

MILIEUEFFECTRAPPORT LANDELIJK AFVALBEHEERPLAN

Achtergronddocument A26 Uitwerking “DTO-vliegas”

Afval Overleg Orgaan
2002

INHOUDSOPGAVE

	blz.
1. INLEIDING	4
2. SAMENSTELLING DTO-VLIEGAS	5
3. VERWERKINGSALTERNATIEVEN EN REFERENTIE-INSTALLATIES	7
4. UITGANGSPUNTEN EN SYSTEEMGRENZEN	8
5. STORTEN IN BIG BAGS	10
5.1 Procesbeschrijving	10
5.2 Massabalans en ruimtebeslag	10
5.3 Transport	11
5.4 Energie	12
5.5 Bedrijfsmiddelen	12
5.6 Emissies	13
5.7 Leemten in kennis	15
6. KOUDE IMMOBILISATIE EN STORTEN	16
6.1 Procesbeschrijving	16
6.2 Massabalans en ruimtebeslag	16
6.3 Transport	17
6.4 Energie	17
6.5 Bedrijfsmiddelen	18
6.6 Emissies	18
6.7 Leemten in kennis	21
7. VERSATZBAU	22
7.1 Procesbeschrijving	22
7.2 Massabalans en ruimtebeslag	22
7.3 Transport	23
7.4 Energie	23
7.5 Bedrijfsmiddelen	23
7.6 Emissies	24
7.7 Leemten in kennis	25
8. PYROLYSE/SMELTEN	26
8.1 Inleiding	26
8.2 Procesbeschrijving	26
8.3 Massabalans en ruimtebeslag	30
8.4 Transport	32
8.5 Energie	33
8.6 Bedrijfsmiddelen	36
8.7 Emissies	37
8.8 Leemten in kennis	41

BIJLAGEN:

1. Ingreeptabellen
2. Literatuurlijst

1. INLEIDING

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

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 van afvalverwerking.

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

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

De in de LCA-berekeningen gebruikte informatie wordt in het navolgende gepresenteerd voor de afvalstroom "**DTO-Vliegas**". Daarbij wordt ook aangegeven van welke referentie-installaties is uitgegaan bij het bepalen van de emissies en het energie- en bedrijfsmiddelenverbruik.

2. SAMENSTELLING DTO-VLIEGAS

DTO-vliegas komt vrij bij de verbranding van afvalstoffen in een verbrandingsinstallatie voor gevaarlijk afval. Het is de as die uit de ruwe rookgassen van een draaitrommeloven wordt verwijderd met behulp van een elektrostatisch filter.

Het is belangrijk op te merken dat de kwaliteit van het DTO-vliegas sterk kan verschillen. Gerealiseerd moet worden dat dit sterk van invloed kan zijn op de emissies zoals deze worden ingeschat maar ook op de wijze van verwerking binnen een bepaalde techniek. Er bestaat geen inzicht in de exacte spreiding. Om toch rekening te kunnen houden met een spreiding is aangesloten bij de spreiding zoals die gevonden wordt voor AVI-vliegas. De gemiddelde samenstelling is weergegeven in tabel 2.1.

Omdat in de gevonden samenstelling van DTO-vliegas (MER-RUN, 1998)¹ een aantal milieukritische componenten gemist worden is voor deze componenten voor de samenstelling ook gebruik gemaakt van de gegevens voor AVI-vliegas. Het gaat hier om de componenten kwik, wolfram en dioxines, en daarnaast om de gehalten aan halogenen en sulfaat.

Daarnaast zal in het kader van de gevoeligheidsanalyse ook gerekend worden met de spreiding. In concreto betekent dit dat emissies zullen worden verhoogd met de in tabel 2.1. opgenomen spreiding. Gekozen is om deze exercitie alleen voor de meest milieukritische parameters (zijnde cadmium, arseen, kwik en dioxines) uit te voeren en de componenten met de grootste spreiding (zijnde chroom, molybdeen, nikkel en wolfram).

¹ De gegevens uit (MER-RUN, 1998) zijn gecorrigeerd voor een vochtgehalte van 17%.

Tabel 2.1; Samenstelling DTO-vliegas

Component	Gehalte (1) (mg/kg)	Spreiding (2) (%)	Gevoeligheids- analyse (mg/kg)
Antimoon (Sb)	349	38	349
Arseen (As) *	91	43	130
Barium (Ba)	125	7	125
Cadmium (Cd) *	249	46	364
Chroom (Cr) *	423	81	766
Cobalt (Co)	249	33	249
Koper (Cu)	2573	26	2573
Kwik (Hg) * (2)	1,7	66	2,8
Lood (Pb)	21912	34	21912
Mangaan (Mn)	1079	32	1079
Molybdeen (Mo) *	996	81	1803
Nikkel (Ni) *	324	99	645
Strontium (Sr)	110	17	110
Tin (Sn)	1328	42	1328
Vanadium (V)	33	31	33
Wolfraam (W) * (2)	64	61	103
Zink (Zn) (2)	63080	27	63080
Broom (2)	997	7	997
Chloor (2)	74471	32	74471
Fluor (2)	57	50	57
Sulfaat (2)	32041	38	32041
Dioxines ($\mu\text{g I-TEQ/kg}$) * (2)	2	129	4,6
Water	17%	-	17%

(1) (MER-RUN, 1998)

(2) overgenomen van AVI-vliegas (zie achtergronddocument A25 van het MER-LAP)

* Gevarieerd in de gevoeligheidsanalyse

3. VERWERKINGSALTERNATIEVEN EN REFERENTIE-INSTALLATIES

DTO-vliegas wordt in de praktijk slechts op één manier verwerkt namelijk bij VBM. Aldaar vindt koude immobilisatie plaats van het vliegas volgens een beproefd procédé. De immobilisatie geschiedt door dit vliegas met cement onder toevoeging van water te mengen. Het immobiliseert wordt op de stortplaats van VBM gestort.

North Refinery heeft concrete plannen voor het realiseren van een pyrolyse-, vergassings- en smeltinrichting voor diverse afvalstoffen, waaronder DTO-vliegas. Het DTO-vliegas zou dan in een smelter van Gibros-PEC worden omgevormd tot een basaltachtig product, dat als categorie 1 bouwstof kan worden toegepast.

Voorts geldt als mogelijke techniek die van Versatzbau. Het DTO-vliegas wordt toegepast in zoutmijnen. in Duitsland. In deze mijnen wordt het vliegas, vermengd met water, gestort ter opvulling van de zoutkoepels die door de zoutwinning zijn ontstaan. De verwerking van DTO-vliegas in de Versatzbau is weliswaar geen praktijk maar vanuit de initiatiefnemer (GSES) is te kennen gegeven dat verwerking tot de mogelijkheid behoort. Derhalve wordt ook deze techniek meegenomen. De techniek is volledig overeenkomstig de verwerking van AVI-vliegas.

Als laatste mogelijkheid is het storten in big bags (met andere residuen uit verbrandingsinstallaties) in ogenschouw genomen. Ondanks het feit dat deze verwerkingsmogelijkheid wel haalbaar lijkt wordt de techniek (nog) negens toegepast. Er bestaat dan ook geen inzicht in de feitelijke ingrepen. Analoog aan de verwerking van Versatzbau wordt voor het storten in big bags ook volledig aangesloten bij de uitwerking van AVI-vliegas.

Resumerend worden vier verwerkingsalternatieven voor DTO-vliegas d.m.v. een LCA vergeleken. Deze alternatieven en de in de LCA's gehanteerde referentie-installaties zijn in tabel 3.1 weergegeven.

Met uitzondering van 'storten in big bags' betreft het unieke processen, waardoor de keuze van de referentie-installatie vaststaat. Voor 'storten in big bags' is Nauerna als referentie-installatie opgegeven omdat juist van deze installatie veel data bekend (RWS, 1998) zijn ten aanzien storten, big-bag handling, enz. Daar deze techniek ook door andere stortplaatsen gevolgd wordt, doet het derhalve niet ter zake dat bij Nauerna geen vliegas in de big bags zit.

Tabel 3.1: Overzicht verwerkingsalternatieven en referentie-installaties

Verwerkingstechniek	Referentie-installatie
Storten in big bags (1)	Nauerna
Storten na koude immobilisatie	VBM
Pyrolyse/smelten (2)	Gibros-PEC-installatie North Refinery in Delfzijl
Versatzbau (1)	GSES

(1) Deze technieken lijken technisch wel haalbaar, maar zijn (nog) niet praktijk. Daarvoor wordt aangesloten bij de uitwerking van AVI-vliegas.

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

DTO-vliegas komt slechts op één plaats in Nederland vrij. Het is te verwachten dat in deze situatie geen verandering komt. Bovengenoemde verwerkingsinrichtingen zijn op dit moment ook de enige. Gezien het geringe aanbod is ook hier niet te verwachten dat in Nederland meerdere verwerkers komen.

4. UITGANGSPUNTEN EN SYSTEEMGRENZEN

In het totale afvalbeheertraject voor DTO-vliegas zijn diverse processen te onderscheiden. Het is niet altijd nodig alle processen in de LCA-berekeningen mee te nemen. De LCA-berekeningen worden namelijk uitgevoerd om alternatieven onderling te vergelijken. In de procesbeschrijvingen is dan ook steeds aangegeven welke processen wel en niet in de LCA-berekeningen worden opgenomen.

Bij de verwerkingsprocessen ontstaan diverse producten en reststoffen, waarvan enkele nuttig kunnen worden toegepast. Er is dus sprake van vermeden winnings- en productieprocessen van primaire grondstoffen, zodat in de LCA-berekeningen negatieve milieu-ingrepen worden toegerekend. De gevolgen van nuttige toepassing van secundaire grondstoffen worden ook in de LCA meegenomen, tenzij de samenstelling en kwaliteit van (de producten van) de secundaire grondstoffen gelijkwaardig is aan die van (de producten van) uitgespaarde primaire grondstoffen. Als sprake is van genoemde gelijkwaardigheid, dan worden uitsluitend de gevolgen meegenomen van de processen die noodzakelijk zijn om de secundaire grondstoffen om te zetten in economisch 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.

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 4.1 opgenomen transportafstanden (heen en terug). Binnen de gehanteerde systematiek wordt uitgegaan van "aantal locaties" hetgeen betekent: aantal verwerkers, aantal leveranciers bedrijfsmiddelen, aantal afzetkanalen reststromen, etc.

Tabel 4.1; Gestandaardiseerde transportafstanden

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

Emissies naar water

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

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

Tabel 4.2; zuiveringsrendementen² 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%

² (Zuiveringsschap Limburg, 1998 en eigen aannames voor Ba, Co, Mo, Sb, Se, Sn en V)

5. STORTEN IN BIG BAGS

5.1 Procesbeschrijving

A. Verwerking

Het DTO-vliegas wordt direct bij de verbrandingsinstallatie tezamen met andere rookgasreinigingsresiduen in big bags opgeslagen.

B. Afvalwaterbehandeling

De menginstallatie wordt regelmatig schoongemaakt. Het hierbij vrijkomend water is verontreinigd met DTO-vliegas maar ook met andere reststoffen uit de rookgasreiniging.

C. Transport

Het mengsel wordt direct naar menging in big bags opgeslagen. Na uitharding worden de big bags naar de stortplaats vervoerd.

D. Storten

Op de stort worden de big bags geplaatst. Eventueel beschadigde big bags worden oververpakt. Eenmaal geplaatste big bags worden voorzien van een hoes als extra bescherming tegen waterin-trede. De ruimte tussen de big bags wordt opgevuld met zand. Dit zand wordt eveneens toegepast als uitvullaag bovenop de big bags alvorens een nieuwe laag big bags wordt geplaatst. In het kader van deze LCA wordt er van uitgegaan dat de stortplaats een storthoogte bereikt van 15 m. Daarna wordt de stortplaats voorzien van een dubbele bovenafdichting conform het Stortbesluit bodembe-scherming. Op de aldus beschreven werkwijze vindt geen uitloging van vliegas plaats, noch in de exploitatieperiode noch na sluiting van de stortplaats. Ten gevolge van de berging van vliegas is dus geen afvalwaterbehandeling noodzakelijk.

