

**MILIEUEFFECTRAPPORT
LANDELIJK AFVALBEHEERPLAN**

**Achtergronddocument A25
Uitwerking “AVI-vliegas”**

Afval Overleg Orgaan
2002

INHOUDSOPGAVE

| | blz. |
|--|------|
| 1. INLEIDING | 3 |
| 2. SAMENSTELLING AVI-VLIEGAS | 4 |
| 3. VERWERKINGSALTERNATIEVEN EN REFERENTIE-INSTALLATIES | 6 |
| 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 | 16 |
| 6. KOUDE IMMOBILISATIE EN STORTEN | 17 |
| 6.1 Procesbeschrijving | 17 |
| 6.2 Massabalans en ruimtebeslag | 17 |
| 6.3 Transport | 18 |
| 6.4 Energie | 18 |
| 6.5 Bedrijfsmiddelen | 19 |
| 6.6 Emissies | 19 |
| 6.7 Leemten in kennis | 22 |
| 7. KOUDE IMMOBILISATIE MET C2-SLIB EN STORTEN | 22 |
| 7.1 Procesbeschrijving | 22 |
| 7.2 Massabalans en ruimtebeslag | 22 |
| 7.3 Transport | 22 |
| 7.4 Energie | 22 |
| 7.5 Bedrijfsmiddelen | 22 |
| 7.6 Emissies | 22 |
| 7.7 Leemten in kennis | 22 |
| 8. TOEPASSEN IN HYDROSTAB | 22 |
| 8.1 Procesbeschrijving | 22 |
| 8.2 Massabalans en ruimtebeslag | 22 |
| 8.3 Transport | 22 |
| 8.4 Energie | 22 |
| 8.5 Bedrijfsmiddelen | 22 |
| 8.6 Emissies | 22 |
| 8.7 Leemten in kennis | 22 |
| 9. TOEPASSEN als VULSTOF IN ASFALT | 22 |
| 9.1 Procesbeschrijving | 22 |
| 9.2 Massabalans en ruimtebeslag | 22 |
| 9.3 Transport | 22 |
| 9.4 Energie | 22 |
| 9.5 Bedrijfsmiddelen | 22 |
| 9.6 Emissies | 22 |
| 9.7 Leemten in kennis | 22 |

| | | |
|------|-----------------------------|----|
| 10. | VERSATZBAU | 22 |
| 10.1 | Procesbeschrijving | 22 |
| 10.2 | Massabalans en ruimtebeslag | 22 |
| 10.3 | Transport | 22 |
| 10.4 | Energie | 22 |
| 10.5 | Bedrijfsmiddelen | 22 |
| 10.6 | Emissies | 22 |
| 10.7 | Leemten in kennis | 22 |
| 11. | DAMMBAU | 22 |
| 11.1 | Procesbeschrijving | 22 |
| 11.2 | Massabalans en ruimtebeslag | 22 |
| 11.3 | Transport | 22 |
| 11.4 | Energie | 22 |
| 11.5 | Bedrijfsmiddelen | 22 |
| 11.6 | Emissies | 22 |
| 11.7 | Leemten in kennis | 22 |
| 12. | PYROLYSE/SMELTEN | 22 |
| 12.1 | Inleiding | 22 |
| 12.2 | Procesbeschrijving | 22 |
| 12.3 | Massabalans en ruimtebeslag | 22 |
| 12.4 | Transport | 22 |
| 12.5 | Energie | 22 |
| 12.6 | Bedrijfsmiddelen | 22 |
| 12.7 | Emissies | 22 |
| 12.8 | Leemten in kennis | 22 |

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

2. SAMENSTELLING AVI-VLIEGAS

AVI-vliegas komt vrij bij de verbranding van afvalstoffen in een verbrandingsinstallatie (in totaal 11 installaties in Nederland). Het is de as die uit de ruwe rookgassen van een AVI wordt verwijderd met behulp van een elektrostatisch filter.

Voor de samenstelling van vliegas wordt uitgegaan van de gemiddelde samenstelling van AVI-vliegas zoals deze bij de Nederlandse verbrandingsinstallaties vrijkomt (VVAV, 1997). In het kader van deze LCA is het belangrijk op te merken dat de kwaliteit van AVI-vliegas sterk kan verschillen. In het VVAV-onderzoek zijn spreidingen in de analyseresultaten gevonden variërend van 7 tot 200%. 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. Zo zal bijvoorbeeld bij toepassing in de Duitse kolenmijnen het gehalte aan vliegas kunnen variëren van 15-75% afhankelijk van de kwaliteit van de toegepaste AVI-vliegas. De gemiddelde samenstelling is weergegeven in tabel 2.1.

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 uit te voeren zoals cadmium, arseen, kwik en dioxines, alsmede de parameters met een grote spreiding zoals chroom, molybdeen, nikkel, silicium en wolfram. Ook voor de gevoeligheidsanalyse is in tabel 2.1 te gehanteerde samenstelling weergegeven

Tabel 2.1; Samenstelling AVI-vliegias

| Component | Gehalte (1) (mg/kg d.s.) | Spreiding % | Gehalte i.h.k.v. de gevoeligheidsanalyse (mg/kg d.s.) |
|------------------------|-----------------------------|-------------|---|
| Aluminium (Al) | 30.294 | 14 | 30.294 |
| Antimoon (Sb) | 682 | 38 | 682 |
| Arseen (As) | 97 | 43 * | 139 |
| Barium (Ba) | 1.000 | 7 | 1.000 |
| Broom (Br) | 997 | 7 | 997 |
| Cadmium (Cd) | 379 | 46 * | 553 |
| Calcium (Ca) | 143.529 | 33 | 143.529 |
| Chloride (Cl) | 74.471 | 32 | 74.471 |
| Chroom (Cr) | 231 | 81 * | 418 |
| Cobalt (Co) | 19 | 33 | 19 |
| Fluor (F) | 57 | 50 | 57 |
| Kalium (K) | 41.376 | 32 | 41.376 |
| Koper (Cu) | 1.154 | 26 | 1.154 |
| Kwik (Hg) | 2,0 | 66 * | 3,3 |
| Lood (Pb) | 7.671 | 34 | 7.671 |
| Mangaan (Mn) | 9.765 | 32 | 9.765 |
| Molybdeen (Mo) | 50 | 81 * | 91 |
| Natrium (Na) | 36.282 | 29 | 36.282 |
| Nikkel (Ni) | 88 | 99 * | 175 |
| Seleen (Se) | 9,0 | 26 | 9,0 |
| Silicium (Si) | 30.444 | 202 * | 91.941 |
| Strontium (Sr) | 245 | 17 | 245 |
| Sulfaat (SO4) | 32.041 | 38 | 32.041 |
| Tin (Sn) | 1.007 | 42 | 1.007 |
| Vanadium (V) | 30 | 31 | 30 |
| Wolfraam (W) | 77 | 61 * | 124 |
| Zink (Zn) | 22.488 | 27 | 22.488 |
| Dioxines (µg I-TEQ/kg) | 2,4 | 129 * | 5,5 |

(1)(RWS, 1998)

* Gevarieerd in de gevoeligheidsanalyse

3. VERWERKINGSALTERNATIEVEN EN REFERENTIE-INSTALLATIES

AVI-vliegas wordt op diverse wijzen verwerkt. Zo wordt het vliegas in big bags gestort. De big bags worden echter niet alleen met vliegas gevuld. Zo worden ook andere stoffen toegevoegd zoals rookgasreinigingsresiduen en water. Hiermee wordt een vorm van immobilisatie bereikt. Het primaire doel van de toevoeging van deze stoffen is echter het verbeteren van de storteigenschappen. Er ontstaat namelijk een betonachtig product dat goed in een afvalberging is te verwerken (stapelen). Deze techniek wordt ondermeer bij ARN en Boeldershoek toegepast. Op stortplaats Nauerna worden ook big bags gestort echter enkel gevuld met rookgasreinigingsresidu. Vanwege beschikbaarheid van data van deze laatste stortplaats (RWS, 1998) wordt deze als referentie gebruikt.

Naast het storten in big bags vindt bij VBM als enige immobilisatie plaats van AVI-vliegas volgens een beproefd procédé. Hierbij is sprake van een tweetal verwerkingsopties. Ten eerste vindt koude immobilisatie van vliegas plaats door de vliegas met diverse droge afvalstoffen onder toevoeging van water te mengen. Daarnaast wordt vliegas toegepast bij de immobilisatie van slibben ter vervanging van cement. Beide immobilisaten worden op de stortplaats van VBM gestort.

AVI-vliegas wordt volgens één procédé geïmmobiliseerd met het oog op nuttige toepassing (productnaam Hydrostab). Hydrostab is een mengsel van reststoffen en toegevoegd waterglas. Als reststoffen worden gebruikt grondstoffen met een korrelfractie (bijvoorbeeld zeefzand), een slibfractie (zoals zuiveringsslib) en een fractie aan vulstoffen (zoals vliegas). Het product wordt toegepast als eindafwerking op afvalstortplaatsen ter vervanging van de zandbentonietafdichting.

Voorts vindt toepassing als vulstof in asfalt plaats waar AVI-vliegas de inzet van primaire vulstoffen vervangt.

Tot slot vindt export van AVI-vliegas plaats naar Duitsland. In Duitsland wordt het vliegas toegepast in de kolenmijnen (Dammbau) en in zoutmijnen (Versatzbau). In de kolenmijnen wordt het vliegas verwerkt in een betonmortel die in de mijnbouw wordt toegepast. In de zoutmijnen wordt vliegas vermengd met water gestort ter opvulling van de zoutkoepels die door de zoutwinning zijn ontstaan.

Verder wordt gewezen op de plannen van North Refinery. Dit bedrijf heeft concrete plannen ontwikkeld voor het realiseren van een pyrolyse-, vergassings- en smeltinrichting voor diverse afvalstoffen, waaronder AVI-vliegas. Het vliegas zou dan in een pyrometallurgische smelter van Gibros-PEC worden omgevormd tot een basaltachtig product, dat als categorie 1 bouwstof kan worden toegepast. Nog onzeker is of de plannen van North Refinery zullen worden geëffectueerd.

Resumerend worden acht verwerkingsalternatieven voor AVI-vliegas d.m.v. een LCA vergeleken. Deze alternatieven en de in de LCA's gehanteerde referentie-installaties zijn in tabel 3.1 weergegeven. De referentie-installaties zijn mede gekozen op grond van de keuzes die zijn gemaakt in de AVI-vliegas LCA van Rijkswaterstaat. Onderhavige studie maakt gebruik van deze LCA en de daarin gehanteerde data. Deze studie is tot stand gekomen onder begeleiding van een projectgroep en een klankbordgroep. Beide groepen bestonden onder meer uit marktpartijen en overheden.

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 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 | Nauerna |
| Storten na koude immobilisatie | VBM Rotterdam-Maasvlakte |
| Storten na koude immobilisatie met C2-slib | VBM Rotterdam-Maasvlakte |
| Waterglas (koude immobilisatie) | Hydrostab |
| Vulstof in asfalt | Vulstofcentrale Winterswijk |
| Versatzbau (Duitse zoutmijnen) | GSES |
| Dambau (Duitse kolenmijnen) | UTR |
| Pyrolyse/smelten (pyrometallurgisch smelten) 1) | Gibros-PEC-installatie North Refinery in Delfzijl |

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

4. UITGANGSPUNTEN EN SYSTEEMGRENZEN

In het totale afvalbeheerstraject voor AVI-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 producten en/of reststoffen, die vaak nuttig kunnen worden toegepast. Er is dan sprake van vermeden winnings- en productieprocessen van primaire grondstoffen, zodat in de LCA-berekeningen negatieve milieu-ingrepen worden toegerekend.

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 verhandelbare producten. Binnen de systeemgrens valt dan nog wel het transport naar de locatie waar verder verwerking of inzet plaatsvindt (inclusief het vermeden transport van niet meer aan te voeren primair materiaal). Er wordt vanuit gegaan dat wanneer er sprake is van gelijkwaardigheid aan primair materiaal, daarna met alle vervolghandelingen een vergelijkbare handeling met primair materiaal wordt vermeden.

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; zuiveringsrendementen¹ voor resulterende waterstromen

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

¹ (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 AVI-vliegas wordt direct bij de verbrandingsinstallatie tezamen met andere rookgasreinigingsresiduen in big bags opgeslagen. De mengverhouding van het aldus ontstane product kan per AVI die deze techniek toepassen variëren.

B. Afvalwaterbehandeling

De menginstallatie wordt regelmatig schoongemaakt. Het hierbij vrijkomend water is verontreinigd met AVI-vliegas maar ook met andere reststoffen uit de rookgasreiniging. Afhankelijk van de AVI wordt dit water gezuiverd of hergebruikt bij de rookgasreiniging (b.v. indroging in sproeidrogers).

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-treding. 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 AVI-vliegas plaats, noch in de exploitatieperiode noch na sluiting van de stortplaats. Ten gevolge van de berging van AVI-vliegas is dus geen afvalwaterbehandeling noodzakelijk.

Voornoemde storttechniek wordt ook bij andere stortplaatsen die dit materiaal verwerken toegepast (Boeldershoeck, ARN).

