 gram per ton gft-afval. In een aparte gevoeligheidsanalyse "geen N<sub>2</sub>O-verwijdering" wordt tevens het effect gezien van een rendement door het biofilter van 0, ofwel een emissie naar de lucht van 460 gram N<sub>2</sub>O per ton gft-afval.

Ook treden emissies naar lucht op als gevolg van verbranding van biogas in de gasmotoren. De emissies van gasmotoren betreffen NO<sub>x</sub> ligt op het niveau van 120 g NO<sub>x</sub> per GJ (primaire). Onder verwijzing naar de energie-inhoud van het biogas zoals in tabel 9.6 is weergegeven betekent per ton gft-afval de in onderstaande tabel aangegeven emissies. Uitgaande van 76 mg H<sub>2</sub>S per m<sup>3</sup> biogas komt de emissie van SO<sub>2</sub> op 42,4 g/ton gft-afval. Dit is berekend middels  $76 \text{ (mg H}_2\text{S/m}^3 \text{ biogas)} * 75 \text{ (m}^3 \text{ biogas/ton gft-afval)} * 64/34 \text{ (molverhouding SO}_2 \text{ en H}_2\text{S)}$ . Voor de varianten meer in minder biogas wordt dit respectievelijk 14,3 en 5,7 gram per ton gft-afval.

Tabel 9.9; luchtmissie van de verbranding van biogas

	normaal	meer biogas	minder biogas
energie-inhoud biogas [MJ/ton gft-afval]	1500	2000	800
NOx [g/ton gft-afval]	180	240	96
SO <sub>2</sub> [g/ton gft-afval]	10,7	14,3	5,7

#### *Emissies naar het oppervlaktewater*

Het spuiwater van de gft-vergister doorloopt eerst een biologische zuiveringsstap alvorens het geloosd wordt op het riool. Het gaat hier om 186 kg per ton gft-afval. De samenstelling is weergegeven in tabel 9.8. Hierbij gelden de volgende kanttekeningen

- Zoals uit bijvoorbeeld een vergelijk met SMB-samenstelling al blijkt is de onzekerheid in deze emissie redelijk groot. Niet uitgesloten is dat de emissie naar water in praktijk geringer is dan hier berekend (waarmee de resterende componenten die in de vergistingscompost komen groter).
- Daarnaast geldt dat de meetgegevens van de gft-vergistingsinstallaties (DHV, 1999) niet het optimale vergistingsproces representeren

Ondanks deze onzekerheden is, bij gebrek aan betere cijfers, wel uitgegaan van de in de tabel weergegeven effluentsamenstelling van de Biocel-installatie. Op basis van de samenstellingsgegevens voor het gft-afval zoals dat bij Biocel is geanalyseerd en het gft-afval zoals dat als uitgangspunt voor MER-LAP is genomen is de betreffende lozing wel gecorrigeerd. Er is echter afgezien van het separaat uitwerken van de variant "andere samenstelling". De betreffende variatie zou in geen verhouding staan met de onzekerheden die reeds in de gehanteerde wateremissie zit. Voor de wateremissies worden de hieronder afgeleide emissies dus in alle varianten aangehouden.

Tabel 9.10: Samenstelling afvalwater gft-installatie; hoeveel afvalwater is 0,186 m<sup>3</sup>/ton gft-afval

	concentratie (SMB)	concentratie (Biocel)	vertalingsfactor naar gft-samenstelling MER-LAP (1)	reinigingsrendement (2)	Emissie (in mg per ton gft-afval) (3)
CZV (mg/l)	4990	10900	1,00	90%	202740
BZV (mg/l)	560	3530	1,00	97%	19697
NKj (mg/l)	815	1500	0,32	66%	94860
Cl (mg/l)	430	1650	1,00	0%	306900
P (mg/l)	41	180	1,00	77%	7700
Pb (mg/l)	0,20	0,73	2,09	91%	26
Cu (µg/l)	150	800	1,02	92%	12
Zn (µg/l)	1010	6300	1,28	75%	376
Cd (µg/l)	<20	20	0,49	72%	1
Cr (µg/l)	<100	330	2,50	89%	17
As (µg/l)	13	310	1,08	80%	12

(1) op basis van de verhouding in gft-samenstelling bij Biocel en in MER-LAP

(2) Zie tabel 4.3

(3) Op basis van 186 liter per ton gft-afval

#### 9.8.2 Ingerepen bij het zuiveren van afvalwater

De emissies die optreden bij het zuiveren van 0,186 m<sup>3</sup>/ton gft-afval (energie, bedrijfsmiddelen, ruimtegebruik) worden bepaald in de standaard proceskaart voor de RWZI.

### 9.8.3 Emissies AVI

De afgescheiden restfractie en het biobed-residu, samen circa 53,5 kg per ton gft-afval, worden afgevoerd naar een AVI. In de LCA moet derhalve rekening worden gehouden met de emissies als gevolg van de verbranding van deze reststoffen.

Ten aanzien van de samenstelling van de restfractie wordt, zie ook de hoofdstukken 2, 5 en 8, uitgegaan van de 5% verontreiniging die regulier in gft-afval aanwezig is en dat deze voornamelijk uit papier en plastic bestaat. Er vanuit dat het plastic-deel de vergistingstap ongeschonden verlaat is van de 45 kilogram restfractie 25 kg aangemerkt als plastic en 20 kg als papier. Voor de samenstelling op microniveau is vervolgens aangesloten bij tabel 2.2. Voor de 8,5 kg biobed-residu is gekozen aan te sluiten bij de samenstelling van houtachtig afval zoals ook gebruikt in achtergronddocument 15 van MER-LAP. De reden hiervoor is daar boomschors/houtsnippen vaak als dragermateriaal in biofilters worden ingezet. In hoeverre de samenstelling van de houtsnippen en de in dit MER gehanteerde samenstelling exact overeenkomt is niet bekend, maar als indicatie lijkt aansluiten bij de samenstelling van houtachtig afval een goede benadering. In tabel 9.11 is de resulterende samenstelling van deze fractie gegeven.

Tabel 9.11; Afvoer naar AVI teruggerekend naar 1 ton gft-afval

component	biobed-afval in g/ton (1)	residu compostnabewerking g/ton (2)	gezamenlijk in g/ton (3)	naar AVI in g per ton gft-afval (4)
As	0,295	0,374	0,361	0,019
Ba	17,700	0,000	2,812	0,150
Cd	0,295	2,795	2,398	0,128
Co	2,478	1,059	1,284	0,069
Cr	4,012	13,715	12,173	0,651
Cu	7,080	105,966	90,255	4,829
Hg	0,035	0,054	0,051	0,003
Mn	86,730	23,878	33,864	1,812
Mo	1,770	0,000	0,281	0,015
Ni	10,030	5,607	6,310	0,338
Pb	15,930	86,216	75,049	4,015
Sb	0,236	2,743	2,345	0,125
Se	0,325	0,000	0,052	0,003
Sn	1,475	0,000	0,234	0,013
V	2,950	10,727	9,491	0,508
Zn	38,940	207,728	180,911	9,679
Cl	472,000	1704,528	1508,706	80,716
F	29,500	1,222	5,715	0,306
S	590,000	30,547	119,432	6,390
vocht	41 %	25,2 %	27,7 %	14,8 kg
cal. waarde	10 MJ/kg	19,5 MJ/kg	18,0 MJ/kg	963 MJ
asrest (%)	5 %	5,8%	5,7 %	3028 g

- (1) Zie achtergronddocument A15 bij MER-LAP
- (2) Gebaseerd op 20 kg papier, 12,5 kg PE, 12,5 kg PET en tabel 2.2
- (3) Mix van biobed-afval en residu in een verhouding 45 : 8,5
- (4) Gebaseerd op 53,5 kg mix per ton gft-afval

### Emissies naar lucht

In het kader van dit MER zijn balansen opgesteld (zie achtergronddocument A1 bij dit MER). De op basis van deze massabalansen berekende componentgebonden en procesgebonden emissies naar lucht per ton gft-afval zijn weergegeven in tabel 9.12 en 9.13.