Voor genoemde storttechniek wordt ook bij andere stortplaatsen die dit materiaal verwerken toegepast (Boeldershoek, ARN). Alleen wordt in dergelijke situaties geen DTO-vliegas verwerkt.

5.2 Massabalans en ruimtebeslag

Tabel 5.1 bevat de massabalans uitgaande van de verwerking van 1 ton DTO-vliegas. In de tabel is ook aangegeven welke hoeveelheden reststoffen moeten worden gestort.

Tabel 5.1; Massabalans³

Producten	Hoeveelheid per ton verwerkt DTO-vliegas	Te storten
DTO-vliegas (ton)	1	--
Ketelas (ton)	0,83	--
Rookgasreinigingsresidu (ton)	1,25	--
Afvalwater uit rookgasreiniging (ton)	1,08	--
Big-bag (stuks)	2,8	
Foliezak (stuks)	2,8	
Reststoffen	Hoeveelheid per ton verwerkt vliegas	Te storten
Mengsel (ton)	4,16	4,16

³ Op basis van het aanwezige water in DTO-vliegas (17%) is de gebruikte massabalans voor AVI-vliegas (met 0% wa-ter) zodanig aangepast dat de verhouding aan reststoffen en water gelijk blijft.

In het kader van deze LCA wordt uitgegaan van een storthoogte van 15 m. Per m² stortoppervlak kan dus 15 m³ afval gestort worden. De dichtheid van het gestorte afval bedraagt 1,2 ton/m³. Per big-bag laag (1 m) wordt circa 30 cm uitvulmateriaal gebruikt. Dit betekent dat per 1,2 ton mengsel (of 0,29 ton vliegas) 1,3 m³ stortruimte wordt ingenomen. Een en ander resulteert in 4,5 m³ per ton DTO-vliegas. Dus kan (15/4,5) 3,33 ton DTO-vliegas per m² worden geborgen. Daarmee is voor de berging van 1 ton DTO-vliegas is 0,30 m² nodig. Over de te beschouwen periode van 100 jaar betekent dit 30 m²jr aan fysiek ruimtebeslag.

Omdat het hier een gezamenlijke verwerking betreft van de afvalstromen DTO-vliegas, ketelas en rookgasreinigingsresidu (in de verhouding 1:0,83:1,25) moet het berekende ruimtebeslag nog gecorrigeerd worden. DTO-vliegas maakt 32% van het mengsel uit zodat uiteindelijk (30 * 32%) 9,6 m²jr fysiek ruimtebeslag aan DTO-vliegas moet worden toegerekend.

5.3 Transport

In het beschouwde afvalbeheersalternatief vindt transport per as plaats van mengsel naar de stortplaats. Per vracht wordt 10 ton getransporteerd. Per ton DTO-vliegas moet 4,16 ton mengsel worden afgevoerd. Vanwege allocatie komt vervolgens 32% voor rekening van DTO-vliegas. Daar in Nederland slechts één stortplaats DTO-vliegas mag accepteren (de C2-deponie) en het gegeven dat er sprake is van één productielocatie (de AVR-Rotterdam), is er sprake van een zeer beperkte transportafstand. Er wordt hier gerekend met de specifieke afstand tussen AVR en VBM van 25 km, ofwel 50 km heen en terug.

Voorts wordt zand aangevoerd als uitvulmateriaal. Per 1,2 ton verpakt materiaal (met 0,29 ton DTO-vliegas) wordt circa 0,3 m³ (0,45 ton) zand aangebracht dus per ton DTO-vliegas ((1/0,29)*0,45*32%) 0,5 ton zand. Voor de aanvoer van zand wordt uitgegaan van 20 ton per vracht.

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

Het verbruik aan diesel en smeerolie, alsmede de emissies via de uitlaatgassen van de voertuigen voor het transport het immobilisaat worden berekend m.b.v. de Simapro database. Daarbij wordt uitgegaan van de in tabel 5.2 vermelde transportafstanden (totaal km heen en terug). Tevens zijn per vracht de tonkilometers (tkm) weergegeven op basis van 1 ton vliegas.

Tabel 5.2: Transport

Materiaal	Transport	
	Afstand (km)	Tonkilometer (tkm)
Mengsel	50	66,6
Zand/uitvulmateriaal over water	50	25
Zand/uitvulmateriaal over land	35	17,5

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

5.4 Energie

Het mengen van de DTO-vliegas met de overige reststoffen (in verhouding 1:0,83:1,25) uit de rookgasreiniging bedraagt 2,5 kWh/ton voor natte specie gebaseerd gegevens van een leverancier van mengapparatuur (RWS, 1998). Per ton vliegas moet 4,16 ton immobilisatie worden gemengd. Het aandeel DTO-vliegas bedraagt 32%. Daarmee bedraagt het energieverbruik eveneens 3,3 kWh per ton DTO-vliegas.

Energie verbonden aan het storten is onbekend. In het kader van deze LCA wordt aangenomen dat het storten van 1 ton materiaal 60 MJ aan energie kost. Dit is gerelateerd aan het dieselverbruik van het in te zetten materieel. Dit betekent dat voor de verwerking van 4,16 ton mengsel met 32% DTO-vliegas 80 MJ aan energie nodig is per ton DTO-vliegas.

Daarnaast wordt per ton DTO-vliegas 0,5 ton zand aangebracht hetgeen nog eens 30 MJ vergt.

5.5 Bedrijfsmiddelen

Bij de verwijdering van DTO-vliegas worden bedrijfsmiddelen verbruikt, te weten big bags, PE-hoezen en uitvulmateriaal.

Aangenomen wordt dat per big-bag 1,25 m³ materiaal verwerkt wordt met een soortelijk gewicht van 1.200 kg/m³. Voor de verwerking van 4,16 ton mengsel is 2,8 big-bag à 2,5 kg nodig overeenkomend met 7 kg. Vanwege allocatie komt slechts 32% voor rekening van DTO-vliegas, zijnde 2,2 kg. Voor de bepaling van de milieu-ingrepen wordt gebruik gemaakt van de database van SimaPro.

Daarnaast worden 2,8 PE-hoezen à 1 kg gebruikt. Vanwege allocatie komt per ton DTO-vliegas 32% voor rekening van de vliegas, zijnde 0,90 kg. De milieu-ingrepen worden bepaald met de database van SimaPro.

Voorts wordt uitvulmateriaal verbruikt. Het betreft zand. Dit materiaal wordt gebruikt om de ruimte op te vullen tussen de big bags ter verbetering van de stabiliteit van het stortlichaam. Daarnaast wordt dit materiaal gebruikt als uitvullaag op een gestorte laag big bags voorafgaand aan de berging van een nieuwe laag big bags. Hiervoor is reeds bepaald dat per ton DTO-vliegas 0,5 ton zand wordt aangebracht. De effecten van de productie/winning hiervan zullen aan DTO-vliegas worden toegerekend gebruikmakend van de database van SimaPro.

Afvalwater dat wordt gebruikt voor het, in het kader van onderhoud, schoonspoelen van de installatie wordt als bedrijfsmiddel buiten beschouwing gelaten omdat het een afvalproduct is.

5.6 Emissies

Rekening moet worden gehouden met:

- de emissies van de vliegasverwerkingsinrichting
- de emissie bij de verwerking van reststromen.

De emissies van de vliegasverwerkingsinrichting

Emissies naar lucht

De big bags worden via een gesloten systeem gevuld. Derhalve treden geen emissies naar de lucht op.

Emissies naar oppervlaktewater

Er vinden geen directe lozingen op het oppervlaktewater plaats. Bij het schoonmaken van de installatie met rgr – water ontstaat wel een emissie. In (RWS, 1998) is geconcludeerd dat op deze wijze per ton vliegas, 1 kg vliegas in het water komt dat wordt afgevoerd naar een waterzuiveringsinstallatie. Voor onderhavig techniek ontbreekt deze detailinformatie zodat ook hier wordt uitgegaan van 1 kg per ton DTO-vliegas. Zie voor de verdere uitwerking hiervan onder "De emissie bij de verwerking van reststromen".

Emissies naar bodem

Vanwege bodembeschermende voorzieningen vinden geen emissies naar de bodem plaats.

De emissie bij de verwerking van reststromen

Emissies naar oppervlaktewater

Voor de verwerking van afvalwater wordt een rendement aangehouden van 95% voor het afvangen van het meegespoelde materiaal. Deze 95%, ofwel 950 g per ton DTO-vliegas, wordt via het slib van de rioolwaterzuivering afgevoerd en gestort als finaal afval.

Uiteindelijk zou op deze wijze 5% per ton vliegas (50 gram vliegas) in het milieu komen (RWS, 1998). Hierbij is het belangrijk op te merken dat geen rekening wordt gehouden met een eventuele voorzuivering. Het al dan niet aanwezig zijn van een voorzuivering wordt lokaal bepaald (ligging aan zout oppervlaktewater, eisen zuiveringsschap, etc.) en derhalve buiten beschouwing gelaten.

Op grond van de samenstelling uit tabel 2.1 wordt in tabel 5.3 een overzicht gegeven van de lozing naar het oppervlaktewater.

Tabel 5.3: Lozing op oppervlaktewater

Component	Samenstelling DTO-vliegas (mg/kg)	Lozing (mg/ton DTO-vliegas)	Samenstelling i.h.k.v. de ge- voeligheidsana- lyse (mg/kg)	Lozing in de gevoeligheids- analyse (mg/ton DTO-vliegas)
Antimoon (Sb)	349	17,5	349	17,5
Arseen (As) *	91	4,6	130	6,5
Barium (Ba)	125	6,3	125	6,3
Cadmium (Cd) *	249	12,5	364	18,2
Chroom (Cr) *	423	21,2	766	38,3
Cobalt (Co)	249	12,5	249	12,5
Koper (Cu)	2573	129	2573	129
Kwik (Hg) *	1,7	0,085	2,8	0,14
Lood (Pb)	21912	1096	21912	1096
Mangaan (Mn)	1079	54,0	1079	54,0
Molybdeen (Mo) *	996	49,8	1803	90,2
Nikkel (Ni) *	324	16,2	645	32,3
Strontium (Sr)	110	5,5	110	5,5
Tin (Sn)	1328	66,4	1328	66,4
Vanadium (V)	33	1,7	33	1,7
Wolfram (W) *	64	3,2	103	5,2
Zink (Zn)	63080	3154	63080	3154
Dioxines ($\mu\text{g I-TEQ/kg}$) *	2	0,1	4,6	0,23

* Gevarieerd in de gevoeligheidsanalyse

Er is geen informatie over het reinigingsproces van de installatie. Derhalve wordt aangesloten bij de informatie van VBM die voor het reinigen van de installatie wekelijks 5 m³ water verbruikt. Op jaarbasis komt dit overeen met circa 260 m³. Uitgaande van een verbrandingsinstallatie met een doorzet van 100.000 ton per jaar en een asproductie (vliegas en ketelas) van 0,04 ton afval ontstaat jaarlijks 4.000 ton. Per ton DTO-vliegas wordt dus 0,065 m³ water geloosd.

De combinatie van bevindingen uit de LCA-vliegasstudie (1 kg vliegas lozing per ton vliegas) en van VBM (wekelijks spoelen met 5 m³ water) resulteert in een vliegaslozing van 15 kg per m³ water. Dit wordt onwaarschijnlijk hoog gevonden. Bij gebrek aan betere informatie wordt deze waarde alsnog wel gehanteerd met de kanttekening dat het worst-case situatie betreft. Mocht uit de zwaar-tepuntsanalyse blijken dat de emissies naar water een rol van betekenis spelen zal naar deze aanname nader gekeken worden.

Voor de vaststelling van de milieu-ingrepen ten gevolge van de verwerking van dit afvalwater wordt verwezen naar de daartoe ontwikkelde proceskaarten voor SimaPro.

Emissies naar bodem

Gelet op de wijze van bergen (in big-bags en afgedekt met waterdichte PE-hoezen) is de kans op contact met inlekkend water, en daarmee het optreden van uitloging uit de geborgen vliegas gering. Als uitgangspunt wordt dan ook uitgegaan van "geen emissies naar de bodem". Een belangrijke onzekerheid is echter in hoeverre deze waterdichte berging zich ook op de lange termijn houdt. Of de PE-hoezen ook inderdaad "eeuwigdurend waterdicht" blijven is onzeker. Als gevoeligheidsanalyse is derhalve wel een indicatieve inschatting gemaakt van de mogelijk uitloging die op de lange termijn zou kunnen optreden.