5.2 Massabalans en ruimtebeslag

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

Tabel 5.1; Massabalans

| Producten | Hoeveelheid per ton verwerkt AVI-vliegas | Te storten |
|---------------------------------------|--|------------|
| AVI-vliegas (ton) | 1 | -- |
| Ketelas (ton) | 1 | -- |
| Rookgasreinigingsresidu (ton) | 1,5 | -- |
| Afvalwater uit rookgasreiniging (ton) | 1,5 | -- |
| Big-bag (stuks) | 3,3 | |
| Foliezak (stuks) | 3,3 | |
| Reststoffen | Hoeveelheid per ton verwerkt vliegas | Te storten |
| Mengsel (ton) | 5 | 5 |

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 0,24 ton vliegas) 1,3 m³ stortruimte wordt ingenomen. Een en ander resulteert in 5,4 m³ per ton AVI-vliegas. Dus kan (15/5,4) 2,78 ton AVI-vliegas per m² worden geborgen. Daarmee is voor de berging van 1 ton AVI-vliegas is 0,36 m² nodig. Over de te beschouwen periode van 100 jaar betekent dit 36 m²jr aan fysiek ruimtebeslag.

Omdat het hier een gezamenlijke verwerking betreft van de afvalstromen AVI-vliegas, ketelas en rookgasreinigingsresidu (in de verhouding 1:1:1,5) moet het berekende ruimtebeslag nog gecorrigeerd worden. Vliegas maakt 29% van het mengsel uit zodat uiteindelijk (36 * 29%) 10,4 m²jr fysiek ruimtebeslag aan AVI-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 vliegas moet 5 ton mengsel worden afgevoerd. Vanwege allocatie moet komt vervolgens 29% voor rekening van AVI-vliegas. Daar verspreid over Nederland diverse stortplaatsen (aantal tussen 6-10) deze materialen accepteren wordt uitgegaan van een transportafstand van gemiddeld 50 km.

Voorts wordt zand aangevoerd als uitvulmateriaal. Er zijn overigens ook stortplaatsen die hiervoor korrelvormige afvalstoffen toepassen. Echter, in het kader van onderhavige studie wordt uitgegaan van zand. Per 1,2 ton verpakt materiaal (met 0,24 ton vliegas) wordt circa 0,3 m³ (0,45 ton) zand aangebracht dus per ton AVI-vliegas ([1/0,24]*0,45*29%) 0,54 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 mengsel 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 | 73 |
| Zand/uitvulmateriaal over water | 50 | 27 |
| Zand/uitvulmateriaal over land | 35 | 19 |

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 vliegas met de overige reststoffen (in verhouding 1:1:1,5) uit de rookgasreininging bedraagt 2,5 kWh/ton voor natte specie gebaseerd gegevens van een leverancier van mengapparatuur (RWS, 1998). Per ton vliegas moet 5 ton immobilisatie worden gemengd. Het aandeel vliegas bedraagt 29%. Daarmee bedraagt het energieverbruik eveneens 3,6 kWh per ton 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 5 ton mengsel met 29% vliegas 87 MJ aan energie nodig is per ton AVI-vliegas.

Daarnaast wordt per ton vliegas 0,54 ton zand aangebracht hetgeen nog eens 32 MJ vergt.

5.5 Bedrijfsmiddelen

Bij de verwijdering van AVI-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 5 ton mengsel is 3,3 big-bag à 2,5 kg nodig overeenkomend met 8,25 kg. Vanwege allocatie komt slechts 29% voor rekening van AVI-vliegas, zijnde 2,4 kg. Voor de bepaling van de milieu-ingrepen wordt gebruik gemaakt van de database uit SimaPro.

Daarnaast worden 3,3 PE-hoezen à 1 kg gebruikt. Vanwege allocatie komt per ton vliegas 29% voor rekening van vliegas, zijnde 0,96 kg. De milieu-ingrepen worden bepaald met standaard database in SimaPro.

Voorts wordt uitvulmateriaal verbruikt. Het betreft korrelvormige materialen (zand of afvalstoffen). Deze materialen worden 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. In het kader van onderhavig studie wordt uitgegaan van de toepassing van zand. Hiervoor is reeds bepaald dat per ton AVI-vliegas 0,54 ton zand wordt aangebracht. De effecten van de productie/winning hiervan zullen aan AVI-vliegas worden toegerekend gebruikmakend van standaard database in 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 bodem

Vanwege bodembeschermende voorzieningen vinden geen emissies naar de bodem plaats.

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 AVI-vliegas. Zie voor de verdere uitwerking hiervan onder "De emissie bij de verwerking van reststromen".

De emissie bij de verwerking van reststromen

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 de volgende aanpak gevolgd:

- Er is uitgegaan van uitlooggegevens van omgeïmmobiliseerd vliegas, ontleend aan RIVM-rapport 771402006 (appendix A, kaart NV8060.wk1).
- Met de in paragraaf 5.1 en 5.2 beschreven werkwijze is uitgegaan van een berging van 2,78 ton AVI-vliegas en met een dichtheid van 1200 kg/m^3 betekent dat voor deze bergingsvorm een aan vliegas toe te rekenen bergingshoogte van 2,31 meter².
- Er is uitgegaan van een tijdshorizon van 10000 jaar (100 jaar voor anionen) en van een infiltratie van 0,5 mm/jaar.
- Tenslotte is een ruwe correctie uitgevoerd voor verschillen in samenstelling zoals deze bestaan tussen de vliegas uit genoemd RIVM-rapport en de samenstelling uit tabel 2.1.

De resulterende uitloging is gegeven in tabel 5.3.

² In praktijk zit deze $2,78 \text{ ton/m}^2$ samen met andere afvalstoffen verdeelt over een hoogte van 15 meter. Hierdoor zal de aan vliegas toe te rekenen uitloging niet geheel het patroon volgen zoals hier is berekend, en bovendien worden vermengt met uitloging uit deze andere afvalstoffen. Het betreft hier dan ook een indicatieve inschatting om in het kader van een gevoeligheidsanalyse gevoel te krijgen voor de mate waarin het wel of niet uitlogen de uitkomst van de LCA-vergelijking zou kunnen beïnvloeden.

Tabel 5.3; Uitloging uit AVI-vliegas (gevoeligheidsanalyse "toch uitloging")

| component | uitloging in mg/m ² (L/S=10) | uitloging in mg/m ² | uitloging mg/ton vliegas | correctie samenstelling LAP/RIVM | gecorrigeerde uitloging mg/ton vliegas |
|-----------------|---|-----------------------------------|-----------------------------|--|--|
| As | 0,033 | 0 | 0,00 | 4,45 | 0,0 |
| Ba | 3,306 | 2035 | 732,04 | 0,43 | 315,5 |
| Cd | 2,392 | 3932 | 1414,31 | 2,18 | 3086,8 |
| Co | 0,093 | 0 | 0,00 | 1,05 | 0,0 |
| Cr | 0,164 | 68 | 24,51 | 1,14 | 27,9 |
| Cu | 0,241 | 0 | 0,00 | 1,88 | 0,0 |
| Hg | 0,001 | 0 | 0,00 | 0,79 | 0,0 |
| Mo | 5,459 | 7103 | 2555,19 | 1,02 | 2594,3 |
| Ni | 1,057 | 510 | 183,52 | 0,84 | 153,3 |
| Pb | 56,353 | 63648 | 22894,99 | 1,67 | 38342,8 |
| Sb | 0,045 | 19 | 6,72 | 7,28 | 49,0 |
| Se | 0,403 | 525 | 188,74 | 0,81 | 152,7 |
| Sn | 0,239 | 198 | 71,10 | 1,90 | 135,3 |
| V | 0,052 | 0 | 0,00 | 0,36 | 0,0 |
| Zn | 18,894 | 19772 | 7112,10 | - | 7112,1 |
| Br | - | 0 | 0,00 | 5,21 | 0,0 |
| Cl | 38873 | 1104454 | 397286 | 2,40 | 955166 |
| SO ₄ | 16656 | 282485 | 101613 | 1,63 | 165445 |

Voor de verwerking van afvalwater wordt een rendement aangehouden van 95% voor het afvangen van het meegespoelde materiaal (1 kg per ton vliegas). Deze 95%, ofwel 950 g per ton AVI-vliegas, wordt via het slib van de rioolwaterzuivering afgevoerd en gestort als finaal afval. Uiteindelijk zou op deze wijze 50 gram per ton vliegas (de niet afgevangen 5% van de weggespoelde kilo) 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 5.4 een overzicht gegeven van de lozing naar het oppervlaktewater.

Tabel 5.4; Lozing op oppervlaktewater

| Component | Samenstelling AVI-vliegas (mg/kg) | Lozing (mg/ton AVI-vliegas) | Samenstelling i.h.k.v. de gevoeligheidsanalyse (mg/kg) | Lozing in de gevoeligheidsanalyse (mg/ton AVI-vliegas) |
|------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|--|--|
| Aluminium (Al) | 30.294 | 1.515 | 30.294 | 1.515 |
| Antimoon (Sb) | 682 | 34 | 682 | 34 |
| Arseen (As) | 97 | 4,9 | 139 * | 7,0 |
| Barium (Ba) | 1.000 | 50 | 1.000 | 50 |
| Broom (Br) | 997 | 50 | 997 | 50 |
| Cadmium (Cd) | 379 | 19 | 553 * | 28 |
| Calcium (Ca) | 143.529 | 7.176 | 143.529 | 7.176 |
| Chloride (Cl) | 74.471 | 3.724 | 74.471 | 3.724 |
| Chroom (Cr) | 231 | 12 | 418 * | 21 |
| Cobalt (Co) | 19 | 0,95 | 19 | 0,95 |
| Fluor (F) | 57 | 2,9 | 57 | 2,9 |
| Kalium (K) | 41.376 | 2.069 | 41.376 | 2.069 |
| Koper (Cu) | 1.154 | 58 | 1.154 | 58 |
| Kwik (Hg) | 2,0 | 0,1 | 3,3 * | 0,2 |
| Lood (Pb) | 7. 671 | 384 | 7. 671 | 384 |
| Mangaan (Mn) | 9.765 | 488 | 9.765 | 488 |
| Molybdeen (Mo) | 50 | 2,5 | 91 * | 4,6 |
| Natrium (Na) | 36.282 | 1.814 | 36.282 | 1.814 |
| Nikkel (Ni) | 88 | 4,4 | 175 * | 8,8 |
| Seleen (Se) | 9,0 | 0,45 | 9,0 | 0,45 |
| Silicium (Si) | 30.444 | 1.522 | 91941 * | 4.597 |
| Strontium (Sr) | 245 | 12 | 245 | 12 |
| Sulfaat (SO4) | 32.041 | 1.602 | 32.041 | 1.602 |
| Tin (Sn) | 1.007 | 50 | 1.007 | 50 |
| Vanadium (V) | 30 | 1,5 | 30 | 1,5 |
| Wolfram (W) | 77 | 3,9 | 124 * | 6,2 |
| Zink (Zn) | 22.488 | 1.124 | 22.488 | 1.124 |
| Dioxines (µg I-TEQ/kg) | 2,4 | 0,12 | 5,5 * | 0,28 |

* 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 450.000 ton per jaar en een asproductie (vliegas en ketelas) van 0,03 ton met een RGRR-productie van 3,5E-6 per ton afval ontstaat jaarlijks 13.500 ton. Per ton wordt dus 0,019 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 52 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.

5.7 Leemten in kennis

Energie verbonden aan het storten is ingeschat op grond van de verwerkingscapaciteit (ton/dag) van materieel. Het daadwerkelijke energie- verbruik 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 de potentiële omvang van uitloging op de langere termijn een leemte.

6. KOUDE IMMOBILISATIE EN STORTEN

6.1 Procesbeschrijving

A. Aanvoer AVI-vliegas

Het AVI-vliegas wordt per vrachtwagen-aanhanger-combinatie vervoerd naar de verwerkingsinrichting.

B. Opslag vliegas

De AVI-vliegas wordt in silo's opgeslagen.

C. Verwerking

De AVI-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 AVI-vliegas. In de tabel is ook aangegeven welke hoeveelheden reststoffen moeten worden gestort.

Tabel 6.1; Massabalans

| Producten | Hoeveelheid per ton verwerkt AVI-vliegas (ton) | Te storten (ton) |
|-----------------------|--|------------------|
| AVI-vliegas | 1 | -- |
| Bindmiddel + additief | 0,1 | -- |
| Afvalwater | 0,35 | -- |
| Reststoffen | Hoeveelheid per ton verwerkt vliegas (ton) | Te storten (ton) |
| Immobilisaat | 1,45 | 1,45 |

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 vliegasdeel 57.500 ton verwerken. Het aandeel AVI-vliegas bedraagt circa 40.000 ton. De rest is toeslagstof zodat het gehele ruimtebeslag aan vliegas toekomt.

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 4.000 kton AVI-vliegas. Het fysiek ruimtebeslag per ton AVI-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 10,3 ton vliegas gestort. Dus voor de berging van 1 ton AVI-vliegas is $0,097 \text{ m}^2$ nodig. Over de te beschouwen periode van 100 jaar betekent dit $9,7 \text{ m}^2\text{jr}$ aan fysiek ruimtebeslag.