Tabel 9.12; Berekende componentgebonden emissies naar lucht

component	input in g/ton gft-afval (zie tabel 9.11)	deel dat in gereinigde rookgassen komt (%)	emissie naar lucht in mg/ton gft-afval
As	0,019	0,07	0,014
Ba	0,150	0,07	0,105
Cd	0,128	0,5	0,641
Co	0,069	0,07	0,048
Cr	0,651	0,07	0,456
Cu	4,829	0,07	3,380
Hg	0,003	3	0,082
Mn	1,812	0,07	1,268
Mo	0,015	0,07	0,011
Ni	0,338	0,07	0,236
Pb	4,015	0,07	2,811
Sb	0,125	0,07	0,088
Se	0,003	0,07	0,002
Sn	0,013	0,07	0,009
V	0,508	0,07	0,355
Zn	9,679	0,07	6,775
Cl	80,716	0,2	161,432
F	0,306	5	15,287
SO <sub>2</sub> (1)	6,390	0,3	38,338

(1) invoer als grammen S, emissies in SO<sub>2</sub>

Tabel 9.13; Procesgebonden emissies naar lucht

component	emissie in kg per GJ input	per ton gft-afval (53,5 kg met 18,0 MJ/kg) in g/ton
NO <sub>x</sub>	0,072	34,63 (1)
NH <sub>3</sub>	0,0018	1,73
CO	0,012	11,54
CxHy	0,003	2,89
TCDD TEQ	3E-11	2,89E-08
fijn stof	0,0018	1,75 (2)

(1) na correctie voor een afvang van 50% door de SNCR

(2) som van procesgebonden en componentgebonden emissie

Ten aanzien van de emissie van CO<sub>2</sub> is relevant dat in ieder geval het deel dat uit de plasticfractie van de het residu uit de voorbewerking ontstaat niet kortcyclisch is. concreet komt dit neer op een emissie van ongeveer 18 kg CO<sub>2</sub> per ton gft-afval. Omdat in alle te vergelijken opties een dergelijke plasticfractie moet worden meegenomen en omdat deze ook in alle te vergelijken opties wordt verbrand, is deze langcyclische CO<sub>2</sub>/emissie buiten beschouwing gelaten.

#### *Emissies naar oppervlaktewater*

Verwerking van het residu in een AVI leidt niet tot emissies naar water, omdat uit is gegaan van een afvalwatervrije rookgasreiniging (zie achtergronddocument A1 bij MER-LAP).

#### *Emissies naar bodem*

De inrichting is voorzien van adequate bodembeschermende voorzieningen, zodat er normaliter geen emissies naar de bodem optreden.

#### 9.8.4 Emissies bij verwijdering / toepassing van AVI-reststoffen

De geproduceerde slakken worden nuttig toegepast. 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 dienen derhalve betrokken te worden in de LCA-vergelijking. Het vliegias en de filterkoek worden gestort. De emissie die dat kan opleveren wordt afgeleid met de proceskaarten van achtergronddocument A1 bij MER-LAP. Hieruit is af te leiden dat de AVI-vliegias zowel tot emissie naar bodem als naar lucht kan leiden terwijl voor rookgasreinigingsresidu wordt uitgegaan van een bergingsmethode die verder niet meer leidt tot emissies.

In tabel 9.14 is dit verder uitgewerkt. Het deel van de in het gft-afval aanwezige componenten dat terecht komt in slak, vliegias en filterkoek volgt uit de massabalansen op componentenniveau (zie achtergronddocument A1 bij het MER-LAP). De resulterende emissies volgen uit de kaarten van achtergronddocument A1. Bij de verdere uitwerking is in beide gevallen een drempel gehanteerd van 0,1 mg per ton gft-afval. Alle emissies lager dan die drempel zijn verder achterwege gelaten, hetgeen voor alle emissies naar lucht t.g.v. de vliegiasbewerking het geval bleek te zijn.

Tabel 9.14; Emissies per ton gft-afval t.g.v. de verwerking van AVI-reststoffen voor de uitwerking (alles in mg per ton verwerkt gft-afval)

comp.	AVI-slak			AVI-vliegias		
	naar slak (1)	fractie naar bodem (2)	emissie naar bodem	naar vliegias (1)	fractie naar bodem (2)	emissie naar bodem
As	16,54	0,0005	-	2,65	0,001	-
Ba	128,68	0,0005	-	20,61	0,002	-
Cd	64,14	0,0005	-	57,73	0,001	-
Co	58,77	0,0005	-	9,41	0,002	-
Cr	557,04	0,0005	0,28	89,22	0,001	-
Cu	4129,93	0,0005	2,06	661,52	0,001	0,66
Hg	0,00	0,0005	-	0,14	0,001	-
Mn	1549,55	0,0005	0,77	248,20	0,001	0,25
Mo	12,87	0,0265	0,34	2,06	0,053	0,11
Ni	288,73	0,0005	0,14	46,25	0,001	-
Pb	3434,13	0,0005	1,72	550,07	0,001	0,55
Sb	107,29	0,0055	0,59	17,19	0,001	-
Se	2,36	0,0005	-	0,38	0,008	-
Sn	10,72	0,0005	-	1,72	0,001	-
V	434,30	0,0005	0,22	69,57	0,003	0,21
Zn	8278,25	0,0005	4,14	1325,99	0,001	1,33
Cl	8071,58	0,2795	2256,01	16143,15	0,032	516,58
F	183,44	0,0005	-	45,86	0,009	0,41
SO4	11443,83	0,0335	383,37	3833,78	0,011	42,17

(1) Berekend via een combinatie van tabel 9.11 en de balansen van achtergronddocument A1 van MER-LAP

(2) Ontleend aan achtergronddocument A1 bij MER-LAP

De emissies t.g.v. het verder verwerken van actief kool (2 gram per ton gft-afval) worden buiten beschouwing gelaten.



### 9.8.5 de emissies bij de nuttige toepassing van geproduceerde compost

#### *Emissies naar lucht*

Het toepassen levert op zich geen andere emissies dan reeds in rekening zijn gebracht via energie van apparatuur en dergelijke.

#### *Emissies naar water*

Er vinden geen emissies naar water plaats bij de toepassing van compost.

#### *Emissies naar bodem*

Het betreft hier de emissies naar de bodem door verontreinigingen aanwezig in de compost. Op basis van de samenstelling van het gft-afval materiaal zoals die in dit MER wordt gehanteerd (hoofdstuk 2) en het deel dat via de waterstroom wordt afgevoerd naar de RWZI (tabel 9.10) en het deel dat via de zeefoverloop naar de AVI is afgevoerd (tabel 9.11) is af te leiden hoeveel van de verschillende componenten in de compost terecht zal komen.

Hieruit kan worden bepaald welke verontreinigingen via de compost in de bodem worden gebracht. Anders dan bij de toepassing van bouwstoffen in een werk, waar het opgebrachte materiaal als uitgangspunt geen deel gaat uitmaken van de bodem maar door uitloging wel kan bijdragen aan de verontreiniging er van, gaat compost wel deel uitmaken van de bodem zelf. Voor het anorganische deel van de compost, dat blijvend deel uit gaat maken van de bodem, geldt dat deze een zekere verontreiniging mag bezitten zonder dat dit leidt tot een verslechtering van de bodemkwaliteit. De effecten van het opbrengen van verontreinigingen zijn daarbij alleen nadelig wanneer deze de normale samenstelling van de bodem overschrijdt. Een ander deel van de compost is organisch en zal dus na verloop van tijd afbreken met achterlating van een aantal verontreinigingen (in ieder geval de zware metalen). Het 'overschot' verontreinigingen in het inerte deel van compost en de niet afbreekbare verontreinigingen in het organische deel blijven echter niet volledig achter in de bodem. Een deel wordt opgenomen door de planten, waarvan de resten later weer als compost op het land belanden, waarna de cyclus opnieuw begint. In het BOOM is daarvoor gecorrigeerd. De toegestane hoeveelheden zware metalen zouden uitgaande van een bepaalde samenstelling van compost, de toegestane dosering en een bepaalde opname door het gewas (akkerbouw) in principe accumulatie van zware metalen in de bodem moeten voorkomen.

Gelet op het voorgaande is er in MER-LAP als uitgangspunt voor gekozen om uitsluitend die vracht die boven het BOOM uitkomt als emissie in rekening te brengen. Voor metalen waarvoor het BOOM geen normering kent is geen emissie naar de bodem in rekening gebracht. Een en ander is uitgewerkt in tabel 5.13. Relevant is nog dat niet duidelijk is welk deel van de laagwaardige toepassingen (normaal 40% en in de gevoeligheidsanalyses "laagw. verv." en hoogw. verv." respectievelijk 60% en 10%; zie tabel 9.1) op een stort terecht komt. Bij gebrek aan kennis is er vanuit gegaan dat de helft van deze laagwaardige toepassingen op de stort terecht komt<sup>25</sup> en dat de emissie naar de bodem van dat deel verwaarloosbaar is. In de tabel is in de rij "percentage dat bijdraagt" aangegeven welk deel van de geproduceerde compost niet op de stort komt en derhalve bijdraagt aan de emissies naar de bodem. De rest van de tabel is ingevuld door per component de totale hoeveelheid per ton gft-afval (tabel 2.1) verminderd met de emissie vóór zuivering naar water (tabel 9.10) en verminderd met de afvoer naar de AVI (tabel 9.11) na correctie voor de waarden van het BOOM te vermenigvuldigen met het "percentage dat bijdraagt".