Hierbij is er, bij gebrek aan data omtrent de uitloging van onbewerkt DTO-vliegas, voor gekozen om eenzelfde uitloging in rekening te brengen als is afgeleid voor de berging van geïmmobiliseerd vliegas op de VBM (zie hoofdstuk 6, tabel 6.4). Het is natuurlijk de vraag of, wanneer de PE-hoezen op termijn inderdaad zouden gaan lekken, aansluiten bij uitloging uit een geïmmobiliseerde berging een goede maatstaf is. Het immobiliserende effect van de berging in big-bags is naar verwachting immers lang niet zo goed als dat van de verwerkingsoptie uit hoofdstuk 6. Deze gevoeligheidsanalyse is dan ook alleen een indicatie van de mate waarin eventuele uitloging de uitkomst van de LCA-vergelijking zou kunnen beïnvloeden.

5.7 Leemten in kennis

De hier beschreven techniek is gebaseerd op een theoretische beschouwing omdat deze techniek niet in de praktijk wordt toegepast voor DTO-vliegas. Voor het bepalen van de ingrepen is gebruik gemaakt van het storten van AVI-vliegas in big bags.

Energie verbonden aan het storten is ingeschat op grond van de verwerkingscapaciteit (ton/dag) van materieel. Het daadwerkelijke energieverbruik is onbekend.

Evenzo is de daadwerkelijke vliegaslozing onbekend.

Onduidelijk is hoeveel vliegas en/of water er ten gevolge van het reinigen van de installatie gereinigd wordt in een RWZI.

Tenslotte is de kans op en potentiële omvang van uitloging op de langere termijn een leemte.

6. KOUDE IMMOBILISATIE EN STORTEN

6.1 Procesbeschrijving

A. Aanvoer DTO-vliegas

Het DTO-vliegas wordt per vrachtwagen-aanhanger-combinatie vervoerd naar de verwerkingsrichting.

B. Opslag DTO-vliegas

De DTO-vliegas wordt in bunkers opgeslagen.

C. Verwerking

De DTO-vliegas wordt vanuit de silo's in het proces gebracht en gemengd met bindmiddel, additieven en water.

Afvalwater dat vrijkomt bij het schoonspoelen van de menginstallatie wordt vanwege het gehalte aan basische stoffen op het stort uitgesproeid.

D. transport

Het ontstane product wordt in slurry vorm naar het stort getransporteerd.

E. Storten

Op het stort wordt de slurry in een bekisting gestort waarbij tevens drainagematten worden gebruikt. Dit product hardt na verloop van tijd uit. De bekisting wordt hergebruikt voor de volgende batch te storten slurry.

6.2 Massabalans en ruimtebeslag

Tabel 6.1 bevat de massabalans uitgaande van de verwerking van 1 ton DTO-vliegas. In de tabel is ook aangegeven welke hoeveelheden reststoffen moeten worden gestort.

Tabel 6.1; Massabalans⁴

Producten	Hoeveelheid per ton verwerkt DTO-vliegas (ton)	Te storten (ton)
DTO-vliegas	1	--
Bindmiddel + additief	0,095	--
Afvalwater	0,08	--
Reststoffen	Hoeveelheid per ton verwerkt DTO-vliegas (ton)	Te storten (ton)
Immobilisaat	1,175	1,175

De immobilisatie-installatie bestrijkt een oppervlakte van circa 1000 m². De installatie bestaat uit twee gelijke delen. Een deel waar vliegas wordt geïmmobiliseerd en een deel waar slibben worden geïmmobiliseerd. Op jaarbasis kan het slibdeel maximaal 48.900 ton DTO-vliegas verwerken.

⁴ Deze massabalans wijkt af van de massabalans voor het immobiliseren van AVI-vliegas. De weergegeven massabalans is door VBM proefondervindelijk vastgesteld. Bij VBM wordt om procestechnische en milieuredenen DTO-vliegas in vochtige toestand aangevoerd en als slib verwerkt.

Het ruimtebeslag over een periode van 100 jaar bedraagt $100 * 500 \text{ m}^2 = 50.000 \text{ m}^2\text{jr}$. In die periode verwerkt de inrichting 4.890 kton DTO-vliegas. Het fysiek ruimtebeslag per ton DTO-vliegas bedraagt derhalve $0,01 \text{ m}^2\text{jr}$.

In het kader van deze LCA wordt uitgegaan van een storthoogte van 15 m. Per m^2 stortoppervlak kan dus 15 m^3 afval gestort worden. De dichtheid van het gestorte afval bedraagt ongeveer $1 \text{ ton}/\text{m}^3$. Per m^2 wordt 15 ton materiaal, overeenkomend met 12,8 ton DTO-vliegas gestort. Dus voor de berging van 1 ton DTO-vliegas is $0,078 \text{ m}^2$ nodig. Over de te beschouwen periode van 100 jaar betekent dit $7,8 \text{ m}^2\text{jr}$ aan fysiek ruimtebeslag.

6.3 Transport

In het beschouwde afvalbeheersalternatief vindt transport per as plaats van DTO-vliegas naar de inrichting voor koude immobilisatie. Per vracht wordt 10 ton getransporteerd.

Op dit moment wordt slechts op één plaats deze techniek toegepast. Het is niet de verwachting dat in Nederland diverse immobilisatie-installaties voor deze afvalstroom ontwikkeld zullen worden, mede ook vanwege het gegeven dat er sprake is van één productielocatie (de AVR-Rotterdam). Er wordt hierom gerekend met de specifieke afstand tussen AVR en VBM van 25 km, ofwel 50 km heen en terug.

Voorts is sprake van de aanvoer van bindmiddel en additieven. In het kader van deze LCA wordt aangenomen dat het om cement gaat. Dit wordt op 1 plaats geproduceerd (Limburg). Bij deze aanvoer geldt een beladingsgraad van 30 ton per vracht.

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. Daarbij wordt uitgegaan van de in tabel 6.2 vermelde transportafstanden (totaal km heen en terug). Tevens zijn per vracht de tonkilometers (tkm) weergegeven op basis van 1 ton DTO-vliegas.

Tabel 6.2; Transport

Materiaal	Transport	
	Afstand (km)	Tonkilometer (tkm)
DTO-vliegas	50	50
Bindmiddelen	300	28,5

Het immobilisaat wordt binnen de eigen inrichting van VBM gestort. Derhalve worden de transportkilometers van de immobilisatie-installatie naar de stort verwaarloosd.

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

6.4 Energie

De gehele immobilisatie-installatie van VBM (vliegasdeel en slibdeel) heeft een geïnstalleerd vermogen van 290 kW. Het deel van de installatie waar vliegas wordt geïmmobiliseerd omvat de helft van de installatie en derhalve ook de helft van dit vermogen: 145 kW. Hiermee kan 57.500 ton materiaal geïmmobiliseerd worden. Het aandeel DTO-vliegas bedraagt 48.900 ton. Aangenomen wordt dat van het geïnstalleerd vermogen 80% dan wel 116 kW gedurende 1800 uur per jaar gebruikt wordt. Per ton vliegas resulteert dat in 4,3 kWh.

In het kader van deze LCA wordt aangenomen dat het storten van 1 ton materiaal 60 MJ aan energie kost. Dit is gerelateerd aan het dieselvebruik van het in te zetten materieel. Voor 1 ton vliegas wordt 1,175 ton immobilisaat gestort hetgeen overeenkomt met 71 MJ.

6.5 Bedrijfsmiddelen

De inrichting van VBM heeft bij het immobilisatieproces bedrijfsmiddelen nodig. In tabel 6.3 worden de hoeveelheden bedrijfsmiddelen per ton DTO-vliegas weergegeven.

Tabel 6.3; Overzicht bedrijfsmiddelen

Bedrijfsmiddelen	Hoeveelheid per ton verwerkt DTO-vliegas (ton)
Afvalwater (effluent)	0,08
Bindmiddelen + additieven	0,095

Daar eigen afvalwater in het proces wordt gebruikt (effluent uit de zuivering) wordt dit als bedrijfsmiddel verder buiten beschouwing gelaten. Dit geldt ook voor waterverbruik (omvang onbekend: aanname gelijk aan hoofdstuk 5 zijnde 1 m³ per dag) bij het schoonspoelen van de installatie.

Het is onbekend welke bindmiddelen/additieven worden toegepast. In het kader van deze LCA wordt uitgegaan van cement.

De hoeveelheid een aard van de drainagematten die worden gebruikt bij het storten (zie procesbeschrijving) is onbekend. Dit is aangemerkt als een leemte in kennis.

6.6 Emissies

Rekening moet worden gehouden met:

- de emissies van de vliegasverwerkingsinrichting;
- de emissies bij de verwijdering van reststoffen.

De emissies van de vliegasverwerkingsinrichting

Emissies naar lucht

Om emissies naar de lucht te voorkomen, is de installatie uitgevoerd als een nagenoeg gesloten proces. Slechts op enkele plaatsen in het proces zijn open verbindingen met de omgeving. Ondermeer het transport naar de menger en het vullen van de menger zelf zijn 'open' processen. Omdat DTO-vliegas in vochtige toestand wordt aangevoerd en verwerkt kunnen stofemissies worden veroorzaakt.

Emissies naar oppervlaktewater

Directe emissie naar het oppervlaktewater vindt niet plaats. De afvalwaterstroom die vrijkomt bij het reinigen van de installatie wordt op het stort gespreoid. Vanwege de basische kwaliteit met name op de delen waar zure afvalstromen zijn gestort. Dit neutraliseert de pH en reduceert de uitlozing van de meeste kritische componenten. Het water komt uiteindelijk in de zuivering terecht. Het effluent wordt weer in het immobilisatieproces gebruikt.

Emissies naar bodem

Emissie naar de bodem is niet van toepassing. Afvalstoffen zijn in gesloten silo's opgeslagen en het proces vindt in gesloten installaties in een gebouw plaats.

De emissies bij de verwijdering van reststoffen

Bij de verwijdering van de reststoffen (het immobilisaat) ontstaan emissies naar de bodem en naar water.

Emissie naar de bodem

De emissie naar de bodem wordt bepaald door het uitlooggedrag van het immobilisaat.

Tabel 6.4 bevat de uitlooggegevens van het immobilisaat van DTO-vliegas. Uit deze tabel blijkt dat niet voor alle componenten uitloogdata beschikbaar zijn. De gegevens in de tweede kolom zijn bepaald met een diffusietest. Deze test is conform CEN TC 292 WG2; dit is een verkorte test, afgeleid van de NEN 7345. De gegevens in de derde kolom zijn de omgerekende emissies onder onderstaande praktijkcondities:

- een stortcompartiment met een lengte van 50 m, een breedte van 50 meter en een hoogte van 15 meter
- de vormgegevens immobilisaten ($l=3m$, $b=3m$ en $h=1m$)
- een exploitatiefase van 15 jaar. Gedurende deze exploitatiefase wordt er vanuit gegaan dat de geëmitteerde stoffen in het percolaat slechts de bodem belasten middels een lekkage van de onderafdichting van 0,5 mm/jr. In de nazorgfase van 15-10.000 jaar is aangenomen dat de onderafdichting volledig faalt, maar dat slechts door een lekkage van de bovenafdichting van 0,5 mm/jr kan het immobilisaat nog worden bevochtigd. Dit houdt in dat de lekkage naar de bodem gedurende de volledige 10.000 jaar op 0,5 mm/jaar wordt gesteld.
- uitgezonderd bromide, chloride en sulfaat is bij de omrekening gerekend met een factor 0,23 voor de temperatuurcorrectie en de extrapolatiefactoren, die zijn gecorrigeerd voor waterverzadiging, veroudering en temperatuur. Voor bromide, chloride en sulfaat is gerekend met een factor 2,95
- voor alle overige uitgangspunten wordt verwezen naar het RIVM-rapport "Milieuhygiënisch kwaliteit en beoordeling van geïmmobiliseerde afvalstoffen (vormgegevens) in relatie tot storten" (RIVM, 1999).