6.3 Transport

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

Op dit moment wordt slechts op één plaats deze techniek toegepast. Daar niet de verwachting is dat in Nederland diverse immobilisatie-installaties voor deze afvalstroom ontwikkeld zullen worden (hooguit 2) zijn ruime transportafstanden aangehouden.

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 AVI-vliegas.

Tabel 6.2: Transport

| Materiaal | Transport | |
|--------------|--------------|--------------------|
| | Afstand (km) | Tonkilometer (tkm) |
| AVI-vliegas | 100 | 100 |
| Bindmiddelen | 300 | 30 |

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 AVI-vliegas bedraagt 40.000 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 5,2 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 dieselverbruik van het in te zetten materieel. Voor 1 ton vliegas wordt 1,45 ton immobilisaat gestort hetgeen overeenkomt met $(60 \times 1,45)$ 87 MJ.

6.5 Bedrijfsmiddelen

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

Tabel 6.3: Overzicht bedrijfsmiddelen

| Bedrijfsmiddelen | Hoeveelheid per ton verwerkt AVI-vliegas (ton) |
|---------------------------|--|
| Afvalwater (effluent) | 0,35 |
| Bindmiddelen + additieven | 0,1 |

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 m^3 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.

De immobilisatie-installatie is uitgerust met een centraal doekfilter. Dat filter is uitgerust met filtercassettes met een zeer fijn filterdoek en een opvangsysteem voor het stof.

Uit het MER dat voor de installatie (MER-VBM) is opgesteld kan worden afgeleid dat de stofemissie $<1 \text{ mg/Nm}^3$ bij een afgasdebiet van $6.600 \text{ m}^3/\text{h}$, bedraagt. Wanneer wordt uitgegaan van 1800 uur/jaar, dan wordt jaarlijks 11,9 kg stof naar de lucht uitgestoten.

Aangenomen wordt dat de stofemissie volledig wordt veroorzaakt door het deel van de installatie waar vliegassen worden geïmmobiliseerd. Dit deel heeft een capaciteit van 57.500 ton/jr met 40.000 ton vliegas. In tabel 6.4 heeft een emissietoerekening plaatsgevonden naar 1 ton AVI-vliegas waarbij wordt aangenomen dat de totale emissie afkomstig is van AVI-vliegas. Hiermee komt de stofemissie per ton AVI-vliegas op ongeveer 0,29 g (11,9 kg per 40.000 ton). Verder heeft de samenstelling van tabel 2.1 als basis gediend.

Tabel 6.4; Emissies naar de lucht per ton AVI-vliegas

| Component | Emissie (mg/ton AVI-vliegas) | Emissie t.b.v. gevoeligheidsanalyse (mg/ton) |
|--------------------------|---------------------------------|--|
| Aluminium (Al) | 8,785 | 8,785 |
| Antimoon (Sb) | 0,198 | 0,198 |
| Arseen (As) * | 0,028 | 0,040 |
| Barium (Ba) | 0,290 | 0,290 |
| Broom (Br) | 0,289 | 0,289 |
| Cadmium (Cd) * | 0,110 | 0,160 |
| Calcium (Ca) | 41,623 | 41,623 |
| Chloride (Cl) | 21,597 | 21,597 |
| Chroom (Cr) * | 0,067 | 0,121 |
| Cobalt (Co) | 0,006 | 0,006 |
| Fluor (F) | 0,017 | 0,017 |
| Kalium (K) | 11,999 | 11,999 |
| Koper (Cu) | 0,335 | 0,335 |
| Kwik (Hg) * | 0,001 | 0,001 |
| Lood (Pb) | 2,225 | 2,225 |
| Mangaan (Mn) | 2,832 | 2,832 |
| Molybdeen (Mo) * | 0,015 | 0,026 |
| Natrium (Na) | 10,522 | 10,522 |
| Nikkel (Ni) * | 0,026 | 0,051 |
| Seleen (Se) | 0,003 | 0,003 |
| Silicium (Si) * | 8,829 | 26,663 |
| Strontium (Sr) | 0,071 | 0,071 |
| Sulfaat (SO4) | 9,292 | 9,292 |
| Tin (Sn) | 0,292 | 0,292 |
| Vanadium (V) | 0,009 | 0,009 |
| Wolfram (W) * | 0,022 | 0,036 |
| Zink (Zn) | 6,522 | 6,522 |
| Dioxines (µg I-TEQ/kg) * | 0,001 | 0,002 |

* Gevarieerd in de gevoeligheidsanalyse

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 gesproeid. 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 6.5a bevat de uitlooggegevens van het immobilisaat van AVI-vliegas. Uit deze tabel blijkt dat niet voor alle componenten uitloogdata beschikbaar zijn. Daar afhankelijk van de kwaliteit van de AVI-vliegassen verschillende recepturen worden toegepast, zijn de weergegeven resultaten een gemiddelde van de beschouwde recepturen. 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 storren" (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 10,34 ton vliegas gestort
- uitloging per ton is $1/10,34$ deel van de berekende immissie per m^2 .

In de gevoeligheidsanalyse (tabel 6.5b) 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 uitlogen. 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 blokgruote van $1*1*1m$).

Tabel: 6.5a; Uitlooggegevens immobilisaat van AVI-vliegas

| Component | Emissie verkorte diffusietest | | | | Praktijkcondities | |
|-----------|-------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|---------|
| | Recept 1 | Recept 2 | Recept 3 | Gemiddeld | Gemiddeld | |
| | mg/m ² | mg/m ² | mg/m ² | mg/m ² | mg/m ² | mg/ton |
| As | 6,54 | 21,3 | 16,5 | 14,8 | 1462 | 141 |
| Ba | 135,5 | 226 | 225 | 195,5 | 19318 | 1868 |
| Cd | 1,3 | 1,68 | 0,83 | 1,3 | 128 | 12 |
| Co | 2,06 | 2,68 | 5,51 | 3,42 | 338 | 33 |
| Cr | 17,4 | 25,6 | 31,5 | 24,8 | 2451 | 237 |
| Cu | 1,64 | 5,44 | 5,71 | 4,26 | 421 | 41 |
| Mo | 136,9 | 311,1 | 383,7 | 277,2 | 27391 | 2649 |
| Ni | 3,74 | 5 | 5,3 | 4,7 | 464 | 45 |
| Pb | 298,5 | 398,3 | 534,6 | 410,5 | 40563 | 3923 |
| Sb | 8,2 | | 8,75 | 8,5 | 840 | 81 |
| Se | 5,82 | 5,69 | 11,2 | 7,6 | 751 | 73 |
| Sn | 3,13 | 2,35 | 3,03 | 2,84 | 281 | 27 |
| V | 5,4 | 9,73 | 9,21 | 8,1 | 800 | 77 |
| Zn | 145,5 | 131,8 | 65,7 | 114,3 | 11294 | 1092 |
| Br | 5151 | 208050 | 86145 | 99782 | 768737 | 74346 |
| Cl | 1318723 | 5312890 | 2821686 | 3151100 | 24276579 | 2347832 |
| F | 516,8 | 743,9 | 808,4 | 689,7 | 68152 | 6591 |
| SO4 | 489558 | 772320 | 1164474 | 808784 | 6231002 | 602611 |

Tabel: 6.5b; Uitlooggegevens immobilisaat van AVI-vliegas voor de gevoeligheidsanalyse

| Component | Variatie op samenstelling | | Variatie op stortcondities | |
|-----------|---------------------------|---------|----------------------------|---------|
| | mg/m ² | mg/ton | mg/m ² | mg/ton |
| As | 2091 | 202 | 3407 | 165 |
| Ba | 19318 | 1868 | 45000 | 2176 |
| Cd | 188 | 18 | 299 | 14 |
| Co | 338 | 33 | 787 | 38 |
| Cr | 4436 | 429 | 5708 | 276 |
| Cu | 421 | 41 | 981 | 47 |
| Mo | 49578 | 4795 | 63806 | 3085 |
| Ni | 924 | 89 | 1082 | 52 |
| Pb | 40563 | 3923 | 94488 | 4569 |
| Sb | 840 | 81 | 1957 | 95 |
| Se | 751 | 73 | 1749 | 85 |
| Sn | 281 | 27 | 654 | 32 |
| V | 800 | 77 | 1864 | 90 |
| Zn | 11294 | 1092 | 26309 | 1272 |
| Br | 768737 | 74346 | 1790704 | 86591 |
| Cl | 24276579 | 2347832 | 56550150 | 2734533 |
| F | 68152 | 6591 | 158754 | 7677 |
| SO4 | 6231002 | 602611 | 14514568 | 701865 |

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 40.000 ton AVI-vliegassen. Per ton wordt dus 0,0065 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 AVI-vliegas. Dit wordt via het slib van de rioolwaterzuivering afgevoerd en gestort als finaal afval.

6.7 Leemten in kennis

Ten aanzien van de stofemissies is gesteld dat deze volledig door vliegas wordt veroorzaakt. In de praktijk zullen mogelijk ook andere stromen debet zijn aan deze stofemissies, zoals bijvoorbeeld cement. Afhankelijk van de zwaartepuntsanalyse zal bezien worden of hier nog aandacht aan gegeven moet worden.

Verder is het bedrijfsmiddel "drainagematten" voor dit MER een leemte in kennis (zowel qua omvang als qua aard)

7. KOUDE IMMOBILISATIE MET C2-SLIB EN STORTEN

7.1 Procesbeschrijving

A. Aanvoer AVI-vliegas

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

B. Opslag AVI-vliegas

De AVI-vliegas wordt in silo's opgeslagen.

C. Mengen

De AVI-vliegas wordt vanuit de silo's in het proces gebracht en gemengd met C2-slibben en cement.

D. Afvalwaterbehandeling

Afvalwater dat vrijkomt bij het schoonspoelen van de installatie wordt vanwege het basische gehalte op het stort uitgesproeid op locaties waar zure afvalstromen zijn gestort.

E. Transport

Het aldus ontstane mengsel wordt naar de stort getransporteerd.

F. Storten reststoffen

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.

7.2 Massabalans en ruimtebeslag

Tabel 7.1 bevat de massabalans³ uitgaande van de verwerking van 1 ton AVI-vliegas. In de tabel is ook aangegeven welke hoeveelheden reststoffen moeten worden gestort.

Tabel 7.1; Massabalans

| Producten | Hoeveelheid per ton verwerkt vliegas (ton) | Te storten (ton) |
|-------------------------|--|------------------|
| AVI-vliegas | 1 | -- |
| C2-slibben | 1 | -- |
| Bindmiddel + additieven | 0,2 | -- |
| Reststoffen | Hoeveelheid per ton verwerkt vliegas (ton) | Te storten (ton) |
| Immobilisaat | 2,2 | 2,2 |

Daar hier sprake is van de gezamenlijke verwerking van twee afvalstromen (AVI-vliegas en C2-slib) wordt de helft van het bindmiddel aan vliegas toegerekend. Dit betekent dat het aandeel vliegas (inclusief 50% bindmiddel) 50% bedraagt.

De immobilisatie-installatie bestrijkt een oppervlakte van circa 1000 m². De installatie bestaat uit twee gelijke delen. Een deel waar 'alleen' AVI-vliegas wordt geïmmobiliseerd (zie hoofdstuk 6) en een deel waar AVI-vliegas gezamenlijk met C2-slibben wordt geïmmobiliseerd, elk met een om-

³ Mail van VBM aan Haskoning 20 november 2000; recept 102 betreft 1 op 1 vliegas en C2-slib met 10% bindmiddel en additief

vang van 500 m². Op jaarbasis kan het deel waar AVI-vliegas en C2-slib gezamenlijk worden verwerkt 57.500 ton verwerken. Per ton AVI-vliegas wordt 1 ton C2-slib en 0,2 ton aan additievenbindmiddel toegevoegd.

Het ruimtebeslag over een periode van 100 jaar bedraagt $100 * 500 \text{ m}^2 * 50\% = 25.000 \text{ m}^2\text{jr}$. In die periode verwerkt de inrichting 2613 kton. Het fysiek ruimtebeslag per ton vliegas bedraagt derhalve 0,01 m²jr.

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 ongeveer 1 ton/m³. Het aandeel AVI-vliegas bedraagt 50%. Dus per m² stortruimte wordt 7,1 ton AVI-vliegas verwerkt. Dit betekent dat voor de berging van 1 ton 0,13 m² nodig is. Over de te beschouwen periode van 100 jaar betekent dit 14 m²jr aan fysiek ruimtebeslag.

7.3 Transport

In het beschouwde afvalbeheersalternatief vindt transport per as plaats van vliegas naar de inrichting voor koude immobilisatie. Per vracht wordt 10 ton AVI-vliegas getransporteerd. Tevens worden de bindmiddelen/additieven per as aangevoerd. Bij dergelijke transporten kan worden uitgegaan van 30 ton per vracht. De aard van deze stoffen is onbekend. In het kader van de LCA wordt uitgegaan van cement.