---

<sup>25</sup> Van deze 40% aan resttoepassingen is in 2000 ongeveer 37% (ofwel ongeveer 15% van het totaal) op stortplaatsen terecht gekomen (AOO, 2001)

Tabel 5.13; Emissie naar de bodem door toepassing van de compost (mg/ton-gft-afval)

comp.	compost mg/kg d.s.		Boom	resulterende uitloging (mg/ton gft-afval)			
	normaal	andere samenstelling		normaal 80 %	hoogw. verv. 95 %	laagw. verv. 70 %	andere samenst. 80 %
As	5,37	7,28	25	0	0	0	0
Cd	0,45	0,63	2	0	0	0	0
Cr	75,77	75,77	200	0	0	0	0
Cu	43,60	43,60	300	0	0	0	0
Hg	0,17	0,17	2	0	0	0	0
Ni	12,77	43,14	50	0	0	0	0
Pb	162,21	338,69	200	0	0	0	24864
Zn	243,60	449,19	900	0	0	0	0

In het kader van de specifieke gevoeligheidsanalyse "correctie op streefwaarden" is bezien in hoeverre de hier gekozen beperkte toerekening van metaalvrachten naar de bodem de LCA-vergelijking beïnvloedt. Hiertoe is op basis van de berekende samenstelling van compost nu niet getoetst aan het BOOM maar aan de streefwaarden voor schone grond. Er is daarbij vanuit gegaan dat de effecten van het opbrengen van verontreinigingen alleen nadelig zijn wanneer deze de normale samenstelling overschrijdt, en om die reden is bij de emissies naar de bodem alleen rekening gehouden met de concentraties die boven de streefwaarden van schone grond uitkomen. Voor de betreffende streefwaarden is voor de metalen As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Sb en Zn aangesloten bij de circulaire streefwaarden en interventiewaarden bodemsanering (Stcrt. 2000, 39), na correctie van de gevonden samenstelling voor compost voor het gehalte aan organische stof. Hierbij is uitgegaan van een organisch stofgehalte van 36%, een lutum-gehalte van 2% (aanname) en een vochtgehalte in de ruwe compost van 46% (zie ook paragraaf 9.2). Voor Mn is de emissie naar de bodem geheel buiten beschouwing gelaten (dit komt in zo hoge concentraties in de natuur voor dat zelfs besloten is om voorlopig geen voorstel voor een interventiewaarde af te leiden; Stcrt. 2000, 39). Voor de overige componenten is de bijdrage van compost ongecorrigeerd in beeld gebracht (feitelijk is gekozen voor een streefwaarde van 0). In deze gevoeligheidsanalyse is tevens rekening gehouden met het opbrengen van een aantal specifieke organische componenten uit compost.

Tabel 5.14; Emissie naar de bodem door toepassing van de compost (mg/ton-gft-afval) in de gevoeligheidsanalyse "correctie op streefwaarden"

	compost mg/kg d.s.	gehanteerde correctiewaarde	resulterende uitloging (80%)
As	5,28	30,60	0
Ba	302,12	46,45	44953
Cd	0,13	1,20	0
Co	3,42	2,84	103
Cr	76,57	56,00	3617
Cu	32,21	38,40	0
Hg	0,17	0,27	0
Mn	304,51	alles	0
Mo	8,01	3,00	881
Ni	12,68	13,00	0
Pb	157,60	89,00	12061
Sb	3,26	3,00	46
Se	0,91	geen	160
Sn	4,55	6,11	0
V	16,73	geen	2942
Zn	223,62	113,00	19450
Cl	2622,61	geen	461117
F	118,05	geen	20756
SO <sub>4</sub>	3269,75	geen	1724701
ethanol (1)			3256
azijnzuur (1)			45584
propionzuur (1)			201872
boterzuur (1)			48840
valeriaanzuur (1)			81400
melkzuur (1)			32560

(1) Gebaseerd op metingen aan Biocel-compost (meetprogramma) en 407 kg compost per ton gft-afval

### 9.8.6 Vermeden emissies

Dit betreft vermeden emissies vanwege de vervanging van andere grondstoffen door de toepassing van compost en AVI-slakken.

#### *Slakken*

De geproduceerde slakken worden nuttig toegepast in de wegenbouw en vervangen daarbij de primaire grondstof zand. 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 Sima-Pro. Alleen het vermeden transport wordt nog separaat in rekening gebracht (zie tabel 9.5).

#### *Compost*

Er is sprake van vermeden emissies als gevolg van de toepassing van compost. Wordt er van uitgegaan dat de compost als veenvervanger dient, dan worden de emissies van veenwinning en -toepassing vermeden. Deze vermeden emissies worden als een negatieve milieu-ingreep toegerekend in de LCA-berekeningen. In de paragrafen over transport, energie en bedrijfsmiddelen zijn de hoeveelheden reeds gekwantificeerd voor de diverse uitwerkingen.

In (AOO, 2000b; tabel 10) is gegeven dat per ton vervangen veen (droge stof gehalte 27%) 550 kg CO<sub>2</sub> wordt vermeden. De vermeden CO<sub>2</sub>-emissie per ton gft-afval is dan zoals hieronder (tabel 9.16) weergegeven.

Tabel 9.16; vermeden CO<sub>2</sub>-emissie ingevolge veenvervanging per ton gft-afval

MATERIAAL	normaal	hoogw. verv.	laagw. verv.
vermeden veen (kg)	33,8	67,6	0
vermeden CO <sub>2</sub> (kg)	18,6	37,2	0

#### *Vermeden emissies bij kunstmestinzet*

De emissies die worden vermeden voor het vermijden van de productie van kunstmest worden verkregen via de standaard van de betreffende meststoffen. Transport en energie zijn in voorgaande paragrafen al separaat in rekening gebracht.

Op basis van de samenstelling (AOO, 2000b) van de vermeden hoeveelheden kunstmest (zie tabel 9.3) is tevens een inschatting te maken van de vermeden emissies naar de bodem door het vervangen van deze kunstmest. Op basis van de gegevens van KAS, TSP, Kali-60 en Dolokal (van Kiese-riet beschikken we niet over gegevens) leidt dat tot de volgende vermeden emissies naar de bodem.

Tabel 9.17; vermeden emissies naar bodem door vermeden kunstmest in mg per ton gft-afval

component	normaal	gevoeligheidsanalyses	
		hoogw. vervanging	laagw. vervanging
Cd	19,5	31,5	7,8
Cr	149,3	241,1	59,7
Cu	40,3	64,9	16,1
Ni	50,5	82,8	20,1
Pb	71,6	117,5	28,4
Zn	642,3	1030,5	255,9
Hg	0,1	0,1	0,0
As	20,0	41,4	8,0

## 9.9 Verwerkingskosten

De verwerkingskosten voor vergisting van gft-afval liggen in een range van 22 tot 45 Euro per ton gft-afval. DHV noemt een tarief van 39 Euro per ton gft-afval bij een schaalgrootte van 50 kton/jaar en een geoptimaliseerd Biocel proces (DHV, 1999).

### 9.10 Nadere opmerkingen m.b.t. de gevolgde aanpak

Evenals bij de uitwerking van de verschillende andere verwerkingsopties is als aanpak om de balansen sluitend te krijgen gekozen voor om dat niet ontwijkt naar bodem, lucht, water of in andere reststoffen (slakken, vliegias) terecht komt toe te rekenen aan de compost. Ook in dit geval is echter een alternatieve aanpak voor het inschatten van de kwaliteit van de compost, het uitgaan van beschikbare meetgegevens. Bij het meetprogramma GFT zijn bij de Biocel-installatie zowel het gft-afval als de compost geanalyseerd (DHV, 1998; DHV, 1999).

Net als is gedaan in de paragrafen 5.10 en 8.9 dienen ook hier echter een aantal kanttekeningen te worden geplaatst bij die aanpak.