Voor de omrekening van mg/m^2 naar mg/ton vliegas is uitgegaan van het volgende:

- per m^2 wordt $15 m^3$ materiaal gestort
- soortelijke massa = $1 ton/m^3$
- per m^2 wordt 15 ton materiaal gestort
- per m^2 wordt 12,8 ton vliegas gestort
- uitloging per ton is $1/12,8$ deel van de berekende immissie per m^2 .

In de gevoeligheidsanalyse wordt het effect van een tweetal situaties onderzocht:

- variatie in de samenstelling (kolom gevoeligheidsanalyse uit tabel 2.1) onder de standaard stortcondities, waarbij uitgegaan wordt van een evenredigheid tussen de uitloging en de aanwezigheid (concentratie), een component die tweemaal zoveel aanwezig is zal ook tweemaal zoveel uitlogeren. Daar mag worden aangenomen dat de uitloging in het algemeen minder dan evenredig toeneemt met een toenemende concentratie in het afval, is het effect van de spreiding van de samenstelling op de emissie naar de bodem hiermee ruim ingeschat.
- variatie in de stortcondities (storthoogte van 30m en een blokhoogte van $1*1*1m$).

Tabel 6.4; Uitlooggegevens immobilisaat van DTO-vliegas

Com- ponent	Emissies volgens verkorte diffusie- test (mg/m ²)	Uitloging in de praktijk in mg/ton DTO-vliegas	Gevoeligheidsanalyse	
			variatie in samenstelling (mg/ton DTO-vliegas)	variatie in stortcondities (mg/ton DTO-vliegas)
As	9,6	74	106	86
Ba	68,96	532	532	620
Cd	7,84	61	88	70
Co	2,72	21	21	24
Cr	19,68	152	275	177
Cu	24,48	189	189	220
Mo	2876,8	22209	40197	25866
Ni	3,4	26	52	31
Pb	140,8	1087	1087	1266
Sb	15,36	119	119	138
Se	12,08	93	93	109
Sn	4,88	38	38	44
V	1,2	9,23	9,3	11
Zn	145,6	1124	1124	1309
Br	768104	462312	462312	538458
Cl	704856	424244	424244	494120
F	2017,6	15576	15576	18141
SO4	2272656	1367883	1367883	1593182

Emissie naar water

Reeds eerder is gesteld dat spoelwater op het stort wordt uitgesproeid om uiteindelijk via het percolaat in de zuivering te komen. Het effluent wordt weer in het immobilisatieproces gebruikt. Dit betekent dat er geen sprake is van emissies naar water. De milieu-ingrepen van deze waterzuivering worden in rekening gebracht via de standaard proceskaart in SimaPro.

Uit informatie van VBM blijkt dat de installatie wekelijks wordt gereinigd waarbij 5 m³ effluent wordt geloosd op het stort om uiteindelijk in het percolaat te komen. Op jaarbasis komt dit overeen met circa 260 m³. De installatie heeft een verwerkingscapaciteit 57.500 ton per jaar waarvan 48.900 ton DTO-vliegas. Per ton wordt dus 0,0053 m³ water geloosd om uiteindelijk als percolaat in de zuivering terecht te komen. Tevens wordt een rendement aangehouden van 95% voor het afvangen van het meegespoelde materiaal, hetgeen leidt tot het afvangen van 950 g weggespoelde as per ton DTO-vliegas. Dit wordt via het slib van de rioolwaterzuivering afgevoerd en gestort als finaal afval.

De combinatie van bevindingen uit de LCA-vliegasstudie (1 kg vliegas lozing per ton vliegas) en van VBM (wekelijks spoelen met 5 m³ water) resulteert in een vliegaslozing van 188 kg per m³ water. Dit wordt onwaarschijnlijk hoog gevonden. Bij gebrek aan betere informatie wordt deze waarde alsnog wel gehanteerd met de kanttekening dat het worst-case situatie betreft. Mocht uit de zwaartepuntsanalyse blijken dat de emissies naar water een rol van betekenis spelen zal naar deze aanname nader gekeken worden.

6.7 Leemten in kennis

Ten aanzien van de stofemissies wordt aangenomen dat het DTO-vliegas in natte toestand wordt verwerkt en daarmee niet bijdraagt aan enige stofvorming.

De hoeveelheid een aard van de drainagematten die worden gebruikt bij het storten (zie procesbeschrijving) is onbekend. Dit is aangemerkt als een leemte in kennis.

7. VERSATZBAU

7.1 Procesbeschrijving

A. Aanvoer DTO-vliegas

Het DTO-vliegas wordt per vrachtwagen vervoerd naar de verwerkingsinrichting.

B. Opslag DTO-vliegas

Het DTO-vliegas wordt in silo's opgeslagen.

C. Mengen

Het DTO-vliegas wordt in een menginstallatie vermengd met water dat uit de zoutkoepels is opgepompt en diverse afvalstoffen die als bouw materiaal geschikt zijn.

D. Berging DTO-vliegas

De aldus ontstane slurry wordt de zoutmijnen weer ingepompt. In de mijn bezinkt het DTO-vliegas en ontstaat enige uitharding. Het surplus aan water wordt weer opgepompt en opnieuw gebruikt.

7.2 Massabalans en ruimtebeslag

Met de aangeboden afvalstoffen maakt GSES vulmiddelen voor in de zoutmijn. Uit informatie blijkt dat het een gezamenlijke verwerking van diverse afvalstoffen betreft. Dit betekent dat de milieu-ingrepen naar rato aan DTO-vliegas worden toegerekend. Het aandeel DTO-vliegas hierop varieert van 17-38%. Bij dit alternatief wordt uitgegaan van 17%. In de uitwerking hieronder wordt een aantal keren expliciet aangegeven dat een keuze van 38% voor de ingrepen per ton DTO-vliegas geen verschil gemaakt zou hebben.

Ten aanzien van het ruimtebeslag is de volgende relevante informatie door GSES verstrekt:

- jaarproductie : 190.000 ton
- aandeel DTO-vliegas 17%: afhankelijk van receptuur.

Aangenomen wordt dat het terrein een omvang heeft van 10.000 m². Op grond hiervan bedraagt het fysiek ruimtebeslag over 100 jaar 0,05 m²/jr. Dit blijft overigens gelijk bij 38% (groter aandeel van het oppervlak toe te rekenen aan DTO-vliegas, maar ook evenredig meer tonnen DTO-vliegas verwerkt).

Bij het ruimtebeslag is alleen rekening gehouden met de in beslag name van ruimte "boven de grond". Het ruimtebeslag t.g.v. de permanente berging in zoutkoepels is daarin niet meegenomen. De reden hiervoor is dat ondergrondse berging voor de functionaliteit en het aanzien van het oppervlak geen enkel verschil maakt.

In (RWS, 1998) is geconstateerd dat met de inzet van DTO-vliegas geen inzet van primaire bouwstoffen wordt vermeden. Op het moment dat hier geen DTO-vliegas voor gebruikt wordt, worden andere afvalstoffen ingezet. Een relevante vraag voor de LCA is of er sprake is van nuttige toepassing of van storten van afval. Op dit punt zijn de meningen (internationaal) echter niet uniform, ook al omdat in aantal gevallen mijnopvulling een wettelijke verplichting is en dat met afval wel als vorm na nuttige toepassing wordt gezien. In dit MER is als uitgangspunt uitgegaan van een vorm van afvalberging (1000 kg finaal afval in rekening gebracht) maar is in het kader van de gevoeligheidsanalyse tevens rekening gehouden met de optie waarin het wel wordt beschouwd als nuttige toepassing (geen finaal afval in rekening gebracht).

7.3 Transport

Voor transport wordt uitgegaan van een enkele afstand van 800 km naar de zoutmijnen in Oost-Duitsland. Deze optie vindt enkel en alleen in Duitsland plaats. Deze afstand is groter dan welke bij de uitwerking van AVI-vliegas is gehanteerd. Dit vanwege het feit dat DTO-vliegas slechts op één locatie in Nederland vrijkomt (in tegenstelling tot AVI-vliegas).

Tabel 7.1 geeft een overzicht van de transportafstanden (totaal km heen en terug) zoals deze in onderhavige studie worden gebruikt. Tevens zijn per vracht de tonkilometers (tkm) weergegeven op basis van 1 ton DTO-vliegas.

Omdat sprake is van een proces waar naast DTO-vliegas ook andere afvalstoffen in worden toegepast maar geen bedrijfsmiddelen worden gebruikt, wordt het transport van deze andere stoffen buiten beschouwing gelaten voor de LCA van DTO-vliegas.

Het verbruik van diesel en smeerolie, alsmede de emissies via de uitlaatgassen van de voertuigen voor het transport van vliegas wordt berekend met behulp van de Simapro database. Opgemerkt wordt dat vanwege de grote transportafstand het transport van DTO-vliegas in grotere volumina zal plaatsvinden dan bij de voorgaande alternatieven namelijk 30 ton per vracht.

Tabel 7.1; Transport

Materiaal	Transport	
	Afstand (km)	Tonkilometer (tkm)
DTO-vliegas	1.600	1.600

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

7.4 Energie

Uit informatie van GSES (GSES, 2000) blijkt dat het energieverbruik 24 kWh per ton materiaal bedraagt. Voor de verwerking van 1 ton DTO-vliegas wordt in totaal 5,88 ton afvalstoffen gemengd, hetgeen resulteert in 141 kWh. Het aandeel DTO-vliegas daarin is 17%, ofwel 24 kWh per ton DTO-vliegas.

Ook hier geldt dat het energieverbruik bij een groter aandeel DTO-vliegas (dus 38% i.p.v. 17%) per ton DTO-vliegas gelijk blijft.

7.5 Bedrijfsmiddelen

Bij Versatzbau wordt water als transportmedium gebruikt om het materiaal in slurryvorm in de zoutmijnen de verpompen. Het water is afkomstig uit de zoutmijnen en wordt alsmaar hergebruikt zodat geen sprake is van enig bedrijfsmiddelgebruik.

7.6 Emissies

Rekening moet worden gehouden met:

- de emissies van de verwerkingsinrichting
- de emissies bij de nuttige toepassing DTO-vliegas.

De emissies van de verwerkingsinrichting

Het proces betreft een natte menging dat bovendien in een gesloten inrichting plaats, zodat er geen emissies naar de lucht te verwachten zijn.

Overeenkomstig andere technieken zal ook hier sprake zijn van het schoonspoelen van de installatie. Gegevens hieromtrent zijn niet voorhanden. Aangenomen wordt dat voor het schoonspoelen van de menginstallatie gebruik gemaakt wordt van het 'water uit de mijnen', dat ook gebruikt wordt om de slurry te verpompen. Het DTO-vliegas dat uit de menger gespoeld wordt zal net als de slurry de zoutmijn ingepompt worden.

De emissies bij de berging DTO-vliegas

De zoutmijnen waar deze vorm van Versatzbau wordt toegepast zijn op natuurlijke wijze geïsoleerd van de omgeving. Emissies vanuit de zoutmijn naar de omgeving zullen hierdoor naar verwachting niet optreden (RWS, 1998).

In het kader van de gevoeligheidsanalyse zal echter wel rekening worden gehouden met een zekere uitloging om een indruk te krijgen van het effect wanneer de natuurlijke isolatie van de zoutmijnen onverhoopt toch niet in stand zou blijven. Daar het mengproces tot een zekere vorm van immobilisatie leidt zal worden aangesloten bij de bevindingen in hoofdstuk 6 waar sprake is van immobilisatie van meerdere afvalstoffen. Derhalve wordt als uitloging uitgegaan van de gemiddelde uitloging zoals deze in tabel 6.4 is opgenomen en is bepaald bij de VBM om een indicatie te krijgen van het effect van de aanname dat er geen sprake is van uitloging.

Het is natuurlijk de vraag of het immobiliserende effect van de gemengde berging in zoutmijnen net zo goed is als dat van de verwerkingsoptie uit hoofdstuk 6. Deze gevoeligheidsanalyse is dan ook alleen een indicatie van de mate waarin eventuele uitloging de uitkomst van de LCA-vergelijking zou kunnen beïnvloeden.

Een en ander is uitgewerkt in tabel 7.2.