Het verbruik aan diesel en smeerolie, alsmede de emissies via de uitlaatgassen van de voertuigen voor het transport van vliegas en immobilisaat worden berekend m.b.v. de SimaPro-database. Daarbij wordt uitgegaan van de in tabel 7.2 vermelde transportafstanden (totaal km heen en terug). Tevens zijn per vracht de tonkilometers (tkm) weergegeven op basis van 1 ton AVI-vliegas.

Tabel 7.2: Transport per ton AVI-vliegas

| Materiaal | Transport | |
|--------------|--------------|--------------------|
| | Afstand (km) | Tonkilometer (tkm) |
| AVI-vliegas | 100 | 100 |
| Bindmiddelen | 300 | 30 |

Het immobilisaat wordt binnen de eigen inrichting van VBM gestort. Derhalve worden de transportkilometers buiten beschouwing gelaten.

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

7.4 Energie

Rekening moet worden gehouden met:

- het energieverbruik van de immobilisatie-installatie;
- het energieverbruik bij de verwijdering van reststoffen;

Het energieverbruik van de immobilisatie-installatie

Voor de gehele immobilisatie-installatie is een vermogen van 290 KW geïnstalleerd. Het deel van de installatie waar AVI-vliegas samen met C2-slibben wordt geïmmobiliseerd omvat de helft van de installatie en derhalve ook de helft van dit vermogen: 145 KW. Aangenomen wordt dat 80% van het geïnstalleerd vermogen wordt gebruikt. Uitgaande van 1800 bedrijfsuren en de verwerking van

57500 ton/jaar bedraagt het energieverbruik 3,6 kWh per ton immobilisaat. Per ton vliegas wordt 2,2 ton immobilisaat geproduceerd. Dit bestaat voor 50% uit vliegas dus: $4,54 \text{ kWh} * 2,2 \text{ ton} * 50\% = 4 \text{ kWh}$ per ton AVI-vliegas.

Het energieverbruik bij de verwijdering van reststoffen

Bij de verwerking van het immobilisaat wordt energie verbruikt in de vorm van transport (zie tabel 7.2). 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 dieserverbruik van het in te zetten materieel. Voor 2,2 ton immobilisaat is derhalve 132 MJ nodig waarvan 50% vliegasgerelateerd is: 66 MJ.

7.5 Bedrijfsmiddelen

Het is onbekend welke bindmiddelen/additieven worden toegepast. In het kader van deze LCA wordt uitgegaan van cement. Per ton vliegas is 0,1 ton cement nodig.

Omdat water dat voor het schoonmaken wordt gebruikt, afvalwater is, wordt dit niet als bedrijfsmiddel aangemerkt.

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.

7.6 Emissies

Rekening moet worden gehouden met:

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

De emissies van de vliegasverwerkingsinrichting

In paragraaf 6.6 is voor het mengen van alleen vliegas met cement (beide droog) ingeschat welke stofemissies naar de lucht te verwachten zijn (gebaseerd op een afgasdebiet en een rendement van een doekenfilter). Bij de gezamenlijke verwerking van AVI-vliegas met C2-slibben (nat) is te verwachten dat er geen stofemissies zullen optreden.

Om het effect van toch enige emissies in kaart te brengen zal in de gevoeligheidsanalyse toch rekening gehouden worden met enige uitstoot. Daar een dergelijke uitstoot niet daadwerkelijk te bepalen is wordt aangenomen dat deze op 50% van de emissies uit paragraaf 6.6 (tabel 6.4) liggen. In tabel 7.3 is de emissie per ton AVI-vliegas weergegeven (50% van de emissies uit tabel 6.4).

Tabel 7.3: Emissie naar de lucht per ton AVI-vliegas t.b.v. de gevoeligheidsanalyse

| Component | Emissie (mg/ton AVI-vliegas) |
|-------------------------------------|---------------------------------|
| Aluminium (Al) | 4,39 |
| Antimoon (Sb) | 0,10 |
| Arseen (As) | 0,014 |
| Barium (Ba) | 0,15 |
| Broom (Br) | 0,14 |
| Cadmium (Cd) | 0,055 |
| Calcium (Ca) | 20,81 |
| Chloride (Cl) | 10,80 |
| Chroom (Cr) | 0,033 |
| Cobalt (Co) | 0,003 |
| Fluor (F) | 0,008 |
| Kalium (K) | 6,00 |
| Koper (Cu) | 0,17 |
| Kwik (Hg) | 0,0003 |
| Lood (Pb) | 1,11 |
| Mangaan (Mn) | 1,42 |
| Molybdeen (Mo) | 0,007 |
| Natrium (Na) | 5,261 |
| Nikkel (Ni) | 0,013 |
| Seleen (Se) | 0,0013 |
| Silicium (Si) | 4,41 |
| Strontium (Sr) | 0,036 |
| Sulfaat (SO4) | 4,65 |
| Tin (Sn) | 0,15 |
| Vanadium (V) | 0,004 |
| Wolfraam (W) | 0,011 |
| Zink (Zn) | 3,26 |
| Dioxines ($\mu\text{g I-TEQ/kg}$) | 0,0003 |

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 uitloggedrag van het immobilisaat (VBM, 2000). Zie voor de wijze waarop deze emissies naar bodem moeten worden bepaald ook paragraaf 6.6).

Tabel 7.4 bevat de uitloggegevens van het immobilisaat van AVI-vliegas.

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

- per m^2 wordt 15 m^3 immobilisaat gestort
- soortgelijk gewicht bedraagt 1 ton/m^3
- per m^2 wordt 6,8 ton AVI-vliegas en 6,8 ton C2-slib gestort
- AVI-vliegas en C2-slib dragen gelijkelijk bij aan de uitloging
- berekende uitloging gedeeld door ($2 \cdot 6,8$) 13,6 ton geeft uitloging per ton AVI-vliegas (en dus ook per ton C2-slib).

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 uitlogen. 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 blokgruote van 1*1*1m).

Tabel 7.4: Emissie naar de bodem per ton AVI-vliegias

| Component | Uitloogtest (mg/m ³) | Onder praktijkcondities | | Gevoeligheidsanalyse | | | |
|-----------------|----------------------------------|-------------------------|-------------------|------------------------|-------------------|----------------------------|-------------------|
| | | (mg/m ³) | (mg/ton vliegias) | Variatie samenstelling | | Variatie in stortcondities | |
| | | | | (mg/m ³) | (mg/ton vliegias) | (mg/m ³) | (mg/ton vliegias) |
| As | 23,8 | 2352 | 172,9 | 3363 | 247,3 | 5478 | 201,4 |
| Ba | 184,8 | 18261 | 1342,7 | 18261 | 1342,7 | 42537 | 1563,9 |
| Cd | 0,31 | 31 | 2,25 | 44 | 3,3 | 71 | 2,6 |
| Co | 1,08 | 107 | 7,85 | 107 | 7,9 | 249 | 9,1 |
| Cr | 65,9 | 6512 | 478,8 | 11786 | 866,7 | 15169 | 557,7 |
| Cu | 5,59 | 552 | 40,6 | 552 | 40,6 | 1287 | 47,3 |
| Mo | 44,4 | 4387 | 322,6 | 7941 | 583,9 | 10220 | 375,7 |
| Ni | 11,0 | 1087 | 79,9 | 2163 | 159,1 | 2532 | 93,1 |
| Pb | 32,3 | 3192 | 234,7 | 3192 | 234,7 | 7435 | 273,3 |
| Se | 4,26 | 421 | 31 | 421 | 31 | 981 | 36,1 |
| Sn | 1,48 | 146 | 10,8 | 146 | 10,8 | 341 | 12,5 |
| V | 11,0 | 1087 | 79,9 | 1087 | 79,9 | 2532 | 93,1 |
| Zn | 50,6 | 5000 | 367,7 | 5000 | 367,7 | 11647 | 428,2 |
| Br | 25393 | 195632 | 14384,7 | 195632 | 14384,7 | 455707 | 16753,9 |
| Cl | 2723661 | 20983521 | 1542906 | 20983521 | 1542906 | 48879260 | 1797032 |
| F | 467,3 | 46176 | 3395,3 | 46176 | 3395,3 | 107563 | 3954,5 |
| SO ₄ | 184290 | 1419800 | 104397 | 1419800 | 104397 | 3307298 | 121592 |

Emissie naar water

Net als in hoofdstuk 6 wordt het spoelwater op het stort uitgesproeid om uiteindelijk via het percolaat in de zuivering te komen. Het effluent wordt weer in het immobilisatieproces gebruikt. 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 27.380 ton vliegias en 27.380 ton C2-slib. Per ton verwerkt afval wordt dus 0,0047 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 AVI-vliegias. Dit wordt via het slib van de rioolwaterzuivering afgevoerd en gestort als finaal afval.

7.7 Leemten in kennis

De emissies naar de lucht zijn op nul gesteld daar het een nat mengproces betreft. In het kader van de gevoeligheidsanalyse zal ook een berekening worden uitgevoerd waarbij toch emissie naar de lucht in de vorm van stof optreedt. Om een idee te krijgen van de omvang is aangenomen dat dit 50% is van de emissies naar de lucht van het alternatief 'storten na koude immobilisatie' (uit hoofdstuk 6).

Verder is het bedrijfsmiddel "drainagematten" voor dit MER een leemte in kennis (zowel qua omvang als qua aard).

8. TOEPASSEN IN HYDROSTAB

8.1 Procesbeschrijving

A. Aanvoer AVI-vliegas

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

B. Opslag AVI-vliegas

Het AVI-vliegas wordt opgeslagen in silo's.

C. Mengen

AVI-vliegas wordt gemengd met waterzuiveringsslib, hergebruiksgrond (zoals verontreinigde grond, etc.) en waterglas tot een kleiachtige substantie.

D. Afvalwaterbehandeling

Afvalwaterbehandeling vindt alleen plaats bij het schoonmaken van de menginstallatie (zie ook paragraaf 5.6).

E. Nuttige toepassing

Het mengsel genaamd Hydrostab wordt in een laag van 60 cm op een stortplaats gebracht als bovenafdichtingsconstructie. Hiermee wordt de inzet van zandbentoniet als afdichting vermeden.

8.2 Massabalans en ruimtebeslag

Tabel 8.1 bevat de massabalans uitgaande van de verwerking van 1 ton AVI-vliegas. De samenstelling is gelijk gesteld aan het product dat is onderzocht in het kader van (RWS, 1998) (1998).

In dit hoofdstuk worden in eerste instantie de milieu-ingrepen aan AVI-vliegas toegerekend. In het kader van de gevoeligheidsanalyse zal ook een beschouwing worden gehouden uitgaande van het gegeven dat deze techniek wordt gezien als het gezamenlijk verwerken van diverse afvalstromen in de verhouding 1:3,86:3,86 waarbij vliegas dus 11,5% van het totaal uitmaakt.

Tabel 8.1; Massabalans

| Producten | Hoeveelheid per ton verwerkt AVI-vliegas (ton) | Te storten (ton) |
|----------------------|--|--------------------------|
| AVI-vliegas | 1 | -- |
| Waterzuiveringsslib | 3,86 | -- |
| Verontreinigde grond | 3,86 | -- |
| Waterglas | 0,36 | -- |
| Reststoffen | Hoeveelheid per ton verwerkt AVI-vliegas (ton) | Nuttige toepassing (ton) |
| Hydrostab | 9,08 | 9,08 |

Het ruimtebeslag van de installatie wordt gesteld op circa 400 m². Het ruimtebeslag ten gevolge van de voorraden slib en verontreinigde grond (hergebruiksgrond) wordt buiten beschouwing gelaten omdat het afvalstoffen betreffen en anderzijds Hydrostab ook met slibas of E-vliegas gemaakt kan worden zodat vernoemde stromen niet als toeslagstof voor vliegasverwerking moeten worden beschouwd. Het in voorraad hebben van vliegas en waterglas wordt wel meegenomen. Dit wordt gesteld op eveneens 100 m². Het totale ruimtebeslag wordt hiermee vastgesteld op 500 m². Per jaar kan ongeveer 90.000 ton Hydrostab worden geproduceerd. Op grond van de mengverhouding zoals

weergegeven in tabel 8.1 betekent dat circa 9.900 ton AVI-vliegas wordt verwerkt. Dit resulteert in een fysiek ruimtebeslag van 0,051 m²/jr.

Eenmaal als product op de stortplaats toegepast, is ook sprake van fysiek ruimtebeslag. 9,08 ton Hydrostab (met 1 ton vliegas) wordt gebruikt voor 9,2 m² afdekking, uitgaande van 1.650 kg/m³ en een laag van 60 cm. Over 100 jaar bedraagt derhalve het fysiek ruimtebeslag 920 m²/jr.

Daarnaast geldt dat door toepassing van Hydrostab het fysiek ruimtebeslag van zandbentoniet wordt vermeden. Toepassing van 9,08 ton Hydrostab leidt tot het niet toepassen van 4,55 ton zandbentoniet. Het afgewerkte oppervlak is gelijk. Hydrostab wordt namelijk in een tweemaal zo'n dikke laag aangebracht. Ook hier bedraagt het vermeden fysiek ruimtebeslag derhalve 920 m²/jr per ton vliegas.