- Allereerst dient te worden opgemerkt dat de samenstelling van het gft-afval zoals dat bij de Biocel-installatie is geanalyseerd tijdens het meetprogramma niet geheel overeen komt met het afval waarvan in dit MER wordt uitgegaan. Dit betekent dus dat er sowieso een correctie plaats zou moeten vinden om de uitwerking vergelijkbaar te houden met den uitwerking van de andere verwerkingsopties.
- Een tweede kanttekening is dat voor lang niet alle componenten die in dit MER in beschouwing zijn genomen voldoende gegevens beschikbaar zijn van hun voorkomen in compost, zodat sowieso niet voor alle beschouwde componenten op metingen teruggevallen kan worden
- Het meest cruciaal is echter de constatering dat zowel in de gft-metingen als in de metingen aan de vergistingscompost enorm grote spreiding is aangetroffen. Ter illustratie vermelden we hier bijvoorbeeld voor de gft metingen (alles in mg/kg d.s.)
  - voor Cr een gehalte van 11 in een bandbreedte van 3 (27%) tot 27 (245%),
  - voor Pb een gehalte van 29 in een bandbreedte van 4 (14%) tot 98 (362%), en
  - voor Zn een gehalte van 73 in een bandbreedte van 14 (19%) tot 168 (230%)Voor de compost is de variatie iets kleiner, ondanks dat daar zowel vanuit het meetprogramma als door Arcadis Heidemij aan is gemeten (met wisselende uitkomst). Ter illustratie weer (op basis van de data van het meetprogramma)
  - voor Cr een gehalte van 18 in een bandbreedte van 14 (77%) tot 22 (122%)
  - voor Pb een gehalte van 44 in een bandbreedte van 29 (66%) tot 55 (125%), en
  - voor Zn een gehalte van 147 in een bandbreedte van 109 (74%) tot 240 (164%)

Uit het voorgaande blijkt in ieder geval dat het vrijwel onmogelijk is om te weten welke uitgangssamenstelling hoort bij welke ingangssamenstelling door fluctuaties in het aanbod en door vermenging van verontreinigingen tijdens het proces. Het is in ieder geval niet te doen om een balans op deze wijze goed te laten sluiten en te zorgen dat toevallige meetresultaten niet opeens een positief danwel juiste een negatief effect hebben op de score van een verwerkingsoptie in vergelijking met andere verwerkingsopties. Om die reden is ook voor deze verwerkingsoptie uitgegaan van de aanpak zoals hiervoor beschreven.

Teneinde inzicht te krijgen in de verhouding van de in dit MER berekende verontreinigingsgraad van de compost en de gemeten compostsamenstelling is de gemeten compostsamenstelling uit het meetprogramma omgerekend naar een ton compost (correctie voor het in het Meetprogramma vastgestelde d.s.-gehalte) en vervolgens gecorrigeerd voor de verschillen in samenstelling in gft-afval tussen het Meetprogramma en dit MER (d.w.z. de gemiddelde gft-samenstelling uit het meetprogramma in relatie tot de samenstelling van tabel 2.1). Ten aanzien van de verontreiniging van de compost blijkt dat de gemeten compostsamenstelling voor de meeste metalen iets minder verontreinigd is dan de samenstelling die op basis van de in dit MER gevolgde aanpak. Voor bijvoorbeeld de metalen As, Cr, Ni, Pb en Zn is verontreinigingsgraad van de compost respectievelijk 73%,

69%, 62%, 89% en 62% van de op basis van dit MER gevonden verontreinigingsgraad. Voor bijvoorbeeld Cu daarentegen blijken de metingen van het Meetprogramma juist toot een iets grotere verontreiniginggraad te leiden (118%). Kijkend naar deze verschillen kan in ieder geval worden geconstateerd dat deze alen ruimschoots vallen binnen de spreiding die zich ook bevindt in de gemeten gft- en compostsamenstellingen. De onnauwkeurigheid van de hier gevolgde aanpak is dus in ieder geval niet groter dan die meetwaarden en het baseren op sluitende balansen heeft in ieder geval als voordeel dat de vergelijking tussen de verschillende verwerkingsopties zo eerlijk mogelijk blijft.

Tenslotte wordt opgemerkt dat voor een aantal componenten de toegerekende emissie door gebruik compost wegvalt tegen de streefwaarde voor schone grond (zie tabel 9.15) zodat ook eventuele onnauwkeurigheden in de verontreinigingsgraad van de compost in veel gevallen wegvallen.

## BIJLAGE 1:

## OVERZICHTEN MILIEU-INGREPEN

Verwerkingstechniek: gescheiden inzamelen en composteren								
ASPECT		(specificatie)	INGREEP	Gevoeligheidsanalyses (a)				
				1 (b)	2 (c)	3 (d)	4 (e)	5 (f)
1.	Ruimtebeslag (m <sup>2</sup> jaar)	compost-inr. AVI stort residu stort vliegas stort rgrr	0,78 0,001 0,8 1,2*e-3 0,7*e-3	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal
2.	Transport in tkm (ton/vracht)	gft-afval (* compost residu naar stort residu naar AVI AVI-bedrijfsd. kalk (as) (water) AVI-slak AVI-vliegas AVI-rgrr afdekzand (as) (water)	35 (28) 20,4 (25) 2,8 (10) 1,13 (10) 0,003 (10) 0,001 (10) 0,02 (-) 0,11 (10) 0,02 (10) 0,003 (10) 0,001 (20) 0,002 (-)	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal
3.	Energiegebruik	compost-inr. AVI (electr.) stort residu opbr. compost	32 kWh 3,9 kWh 4,8 MJ 19 MJ	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal
4.	Bedrijfsmiddelen	water houtchips kalk (Ca(OH) <sub>2</sub> ) NaOH (20%) NH <sub>4</sub> OH (25%) cement big-bag PE-hoes zand	184 kg 8,5 kg 29 g 14 g 28 g 12 g 0,17 g 0,07 g 38 g	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal
5.	Emissie lucht (alles in kg)	CH <sub>4</sub> NH <sub>3</sub> N <sub>2</sub> O	2,4 kg 0,2 kg 96 g	als normaal	als normaal	als normaal	2,4 kg 0,2 kg 960 g	als normaal
	(alles in mg)	As Ba Cd Co Cr Cu Hg Mn Mo Ni Pb Sb Se Sn V Zn Cl F SO <sub>2</sub>	0,007 0,105 0,273 0,030 0,203 1,451 0,042 0,862 0,011 0,139 1,260 0,037 0,002 0,009 0,151 3,075 79,612 13,893 34,156	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal



Verwerkingstechniek: gescheiden inzamelen en composteren								
ASPECT		(specificatie)	INGREEP	Gevoeligheidsanalyses (a)				
				1 (b)	2 (c)	3 (d)	4 (e)	5 (f)
	(alles in g)	NOx	16,15	als	als	als	als	als
		NH3	0,81	normaal	normaal	normaal	normaal	normaal
		CO	5,38					
		CxHy	1,35					
		Dioxines	1,35E-08					
		fijn stof	0,82					
6.	Emissie water (alle in mg)	CZV	127680	127680	als	als	als	als
		BZV	30027,6	30027,6	normaal	normaal	normaal	normaal
		N	31640,6	31640,6				
		S	4788	4788				
		anorg. rest	1140000	1140000				
		Cl	90060	90060				
		P	291,39	291,39				
		Mg	10371,1	10371,1				
		Cu	0,95	0,95				
		Cr	0,83	0,83				
		Zn	50,72	90,62				
		Pb	1,91	3,91				
		Cd	0,14	0,14				
		Ni	2,50	8,21				
		Hg	0,002	0,002				
		As	0,91	1,24				
7.	Emissie bodem (mg)  <i>het betreft hier de som van emissies t.g.v. het gebruik van compost en emissies via de AVI-reststoffen</i>	Ba	0,00	0,00	als	als	als	44617,5
		Co	0,00	0,00	normaal	normaal	normaal	102,31
		Cr	0,12	0,12				3619
		Cu	1,17	1,17				1611,8
		Mn	0,70	0,70				0,70
		Mo	0,45	0,45				859,3
		Pb	1,02	25386,31				14499,7
		Sb	0,25	0,25				82,15
		Se	0,00	0,00				160,00
		V	0,00	0,00				3175,8
		Zn	2,48	2,48				25554,1
		Cl	1367,34	1367,34				668684,1
		F	0,38	0,38				20778,7
		SO4	379,12	379,12				17152628
		ethanol	0	0				11264
		azijnzuur	0	0				7040
		propionzuur	0	0				7040
		boterzuur	0	0				7040
		valeriaanzuur	0	0				7040
		melkzuur	0	0				7040
8.	Finaal afval / te storten rest	vliegias	174 g	als	als	als	als	als
		rgrr	51 g	normaal	normaal	normaal	normaal	normaal
		residu nabeh.	80,1 kg					
9.	Vermeden transport in tkm (ton/vracht)	zand (as)	0,05 (20)	als	0,05	0,05	als	als
		(water)	0,07 (-)	normaal	0,07	0,07	normaal	normaal
		veen	103 (28)		146	59		
		kunstmest	0,16 (10)		0,26	0,13		
10.	Vermeden energie	verbr. residu	32,4 kWh	als	32,4	32,4	als	als
		winnen veen	12,4 MJ	normaal	17,5	7,1	normaal	normaal
		mengen veen	0,5 kWh		0,5	0,5		
		opbr. veen	6,2 MJ		8,8	3,5		
		opbr. kunstmest	0,1 MJ		0,2	0,1		