Tabel 7.2; Worst-case uitloging Versatzbau t.b.v. gevoeligheidsanalyse

Component	Maximale uitloging ⁵ (mg/ton DTO-vliegas)
As	74
Ba	532
Cd	61
Co	21
Cr	152
Cu	189
Mo	22209
Ni	26
Pb	1087
Sb	119
Se	93
Sn	38
V	9,23
Zn	1124
Br	462312
Cl	424244
F	15576
SO4	1367883

7.7 Leemten in kennis

Emissie ten gevolge van uitloging wordt vanwege isolatie niet verwacht. In de gevoeligheidsanalyse wordt hier toch aandacht aan besteed.

⁵ Op basis van gegevens hoofdstuk 6.

8. PYROLYSE/SMELTEN

8.1 Inleiding

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

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

De verwerkingskosten voor deze verwerkingsoptie bedragen ongeveer 115 Euro per ton.

8.2 Procesbeschrijving

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

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

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

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

A. Transport DTO-vliegas

DTO-vliegas wordt per vrachtwagen aangevoerd naar de verwerkingsinrichting (circa 20 ton/vracht).

B. Opslag

De aangevoerde DTO-vliegas wordt in luchtdichte ruimten met geforceerde ventilatie opgeslagen.

C. Verkleinen en/of drogen

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

Afvalstromen met een aanzienlijke hoeveelheid water zullen mogelijk eerst nog worden gedroogd. In hoeverre dit aan de orde is, en in welke mate, zal per afvalstroom verschillen. Zo is drogen niet erg zinvol wanneer het afval voornamelijk capillair water of kristalwater bevat en zal een stroom als zuiveringsslib waarschijnlijk niet verder kunnen worden gedroogd dan tot een d.s. gehalte van 40%. Ook is de noodzaak tot drogen afhankelijk van de hoeveelheden die zullen worden verwerkt daar verwerking altijd gemengd met andere stromen plaatsvindt. Verder is een zekere hoeveelheid vocht nodig om koolvorming in de smelter te voorkomen. Omdat de verwachting is dat verder drogen dan tot een percentage van circa 15% aanhangend vocht sowieso niet zal gebeuren is er voor DTO-vliegas niet vanuit gegaan dat er vooraf droging plaatsvindt. Wel is in de berekeningen m.b.t. energie en emissies rekening gehouden met het feit dat DTO-vliegas met een vochtgehalte van circa 17% de smelter ingevoerd wordt.

D. Mengen

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

Voor het verkrijgen van een goede slakkwaliteit is in een aantal gevallen het toevoegen van een zogenaamde minerale flux nodig, met als doel om het gehalte van met name Si, Al en Ca in het basalt te sturen. De flux wordt gekozen met het oog op de gewenste smelteigenschappen van de smelt en het daaruit gevormde 'kunstbasalt', en geprobeerd wordt een smelt te verkrijgen met een samenstelling zoals gegeven in de MER voor North Refinery, dus ongeveer $\text{SiO}_2 : \text{Al}_2\text{O}_3 : \text{CaO} \approx 6 : 1 : 1,5$. Veelal wordt hiervoor zand of een kalkhoudend materiaal ingezet.

Voor DTO-vliegas is onvoldoende informatie beschikbaar over het gehalte aan de componenten Si, Al en Ca, maar kan redelijkerwijs worden verondersteld dat deze in ruime mate aanwezig zullen zijn (vergelijk AVI-vliegas waar dat wel bekend is). Voor DTO-vliegas is het in rekening brengen van een dergelijke flux derhalve niet aan de orde. In het kader van de gevoeligheidsanalyse wordt echter wel gekeken naar de invloed van deze keuze. Hiervoor wordt de toerekening van flux gebaseerd op het verwachte gemiddelde fluxgebruik van de totale installatie (ongeveer 10% van de asrest) en wordt voor DTO-vliegas gerekend met toevoeging van zand (dit gelet op bovengenoemde na te streven verhouding in het basalt).

E. Luchtfiltratie

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

F. Smelten

In de smeltreactor wordt het afval samen met brandstof (veelal andere afvalstoffen) en zuurstof aan de reactor toegevoegd. De brandstof wordt in de reactor met zuurstof vergast, waarbij de temperatuur in de reactor stijgt tot een niveau van circa 1450 °C. Daarbij smelten alle in het afval aanwezige mineralen en metaaloxiden. Het smeltermgas bevat geen koolwaterstoffen maar uitsluitend componenten als $\text{CO}/\text{H}_2\text{O}$, CO_2/H_2 en eventuele verontreinigingen. Daar DTO-vliegas geen organische verontreinigingen bevat is de vorming van smeltermgas niet aan de orde smeltproces.

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

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

G. Transport slak

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

H. Nuttige toepassing slak

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

I. Wassen gas

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

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

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

J. Transport metaalslib

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

K. Nuttige toepassing metaalslib

Het metaalslib wordt als grondstof ingezet in de metallurgische industrie.

L. Ontzwavelen gas

Beide gasstromen (uit smelter en pyrolyse/kraker) worden vervolgens gecombineerd en aan een vierde watter toegevoerd, waarin met een licht alkalische oplossing zwavelverbindingen worden uitgewassen. De oplossing met uitgewassen zwavelverbindingen wordt aan een biologisch proces

(Paques proces) toegevoerd, waarin de opgeloste zwavelverbindingen worden gereduceerd tot verkoopbaar zwavel, dat ondermeer geschikt is voor de productie van zwavelzuur.

M. Transport zwavel

De verkregen elementaire zwavel wordt afgevoerd.

N. Nuttige toepassing zwavel

Zwavel wordt nuttig toegepast.

O. Actiefkoolfilter

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

P. Verwerking beladen actiefkool

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

Q. Gebruik synthesegas

Of het geproduceerde synthesegas op termijn ook extern kan worden afgezet is de vraag, maar in dit MER wordt uitgegaan van interne verwerking. DTO-vliegas draagt echter niet bij aan de gasproductie.

8.3 Massabalans en ruimtebeslag

Massabalans

Voor de massabalans is relevant dat in dit MER van de in tabel 8.1 aangegeven verdeling is uitgegaan voor de verschillende componenten over de diverse productstromen. Deze tabel is afgeleid voor één specifieke afvalstroom (i.c. shredderafval) door het relateren van hoeveelheden toe te rekenen reststromen en daarin verwachte restconcentraties aan de samenstelling van het afval. Er wordt vanuit gegaan dat deze verdeling representatief is voor het gedrag van de betreffende componenten in de PEC-installatie, ook wanneer deze via een andere afvalstroom en in andere verhoudingen in de installatie worden gebracht.

Tabel 8.1; Overzicht producten/reststoffen

	Slak	Actieve kool	Metaalhoudend slib	Zwavel koek	Lucht	Spui voor RWZI
S				99,965%	0,035%	
As	10,000%		89,964%		0,026%	0,010%
Br					0,004%	99,996%
Cd	10,000%		89,972%		0,026%	0,002%
Cl					0,003%	99,997%
Co	100,000%					
Cr	100,000%					
Cu	99,999%				0,001%	
F					0,025%	99,975%
Hg		19,560%	80,000%		0,440%	2,18E-15
Mn	100,000%					
Mo	100,000%					
Ni	99,994%				0,006%	
Pb	10,000%		89,974%		0,026%	3,10E-09
Sb			99,971%		0,029%	
Se	10,000%		89,974%		0,026%	
Sn	99,971%				0,029%	
V	99,999%				0,001%	
Zn	10,000%		89,974%		0,026%	7,34E-08
as (*)	99,999%				0,001%	

(*) de as bestaat uit de niet in de tabel genoemde componenten, minus het brandbare (organische) deel in het afval en ook minus eventueel in de voorbewerking af te scheiden ijzer, non-ferro metalen en water (dit speelt niet voor DTO-vliegas)

Uit het gehalte aan zwavel van 10,7 gram per kg d.s. volgt dat, onder de aanname dat het zwavel vrijwel volledig wordt teruggewonnen (een kleine hoeveelheid blijft in het gereinigde synthegas/smeltergas en ontwijkt uiteindelijk als SO₂ naar de lucht) per ton DTO-vliegas (83% d.s.) ongeveer 8,86 kg elementair zwavel ontstaat.

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

De hoeveelheid metaalslib wordt bepaald door verdamping van de metalen As (90%), Cd (90%), Pb (90%), Hg (100%), Sb (100%), Se (90%) en Zn (90%). De metalen Zn, Pb, Hg en Cd slaan in de gasreiniging neer als hydroxides, terwijl As, Sb en Se als oxides precipiteren⁶. Verder heeft het slib een d.s. gehalte van 50%. Met de samenstelling van tabel 2.1 betekent dit voor DTO-vliegas (83% d.s.) een hoeveelheid van 182,7 kg metaalslib per ton, welke voor 64 kg bestaat uit de metalen zelf en voor de rest uit bijbehorende anionen en water.

Ten aanzien van de slak geldt dat van de ton DTO-vliegas buiten het toe te rekenen metaalslib (64 kg/ton), de halogenen (F, Cl en Br; 62,69 kg/ton), het zwavel (8,86 kg/ton), het water (17%) en de emissies naar water en lucht, de rest uiteindelijk in het basalt komt, zodat de totale hoeveelheid basalt die ontstaat uit een ton DTO-vliegas komt uitkomt op 694 kg/ton.

Tabel 8.2; Overzicht producten/reststoffen per ton DTO-vliegas

Nuttig toepasbare producten	Hoeveelheid per ton DTO-vliegas (kg)	Te storten (kg)
Synthetisch basalt	694	-
Metaalslib (50% d.s.)	182,7	-
Zwavel (60% d.s.)	14,8	-
Te verwerken reststoffen	Hoeveelheid per ton DTO-vliegas (kg)	Te storten (kg)
Actief kool	0,230	0,230

In het kader van de gevoeligheidsanalyse die zich richt op het toevoegen van flux moet tevens 10% aan minerale flux worden toegerekend, ofwel 69,4 kg zand (zie de procesbeschrijving in paragraaf 6.2, onder D). In die situatie komt de totale hoeveelheid basalt die ontstaat uit een ton DTO-vliegas uit op 764 kg/ton.

In het kader van de gevoeligheidsanalyse die zich richt op spreiding in de samenstelling wordt een hoeveelheid van 183 kg metaalslib per ton, welke voor 64,1 kg bestaat uit de metalen zelf en voor de rest uit bijbehorende anionen en water. In dit geval komt de totale hoeveelheid basalt ook uit 694 kg per ton DTO-vliegas. Tenslotte is in deze gevoeligheidsanalyse, in afwijking van tabel 6.2, sprake van 379 g actief kool i.p.v. 230 g actief kool per ton voor het afvangen van het kwik.

Ruimtebeslag

Het oppervlak van de PEC-inrichting bedraagt circa 30.000 m². De totale doorzet van de installatie is 247.000 ton, waarvan 5.000 ton (2%) DTO-vliegas. Dit betekent over een periode van 100 jaar:

- 30.000 m² x 2% x 100 jaar= 60.000 m²*jaar
- 5.000 ton/jaar x 100 jaar= 500.000 ton
- 60.000 m²*jaar : 500.000 ton= 0,12 m²*jaar per ton verwerkt DTO-vliegas.

Het fysiek ruimtebeslag bedraagt over een periode van 100 jaar 0,12 m² * jaar per ton verwerkt DTO-vliegas.

⁶ Uitgegaan is van de vorming van Zn(OH)₂, Pb(OH)₂, Hg(OH)₂, Cd(OH)₂, As₂O₃, Sb₂O₃ en SeO₂. De oxides worden reeds gevormd tijdens de vergassing en de hydroxides worden grotendeels gevormd bij de gasreiniging door uitwisseling van de aanvankelijk gevormde metaalhalogenides.

8.4 Transport

In het beschouwde afvalbeheersalternatief vindt transport per as plaats van DTO-vliegas en van producten van de smelter-lijn. De te vervoeren producten van de PEC-installatie zijn slak (basaltachtig materiaal), metaalslib en elementair zwavel en beladen actief kool. In onderstaande tabel is tevens de omvang van de benodigde bedrijfsmiddelen aangegeven (zie ook paragraaf 8.6).