Voorts geldt een vermeden ruimtebeslag voor de installatie en opslag. Omdat dezelfde installatie wordt gebruikt en een gelijke opslag (100 m²) realistisch is zal het vermeden ruimtebeslag eveneens 0,051 m²/jr bedragen.

In het kader van de gevoeligheidsanalyse geldt voor het fysieke ruimtebeslag het volgende:

- ruimtebeslag installatie 400 m²
- ruimtebeslag opslag vliegas en waterglas 100 m²
- ruimtebeslag overige afvalstoffen 200 m²
- aandeel vliegas is 11,5%.

Het ruimtebeslag over 100 jaar bedraagt:

$(400+100+200)*100 \text{ jaar} * 11,5\% = 8.050 \text{ m}^2/\text{jr};$

verwerkte hoeveelheid AVI-vliegas over 100 jaar = 990.000 ton;

Dus fysiek ruimtebeslag is $8.050 / 990.000 = 0,0081 \text{ m}^2/\text{jr}.$

Het vermeden ruimtebeslag voor verwerking van zandbentoniet is reeds eerder gesteld op 0,051 m²/jr. Hiervan is 11,5% vliegasgerelateerd dus resteert 0,0059 m²/jr.

Het ruimtebeslag voor de toepassing van het Hydrostab is conform de toerekening van 11,5% gelijk aan 106 m²/jr (zowel de directe toepassing als de vermeden toepassing).

Het fysieke ruimtebeslag als het vermeden ruimtebeslag zijn ook in het kader van deze gevoeligheidsanalyse gelijk.

Kortom in het kader van de gevoeligheidsanalyse wordt rekening gehouden met een fysiek ruimtebeslag van 0,0081 m²/jr en een vermeden ruimtebeslag van 0,0059 m²/jr.

8.3 Transport

In het beschouwde afvalbeheersalternatief vindt transport per as plaats van AVI-vliegas naar de inrichting voor verwerking per vracht 10 ton. In Nederland komt op diverse plaatsen vliegas vrij. Het materiaal kan op alle stortplaatsen worden toegepast (meer dan 15) dus bedraagt de afstand 35 km.

De meest belangrijke producent in de wereld voor waterglas is Canada. In de proceskaart voor het bedrijfsmiddel waterglas zoals die in de database van SimaPro aanwezig is wordt echter al rekening gehouden met zeetransport naar Nederland. Separaat daaraan wordt derhalve alleen nog extra

transport per as binnen Nederland toegerekend (van een zeehaven naar een willekeurige stortplaats) waarbij wordt uitgegaan van 10 ton/vracht.

Het aanbrengen van Hydrostab leidt tot vermeden transportkilometers. Die zijn tevens weergegeven in tabel 8.2. De proceskaart voor bentoniet die in SimaPro aanwezig is voorziet reeds in zee-transport naar Nederland. Hier wordt als vermeden transport derhalve ook alleen het extra transport per as binnen Nederland toegerekend (van een zeehaven naar een willekeurige stortplaats) waarbij wordt uitgegaan van 20 ton/vracht. De vermelde afstanden zijn omgerekend naar vermeden kilometers per ton AVI-vliegas.

Het verbruik aan diesel en smeerolie, alsmede de emissies via de uitlaatgassen van de voertuigen voor het transport van vliegas wordt berekend m.b.v. de SimaPro-database. Daarbij wordt uitgegaan van de in tabel 8.2 vermelde transportafstanden (totaal km heen en terug). Tevens zijn per vracht de tonkilometers (tkm) weergegeven op basis van 1 ton vliegas.

Tabel 8.2: Transport

| Materiaal | Transport | |
|----------------------------------|--------------|--------------------|
| | Afstand (km) | Tonkilometer (tkm) |
| AVI-vliegas | 35 | 35 |
| Waterglas | 150 | 54 |
| Vermeden zand (schip) | 50 | 193 |
| Vermeden zand (vrachtwagen) | 35 | 135 |
| Vermeden bentoniet (vrachtwagen) | 150 | 55 |

Normaal gesproken vindt menging direct op of nabij de stortplaats plaats. Transport van het product (Hydrostab) naar de stortplaats wordt dan ook buitenbeschouwing gelaten.

Reeds eerder is gesteld dat 9,1 ton Hydrostab qua afdichting overeenkomt met 4,55 ton zandbentoniet. Het aandeel zand bedraagt 85% en het aandeel bentoniet bedraagt 8%. Voor de rest wordt water toegevoegd (zie ook paragraaf 8.5).

In het kader van de gevoeligheidsanalyse wordt voor transport van waterglas aangenomen dat door de gezamenlijke verwerking van afvalstromen en het feit dat AVI-vliegas een aandeel heeft van 11,5%, ook het transport van waterglas slechts voor 11,5% voor rekening van vliegas komt. In concreto betekent dit: 6,2 tkm. Ook hier geldt in het kader van de gevoeligheidsanalyse (voor de vermeden transporten) een toerekening van slechts 11,5% aan vliegas zijnde 22 (vermeden zand per schip), 16 (vermeden zand per as) en 6,3 tkm (vermeden bentoniet per as).

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

8.4 Energie

Rekening moet worden gehouden met:

- het energieverbruik Hydrostab-productie
- het energieverbruik bij de verwijdering van reststoffen
- het vermeden energieverbruik door vermeden zand/bentonietproductie
- het vermeden energieverbruik door uitsparing van primaire grondstoffen.

Het energieverbruik van Hydrostab-productie

Het energieverbruik van de productie van Hydrostab bedraagt (voor natte specie) 2,5 kWh/ton (RWS, 1998). Dit betekent dat bij de toepassing van 1 ton AVI-vliegas, 9,08 ton materiaal wordt gemengd zodat het energieverbruik 22,7 kWh bedraagt.

Voor de gevoeligheidsanalyse wordt ook met $(22,7 * 11,5\%)$ 2,6 kWh gerekend.

Energieverbruik bij nuttige toepassing secundaire grondstoffen

Zowel het aanbrengen van Hydrostab als het aanbrengen van een zandbentoniet afdichting vergt energie. In het kader van deze LCA wordt aangenomen dat de energiebehoefte gelijk is aan de energie verbonden aan het storten van afvalstoffen (60 MJ/ton). Voor het aanbrengen van 9,08 ton Hydrostab met 1 ton vliegas is 545 MJ nodig.

Voor de gevoeligheidsanalyse wordt ook met $(545 * 11,5\%)$ 63 MJ gerekend.

Vermeden energieverbruik zand/bentonietproductie

Zoals eerder gesteld wordt door toepassing van 9,08 ton Hydrostab 4,55 ton zandbentoniet vermeden. Uitgaande van een gelijk energieverbruik per ton (2,5 kWh) wordt dus 11,4 kWh vermeden.

Voor de gevoeligheidsanalyse (uitgaande van 11,5% AVI-vliegas-toerekening) bedraagt het vermeden energieverbruik $(11,5\% * 11,4)$ 1,3 kWh.

Vermeden energiegebruik uitsparing primaire grondstoffen

Er is sprake van vermeden energiegebruik door de uitsparing van primaire grondstoffen. De geproduceerde Hydrostab vervangt de primaire grondstof zandbentoniet. Het energieverbruik van de uitgespaarde winnings- en productieprocessen van primaire grondstoffen wordt als een negatieve milieu-ingreep in de LCA toegerekend. Het betreft 0,32 ton leidingwater, 3,87 ton zand en 0,36 ton bentoniet (klei). Hierbij wordt uitgegaan van de database in SimaPro.

Daarnaast is sprake van vermeden energieverbruik vanwege het niet aanbrengen van een zandbentonietafdichting. 1 ton vliegas spaart circa 4,55 ton zandbentoniet uit. Derhalve zal door het niet hoeven toepassen van zandbentoniet 273 MJ worden uitgespaard.

Voor de gevoeligheidsanalyse wordt ook met $(273 * 11,5\%)$ 32 MJ gerekend.

8.5 Bedrijfsmiddelen

Rekening moet worden gehouden met:

- het verbruik bij de Hydrostab-productie;
- het vermeden verbruik door uitsparing van primaire grondstoffen.

Bedrijfsmiddelenverbruik Hydrostab-productie

Voor de productie van Hydrostab is het bedrijfsmiddel waterglas (Na-silicaat) nodig. Per ton AVI-vliegas gaat het om 0,36 ton waterglas. In het kader van de gevoeligheidsanalyse wordt $11,5\% * 0,36$ ton = 0,041 ton waterglas aangehouden. De productie van waterglas zal met behulp van standaard database in SimaPro als milieueffect aan AVI-vliegas worden toegerekend. Daar Na-silicaat zelf niet in SimaPro is opgenomen, wordt voortsnog uitgegaan van het proces 'Silicone (Idemat)' uit de subcategorie glass/ceramics. De overige stoffen betreffen afvalstoffen.

Vermeden bedrijfsmiddelenverbruik

Het Hydrostab wordt nuttig toegepast als bovenafdichtingsconstructie op een stortplaats en vervangt de primaire grondstoffen bentoniet en zand. Bij de productie van 9,08 ton Hydrostab (met 1 ton AVI-vliegas) wordt de productie van 4,55 ton zandbentoniet vermeden, bestaande uit 85% zand (3,87 ton), 8% bentoniet (0,36 ton) en 7% water (0,32 ton) (RWS, 1998). In het kader van de gevoeligheidsanalyse waarbij 11,5% voor rekening van vliegas komt is sprake van 0,52 ton vermeden zandbentoniet. Dit komt overeen met 0,45 ton zand, 0,041 ton bentoniet en 0,037 ton water.

Het bedrijfsmiddelenverbruik van de uitgespaarde winnings- en productieprocessen van primaire grondstoffen wordt als een negatieve milieu-ingreep in de LCA toegerekend op grond van de standaard database in SimaPro.

8.6 Emissies

Rekening moet worden gehouden met:

- de emissies van de Hydrostab-productie;
- de emissies bij de nuttige toepassing van de geproduceerde secundaire grondstoffen.
- de vermeden emissies door vermeden inzet primaire grondstoffen.

De emissies van de Hydrostab-productie

Emissies naar lucht

De verwachting is dat bij de productie van Hydrostab geen emissies naar de lucht op zullen treden (nat proces). Om het effect van toch enige emissies in kaart te brengen zal in de gevoeligheidsanalyse toch rekening gehouden worden met enige uitstoot. Daar een dergelijke uitstoot niet daadwerkelijk te bepalen is wordt aangenomen dat deze op 50% van de emissies uit paragraaf 6.6 (tabel 6.4) ligt. In tabel 8.3 is een inschatting gemaakt van de stofemissies bij de productie van Hydrostab (t.b.v. de gevoeligheidsanalyse).

Tabel 8.3; Emissie naar de lucht per ton AVI-vliegas (t.b.v. de gevoeligheidsanalyse)

| Component | Emissie (mg/ton AVI-vliegas) |
|----------------|---------------------------------|
| Aluminium (Al) | 4,39 |
| Antimoon (Sb) | 0,10 |
| Arseen (As) | 0,014 |
| Barium (Ba) | 0,15 |
| Broom (Br) | 0,14 |
| Cadmium (Cd) | 0,055 |
| Calcium (Ca) | 20,81 |
| Chloride (Cl) | 10,80 |
| Chroom (Cr) | 0,033 |
| Cobalt (Co) | 0,003 |
| Fluor (F) | 0,008 |
| Kalium (K) | 6,00 |
| Koper (Cu) | 0,17 |
| Kwik (Hg) | 0,0003 |
| Lood (Pb) | 1,11 |
| Mangaan (Mn) | 1,42 |
| Molybdeen (Mo) | 0,007 |
| Natrium (Na) | 5,261 |
| Nikkel (Ni) | 0,013 |

| Component | Emissie (mg/ton AVI-vliegas) |
|-------------------------------------|---------------------------------|
| Seleen (Se) | 0,0013 |
| Silicium (Si) | 4,41 |
| Strontium (Sr) | 0,036 |
| Sulfaat (SO4) | 4,65 |
| Tin (Sn) | 0,15 |
| Vanadium (V) | 0,004 |
| Wolfraam (W) | 0,011 |
| Zink (Zn) | 3,26 |
| Dioxines ($\mu\text{g I-TEQ/kg}$) | 0,0003 |

Emissies naar oppervlaktewater

Voor de verwerking van afvalwater wordt een rendement aangehouden van 95% voor het afvangen van het meegespoelde materiaal (1 kg per ton vliegas). Deze 95%, ofwel 950 g per ton AVI-vliegas, wordt via het slib van de rioolwaterzuivering afgevoerd en gestort als finaal afval. Uiteindelijk zou op deze wijze 50 gram per ton vliegas (de niet afgevangen 5% van de weggespoelde kilo) in het milieu komen (RWS, 1998) als er vanuit gegaan wordt dat per ton AVI-vliegas 1 kg wegspoelt met het waswater. Hierbij is ervan uitgegaan dat van de andere afvalstoffen ook een hoeveelheid (1 kg per ton verwerkt) zal wegspoelen. Omdat niet bekend is wat de samenstelling van deze afvalstoffen is, is het niet mogelijk aan te geven hoeveel aan AVI-vliegas toegerekend moet worden. Aangenomen is dat alleen AVI-vliegas bij zal dragen aan de emissies naar het oppervlaktewater. 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 oppervlakte water, eisen zuiveringsschap, etc.) en derhalve buiten beschouwing gelaten.