Verwerkingstechniek: gescheiden inzamelen en composteren								
ASPECT (specificatie)			INGREEP	Gevoeligheidsanalyses (a)				
				1 (b)	2 (c)	3 (d)	4 (e)	5 (f)
11.	Vermeden emissie lucht (mg)	CO <sub>2</sub>	56,7 kg	als normaal	80,3	32,5	als normaal	als normaal
12.	Vermeden emissie water	-	-	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal
13.	Vermeden emissie bodem	Cd	6,7 mg	als	10,7	5,4	als	als
		Cr	49,2 mg	normaal	79,5	39,8	normaal	normaal
		Cu	16,9 mg		27,1	13,6		
		Ni	20,4 mg		32,7	16,5		
		Pb	36,5 mg		58,1	29,3		
		Zn	260,1 mg		417,2	209,3		
		Hg	0,0 mg		0,1	0,0		
		As	11,8 mg		19,0	9,8		
14.	Vermeden bedrijfsmiddelen	KAS	0,18 kg	als	0,29	0,15	als	als
		TSP	0,21 kg	normaal	0,34	0,17	normaal	normaal
		Kali-60	0,41 kg		0,65	0,33		
		Kieseriet	0,17 kg		0,28	0,14		
		Dolokal	1,20 kg		1,91	0,96		
		zand	1,48 kg		1,48	1,48		
15.	Overig	afvalwater (**)	114 kg	als normaal	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 "hoogwaardige vervanging"
- (d) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "laagwaardige vervanging"
- (e) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "geen N<sub>2</sub>O-afbraak"
- (f) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "correctie op streefwaarden"
- (\*) Tevens aanvoer gft-afval met 7,5 ton per vracht bezien (gevoeligheidsanalyse "kleinschalig transport")
- (\*\*) Koppeën aan ontwikkelde proceskaart "afvalwaterzuivering"

Verwerkingstechniek: integraal inzamelen en naar een AVI					
ASPECT		(specificatie)	INGREEP	Gevoeligheidsanalyses (a)	
				1 (b)	2 (c)
1.	Ruimtebeslag (m <sup>2</sup> jaar)	AVI	0,044	0,044	als
		stort vliegas	0,136	0,136	normaal
		stort rgr	0,024	0,058	
2.	Transport in tkm (ton/vracht)	gft-afval	40 (28)	40	als
		AVI-slak	12,5 (10)	12,5	normaal
		AVI-vliegas	1,73 (10)	1,73	
		AVI-rgr	0,086 (10)	0,206	
		zand (as)	0,045 (20)	0,108	
		(water)	0,065 (-)	0,155	
		bedrijfsm. AVI	0,150 (10)	0,150	
		kalk (as)	0,036 (10)	0,116	
		(water)	0,428 (-)	0,140	
3.	Energiegebruik	AVI (electr.)	50 kWh	50	als
		stort vliegas	0,07 kWh	0,07	normaal
		stort vliegas	1,16 MJ	1,16	
		stort rgr	0,18 MJ	0,43	
4.	Bedrijfsmiddelen	kalk (Ca(OH) <sub>2</sub> )	714 g	2329	als
		NaOH (50%)	1800 g	1800	normaal
		NH <sub>4</sub> OH (25%)	196 g	196	
		actief kool	30 g	30	
		cement	1330 g	1330	
		big-bag	5,7 g	13,6	
		PE-hoes	2,3 g	5,36	
		zand	1297 g	3092	
5.	Emissie lucht (alles in mg)	As	0,87	1,18	als
		Ba	46,48	46,48	normaal
		Cd	0,78	0,98	
		Co	0,56	0,56	
		Cr	12,32	12,32	
		Cu	8,40	8,40	
		Hg	1,20	1,20	
		Mn	47,60	47,60	
		Mo	1,23	1,23	
		Ni	2,13	7,00	
		Pb	27,16	55,44	
		Sb	0,59	0,59	
		Se	0,14	0,14	
		Sn	0,70	0,70	
		V	2,91	2,91	
		Zn	42	75,04	
		Cl	1920	6080	
		F	1300	1300	
		SO <sub>2</sub>	4320,22	4320,22	
		NO <sub>x</sub>	113904	113904	
		NH <sub>3</sub>	5695	5695	
		CO	37968	37968	
		CxHy	9492	9492	
		TCDD TEQ	9,49E-05	9,49E-05	
		fijn stof	5890	5957	
6.	Emissie water	-	-	-	-

Verwerkingstechniek: integraal inzamelen en naar een AVI					
ASPECT		(specificatie)	INGREEP	Gevoeligheidsanalyses (a)	
				1 (b)	2 (c)
7.	Emissie bodem (alles in mg)  <i>Dit betreft de som van emissies t.g.v. de stort van vlieg-as en de nuttige toepassing van slak</i>	As	0,70	0,95	als normaal
		Ba	46,59	46,59	
		Cd	0,00	0,00	
		Co	0,56	0,56	
		Cr	9,94	9,94	
		Cu	6,78	6,78	
		Hg	0,00	0,00	
		Mn	38,40	38,40	
		Mo	52,67	52,67	
		Ni	1,72	5,65	
		Pb	21,91	44,72	
		Sb	4,07	4,07	
		Se	0,22	0,22	
		Sn	0,56	0,56	
		V	3,49	3,49	
		Zn	33,88	60,53	
		Cl	32976	104424	
F	42,90	42,90			
SO4	47950,92	47950,92			
8.	Finaal afval / te storten rest	vlieg-as	19,3 kg	19,3	als normaal
		rgrr	1,73 kg	4,12	
		actief kool	30 g	30	
9.	Vermeden transport in tkm (ton/vracht)	zand (as) (water)	5,83 (20) 8,34 (-)	als normaal	als normaal
10.	Vermeden energie	AVI	0 kWh	als normaal	231
11.	Vermeden emissie lucht (mg)	-	-	als normaal	als normaal
12.	Vermeden emissie water	-	-	als normaal	als normaal
13.	Vermeden emissie bodem	-	-	als normaal	als normaal
14.	Vermeden bedrijfsmiddelen	zand	166,7 kg	als normaal	als normaal
15.	Overig	-	-	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 "toch toerekenen energie"

Verwerkingstechniek: vergassen/bijstoken								
ASPECT		(specificatie)	INGREEP	Gevoeligheidsanalyses (a)				
				1 (b)	2 (c)	3 (d)	4 (e)	5 (f)
1.	Ruimtebeslag (m <sup>2</sup> jaar)	installatie stort assen	0,023 0	als normaal	0,023 1,791	als normaal	als normaal	als normaal
2.	Transport in tkm (ton/vracht)	gft-afval bodemas filteras vlieg-as-ESP NH <sub>4</sub> OH (25%) gips kalk (as) (water) dolomiet	40 (28) (*) 22,16 (10) 21,61 (10) 11,63 (10) 0,01 (10) 0,025 (10) 0,05 (10) 0,58 (-) 0,35 (20)	40 22,16 21,61 11,63 0,01 0,025 0,12 1,45 0,35	40 9,6 9,36 5,04 0,01 0,025 0,05 0,58 0,35	40 22,16 21,61 11,63 0,02 0,025 0,05 0,58 0,35	als normaal	als normaal
3.	Energiegebruik	koude start logistiek stort as	8,4 MJ 60 MJ 0 MJ 0 kWh	als normaal	8,4 60 16,1 0,96	als normaal	als normaal	als normaal
4.	Bedrijfsmiddelen	dolomiet NH <sub>4</sub> OH (25%) cement kalk (Ca(OH) <sub>2</sub> )	4,67 kg 0,163 kg 0 kg 0,965 kg	4,67 0,163 0 2,418	4,67 0,163 18,5 0,965	4,67 0,261 0 0,967	als normaal	als normaal
5.	Emissie lucht ( <b>alles in mg</b> ) <i>Dit betreft de som van emissies t.g.v. de vergassing/E-centrale en van de inzet van de assen in een cementoven</i>	As Ba Cd Co Cr Cu Hg Mn Mo Ni Pb Sb Se Sn V Zn Cl F SO <sub>2</sub> NO <sub>x</sub> NH <sub>3</sub> CO C <sub>x</sub> H <sub>y</sub> TCDD TEQ fijn stof	1,47 78,96 1,44 0,95 20,93 14,27 15,32 80,86 2,09 3,62 46,14 1,00 0,24 1,19 4,95 71,35 48768 1495,00 38575,4 94920 3797 18984 4746 1,90E-05 19597	2,00 78,96 1,81 0,95 20,93 14,27 15,32 80,86 2,09 11,89 94,18 1,00 0,24 1,19 4,95 127,48 154432 1495,00 38575,4 94920 3797 18984 4746 1,90E-05 19663	0,86 46,02 0,70 0,55 12,20 8,32 15,20 47,12 1,22 2,11 26,89 0,58 0,14 0,69 2,88 41,58 47040,14 1300,00 38002,17 94920 3797 18984 4746 1,90E-05 19597	0,66 35,50 0,82 0,43 9,41 6,42 7,72 36,36 0,94 1,63 20,74 0,45 0,11 0,53 2,22 32,08 48768,00 520,00 38575,44 37968 759 18984 4746 1,90E-05 19408	als normaal	als normaal
6.	Emissie water	CZV BZV Cl	560 g 132 g 625 g	560 132 1979	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal

Verwerkingstechniek: vergassen/bijstoken								
ASPECT		(specificatie)	INGREEP	Gevoeligheidsanalyses (a)				
				1 (b)	2 (c)	3 (d)	4 (e)	5 (f)
7.	Emissie bodem (alles in mg)	As	0	als normaal	1,23	als normaal	als normaal	0,62
		Ba	0		131,78			32,94
		Cd	0		0,15			0,96
		Co	0		1,59			0,40
		Cr	0		17,46			8,73
		Cu	0		11,91			5,95
		Hg	0		0,00			0,02
		Mn	0		67,48			33,74
		Mo	0		92,56			0,87
		Ni	0		3,02			1,51
		Pb	0		38,50			19,25
		Sb	0		0,83			0,42
		Se	0		1,59			0,10
		Sn	0		0,99			7,94
		V	0		12,38			2,06
		Zn	0		59,54			29,77
		Cl	0		9216			144
F	0		175,50			9,75		
SO4	0		18937			860,8		
8.	Finaal afval / te storten rest	assen	0 kg	als normaal	267,7	als normaal	als normaal	als normaal
9.	Vermeden transport in tkm (ton/vracht)	gips	0,11 (10)	als normaal	als normaal	als normaal	0,07	als normaal
		kalk (as)	0,07 (10)				0,04	
		(water)	0,79 (-)				0,50	
		as E-centrale	8,34 (10)				4,98	
	kolen	22,2 (16)				14,12		
10.	Vermeden energie	stoken gas	365 kWh	als normaal	als normaal	als normaal	233	als normaal
11.	Vermeden emissie lucht (mg)	-	-	-	-	-	-	-
12.	Vermeden emissie water	-	-	-	-	-	-	-
13.	Vermeden emissie bodem	-	-	-	-	-	-	-
14.	Vermeden bedrijfsmiddelen	kalksteenmeel	184,67 kg	als normaal	0	als normaal	184,67	als normaal
		kalk (Ca(OH) <sub>2</sub> )	1,31 kg		1,31		0,83	
15.	Overig	sec. gips	720 g	als normaal	als normaal	als normaal	720	als normaal
		ver. sec gips	3157 g				2004	
		afvalwater	400 kg (**)				400	

- (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 "toch storten"
- (d) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "balans volgens Meij"
- (e) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "minder energierendement"
- (f) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "toch uitloging"
- (\*) Tevens aanvoer gft-afval met 7,5 ton per vracht bezien (gevoeligheidsanalyse "kleinschalig transport")
- (\*\*) Koppelen aan ontwikkelde proceskaart "afvalwaterzuivering"

<b>Verwerkingstechniek: scheiden + vergisten + verbranden</b>					
<b>ASPECT</b>		<b>(specificatie)</b>	<b>INGREEP</b>	<b>Gevoeligheidsanalyses (a)</b>	
				<b>1 (b)</b>	<b>2 (c)</b>
1.	Ruimtebeslag (m <sup>2</sup> jaar)	vergisting AVI (digestaat) stort vliegas stort rgr	0,13 0,01 0,08 0,025	0,93 0,01 0,08 0,058	als normaal
2.	Transport in tkm (ton/vracht)	gft-afval (*) RDF/digestaat zand/inert AVI-slak AVI-vliegas AVI-rgr zand (as) (water) kalk (as) (water) AVI bedrijfsm.	40 (28) 13,04 (10) 5,34 (10) 7,68 (10) 1,07 (10) 0,086 (10) 0,045 (20) 0,065 (-) 0,036 (10) 0,428 (-) 0,146 (10)	40 13,04 5,34 7,68 1,07 0,206 0,108 0,155 0,116 0,140 0,146	als normaal
3.	Energiegebruik	AVI (electr.) stort vliegas stort rgr	33 kWh 0,04 kWh 0,7 MJ 0,18 MJ	33 0,04 0,7 0,43	als normaal
4.	Bedrijfsmiddelen	Water Kalk (Ca(OH) <sub>2</sub> ) NaOH (50%) NH <sub>4</sub> OH (25%) Actief kool Cement Big-bag PE-hoes Afdekszand	250000 g 714 g 1800 g 143 g 31 g 820 g 5,7 g 2,3 g 1297 g	250000 2329 1800 143 31 820 13,6 5,36 3092	als normaal
5.	Emissie lucht (in mg, tenzij)	As Ba Cd Co Cr Cu Hg Mn Mo Ni Pb Sb Se Sn V Zn Cl F SO <sub>2</sub> NO <sub>x</sub> (gram) NH <sub>3</sub> (gram) CO (gram) CxHy (gram) TCDD TEQ fijn stof (gram)	0,87 46,48 0,77 0,56 12,29 8,38 1,20 47,60 1,23 2,13 26,90 0,59 0,14 0,70 2,91 41,39 1920,00 1300,00 4320,13 82,90 4,14 27,63 6,91 6,91E-05 4,34	1,17 46,48 0,97 0,56 12,29 8,38 1,20 47,60 1,23 7,00 55,18 0,59 0,14 0,70 2,91 74,43 6080,30 1300,00 4320,13 82,90 4,14 27,63 6,91 6,91E-05 4,41	als normaal

Verwerkingstechniek: scheiden + vergisten + verbranden					
ASPECT		(specificatie)	INGREEP	Gevoeligheidsanalyses (a)	
				1 (b)	2 (c)
6.	Emissie water (alles in mg)	CZV BZV NKj P Pb Cu Zn Cd Cr As	37000 5700 63750 2300 34 2,4 219 0,35 4,1 0,75	als normaal	als normaal
7.	Emissie bodem (alles in mg) <i>Dit betreft de som van emissies t.g.v. de stort van vliegas en de nuttige toepassing van slak</i>	As Ba Cd Co Cr Cu Hg Mn Mo Ni Pb Sb Se Sn V Z Cl F SO4	0,70 46,59 0,00 0,56 9,92 6,76 0,00 38,40 52,67 1,72 21,70 4,07 0,22 0,56 3,49 33,38 32976 42,90 47950,92	0,95 46,59 0,00 0,56 9,92 6,76 0,00 38,40 52,67 5,65 44,51 4,07 0,22 0,56 3,49 60,04 104424 42,90 47950,92	als normaal
8.	Finaal afval / te storten rest	vliegas rgrr	11,9 kg 1,73 kg	11,9 4,12	als normaal
9.	Vermeden transport in tkm (ton/vracht)	zand (as) (water)	9,36 (20) 13,37 (-)	als normaal	
10.	Vermeden energie	biogas AVI	97 kWh 67 kWh	als normaal	97 166,7
11.	Vermeden emissie lucht (mg)	-	-	-	-
12.	Vermeden emissie water	-	-	-	-
13.	Vermeden emissie bodem	-	-	-	-
14.	Vermeden bedrijfsmiddelen	zand	267,4 kg	als normaal	als normaal
15.	Overig	afvalwater (**)	250 kg	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 "toch toerekenen energie"
- (\*) Tevens aanvoer gft-afval met 7,5 ton per vracht bezien (gevoeligheidsanalyse "kleinschalig transport")
- (\*\*) Koppelen aan ontwikkelde proceskaart "afvalwaterzuivering"