Tabel 8.3; Hoeveelheden producten, bedrijfsmiddelen en reststoffen

materiaal	Per ton DTO-vliegas (in kg) normale situatie	Per ton DTO-vliegas (in kg) gevoeligheidsanalyses	
		samenstelling	wel flux
DTO-vliegas	1000	1000	1000
Zand (flux)	0	0	69,4
Synthetisch basalt	694	694	764
Zwavel (60% d.s.)	14,8	14,8	14,8
Metaalslib (50% d.s.)	182,7	183	182,7
NaOH (33%)	329,5	329,5	329,5
Vermeden zand	694	694	764
Vermeden zink-conc.	85,6	85,6	85,6
Actief kool	0,23	0,379	0,23

Het verbruik aan diesel en smeerolie, alsmede de emissies via de uitlaatgassen van de voertuigen voor het transport worden berekend m.b.v. de proceskaarten in de SimaPro-database. Daarbij wordt uitgegaan van de in tabel 6.4 vermelde transportafstanden (totaal km heen en terug). Tevens zijn per vracht de tonkilometers (tkm) weergegeven op basis van 1 ton DTO-vliegas.

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

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

NaOH wordt geproduceerd bij zoutelektrolysebedrijven in ondermeer Twente, Groningen en Bodelek, hetgeen relatief dicht bij de locaties waar op dit moment een PEC-installatie is voorzien is gelegen. Het is echter niet zondermeer zeker dat PEC-installaties altijd op een dergelijke korte afstand van de NaOH-producten zal zijn gelegen. Voor de aanvoer van NaOH (33%) is de transportafstand is voorzichtigheidshalve dan ook op 75 km genomen.

Potentiële afnemers van het metaalhoudende slib zijn gevestigd in Budel, België, Duitsland en Groot-Britannië. Uitgaande van diverse mogelijk PEC-installaties in Nederland en één verwerker in Nederland (Budel) is een afstand van 150 km aangehouden. Voor het vermeden zinkconcentraat, hetgeen grotendeels komt uit Canada, Australië en Zuid-Amerika, voorziet de proceskaart in Sima-

Pro reeds in aanvoer over water naar Nederland. Er is dan ook alleen rekening gehouden met transport van de haven naar de plaats van gebruik, waarbij is uitgegaan van 100 treinkilometers.

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

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

Voor het transport van DTO-vliegas, zand, basalt en vermeden zand wordt uitgegaan van 20 ton/vracht, voor het geproduceerde zwavel en het afgevangen metaalslib is een beladingsgraad van 10 ton per vracht aangehouden⁷. Ook voor NaOH (33%) en actief kool wordt uitgegaan van 10 ton/vracht.

Tabel 8.4; Transport

materiaal	transport			
	Afstand (km)	Tonkilometer (tkm) normaal	Tonkilometer (tkm) gevoelighedsanal. "samenstelling"	Tonkilometer (tkm) gevoelighedsanal. "wel flux"
DTO-vliegas	75	75	75	75
Zand (flux)	35 (land)	0	0	2,4
	50 (water)	0	0	3,5
Synthetisch basalt	35	24,3	24,3	26,7
Zwavel (60% d.s.)	75	1,1	1,1	1,1
Metaalslib (50% d.s.)	150	27,4	27,4	27,4
NaOH (33%)	75	24,7	24,7	24,7
Actief kool	150	0,03	0,06	0,03
Vermeden zand	35 (land)	24,3	24,3	26,7
	50 (water)	34,7	34,7	38,2
Vermeden Zink-conc.	100 (rail)	8,6	8,6	8,6

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

8.5 Energie

Rekening moet worden gehouden met:

- het energieverbruik van de PEC-installatie;
 - het energieverbruik bij de nuttige toepassing van de geproduceerde secundaire grondstoffen;
 - het vermeden energieverbruik door de productie van secundaire grondstoffen en brandstoffen.
- Energieverbruik bij verwijdering reststoffen is niet van toepassing, aangezien in de eindfase door de smelter-lijn geen te verwijderen reststoffen worden geproduceerd.

⁷ Let op, dit betekent niet een vracht van 10 ton metaalslib, maar wel middels een transportmiddel dat een dergelijke hoeveelheid goederen meeneemt. Het is met name van belang voor het te kiezen voertuigformaat en niet voor de hoeveelheid metaalslib per individuele rit.

Energieverbruik en energieproductie PEC-installatie

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

Door de geïntegreerde verwerkingsopzet kan ook DTO-vliegas worden verwerkt zonder dat hiervoor elektriciteit en/of aardgas aan het openbare net moet worden onttrokken. DTO-vliegas heeft echter geen energetische inhoud en levert derhalve geen bijdrage aan de vorming van synthesegas. De verwerking van DTO-vliegas kost dus energie. Voor een eerlijke vergelijking van verwerkingsalternatieven moet derhalve ook in het geval van de PEC in de LCA worden uitgegaan van een bepaald energieverbruik.

Met als richtwaarde een soortelijke warmte van ongeveer $1 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$ vraagt het opwarmen van de 830 kg droge stof in een ton DTO-vliegas tot de temperatuur van $1450 \text{ }^\circ\text{C}$ ongeveer 1,20 GJ. Daarbij komt het verdampen van de bijbehorende 170 liter water ($2,440 \text{ MJ/kg}$) en het opwarmen van waterdamp tot $1450 \text{ }^\circ\text{C}$ ($2 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$), ofwel 0,9 GJ. Met de warmte voor het smelten van de asrest erbij lijkt een energie van 2,25 GJ/ton een redelijke inschatting voor labcondities. Voor de praktijkcondities van de PEC-installatie wordt, op basis van een rendement binnen de reactor van 65%, een energiebehoefte van 3,5 GJ/ton als inschatting aangehouden.

Deze energie voor het smelten van DTO-vliegas in de PEC wordt in rekening gebracht op basis van het gebruik van externe energie van het gemiddelde Nederlandse elektriciteitsnet. In praktijk wordt deze energie geleverd door het verbranden van pyrolyseresidu van andere afvalstromen. Deze energie-inhoud van 3,5 GJ van het pyrolyseresidu van ander afval had anders via verbranden in gasmotoren ongeveer 0,88 GJ een elektriciteit opgeleverd⁸ en door de gezamenlijke verwerking van dat andere afval met DTO-vliegas wordt die nu niet aan het net geleverd. In de gevoeligheidsanalyse wordt derhalve ook de situatie bekeken waarin slechts 0,88 GJ/ton aan DTO-vliegas wordt toegerekend.⁹

Verder wordt, gelet op de onzekerheidsmarge die de hierboven afgeleide 3,5 GJ/ton met zich mee brengt, ook een situatie in beeld gebracht waarbij de energieconsumptie 20% hoger wordt ingeschat, ofwel op 4,2 GJ/ton.

⁸ De hoeveelheid energie die uit de hoogcalorische afvalstromen wordt behaald en uiteindelijk wordt afgezet naar het elektriciteitsnet varieert per afvalstroom. In het kader van deze gevoeligheidsanalyse wordt er vanuit gegaan dat het netto-rendement voor de PEC-installatie op ongeveer 25% ligt (ofwel 25% van de warmte-inhoud van een afvalstof zou uiteindelijk afgezet kunnen worden als elektriciteit).

⁹ Het energieplaatje voor laagcalorische stromen als DTO-vliegas met deze aanpak in de gevoeligheidsanalyse positief beïnvloed, door de benodigde energie in rekening te brengen op basis van in de reactor aanwezige pyrolysecokes. Dit wordt veroorzaakt doordat energie intern wordt gebruikt en daarmee zonder het rendementsverlies dat bij het omzetten in elektriciteit optreedt wordt benut. Voor afvalstromen die wel bijdragen aan de syn-gasproductie geldt iets vergelijkbaars. Iedere Joule energie die niet omgezet wordt in afzetbare energie (met een verlies van 75%) maar intern wordt benut bij het insmelten van inerte afvalstromen, betekent een besparing van die volledige Joule (zonder het rendementsverlies van 75%). Het fenomeen afval met afval verwerken pakt dus voor beide soorten afval positief uit. Lastig is te bepalen hoeveel van de energie-inhoud van deze brandbare afvalstromen niet als verstoekbaar gas vrijkomt maar wordt benut voor als interne energiebron. Om die reden is er in de standaardbeschrijving voor gekozen om de stromen los van elkaar te beschrijven. Voor inerte afvalstoffen wordt er dus standaard uitgegaan van extern te leveren energie en voor afvalstoffen die wel bijdragen aan de syn-gasproductie van benutting van energie-inhoud volledig via omzetting in afzetbare elektriciteit. In de gevoeligheidsanalyse wordt voor de inerte stromen ook de situatie van interne levering van energie in rekening gebracht door de benodigde energie voor het smelten te halveren. Voor de niet-inerte stromen wordt in het kader van de gevoeligheidsanalyse op eenzelfde wijze een variant in rekening gebracht waarbij de energie-opbrengst niet wordt toegerekend via omzetting in afzetbare elektriciteit (rendement ongeveer 25%), maar voor de ten goede komt aan de verwerking van ander afval. Het is van belang te realiseren dat dit een uiterste situatie is die het beeld iets te positief voorstelt omdat in het PEC-concept als geheel een deel van het brandbare afval wel degelijk via syn-gas wordt omgezet in afzetbare elektriciteit.

Het energieverbruik van de voorbereiding is gelet op de aard van de afvalstoffen voor DTO-vliegas niet aan de orde.

Energieverbruik bij nuttige toepassing secundaire grondstoffen

In de ontzwavelingsstap van de gasreiniging ontstaat elementair zwavel door de biologische oxidatie van H_2S . Zwavel ontstaat als vaste deeltjes in de waterfase. Door sedimentatie en afpersen wordt een zwavelkoek verkregen die kan worden gebruikt voor de productie van zwavelzuur. Daar het hier nuttige toepassing in een productieproces betreft wordt het energieverbruik van het betreffende proces niet meer aan de verwerking van DTO-vliegas toegerekend.

Metaalslib uit de gasreiniging bevat met name de meer vluchtige metalen, zoals zink en lood. Het metaalslib kan als grondstof in de metallurgische industrie worden afgezet. Er is hierbij sprake van een vervanging van een zink-concentraat dat normaal op de locatie van winning van zink-erts wordt geproduceerd en als grondstof wordt ingezet in de zinkproductie. Daar de zinkgehalten in dit zinkconcentraat en in het metaalslib in eenzelfde orde van grootte liggen (zie ook onder paragraaf 8.6) wordt er vanuit gegaan dat inzet zonder verdere specifieke bewerkingen mogelijk is.

Voor de slak uit de smelter (het basaltachtige materiaal) geldt dat deze, getuige de gemeten uitloogwaarden van het synthetische basalt, als categorie-1 bouwstof kan worden toegepast, d.w.z. zonder bodembeschermende voorzieningen. Centrale doelstelling van de PEC-installatie is ook het produceren van categorie-1 bouwstof. Ten behoeve van de LCA wordt aangenomen dat de slak, na verkleining in brokjes van 1-10 cm, volledig, d.w.z. 100% wordt ingezet als vervanger van zand in funderingslagen. Het energieverbruik bij het verkleinen wordt geraamd op ca. 45 kWh per ton basalt. Voor deze afvalstroom betekent dit 30,6 kWh per ton. In het kader van de gevoeligheidsanalyse die zich richt op het toevoegen van flux is dit 33,6 kWh per ton DTO-vliegas, en in het kader van de gevoeligheidsanalyse die zich richt op spreiding in de samenstelling wordt dit 30,5 kWh per ton DTO-vliegas.

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

Vermeden energieverbruik

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

In tabel 8.5 is aangegeven welke primaire grondstoffen worden vervangen. De omvang van het vermeden energie wordt berekend met een proceskaart uit de databases van Simapro.