Op grond van de samenstelling uit tabel 2.1 wordt in tabel 8.4 een overzicht gegeven van de lozing naar het oppervlaktewater. Voor de gevoeligheidsanalyse wordt in tabel 8.4 zowel de situatie aangegeven bij de gevarieerde samenstelling als bij de reeds aangehaalde bijdrage van 11,5%. Bij de variatie naar 11,5% moet opgemerkt worden dat het hier gaat om het wegspoelen van 1 kg vliegas en dat die kilogram aan vliegas toegerekend moet worden, conform de normale situatie.

Tabel 8.4: Lozing op oppervlaktewater per ton AVI-vliegas

| Component | Lozing in de praktijk (mg/ton AVI-vliegas) | Lozing t.b.v. de gevoeligheidsanalyse; variatie samenstelling (mg/ton AVI-vliegas) | Lozing t.b.v. de gevoeligheidsanalyse; variatie 11,5% (mg/ton AVI-vliegas) |
|------------------------|--|--|--|
| Aluminium (Al) | 1.515 | 1.515 | 1.515 |
| Antimoon (Sb) | 34 | 34 | 34 |
| Arseen (As) | 4,9 | 7,0 | 4,9 |
| Barium (Ba) | 50 | 50 | 50 |
| Broom (Br) | 50 | 50 | 50 |
| Cadmium (Cd) | 19 | 28 | 19 |
| Calcium (Ca) | 7.176 | 7.176 | 7.176 |
| Chloride (Cl) | 3.724 | 3.724 | 3.724 |
| Chroom (Cr) | 12 | 21 | 12 |
| Cobalt (Co) | 0,95 | 0,95 | 0,95 |
| Fluor (F) | 2,9 | 2,9 | 2,9 |
| Kalium (K) | 2.069 | 2.069 | 2.069 |
| Koper (Cu) | 58 | 58 | 58 |
| Kwik (Hg) | 0,1 | 0,2 | 0,1 |
| Lood (Pb) | 384 | 384 | 384 |
| Mangaan (Mn) | 488 | 488 | 488 |
| Molybdeen (Mo) | 2,5 | 4,6 | 2,5 |
| Natrium (Na) | 1.814 | 1.814 | 1.814 |
| Nikkel (Ni) | 4,4 | 8,8 | 4,4 |
| Seleen (Se) | 0,45 | 0,45 | 0,45 |
| Silicium (Si) | 1.522 | 4.597 | 1.522 |
| Strontium (Sr) | 12 | 12 | 12 |
| Sulfaat (SO4) | 1.602 | 1.602 | 1.602 |
| Tin (Sn) | 50 | 50 | 50 |
| Vanadium (V) | 1,5 | 1,5 | 1,5 |
| Wolfram (W) | 3,9 | 6,2 | 3,9 |
| Zink (Zn) | 1.124 | 1.124 | 1.124 |
| Dioxines (µg I-TEQ/kg) | 0,12 | 0,28 | 0,12 |

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. Op jaarbasis wordt er 90.000 ton Hydrostab gemaakt (96% daarvan bestaat uit de ingaande afvalstoffen waarvan 9.900 ton AVI-vliegas). Per ton verwerkt AVI-vliegas ontstaat dus een afvalwaterstroom van 0,026 m³ water die geloosd wordt (0,0030 m³ in de gevoeligheidsanalyse).

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

Bij de productie van Hydrostab treden geen emissies naar de bodem op omdat het proces zich in gesloten systemen afspeelt. Daarnaast wordt AVI-vliegas in silowagens aangevoerd en in silo's opgeslagen.

De emissies bij de nuttige toepassing van secundaire grondstoffen

De emissie naar de bodem voor Hydrostab is vastgesteld overeenkomstig het CUR-rapport "Afdichtingslagen met waterglas voor stortplaatsen", CUR, 2000-4. De in dit rapport bepaalde immissie van de bodem is de immissie die optreedt door diffusie vanuit de Hydrostab naar de daarboven liggende grond. Er wordt geen emissie naar de bodem onder de stortplaats vastgesteld omdat, zoals het CUR-rapport dit stelt, deze emissie door en in vergelijking met de emissie van het stortmateriaal niet vast te stellen is.

De emissie is bepaald door de uitloogtest (schudtest, L/S = 100) aan een drietal Hydrostab monsters met AVI-vliegas. Tabel 8.5 geeft een overzicht van de laboratoriumresultaten en de omrekening naar de praktijksituatie. De Hydrostab heeft een soortelijke massa van 1.650 kg/m^3 en wordt in lagen van 60 cm aangebracht. Per m^2 bedraagt derhalve de hoeveelheid AVI-vliegas: 0,114 ton. Dit betekent dat per ton vliegas $8,8 \text{ m}^2$ Hydrostab wordt aangebracht. Bij de in tabel 8.5 weergegeven uitlooging is gesteld dat deze geheel voor rekening komt van AVI-vliegas.

Daarnaast zal voor de omrekening van mg/m^2 naar mg/ton vliegas bij de gevoeligheidsanalyse van worden uitgegaan dat alle in het Hydrostab aanwezige afvalstoffen evenredig aan de uitlooging bijdragen. Het aandeel AVI-vliegas bedraagt 11,5%, dus komt ook 11,5% van de uitlooging voor rekening van AVI-vliegas. Binnen de gevoeligheidsanalyse wordt tevens rekening gehouden met de in tabel 2.1 aangegeven relevante spreiding in de samenstelling van AVI-vliegas. Hierbij is een evenredigheid gehanteerd naar gelang de aanwezigheid. Aangenomen is dat een component die twee maal zo veel aanwezig is als in de praktijksituatie ook tweemaal zoveel zal uitloogen.

Tabel 8.5: Emissie van Hydrostab naar de bodem per ton AVI-vliegas

| Component | Uitloogtest (mg/m^2) | In de praktijk (mg/ton vliegas) | Gevoeligheidsanalyse | |
|-----------------|------------------------------------|--|--|--|
| | | | variatie samenstelling (mg/ton vliegas) | variatie aandeel AVI- vliegas (mg/ton vliegas) |
| As | 23,21 | 71 | 101 | 8,2 |
| Ba | 35,52 | 15 | 15 | 1,8 |
| Cd | 1,92 | 5,9 | 8,6 | 0,7 |
| Co | 1,69 | 5,0 | 5,0 | 0,57 |
| Cr | 1,62 | 5,2 | 9,4 | 0,59 |
| Cu | 13,85 | 42 | 42 | 4,9 |
| Mo | 2,16 | 9,3 | 17 | 1,1 |
| Ni | 16,71 | 72 | 144 | 8,3 |
| Pb | 7,17 | 3,1 | 3,1 | 0,36 |
| Sb | 5,85 | 18 | 18 | 2,1 |
| Se | 0,33 | 1,4 | 1,4 | 0,16 |
| Sn | 5,36 | 2,3 | 2,3 | 0,27 |
| V | 2,99 | 4,1 | 4,1 | 0,47 |
| Zn | 1184,05 | 512 | 512 | 59 |
| Br | 68,74 | 4,2 | 4,2 | 0,48 |
| Cl | 3299,23 | 143 | 143 | 16 |
| F | 92,77 | 4,0 | 4,0 | 0,46 |
| SO ₄ | 26975,89 | 825 | 825 | 95 |

De vermeden emissies door vermeden inzet primaire grondstoffen

Als vermeden emissies kan de vermeden uitloging van zandbentoniet worden genoemd. In het kader van deze studie is echter de uitloging van primaire materialen op nul gesteld.

8.7 Leemten in kennis

De emissies naar de lucht zijn op nul gesteld daar het een nat mengproces betreft. In het kader van de gevoeligheidsanalyse zal ook een berekening worden uitgevoerd waarbij toch emissie naar de lucht in de vorm van stof optreedt. Hierbij is als orde grootte dezelfde emissie aangehouden als bij het alternatief gezamenlijk verwerken van AVI-vliegas met C2-slibben.

9. TOEPASSEN ALS VULSTOF IN ASFALT

9.1 Procesbeschrijving

A. Aanvoer AVI-vliegas

Het AVI-vliegas wordt per vrachtwagen vervoerd naar de vulstofcentrale.

B. Opslag AVI-vliegas

AVI-vliegas wordt in silo's opgeslagen.

C. Voorbewerking

Voorafgaand aan de toepassing vindt menging met andere vulstoffen plaats. De aldus ontstane vulstof (mengsel) wordt in asfalt toegepast.

D. Nuttige toepassing AVI-vliegas

Het in de vulstof opgenomen AVI-vliegas wordt vervolgens naar een van de vele asfaltcentrales vervoerd alwaar het aan het asfalt wordt toegevoegd.

9.2 Massabalans en ruimtebeslag

Tabel 9.1 bevat de massabalans, uitgaande van de verwerking van 1 ton AVI-vliegas. Hierbij wordt aangesloten bij de gemiddelde kwaliteit zoals deze ook is gehanteerd in (RWS, 1998).

Tabel 9.1; Massabalans

| Producten | Hoeveelheid per ton verwerkt AVI-vliegas (ton) | Te storten (ton) |
|---------------|--|------------------------|
| AVI-vliegas | 1 | -- |
| Kalksteenmeel | 4 | -- |
| Rivierzand | 29,2 | -- |
| Riviergrind | 45,8 | -- |
| Bitumen | 3,3 | -- |
| Product | Hoeveelheid per ton verwerkt AVI-vliegas (ton) | Nuttig toepassen (ton) |
| Asfalt | 83,3 | 83,3 |

Ten aanzien van het fysiek ruimtebeslag geldt het volgende. Asfaltvulstofproductie is een proces waarbij vulstof t.b.v. asfalt (het product) wordt gemaakt. Ook zonder AVI-vliegas zou dit proces plaatsvinden maar dan op basis van primaire grondstoffen. In dit proces wordt kalksteenmeel voor een deel vervangen door AVI-vliegas in verhouding 1:1. Door deze 1-op-1-verhouding geldt dat de procesvoering, en het bijbehorende ruimtebeslag niet verandert. Productie van asfalt met 1 ton AVI-vliegas betekent dat de productie van eenzelfde hoeveelheid asfalt op basis van alleen primaire grondstoffen wordt vermeden. Omdat de omvang van het ruimtebeslag in beide gevallen gelijk is valt het aan AVI-vliegas toe te rekenen ruimtebeslag weg tegen het uitgespaarde ruimtebeslag van de productie van asfalt met kalksteenmeel.

9.3 Transport

In het beschouwde afvalbeheersalternatief vindt transport per as plaats van AVI-vliegas naar de inrichting voor verwerking (vulstofcentrale). Per vracht 30 ton. Op basis van informatie van de

NEVUL wordt uitgegaan van 5 locaties in Nederland alwaar vulstoffen voor asfalt gemaakt worden. Deze locaties liggen over Nederland verspreid (NEVUL, 2000).

Het verbruik aan diesel en smeerolie, alsmede de emissies via de uitlaatgassen van de voertuigen voor het transport van vliegas wordt berekend m.b.v. de SimaPro-database. Daarbij wordt uitgegaan van de in tabel 9.2 vermelde transportafstanden (totaal km heen en terug). Tevens zijn per vracht de tonkilometers (tkm) weergegeven op basis van 1 ton AVI-vliegas.

Zoals reeds aangegeven wordt met de inzet van AVI-vliegas de primaire grondstof kalksteenmeel vervangen in een verhouding 1-op-1. Hierdoor zijn de transportafstanden voor de bedrijfsmiddelen als rivierzand, riviergrind en bitumen in de opties via AVI-vliegas even groot als de optie via kalksteenmeel en vallen daarmee tegen elkaar weg.

Met de inzet van 1 ton AVI-vliegas wordt 1 ton kalksteenmeel voorkomen. Kalksteenmeel wordt op slechts 1 locatie in Nederland (Zuid-Limburg) gewonnen. Gezien deze specifieke locatie is een gemiddelde afstand (heen en terug naar de vulstofcentrales) aangenomen van 300 km. Aangenomen wordt dat per vracht 20 ton kalksteenmeel vervoerd wordt. Ook het transport van de vulstoffen naar de asfaltcentrales is voor de situatie met AVI-vliegas gelijk aan de situatie met kalksteenmeel.

Tabel 9.2; Transport

| Materiaal | Transport | |
|------------------------|--------------|--------------------|
| | Afstand (km) | Tonkilometer (tkm) |
| AVI-vliegas | 75 | 75 |
| Vermeden kalksteenmeel | 300 | 300 |

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

9.4 Energie

Rekening moet worden gehouden met:

- het energieverbruik van de verwerkingsinrichting;
- het energieverbruik bij de nuttige toepassing van de geproduceerde secundaire grondstoffen;
- het vermeden energieverbruik door de uitsparing van primaire grondstoffen.