Verwerkingstechniek: gescheiden inzamelen en vergisten										
ASPECT		(specificatie)	INGREEP	Gevoeligheidsanalyses (a)						
				1 (b)	2 (c)	3 (d)	4 (e)	5 (f)	6 (g)	7 (h)
5.	Emissie lucht (mg, tenzij)	CH4 (gram)	1100	als normaal	als normaal	als normaal	1100	1100	1100	
		NH3 (gram)	2,3				2,3	2,3	2,3	
		N2O (gram)	46				46	46	460	
		NOx (gasmotor)	180000				240000	96000	180000	
		SO2 (gasmotor)	10700				14300	5700	10700	
		As	0,014				0,014	0,014	0,014	
		Ba	0,105				0,105	0,105	0,105	
		Cd	0,641				0,641	0,641	0,641	
		Co	0,048				0,048	0,048	0,048	
		Cr	0,456				0,456	0,456	0,456	
		Cu	3,380				3,380	3,380	3,380	
		Hg	0,082				0,082	0,082	0,082	
		Mn	1,268				1,268	1,268	1,268	
		Mo	0,011				0,011	0,011	0,011	
		Ni	0,236				0,236	0,236	0,236	
		Pb	2,811				2,811	2,811	2,811	
		Sb	0,088				0,088	0,088	0,088	
		Se	0,002				0,002	0,002	0,002	
		Sn	0,009				0,009	0,009	0,009	
		V	0,355				0,355	0,355	0,355	
		Zn	6,775				6,775	6,775	6,775	
Cl	161,43				161,43	161,43	161,43			
F	15,29				15,29	15,29	15,29			
SO2	38,34				38,34	38,34	38,34			
NOx	34628				34628	34628	34628			
NH3	1731				1731	1731	1731			
CO	11543				11543	11543	11543			
CxHy	2886				2886	2886	2886			
TCDD TEQ	2,89E-05				2,89E-05	2,89E-05	2,89E-05			
fijn stof	1747,68				1747,68	1747,68	1747,68			

<b>Verwerkingstechniek: gescheiden inzamelen en vergisten</b>										
<b>ASPECT</b>		<b>(specificatie)</b>	<b>INGREEP</b>	<b>Gevoeligheidsanalyses (a)</b>						
				<b>1 (b)</b>	<b>2 (c)</b>	<b>3 (d)</b>	<b>4 (e)</b>	<b>5 (f)</b>	<b>6 (g)</b>	<b>7 (h)</b>
6.	Emissie water ( <b>alles in mg</b> )	CZV	202740	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal
		BZV	19697							
		NKj	94860							
		Cl	306900							
		P	7700							
		Pb	26							
		Cu	12							
		Zn	376							
		Cd	1							
		Cr	17							
		As	12							

Verwerkingstechniek: gescheiden inzamelen en vergisten											
ASPECT		(specificatie)	INGREEP	Gevoeligheidsanalyses (a)							
				1 (b)	2 (c)	3 (d)	4 (e)	5 (f)	6 (g)	7 (h)	
7.	Emissie bodem (mg)  <i>het betreft hier de som van emissies t.g.v. het gebruik van compost en emissies via de AVI-reststoffen</i>	As	0,00	0,00	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal	0,00	
		Ba	0,00	0,00							44952,69
		Cd	0,00	0,00							0,00
		Co	0,00	0,00							102,54
		Cr	0,28	0,28							3617,64
		Cu	2,73	2,73							2,73
		Hg	0,00	0,00							0,00
		Mn	1,02	1,02							1,02
		Mo	0,45	0,45							880,98
		Ni	0,14	0,14							0,14
		Pb	2,27	24866,62							12063,09
		Sb	0,59	0,59							46,37
		Se	0,00	0,00							160,00
		Sn	0,00	0,00							0,00
		V	0,43	0,43							2942,27
		Zn	5,47	5,47							19455
		Cl	2772,59	2772,59							463890
		F	0,41	0,41							20756
		SO2/SO4	425,54	425,54							1725126
		ethanol	0	0							3256
mekzuur	0	0							45584		
aijnzuur	0	0							201872		
propionzuur	0	0							48840		
boterzuur	0	0							81400		
valeriaanzuur	0	0							32560		
8.	Finaal afval / te storten rest	stort vliegas rgr	319 g 99 g	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal	
9.	Vermeden transport in tkm (ton/vracht)	zand (as)	0,1 (20)	als normaal	0,1	0,1	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal	
		(water)	0,14 (-)		0,14	0,14					
		veen	33,8 (28)		33,8	0					
		kunstmest	0,33 (10)		0,54	0,13					

Verwerkingstechniek: gescheiden inzamelen en vergisten										
ASPECT		(specificatie)	INGREEP	Gevoeligheidsanalyses (a)						
				1 (b)	2 (c)	3 (d)	4 (e)	5 (f)	6 (g)	7 (h)
10.	Vermeden energie	biogas	146 kWh	als normaal	146	146	194	78	als normaal	als normaal
		AVI	69,6 kWh		69,6	69,6	69,6	69,6		
		winnen veen	4,1 MJ		8,1	0	4,1	4,1		
		opbr. veen	2 MJ		4,1	0	2	2		
		opbr. kunstmest	0,3 MJ		0,43	0,1	0,3	0,3		
11.	Vermeden emissie lucht (mg)	CO <sub>2</sub> (veen)	18,6 kg	als normaal	37,2	0	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal
12.	Vermeden emissie water	-	-	-	-	-	-	-	als normaal	als normaal
13.	Vermeden emissie bodem	Cd	19,5	als normaal	31,5	7,8	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal
		Cr	149,3		241,1	59,7				
		Cu	40,3		64,9	16,1				
		Ni	50,5		82,8	20,1				
		Pb	71,6		117,5	28,4				
		Zn	642,3		1030,5	255,9				
		Hg	0,1		0,1	0,0				
As	20,0		41,4	8,0						
14.	Vermeden bedrijfsmiddelen	KAS	0,30 kg	als normaal	0,64	0,12	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal
		TSP	0,65 kg		1,05	0,26				
		Kali-60	0,76 kg		1,21	0,30				
		Kieseriet	0,33 kg		0,52	0,14				
		Dolokal	2,37 kg		3,76	0,94				
		zand	2800 g		2800	2800				
15.	Overig	afvalwater (**)	186 kg	als normaal	als normaal	als normaal	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 "hoogwaardige vervanging"
- (d) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "laagwaardige vervanging"
- (e) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "meer biogas"
- (g) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "minder biogas"
- (h) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "geen N<sub>2</sub>O-afbraak"
- (i) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "correctie op streefwaarden"
- (\*) Tevens aanvoer gft-afval met 7,5 ton per vracht bezien (gevoeligheidsanalyse "kleinschalig transport")

(\*\*) Koppelen aan ontwikkelde proceskaart "afvalwaterzuivering"

## BIJLAGE 2

## LITERATUUR

Afvalzorg, Noord-Holland 1997.  
Brandstoffen uit reststromen voor circulerend wervelbedvergassing. Rapportage 1, versie juli 1997.

Afvalzorg, Noord-Holland 1998.  
Brandstoffen uit reststromen voor circulerend wervelbedvergassing. Rapportage 2, versie september 1998.

AOO, 2000  
Afvalverwerking in Nederland gegevens 1999, Werkgroep Afvalregistratie, juli 2000, rapportnr. AOO 2000-11 of VVAV00007IR.R

AOO, 2000b.  
Waarde en methodiekbepaling Milieurendement gft-compost. Afval Overleg Orgaan rapport AOO 200-09, Utrecht, juni 2000.

AOO, 2001  
Afvalverwerking in Nederland gegevens 2000, Werkgroep Afvalregistratie, juli 2001, rapportnr. AOO 2001-04 of VVAV01006IR.R

Amstelland, 1997.  
Decentrale Energieconversie biomassa Amstelland. De haalbaarheid van decentrale energiebenutting uit groenafval in de gemeente Amstelveen e.o. Rapport uitgegevens door Nutsbedrijf Amstelland met cofinanciering van Novem-EWAB, oktober, 1997.

Arcadis, 2000.  
Rapport energie uit biomassa-component van ONF, rapportage aan AOO, d.d. 19 januari 2001.

BOOT, 2001.  
Tarievenwijzer afvalstoffenbestemmingen, supplement 2001. Uitgegeven door BOOT organiserend ingenieursbureau, Veenendaal.

BTG, 1994.  
Voorstudie naar de samenstelling en eigenschappen van Nederlands GFT-afval. BTG (Biomass Technology Group B.V.) rapport, ongecodeerd, Enschede, april 1994.

BVOR, 1998.  
Profiel (doelstellingen en activiteiten). Uitgave van de Belangenvereniging voor Verwerkingsbedrijven van Organische Reststoffen. Apeldoorn, mei 1998.

BVOR, 2001.  
Persoonlijke communicatie per brief, juni 2001.