Tabel 8.5: Overzicht vervangen primaire grondstoffen

geproduceerde secundaire grondstof	vervangen primaire grondstof
Slak (basaltachtig materiaal)	Zand
Metaalslib (50% d.s.)	Zink-concentraat voor de metallurgische industrie

8.6 Bedrijfsmiddelen

Rekening moet worden gehouden met:

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

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

Bedrijfsmiddelenverbruik PEC-installatie¹⁰

Minerale flux

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

Voor DTO-vliegas is (zie paragraaf 8.2) er in principe vanuit gegaan dat er geen flux hoeft te worden toegerekend en is in het kader van de gevoeligheidsanalyse de genoemde 10% als indicatie gehanteerd. Er wordt vanuit gegaan dat zand wordt gebruikt als minerale flux, zodat aan de verwerking van een ton DTO-vliegas een hoeveelheid van 69,4 kg zand wordt toegerekend in het kader van de gevoeligheidsanalyse "wel flux".

Zuurstof

Tijdens het verwerkingsproces wordt zuurstof toegevoegd teneinde organische componenten te vergassen. Gelet op de samenstelling van DTO-vliegas wordt hiervoor geen zuurstofverbruik in rekening gebracht.

Natronloog

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

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

Ad. 1

Voor DTO-vliegas betekent dit dat bij de gemiddelde samenstelling gerekend moet worden met 61811 g Chloor, 828 g Broom en 47 g Fluor per ton, en tevens met 8864 g zwavel per ton DTO-vliegas. Dit betekent iets meer dan 92,3 kg NaOH aan de verwerking van een ton DTO-vliegas dient te worden toegerekend¹¹. Voor de beide gevoeligheidsanalyses is dit hetzelfde.

10 Er is vanuit gegaan dat de big-bags meer dan eens wordt gebruikt (wordt niet meeverwerkt) en deze is derhalve voor deze verwerkingsoptie niet als bedrijfsmiddel in rekening gebracht.

11 Gebaseerd op 1 mol NaOH voor 1 mol Chloor, en 2 mol NaOH voor 1 mol zwavel.

Ad. 2

De hoeveelheid toe te rekenen spui is voor DTO-vliegas 877 l/ton (zie voor de afleiding paragraaf 6.7 onder "emissies naar water"). De hoeveelheid NaOH om de spui op pH=11 te brengen is 20 g per liter¹², hetgeen een NaOH-gebruik van ruim 17,5 kg per ton DTO-vliegas. Voor de beide gevoeligheidsanalyses is dit hetzelfde.

Het totale NaOH verbruik komt hiermee (afgerond) op 109,9 kg per ton DTO-vliegas (dit wijkt af van de hoeveelheden in tabel 8.3 omdat voor transport wordt uitgegaan van aanvoer als oplossing van 33%).

Bedrijfsmiddelenverbruik bij nuttige toepassing secundaire grondstoffen

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

Vermeden bedrijfsmiddelenverbruik

Er is sprake van vermeden bedrijfsmiddelenverbruik door de productie van secundaire grondstoffen. Het bedrijfsmiddelenverbruik van de uitgespaarde winnings- en productieprocessen van primaire grondstoffen wordt als een negatieve milieu-ingreep in de LCA toegerekend. In tabel 8.5 is reeds aangegeven welke primaire grondstoffen worden vervangen. De omvang is opgenomen in tabel 8.6. De vermeden milieu-ingrepen worden berekend met een proceskaart uit de database van Simapro.

Het metaalslib zal vanwege het hoge zinkgehalte worden afgezet bij een zinkproducent. Het slib bevat echter ook aanzienlijke hoeveelheden lood. Dit lood zal als bijproduct vrijkomen en aan de loodketen worden toegevoegd. In praktijk wordt zinkerts nabij de winningslocatie geconcentreerd van 6% Zn tot ongeveer 55% Zn, en dit concentraat wordt getransporteerd naar zinkproducenten. In dit MER is uitgegaan van het vermijden van de productie (en het transport) van dit zinkconcentraat, waarbij voor de uitgespaarde hoeveelheid is gecorrigeerd op basis van het zinkgehalte (in het slib rond de 25% en in het concentraat rond de 55%).

Tabel 8.6; Vermeden inzet primaire grondstoffen

vervangen primaire grondstof	vermeden inzet (kg) normaal	vermeden inzet (kg) gevoeligheidsanalyse	
		samenstelling	wel flux
Zand	694	694	764
Zn-conc. metallurgische industrie	85,6	85,6	85,6

8.7 Emissies

Rekening moet worden gehouden met:

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

¹² Uitgegaan is van een pH van het spuiwater van 0,3. Dit betekent ongeveer 0,5 mol H⁺ per liter. Om op pH=11 te komen is de OH-vraag 0,5 mol (van 0,3 tot 7) + 0,001 mol (van 7 tot 11), ofwel ongeveer 20 g/l.

De emissies van de PEC-installatie

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

Emissies naar lucht

In dit kader wordt onderscheid gemaakt in

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

Ad. 1

Hoewel DTO-vliegas zelf geen aanleiding geeft tot vorming van gas vormt het wel een hoeveelheid stof en aanhangende metalen die met het gas van brandstoffen of andere afvalstoffen wordt meegevoerd. Voor de emissies naar lucht wordt uitgegaan van de balans zoals weergegeven in tabel 8.1. De concrete uitwerking voor DTO-vliegas is aangegeven in tabel 8.7.

Tabel 8.7; emissie van stof en metalen naar de lucht

comp.	fractie naar de lucht (%)	naar de lucht (mg/ton)		
		normaal	gevoeligheidsanalyse "samenstelling"	gevoeligheidsanalyse "wel flux"
As	0,026	19,6	28,1	19,6
Cd	0,026	53,7	78,6	53,7
Cu	0,001	21,4	21,4	21,4
Hg	0,44	6,2	10,2	6,2
Ni	0,026	16,1	32,1	16,1
Pb	0,026	4728,6	4728,6	4728,6
Sb	0,029	84,0	84,0	84,0
Se	0,026	0,0	0,0	0,0
Sn	0,029	319,6	319,6	319,6
V	0,001	0,3	0,3	0,3
Zn	0,026	13612,7	13612,7	13612,7
stof	0,001	30680	30720	31370

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

Ad. 2

Hoewel DTO-vliegas zelf weinig aanleiding geeft tot vorming van gasproductie gaan zwavel en halogenen uit het DTO-vliegas wel over naar de gasfase en worden met het syn-gas van de andere afvalstromen meegevoerd naar de gasreiniging en gasmotoren. De emissies van SO₂, HCl, HBr en HF hangen weliswaar sterk samen met de reiniging en verbranding van syn-gas, maar moet toch gezien worden als een componentgebonden emissie. Ook voor deze emissies wordt uitgegaan van de balans zoals weergegeven in tabel 8.1. De concrete uitwerking voor DTO-vliegas is aangegeven in tabel 8.8.

Tabel 8.8; emissie van SO₂, HCl, HBr en HF naar de lucht

comp.	fractie naar de lucht (%)	naar de lucht (mg/ton)		
		normaal	gevoeligheidsanalyse samenstelling	gevoeligheidsanalyse "wel flux"
S (als SO ₂)	0,07	6205	6205	6205
HCl	0,003	1907	1907	1907
HF	0,025	12,5	12,5	12,5
HBr	0,004	33,5	33,5	33,5

Ad. 3

DTO-vliegas zelf levert vanwege het inerte karakter geen bijdrage aan de productie van synthese-gas, dus zijn deze emissies niet aan de orde.

Ad. 4

Gelet op de samenstelling van de afvalstroom is geen bijdrage aan de emissie van CO₂ toe te rekenen. Voor de duidelijkheid wordt opgemerkt dat de CO₂-emissie die hoort bij het energiegebruik voor het smelten van de afvalstroom wel in rekening wordt gebracht (zie paragraaf 8.5).

Emissies naar water

De Smelter-lijn produceert de volgende afvalwaterstromen:

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

Afvalwaterstroom a) wordt primair gebruikt als injectiewater bij de vergasser, zodat in de LCA geen rekening behoeft te worden gehouden met emissies naar water als gevolg van deze waterstroom. De emissies via de afvalwaterstromen b) en c) zijn het gevolg van de productie van synthese- en smeltermgas. De omvang van met name het spuiwater hangt af van het Chloorgehalte in de afvalstroom en bevat tevens een hoeveelheid zware metalen, terwijl het condensaat uitsluitend organisch belast is.

Met het uitgangspunt dat alle halogenen uiteindelijk in de gasreiniging terecht komen (zie ook onder paragraaf 8.3) dient voor iedere mol halogeendeeltjes die in een ton te verwerken afval zit een hoeveelheid van ongeveer 0,5 kg spui in rekening te worden gebracht. Deze omvang van de spui is geschat door aan te nemen dat de concentratie aan halogenen in de spui uiteindelijk 2 mol/l bedraagt. Dit is een concentratie die ook voor AVI's wel wordt opgegeven. Dit leidt in dit geval tot het toerekenen van 877 liter spui per ton DTO-vliegas. Ten aanzien van de emissies naar water is de omvang van de toe te rekenen spui gecorrigeerd voor de toe te rekenen hoeveelheid water die achterblijft in zwavelkoek (60% d.s.) en metaalslib (50% d.s.) en voor de hoeveelheid water die wordt toegevoegd in verband met het op pH=11 brengen van deze waterstroom (met 33% NaOH). Voor DTO-vliegas leidt dit tot een hoeveelheid toe te rekenen spuiwater van 1109 l/ton. Voor de beide gevoeligheidsanalyses is dit hetzelfde.

Deze waterstroom wordt afgevoerd naar een communale RWZI. Met de rendementen zoals aangegeven in tabel 4.2 en de balans over de PEC van tabel 8.1 geeft dit voor DTO-vliegas de volgende ingrepen naar water.

Tabel 8.9; emissies naar water

comp.	rende- ment RWZI	normaal <u>EN</u> gevoeligheidsanalyse "wel flux"		gevoeligheidsanalyse "samenstelling"	
		stroom naar RWZI (mg/ton)	ingreep naar water (mg/ton)	stroom naar RWZI (mg/ton)	ingreep naar water (mg/ton)
As	80	7,55	1,51	10,79	2,16
Cd	72	4,13	1,16	6,04	1,69
Pb	91	5,64*E-4	5,07*E-5	5,64*E-4	5,07*E-5
Zn	75	3,84*E-2	9,6*E-3	3,84*E-2	9,6*E-3
Br	0	827477	827477	827477	827477
Cl	0	61809076	61809076	61809076	61809076
F	0	47298	47298	47298	47298

Naast de uiteindelijke lozing van verontreinigingen uit tabel 8.9, wordt voor de rest van de ingrepen die met het bewerken van dit water samenhangen (ruimtebeslag RWZI, chemicaliëngebruik RWZI, energiegebruik RWZI) gebruik gemaakt van een proceskaart in SimaPro waarin op basis van de gemiddelde kenmerken van RWZI's deze ingrepen zijn opgenomen. Per ton DTO-vliegas wordt hierbij dus 890 liter water dat primair is verontreinigd met anorganische componenten toege-rekend. Gelet op het feit dat DTO-vliegas niet bijdraagt aan organische verontreinigingen in het water is een bijdrage aan de vorming van RWZI-slib voor DTO-vliegas verder buiten beschouwing gelaten.

De emissies bij de verwijdering van reststoffen

Is niet van toepassing, aangezien in de eindfase door de smelterlijn geen te verwijderen reststoffen worden geproduceerd. Slak en zwavel en metaalslib uit de gasreiniging kunnen namelijk nuttig worden toegepast.

De emissies bij de nuttige toepassing van secundaire grondstoffen

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

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

Bekend is, uit vergelijkbare basaltachtige producten van de verwerking van andere afvalstoffen, dat een smelten zoals hier gebeurt ten aanzien van het beperken van uitloging zeer goede resultaten geeft. In een reeks aan uitgevoerde metingen lag voor alle componenten de resulterende uitloging op basis van een kolomproef rond of zelfs ruim onder de a-waarden uit het bouwstoffenbesluit, hetgeen feitelijk neerkomt op een bijna verwaarloosbare omvang. Derhalve wordt in het kader van deze studie het uitlooggedrag in de normale situatie op nul gesteld.