Het energieverbruik van de verwerkingsinrichting

Overeenkomstig de beschouwing ten aanzien van ruimtebeslag, geldt ook hier dat het energieverbruik van het asfaltproductieproces aan AVI-vliegas moet worden toegerekend, even groot is als het energieverbruik dat wordt vermeden omdat een even grote asfaltproductie op basis van kalksteenmeel wordt uitgespaard.

Energieverbruik bij nuttige toepassing secundaire grondstoffen

Ook hier geldt dat het energieverbruik gelijk is aan het vermeden verbruik en dus buiten beschouwing wordt gelaten.

Vermeden energieverbruik

De inzet van vliegas vervangt de primaire grondstof kalksteenmeel (1 ton AVI-vliegas i.p.v. 1 ton kalksteenmeel). Het energieverbruik van de uitgespaarde winnings- en productieprocessen van primaire grondstoffen wordt als een negatieve milieu-ingreep in de LCA toegerekend.

Voor wat betreft de vermeden winning/productie van kalksteenmeel zijn geen data bekend betreffende het energieverbruik. In het kader van deze LCA wordt uitgegaan van een vergelijkbaar materiaal zijnde 'limestone'.

9.5 Bedrijfsmiddelen

Rekening moet worden gehouden met:

- het verbruik van de verwerkingsinrichting;
- het vermeden verbruik door de uitsparing van primaire grondstoffen.

Bedrijfsmiddelenverbruik verwerkingsinrichting

AVI-vliegas wordt toegepast in een productieproces voor vulstof in asfalt als vervanger van kalksteenmeel. Gezien de 1-op-1-verhouding waarin kalksteenmeel vervangen wordt en het feit dat het bedrijfsmiddelenverbruik in de optie met AVI-vliegas gelijk is aan de optie met kalksteenmeel worden er netto geen bedrijfsmiddelen toegerekend.

Vermeden bedrijfsmiddelenverbruik

Vliegas vervangt de primaire grondstof kalksteenmeel (1 ton AVI-vliegas i.p.v. 1 ton kalksteenmeel). Het bedrijfsmiddelenverbruik van de uitgespaarde winnings- en productieprocessen van primaire grondstoffen wordt als een negatieve milieu-ingreep in de LCA toegerekend. Ook hier geldt dat wegens ontbreken van gegevens het materiaal 'limestone' als referentie zal worden gebruikt.

9.6 Emissies

Rekening moet worden gehouden met:

- de emissies van de verwerkingsinrichting;
- de emissies bij de nuttige toepassing van de geproduceerde secundaire grondstoffen;
- de vermeden emissies door de uitsparing van primaire grondstoffen.

De emissies van de verwerking

Emissie naar de lucht

De eventuele emissies die vrijkomen bij de verwerking van vliegas in vulstof voor asfalt zijn onbekend. Omdat het een droog mengproces is, is een zekere stofemissie echter niet ondenkbaar. Derhalve wordt in het kader van de LCA aangenomen dat deze stofemissie overeenkomt met de stofemissie van VBM waar in een gedeelte van de installatie AVI-vliegas met cement ook droog wordt gemengd (zie ook hoofdstuk 6). De emissies zijn in tabel 9.3 weergegeven. Omdat onbekend is hoeveel AVI-vliegas wordt verwerkt, wordt uitgegaan van dezelfde emissies naar lucht als in tabel 6.4. In de gevoeligheidsanalyse zal het effect van de variatie in de samenstelling bezien worden.

Tabel 9.3; Emissies naar de lucht per ton AVI-vliegas

| Component | Emissie (mg/ton AVI-vliegas) | Emissie t.b.v. gevoeligheidsanalyse (mg/ton) |
|---------------------------------------|---------------------------------|---|
| Aluminium (Al) | 8,785 | 8,785 |
| Antimoon (Sb) | 0,198 | 0,198 |
| Arseen (As) * | 0,028 | 0,040 |
| Barium (Ba) | 0,290 | 0,290 |
| Broom (Br) | 0,289 | 0,289 |
| Cadmium (Cd) * | 0,110 | 0,160 |
| Calcium (Ca) | 41,623 | 41,623 |
| Chloride (Cl) | 21,597 | 21,597 |
| Chroom (Cr) * | 0,067 | 0,121 |
| Cobalt (Co) | 0,006 | 0,006 |
| Fluor (F) | 0,017 | 0,017 |
| Kalium (K) | 11,999 | 11,999 |
| Koper (Cu) | 0,335 | 0,335 |
| Kwik (Hg) * | 0,001 | 0,001 |
| Lood (Pb) | 2,225 | 2,225 |
| Mangaan (Mn) | 2,832 | 2,832 |
| Molybdeen (Mo) * | 0,015 | 0,026 |
| Natrium (Na) | 10,522 | 10,522 |
| Nikkel (Ni) * | 0,026 | 0,051 |
| Seleen (Se) | 0,003 | 0,003 |
| Silicium (Si) * | 8,829 | 26,663 |
| Strontium (Sr) | 0,071 | 0,071 |
| Sulfaat (SO4) | 9,292 | 9,292 |
| Tin (Sn) | 0,292 | 0,292 |
| Vanadium (V) | 0,009 | 0,009 |
| Wolfraam (W) * | 0,022 | 0,036 |
| Zink (Zn) | 6,522 | 6,522 |
| Dioxines ($\mu\text{g I-TEQ/kg}$) * | 0,001 | 0,002 |

* Gevarieerd in de gevoeligheidsanalyse

Emissie naar het water

Emissies naar water vinden bij de toepassing van vliegas in asfalt niet plaats daar, anders dan bij andere processen, de installatie niet periodiek wordt schoongespoeld (Ecomineraal, 2001).

De emissies bij de nuttige toepassing van secundaire grondstoffen

De emissie bij nuttige toepassing bestaat uit emissie naar de bodem en wordt bepaald door het uitlooggedrag van het asfalt.

In tabel 9.5 is een overzicht gegeven van uitloogresultaten (standtest). Deze resultaten zijn afkomstig van (RIVM, 1993). Voor de praktijksituatie zou uitgegaan kunnen worden van zowel periodieke vochtige omstandigheden (wegen) als continu vochtige omstandigheden (dijklichaam). Het meeste asfalt zal in de wegenbouw worden gebruikt onder periodiek vochtige omstandigheden.

Voor de omrekening van uitlooggegevens (in mg/m²) naar mg/ton AVI-vliegas is uitgegaan van het volgende:

- per m² ligt er 0,3 m³ asfalt
- soortgelijke massa is 2450 kg/m³
- per m² ligt er 0,735 ton asfalt
- aandeel vliegas bedraagt 1,2%
- per ton vliegas wordt 113 m² asfalt gelegd
- uitlooging volledig ten laste van vliegas

Verder geldt dat voor As, Cr, Cu, Mo, Se, Sn, V en SO₄ de door RIVM gerapporteerde waarden overeenkomen met de detectielimieten, ofwel dat deze vermoedelijk sowieso al aan de hoge kant zijn. Voor deze componenten is hiervoor gecorrigeerd door te rekenen met 0,7 keer de gerapporteerde waarde.

Op basis van de bovenstaande uitgangspunten en (RIVM, 1993), t.b.v. het omrekenen van standtesten naar praktijkemissies, zijn de in tabel 9.4 weergegeven resultaten voor de praktijksituatie bepaald. In tabel 9.4 is tevens de uitlooging weergegeven voor de gevoeligheidsanalyse. Conform eerdere hoofdstukken wordt hier uitgegaan van een evenredigheid naar de samenstelling.

Tabel 9.4 Emissies naar de bodem per ton AVI-vliegas (onder periodiek vochtige omstandigheden)

| Component | Uitloogtest (mg/m ²) | Normaal | | Gevoeligheidsanalyse (variatie samenstelling) | |
|-----------------|-------------------------------------|----------------------|--------------------------|--|--------------------------|
| | | (mg/m ²) | (mg/ton AVI- vliegas) | (mg/m ²) | (mg/ton AVI- vliegas) |
| As | 0,1169 (*) | 0,39 | 44,1 | 0,56 | 63,1 |
| Ba | 5,225 | 17,35 | 1971,5 | 17,35 | 1971,5 |
| Cd | 0,387 | 1,28 | 146,0 | 1,88 | 213,2 |
| Cr | 1,82 (*) | 6,04 | 686,7 | 10,94 | 1243,0 |
| Cu | 0,6951 (*) | 2,31 | 262,3 | 2,31 | 262,3 |
| Mo | 0,2751 (*) | 0,91 | 103,8 | 1,65 | 187,9 |
| Ni | 13,007 | 43,19 | 4907,8 | 85,94 | 9766,5 |
| Pb | 1,667 | 5,54 | 629,0 | 5,54 | 629,0 |
| Sb | 0,436 | 1,45 | 164,5 | 1,45 | 164,5 |
| Se | 0,0308 (*) | 0,10 | 11,6 | 0,10 | 11,6 |
| Sn | 18,1965 (*) | 60,42 | 6865,9 | 60,42 | 6865,9 |
| V | 0,0658 (*) | 0,22 | 24,8 | 0,22 | 24,8 |
| Zn | 16,9 | 56,11 | 6376,7 | 56,11 | 6376,7 |
| Cl | 3420 | 1816,92 | 206468,0 | 1816,92 | 206468,0 |
| F | 17,827 | 59,19 | 6726,4 | 59,19 | 6726,4 |
| SO ₄ | 995,4 (*) | 528,82 | 60093,0 | 528,82 | 60093,0 |

(*) gecorrigeerde waarde (0,7 keer de detectielimiet)

Omdat de bij asfalt gemeten uitlooging geheel aan vliegas is toegerekend dient te worden opgemerkt dat de resultaten hiermee vrijwel zeker een overschatting inhouden. Ook uitlooging ten gevolge van andere materialen in het asfalt komen zo immers ten laste van vliegas. Dit is een belangrijk aspect bij de interpretatie van de resultaten en is tevens de reden om in het kader van een aparte gevoeligheidsanalyse ook de situatie zonder de toerekening van uitlooging aan AVI-vliegas in beeld te brengen. In dit geval is er weliswaar juist weer sprake van een te positieve voorstelling van zaken, maar het geeft wel de mogelijkheid om een gevoel te krijgen voor het belang van het aspect "uitlooging" voor de LCA-vergelijking van deze verwerkingsoptie met de andere opties.

De vermeden emissies door de uitsparing van primaire grondstoffen.

Toepassing van AVI-vliegas leidt tot uitsparing van de primaire grondstof kalksteenmeel. De emissies die vrijkomen bij de winning van kalksteenmeel worden met behulp van het SimaPro-proceskaart (vermeden) in rekening gebracht.

9.7 Leemten in kennis

In het kader van onderhavige studie moet de vermeden productie/winning van kalksteenmeel als negatief milieueffect worden verdisconteerd in de LCA. Gegevens hieromtrent zijn echter niet bekend. Derhalve wordt in plaats van kalksteenmeel uitgegaan van 'limestone'.

Bij de opgegeven mengverhouding van een asfaltweg met AVI-vliegas is uitgegaan van de samenstellingsgegevens zoals deze in een eerder LCA (RWS, 1998) zijn vastgesteld. In de praktijk zouden mogelijk afwijkingen kunnen voorkomen.

10. VERSATZBAU

10.1 Procesbeschrijving

A. Aanvoer AVI-vliegas

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

B. Opslag AVI-vliegas

Het AVI-vliegas wordt in silo's opgeslagen.

C. Mengten

Het AVI-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 AVI-vliegas

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

10.2 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 AVI-vliegas worden toegerekend. Het aandeel AVI-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 AVI-vliegas geen verschil gemaakt zou hebben.

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

- jaarproductie : 190.000 ton
- aandeel AVI-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 AVI-vliegas, maar ook evenredig meer tonnen AVI-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 AVI-vliegas geen inzet van primaire bouwstoffen wordt vermeden. Op het moment dat hier geen AVI-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).

10.3 Transport

Voor transport wordt uitgegaan van een enkele afstand van 600 km naar de zoutmijnen in Oost-Duitsland. Deze optie vindt enkel en alleen in Duitsland plaats.

Tabel 10.1 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 AVI-vliegas.

Omdat sprake is van een proces waar naast AVI-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 AVI-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 AVI-vliegas in grotere volumina zal plaatsvinden dan bij de voorgaande alternatieven namelijk 30 ton per vracht.

Tabel 10.1; Transport

| Materiaal | Transport | |
|-------------|--------------|--------------------|
| | Afstand (km) | Tonkilometer (tkm) |
| AVI-vliegas | 1.200 | 1.200 |

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

10.4 Energie

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

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

10.5 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.

10.6 Emissies

Rekening moet worden gehouden met:

- de emissies van de verwerkingsinrichting
- de emissies bij de nuttige toepassing AVI-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 AVI-vliegas dat uit de menger gespoeld wordt zal net als de slurry de zoutmijn ingepompt worden.