CBS, 2000.  
Dierlijke mest, Productie van mest en ebschikbare hoeveelheid mineralen, CBS internetsite d.d. 20 maart 2000. <http://www.cbs.nl/nl/cijfers/kercijfers/lmi0038a.htm>



CE, 1999.

Beperking van emissies naar lucht bij conversie van biomassa naar elektriciteit en warmte. CE rapport 99.5476.09, april, mei 1999.

CE, 2000.

Emissies uit bijstoken, verbranden en vergassen van niet gevaarlijk afvalstromen. CE rapport, Delft.

CREM, 1999.

Gft-afval: composteren versus nascheiden en vergisten. CREM rapport nr. 99.327, Amsterdam, mei 1999.

DHV, 1998.

Meetrapport meetprogramma GFT-verwerkingsinstallaties SMB, SOW/CAW en Arcadis. DHV Eindrapport in opdracht van ministerie VROM, registratienummer ML-TE980851, november 1998.

DHV, 1999.

Eindevaluatierapport meetprogramma GFT-verwerkingsinstallaties SMB, SOW/CAW en Arcadis. DHV Eindrapport in opdracht van ministerie VROM, registratienummer ML-TE981217, januari 1999.

DHV, Kwaliteitsonderzoek groencompost, Meetrapport (nulmeting), februari 1998., Rapport K0964-83-004.

ENCI.

Vergunning aanvraag voor bijstoken van secundaire brandstoffen.

Essent, 1999.

Persoonlijke communicatie, de heer Remmers (Essent).

Essent, 2001a.

Persoonlijke communicatie, de heer Brethouwer (Essent-VAM).

Essent, 2001b.

Persoonlijke communicatie, de heer Haasnoot (Essent, Cuijk)

G.J. de Weerd, 1995.

Vergelijking van 3 verwerkingsprocessen voor GFT afval. Vergassing en vergisting t.o.v. compostering. Afstudeerverslag Universiteit Twente, werktuigbouwkunde, november 1995.

Haskoning, 1998

Anaerobe vergisting GFT-afval demonstratieproject, programma EWAB. Samenwerkingsverband Midden-Brabant. Haskoning rapport E1026.A0/R005/HBA/GR, 18 november 1998.

IBN-DLO, 1998.

Groenrestproducten uit het gemeentelijk groen. Instituut voor bos-en Natuuronderzoek, Vereniging stadswerk Nederland, IBN rapport 366, ISSN-0928-6888.

IPH, 1998.

GFT, hoe staat het ermee. Hoeveelheid en kwaliteit ingezameld GFT-afval, stand van zaken 1998. Informatiecentrum Preventie&Hergebruik (IPH) rapport IPH 98-01, Utrecht, april 1998.

KEMA, 1995.

Garantiemetingen bij HVC

KEMA, 1996.

Milieu-effectrapport Houtvergassing bij eenheid 9 Amercentrale te Geertruidenberg. KEMA rapport 64434-KES/MAd 96-3006. In Opdracht van EPZ.

KEMA, 1997.

Milieu Aspecten Studie van de bio energie centrale van de NV PNEM te Cuijk.

KEMA rapport 65530-KST/MVC 97-3039 in opdracht van NV PNEM, september 1997.

KEMA, 2001b.

Levenscyclusanalyse van GFT-afval: composteren versus voorvergassing in een voorgeschakelde vergassingsreactor, fase 1: gegevensverzameling. KEMA rapport, in bewerking.

KEMA, 1999.

Rapportage over de analyse van de onderhoudskosten van kolencentrales., KEMA rapport 99530046-KPS/TPE 99-3081.

KEMA, 2000a.

Uitwerking van het begrip energetisch rendement voor beleidstoepassingen, EWAB, 2EWAB-01-03

KEMA, 2000b.

Een Life Cycle Cost Management analyse van vijf verwerkingstechnieken voor GFT. KEMA rapport 99560370-KPS/SEN 00-3019. In opdracht van elektriciteitsproductiebedrijven en Novem.

KEMA, 2000c.

LCA van drie thermische conversietechnieken: wervelbedverbranding, wervelbedvergassing en verbranding in een Torbed-reactor. KEMA rapport 030097-KPS/MEC 00-3022, april 2000.

KEMA, 2000 (B.H. te Winkel, C.A.J. Zwaag, A.J. Sarabèr en R. Meij).

Wervelbedverbranding en -vergassing. Verdeling van elementen en de gevolgen hiervan voor as-kwaliteit en emissies naar de lucht. Eerste fase. KEMA rapport, 50030190-KPS/MEC 00-6143. (niet openbaar)

KEMA, 2001 (B.H. te Winkel, R. Meij en A.J. Sarabèr).

Wervelbedverbranding en -vergassing. Verdeling van elementen en de gevolgen hiervan voor as-kwaliteit en emissies naar de lucht. Update eerste fase. KEMA rapport 50131073 -KPS/MEC 01-6082, (niet openbaar)

K+V, 1998.

Groen- en houtresten voor de bio-energiemarkt., Arnhem, mei 1998, K+V organisatie en adviesbureau b.v., Novem, EWAB rapport 9813.

Meij, R., 2000.

Trace elements emissions and leaching studies at Dutch Power stations. In CRC for Black Coal Utilisation, Research Symposium on Trace Elements & Fine Particle Emissions", 27 oktober 2000, Newcastle, Australië.

MER MJ- GA II

Inclusief bijlagenrapport.

MER Vagron, Hoofdrapport.

Eindrapportage projectnummer 3725.500.9694.F, 4 november 1997, uitgegeven door Gronmij Advies en Techniek, de Bilt.

Novem, 1997

Milieu aspecten productie en toepassing gft-compost. Novem rapport 9710, in het kader van Nationaal Onderzoekprogramma Hergebruik van afvalstoffen, augustus 1997.

Novem, 1999.

Arbo-aspecten van energiewinning uit biomassa afval. Rapport 9921.

Novem, 2001 (H., Erbrink, B. Stortelder en W. Ruijgrok).

Manual to calculate energy performance for policy applications. Novem Rapport 2EWAB01.05, februari 2001.

Oorthuys, F.M.L.J., L. Luning, A.J.F. Brinkhuis, B.A. Kamphuis, 1999 en 2001.

Realisatie en opstart van de scheidings- en vergistinginstallatie van VAGRON in Groningen. In "De markt voor energie uit afval en biomassa, EUROFORUM congres, 3-4 november, 1999, Nijmegen. Up-date in augustus 2001.

Paas, F.J., 1999.

Huisvuilinzameling in en rond het centrum. Raadsvoorstel gemeente Groningen. Gepresenteerd op Het GFT congres, Studiecentrum voor bedrijf en overheid, 16 december, Nijmegen

Regio Twente, 1996.

GFT-composteringsinrichting Boeldershoek. Uitbreiding met een groencomposteringsinstallatie. WM-vergunningaanvraag, mei 1996.

RIVM, 2000.

Ammoniakemissie door de doelgroep Land- en Tuinbouw, 1980-1999.

RIVM Internetsite, <http://www.rivm.nl:80/milieucompendium/C-82.html>, 30 november 2000.

Roos, P.C.,

Gescheiden inzameling van GFT-afval. Gepresenteerd op Het GFT congres, Studiecentrum voor bedrijf en overheid, 16 december, Nijmegen

Stercompost, 2001.

Persoonlijke communicatie, de heer E.C.B, Blankwater, d.d. 11 mei 2001

STOWA, 2000.

Groenresten in het waterbeheer. Uitgave van Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, rapport 2000-09, Utrecht, maart 2000.

Stromen, 2001.

Aanvoer blijft bottleneck biomassacentrales. Stromen, derde jaargang, nummer 11, 9 juni 2001.

TNO-MEP, 1997.

Emissievergelijking thermische benutting van biomassa. TNO-MEP rapport R 97/487, december 1997.

TNO-MEP, 2000.

EWAB Marsroutes, taak 1. Beschikbaarheid van biomassa en afval, deel 2 van 4. Novem Rapport 2EWAB00.21, Utrecht, augustus 2000.

VROM, 1998.

Groente- fruit- en tuinafval (GFT-afval). Afvalinformatieblad, augustus 1998, directie afvalstoffen.

VROM, 1999.

(P.C. Roos). Gescheiden inzameling van GFT-afval. VROM rapport F3320-1, september 1999.

VROM, 2001.

Normstelling voor biomassa en afval. Concept circulaire omtrent de emissie eisen voor biomassa installaties in Nederland, versie februari 2001.

VVAV, 2001,

persoonlijke communicatie, J. Kok.

WAR, 2000.

Afvalverwerking in Nederland, gegevens 1999. Werkgroep Afvalregistratie, juli 2000. Rapport nummer AOO 2000-11 / VVAV00007IR.R