In het kader van de gevoeligheidsanalyse wordt wel uitloging meegenomen. Het uitlooggedrag van de slak van de verwerking van met DTO-vliegas is onbekend. Wel zijn van een aantal vergelijkbare basalt-achtige materialen beschikbaarheidstesten gedaan en in tabel 8.10 (tweede kolom) is voor een aantal componenten aangegeven welk percentage van de aanwezige hoeveelheid daarbij voor uitloging beschikbaar bleek. In het kader van deze gevoeligheidsanalyse wordt, op basis van de bijdrage die deze afvalstroom levert aan de slak (dit is bepaald met tabel 8.1 en het resultaat staat in de derde kolom van tabel 8.10), en met de betreffende beschikbaarheden een indicatie verkregen van de hoeveelheid die in het slechtste geval zou kunnen uitlogen en die aan DTO-vliegas zou zijn

toe te rekenen. Benadrukt wordt dat dit een worst-case inschatting is die in praktijk naar verwachting ook bij tegenvallende immobilisatie-resultaten nog een overschatting van het potentiële milieueffect zal zijn.

Tabel 8.10; Uitloogcijfers DTO-vliegas i.h.k.v. de gevoeligheidsanalyse "wel uitloging"

	beschikbaarheid (%)	Bijdrage van DTO-vliegas aan de slak (mg/ton DTO-vliegas)	Uitloging uit basalt t.g.v. DTO-vliegas (gevoeligheidsanalyse "wel uitloging") in mg per ton DTO-vliegas
As	8	7553,0	604,2
Ba	10	103750,0	10.375
Co	6	206670,0	12.400
Cr	1	351090,0	3.511
Cu	8	2135568,6	170.846
Mo	6	826680,0	49.601
Ni	5	268903,9	13.445
Pb	14	1818696,0	254.617
Sb	18	0,0	0,0
V	4	27389,7	1.096
Zn	12	5235640,0	628.277

8.8 Leemten in kennis

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

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

BIJLAGE 1

INGREEPTABELLEN

Verwerkingstechniek: Storten in big bags					
ASPECT	(specificatie)	INGREEP	Gevoeligheidsanalyses (a)		
			1 (b)	2 (c)	
1.	Ruimtebeslag (m ² /jaar)		9,6	als normaal	als normaal
2.	Transport in tkm (ton/vracht)	mengsel zand (water) zand (weg)	66,2 (10) 25 (-) 17,5 (20)	als normaal	als normaal
3.	Energiegebruik	menger storten immob. storten zand	3,3 kWh 80 MJ 30 MJ	als normaal	als normaal
4.	Bedrijfsmiddelen	big bag PE-hoes zand	2,2 kg 0,90 kg 500 kg	als normaal	als normaal
5.	Emissie lucht (mg, tenzij)		-	als normaal	als normaal
6.	Emissie bodem (mg)	As Ba Cd Co Cr Cu Mo Ni Pb Sb Se Sn V Zn Br Cl F SO ₄	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	als normaal	74 532 61 21 152 189 22209 26 1087 119 93 38 9,23 1124 462312 424244 15576 1367883
7.	Emissie water (d)	Sb As Ba Cd Cr Co Cu Hg Pb Mn Mo Ni Sr Sr V W Zn dioxines (µg)	17,5 4,6 6,3 12,5 21,2 12,5 129 0,085 1096 54,0 49,8 16,2 5,5 66,4 1,7 3,2 3154 0,1	17,5 6,5 6,3 18,2 38,3 12,5 129 0,14 1096 54,0 90,2 32,3 5,5 66,4 1,7 5,2 3154 0,23	als normaal
8.	Finaal afval / te storten rest	big bag reststroom slib	1331 kg 0,95 kg	als normaal	als normaal
9.	Vermeden transport in tkm (ton/vracht)		-	als normaal	als normaal
10.	Vermeden energie		-	als normaal	als normaal
11.	Vermeden emissie lucht		-	als normaal	als normaal

Verwerkingstechniek: Storten in big bags					
ASPECT		(specificatie)	INGREEP	Gevoeligheidsanalyses (a)	
				1 (b)	2 (c)
12.	Vermeden emissie water		-	als normaal	als normaal
13.	Vermeden emissie bodem		-	als normaal	als normaal
14.	Vermeden bedrijfsmiddelen		-	als normaal	als normaal
15.	Overig	zuiveren water (e)	0,065 m ³	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 uitloging"
- (d) In zwaartepuntsanalyse expliciet even kijken of het totaal aan water-emissies relevant is
- (e) Koppelen aan ontwikkelde proceskaart "afvalwaterzuivering"

Verwerkingstechniek: Koude immobilisatie en storten					
ASPECT		(specificatie)	INGREEP	Gevoeligheidsanalyses (a)	
				1 (b)	2 (c)
1.	Ruimtebeslag (m ² /jaar)	installatie storten	0,01 7,8	als normaal	als normaal
2.	Transport in tkm (ton/vracht)	DTO-vliegas cement	50 (10) 28,5 (30)	als normaal	als normaal
3.	Energiegebruik	immobilisatie storten	4,3 kWh 71 MJ	als normaal	als normaal
4.	Bedrijfsmiddelen	cement	0,095 ton	als normaal	als normaal
5.	Emissie lucht (mg, tenzij)		-	als normaal	als normaal
6.	Emissie bodem (mg)	As	74	106	86
		Ba	532	532	620
		Cd	61	88	70
		Co	21	21	24
		Cr	152	275	177
		Cu	189	189	220
		Mo	22209	40197	25866
		Ni	26	52	31
		Pb	1087	1087	1266
		Sb	119	119	138
		Se	93	93	109
		Sn	38	38	44
		V	9,23	9,3	11
		Zn	1124	1124	1309
		Br	462312	462312	538458
		Cl	424244	424244	494120
		F	15576	15576	18141
		SO ₄	1367883	1367883	1593182
7.	Emissie water		-	als normaal	als normaal
8.	Finaal afval / te storten rest	immobilisaat reststroom slib	1175 kg 0,95 kg	als normaal	als normaal
9.	Vermeden transport in tkm (ton/vracht)		-	als normaal	als normaal
10.	Vermeden energie		-	als normaal	als normaal
11.	Vermeden emissie lucht		-	als normaal	als normaal
12.	Vermeden emissie water		-	als normaal	als normaal
13.	Vermeden emissie bodem		-	als normaal	als normaal
14.	Vermeden bedrijfsmiddelen		-	als normaal	als normaal
15.	Overig	zuiveren water (e)	0,0053 m ³	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 "variatie stortcondities"
- (d) Koppelen aan ontwikkelde proceskaart "afvalwaterzuivering"

Verwerkingstechniek: Versatzbau					
ASPECT		(specificatie)	INGREEP	Gevoeligheidsanalyses (a)	
				1 (b)	1 (c)
1.	Ruimtebeslag (m ² /jaar)		0,05	als normaal	als normaal
2.	Transport in tkm (ton/vracht)	DTO-vliegas	1600 (30)	als normaal	als normaal
3.	Energiegebruik	installatie	24 kWh	als normaal	als normaal
4.	Bedrijfsmiddelen		-	als normaal	als normaal
5.	Emissie lucht (mg, tenzij)		-	als normaal	als normaal
6.	Emissie bodem (mg)	As	-	74	als normaal
		Ba		532	
		Cd		61	
		Co		21	
		Cr		152	
		Cu		189	
		Mo		22209	
		Ni		26	
		Pb		1087	
		Sb		119	
		Se		93	
		Sn		38	
		V		9,23	
		Zn		1124	
		Br		462312	
		Cl		424244	
		F		15576	
		SO ₄		1367883	
7.	Emissie water		-	als normaal	als normaal
8.	Finaal afval / te storten rest		1000 kg	als normaal	0
9.	Vermeden transport in tkm (ton/vracht)		-	als normaal	als normaal
10.	Vermeden energie		-	als normaal	als normaal
11.	Vermeden emissie lucht		-	als normaal	als normaal
12.	Vermeden emissie water		-	als normaal	als normaal
13.	Vermeden emissie bodem		-	als normaal	als normaal
14.	Vermeden bedrijfsmiddelen		-	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 20% verhoogd c.q. verlaagd.
- (b) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "toch emissies naar de bodem"
- (c) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "toch zien als nuttige toepassing"

Verwerkingstechniek: Pyrolyse/smelten								
ASPECT		(specificatie)	INGREEP	Gevoeligheidsanalyses (a)				
				1 (b)	2 (c)	3 (d)	4 (e)	5 (f)
1.	Ruimtebeslag (m ² /jaar)		0,12	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal
2.	Transport in tkm (ton/vracht)	DTO-vliegas zand (as) zand (water) basalt zwavel metaalslib NaOH (33%) Act. kool	75 (20) 0 (20) 0 (-) 24,3 (20) 1,1 (10) 27,4 (10) 24,7 (10) 0,03 (10)	75 2,4 3,4 26,7 1,1 27,4 24,7 0,03	75 0 0 24,3 1,1 27,4 24,7 0,06	als normaal	als normaal	als normaal
3.	Energiegebruik	smelter breken slak	3,5 GJ 30,6 kWh	3,5 33,6	3,5 30,5	0,88 30,6	4,2 30,6	als normaal
4.	Bedrijfsmiddelen	zand (flux) NaOH (natret)	0 kg 109,9 kg	69,4 109,9	0 109,9	als normaal	als normaal	als normaal
5.	Emissie lucht (mg, tenzij)	As Cd Cu Hg Ni Pb Sb Se Sn V Zn fijn stof SO ₂ HCl HF HBr	19,6 53,7 21,4 6,2 16,1 4728,6 84,0 0,0 319,6 0,3 13612,7 30680 6205 1907 12,5 33,5	19,6 53,7 21,4 6,2 16,1 4728,6 84,0 0,0 319,6 0,3 13612,7 31370 6205 1907 12,5 33,5	28,1 78,6 21,4 10,2 32,1 4728,6 84,0 0,0 319,6 0,3 13612,7 30720 6205 1907 12,5 33,5	als normaal	als normaal	als normaal
6.	Emissie bodem (mg)	As Ba Co Cr Cu Mo Ni Pb Sb V Zn	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal	604,2 10.375 12.400 3.511 170.846 49.601 13.445 254.617 0,0 1.096 628.277
7.	Emissie water	As Cd Pb Zn Br Cl F	1,51 1,16 5,07*E-5 9,6*E-3 827477 61809076 47298	als normaal	2,16 1,69 5,07*E-5 9,6*E-3 827477 61809076 47298	als normaal	als normaal	als normaal
8.	Finaal afval / te storten rest	act. kool	230 g	als normaal	379	als normaal	als normaal	als normaal
9.	Vermeden Transport in tkm (ton/vracht)	zand (as) zand (water) zinkconc. (rail)	24,3 (20) 34,7 (-) 8,6 (-)	26,7 38,2 8,6	24,3 34,7 8,6	als normaal	als normaal	als normaal
10.	Vermeden energie		zie 14	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal

Verwerkingstechniek: Pyrolyse/smelten								
ASPECT		(specificatie)	INGREEP	Gevoeligheidsanalyses (a)				
				1 (b)	2 (c)	3 (d)	4 (e)	5 (f)
11.	Vermeden emissie lucht		zie 14	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal
12.	Vermeden emissie water		zie 14	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal
13.	Vermeden emissie bodem		zie 14	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal
14.	Vermeden bedrijfsmiddelen	zand zinkconc.	694 kg 85,6 kg	764 85,6	694 85,6	als normaal	als normaal	als normaal
15.	Overig	afvalwater (g)	1109 liter	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 "wel flux"
- (c) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "variatie samenstelling"
- (d) Dit betreft gevoeligheidsanalyse "energie intern geleverd"
- (e) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "hoger energiegebruik"
- (f) Betreft gevoeligheidsanalyse "wel uitloging"
- (g) Koppelen aan ontwikkelde proceskaart "afvalwaterzuivering"

BIJLAGE 2

LITERATUURLIJST

GSES, 2000

Informatie verkregen van GSES over Versatzbau

MER-RUN, 1998

MER Recycling and Utilities North, opgesteld in opdracht van North Refinery, 1998

RIVM, 1999

RIVM-rapport “Milieuhygiënisch kwaliteit en beoordeling van geïmmobiliseerde afvalstoffen (vormgegeven) in relatie tot storten”, augustus 1999.

RWS, 1998

LCA – vliegas, RWS, 1998, (LCA-vliegasstudie Rijkswaterstaat, 1998)