De emissies bij de berging AVI-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 uitlozing om een indruk van het effect wanneer de natuurlijke isolatie van de zoutmijnen onverhoopt toch niet in stand zou blijven. Naar analogie van de gevoeligheidsanalyse zoals uitgewerkt voor het storten in big bags (zie hoofdstuk 5) is de volgende aanpak gevolgd

- Er is uitgegaan van uitlooggegevens van omgeïmmobiliseerd vliegas, ontleend aan RIVM-rapport 771402006 (appendix A, kaart NV8060.wk1).
- Er is aangenomen dat per vierkante meter 5 meter mengsel geborgen kan worden. Met 5,88 ton mengsel per ton vliegas en een (geschatte) dichtheid van 1200 kg/m^3 betekent dit per vierkante meter de berging van 1 ton vliegas over een hoogte van 0,85 meter⁴.
- Er is uitgegaan van een tijdshorizon van 10000 jaar (100 jaar voor anionen) en van een infiltratie van 0,5 mm/jaar.
- Tenslotte is een ruwe correctie uitgevoerd voor verschillen in samenstelling zoals deze bestaan tussen de vliegas uit genoemd RIVM-rapport en de samenstelling uit tabel 2.1.

⁴ In praktijk zit deze ton vliegas samen met andere afvalstoffen verdeelt over een hoogte van ongeveer 5 meter zodat rekenen met "netto" 0,85 meter niet geheel de juiste uitkomst zal geven. Gelet dat het hier gaat om een poging om als gevoeligheidsanalyse en indicatie van het effect van eventuele uitlozing te achterhalen is dit voor de LCA-vergelijking op zich geen goot probleem.

Tabel 10.3; Uitloging uit AVI-vliegas (gevoeligheidsanalyse "toch uitloging")

| component | uitloging in mg/m ² (L/S=10) | uitloging in mg/m ² | uitloging mg/ton vliegas | correctie samenstelling LAP/RIVM | gecorrigeerde uitloging mg/ton vliegas |
|-----------|---|-----------------------------------|-----------------------------|--|--|
| As | 0,033 | 0 | 0,0 | 4,45 | 0,0 |
| Ba | 3,306 | 1645 | 1644,7 | 0,43 | 708,7 |
| Cd | 2,392 | 2225 | 2224,9 | 2,18 | 4856,1 |
| Co | 0,093 | 0 | 0,0 | 1,05 | 0,0 |
| Cr | 0,164 | 53 | 53,0 | 1,14 | 60,4 |
| Cu | 0,241 | 0 | 0,0 | 1,88 | 0,0 |
| Hg | 0,001 | 0 | 0,0 | 0,79 | 0,0 |
| Mo | 5,459 | 4580 | 4579,6 | 1,02 | 4649,7 |
| Ni | 1,057 | 350 | 349,7 | 0,84 | 292,1 |
| Pb | 56,353 | 44576 | 44576,2 | 1,67 | 74652,8 |
| Sb | 0,045 | 16 | 15,9 | 7,28 | 116,0 |
| Se | 0,403 | 329 | 328,7 | 0,81 | 266,1 |
| Sn | 0,239 | 152 | 151,9 | 1,90 | 289,0 |
| V | 0,052 | 0 | 0,0 | 0,36 | 0,0 |
| Zn | 18,894 | 13697 | 13697 | - | 13697 |
| Br | - | 0 | 0 | 5,21 | 0 |
| Cl | 38873 | 1094776 | 1094776 | 2,40 | 2632092 |
| SO4 | 16656 | 281048 | 281048 | 1,63 | 457597 |

10.7 Leemten in kennis

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

11. DAMMBAU

11.1 Procesbeschrijving

A. Aanvoer AVI-vliegas

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

B. Opslag AVI-vliegas

Het AVI-vliegas wordt in silo's opgeslagen.

C. Toepassing AVI-vliegas

Bij de installatie in Gladbeck wordt het AVI-vliegas gemengd met cement en E-vliegas.

Het aldus ontstane product wordt ingezet voor het maken van wanden in mijngangen. Het aandeel AVI-vliegas is afhankelijk van de samenstelling van het AVI-vliegas en van gewenste mijnbouw-mortel om de wanden te bouwen. Uitgegaan wordt van het zogenaamde product UTR 23a dat oorspronkelijk bestaat uit 60% cement en 40% kalksteenmeel (UTR).

D Transport

Het mengsel wordt in droge vorm getransporteerd naar de kolenmijnen.

E. Mengen en toepassen

Bij de mijnen wordt de mortel vermengd met water en aldus in wanden aangebracht.

11.2 Massabalans en ruimtebeslag

Tabel 11.1 bevat de massabalans uitgaande van de verwerking van 1 ton AVI-vliegas. In de tabel is ook aangegeven welke hoeveelheden reststoffen moeten worden gestort.

Tabel 11.1: Massabalans

| Producten | Hoeveelheid per ton verwerkt AVI-vliegas (ton) | Te storten (ton) |
|-------------|--|--------------------------|
| AVI-vliegas | 1 | |
| E-vliegas | 1,9 | |
| Cement | 1,25 | |
| Reststoffen | Hoeveelheid per ton verwerkt AVI-vliegas (ton) | Nuttige toepassing (ton) |
| Mortel | 4,15 | 4,15 |

AVI-Vliegas wordt toegepast in een proces waarbij twee afvalstromen in de verhouding 1:1,9 worden verwerkt. Het aandeel AVI-vliegas is dus 34%.

De gehele installatie in Duitsland heeft een oppervlakte van 10.000 m². Op jaarbasis wordt circa 300.000 ton mortel geproduceerd. Het aandeel AVI-vliegas bedraagt 71.429 ton.

Het ruimtebeslag over een periode van 100 jaar bedraagt $100 * 10 \text{ ha} * 34\% = 340.000 \text{ m}^2\text{jr}$. In die periode verwerkt de inrichting 7.142.900 ton AVI-vliegas. Het fysiek ruimtebeslag per ton AVI-vliegas bedraagt derhalve 0,048 m²jr.

Wordt geen AVI-vliegas toegepast dat wordt cement en kalksteenmeel toegepast. De vervangingsverhouding vliegas / primair-materiaal is 1:1. Dit betekent dat door de inzet van AVI-vliegas een gelijk volume aan cement en/of kalksteenmeel wordt vermeden. Door deze gelijke hoeveelheid bedraagt het vermeden fysiek ruimtebeslag eveneens 0,048 m²/jr waardoor het netto ruimtebeslag nul is.

11.3 Transport

Voor het transport wordt in afwijking van tabel 4.1 uitgegaan van de specifieke situatie met relatief ruime afstanden (gemiddeld 300 km). De verwerking vindt namelijk niet in Nederland plaats maar in Duitsland. Om deze reden vindt het transport ook in grote hoeveelheden plaats, 30 ton/vracht. Op dit moment bestaat er maar 1 installatie, die net over de grens is gesitueerd. Gezien de op handen zijnde wetswijziging (hierin wordt het toepassen van AVI-vliegas in dit soort toepassingen niet meer als nuttige toepassing gezien) zullen niet meerdere installaties worden opgericht.

De inzet van AVI-vliegas vermijdt de inzet van cement (in Duitsland is de gemiddelde afstand van en naar één van de 50 cementinstallatie ongeveer 75 km) op basis van verhoudingen zoals in voorgaande paragraaf is vermeld. Kortom uitgaande van 4,15 ton mortel wordt 1,24 ton cement en 1,66 ton kalksteenmeel vermeden. Met de verhouding 1:1,9 betekent dit, dat 0,43 ton vermeden cement AVI-vliegas gerelateerd is. Daarnaast is ook 1,25 ton cement nodig waarvan eveneens 0,43 ton AVI-vliegas gerelateerd is. Conform de andere alternatieven wordt uitgegaan van een belading van 30 ton cement per vracht en 20 ton kalksteenmeel per vracht. Voor de 1,66 ton vermeden kalksteenmeel betekent dit dat 0,57 ton AVI-vliegas gerelateerd is.

Voor kalksteenmeel worden dezelfde afstanden aangehouden als voor cement (75 km).

Het verbruik aan diesel en smeerolie, alsmede de emissies via de uitlaatgassen van de voertuigen voor het transport worden berekend met behulp van de SimaPro-database. Evenals vliegas zullen ook overige stromen in grote hoeveelheden worden aangevoerd (30 ton/vracht). Daarbij wordt uitgegaan van de in tabel 11.2 vermelde transportafstanden (totaal km heen en terug). Tevens zijn per vracht de tonkilometers (tkm) op basis van 1 ton AVI-vliegas weergegeven.

Tabel 11.2: Transport

| Materiaal | Transport | |
|---------------------------------------|--------------|--------------------|
| | Afstand (km) | Tonkilometer (tkm) |
| AVI-vliegas | 300 | 300 |
| Cement (0,43 ton/ton) | 75 | 32 |
| Vermeden cement (0,43 ton/ton) | 75 | 32 |
| Vermeden kalksteenmeel (0,57 ton/ton) | 75 | 43 |

De geproduceerde mortel wordt naar de kolenmijnen getransporteerd. Echter ook de gelijke hoeveelheid vermeden mortel moet worden getransporteerd waardoor de effecten tegen elkaar wegvallen.

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

11.4 Energie

Rekening moet worden gehouden met:

- energieverbruik mortelcentrale;
- vermeden energieverbruik.

Energieverbruik mortelcentrale

Het energieverbruik van de mortelcentrale is onbekend. Aansluitend bij (RWS,1998) wordt gesteld dat het mengproces 1,5 kWh per ton materiaal vergt. Voor 1 ton vliegas wordt 4,2 ton materiaal gemengd zodat het energieverbruik 6,3 kWh bedraagt. In verband met de toerekening over E-vliegas en AVI-vliegas komt 2,2 kWh ten laste van AVI-vliegas. Daar tegenover is echter sprake van vermeden energieverbruik van de mortelcentrale, en evenals het fysiek ruimtebeslag geldt ook hier dat het vermeden energieverbruik gelijk is aan het energieverbruik (2,2 kWh per ton AVI-vliegas). Dit energieverbruik wordt in het kader van de LCA dan ook verder buiten beschouwing gelaten.

Vermeden energieverbruik

Er is sprake van vermeden energieverbruik door de vermeden productie van de primaire grondstof cement en kalksteenmeel. De uitgespaarde winnings- en productieprocessen van primaire grondstoffen wordt als een negatieve milieu-ingreep in de LCA toegerekend. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de database in SimaPro. Voor kalksteenmeel zal hierbij worden uitgegaan van "Limestone".

11.5 Bedrijfsmiddelen

Rekening moet worden gehouden met:

- het verbruik van de mortelcentrale;
- het vermeden verbruik.

Bedrijfsmiddelenverbruik mortelcentrale

Als bedrijfsmiddel geldt cement. Ten behoeve van 4,2 ton mortel wordt 1,25 ton cement gebruikt. Hiervan kan 0,43 ton aan AVI-vliegas worden toegerekend.

Voorts wordt per 4,2 ton mortel 1 ton leidingwater toegepast. Hiervan komt 0,34 ton ten laste van AVI-vliegas en de rest ten laste van E-vliegas.

Vermeden bedrijfsmiddelenverbruik

AVI-vliegas vervangt de primaire grondstof cement en kalksteenmeel (0,43 resp. 0,57 ton.) Het bedrijfsmiddelenverbruik van de uitgespaarde winnings- en productieprocessen van primaire grondstoffen wordt als een negatieve milieu-ingreep in de LCA toegerekend. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de database in SimaPro.

11.6 Emissies

Rekening moet worden gehouden met:

- de emissies van de mortelcentrale;
- de emissies bij de nuttige toepassing van vliegas.

De emissies van de mortelcentrale

Er is geen informatie bekend met betrekking tot de emissies van de mortelcentrale zodat geen uitspraak (allocatie) kan worden gedaan over de emissie bij de productie van mortel zonder dan wel met AVI-vliegas. Doordat sprake is van een droog mengproces is stofemissie echter niet uitgesloten. Het water wordt immers pas bij de mijnen toegevoegd. Om toch een uitspraak te kunnen doen wordt gebruik gemaakt van stofemissiecijfers van de VBM (tabel 6.4). In tabel 11.3 is de emissie naar de lucht per ton AVI-vliegas weergegeven.

Tabel 11.3: Emissies naar de lucht per ton AVI- vliegas

| Component | Emissie (mg/ton AVI-vliegas) | Emissie t.b.v. gevoeligheidsanalyse (mg/ton) |
|--------------------------|---------------------------------|--|
| Aluminium (Al) | 8,785 | 8,785 |
| Antimoon (Sb) | 0,198 | 0,198 |
| Arseen (As) * | 0,028 | 0,040 |
| Barium (Ba) | 0,290 | 0,290 |
| Broom (Br) | 0,289 | 0,289 |
| Cadmium (Cd) * | 0,110 | 0,160 |
| Calcium (Ca) | 41,623 | 41,623 |
| Chloride (Cl) | 21,597 | 21,597 |
| Chroom (Cr) * | 0,067 | 0,121 |
| Cobalt (Co) | 0,006 | 0,006 |
| Fluor (F) | 0,017 | 0,017 |
| Kalium (K) | 11,999 | 11,999 |
| Koper (Cu) | 0,335 | 0,335 |
| Kwik (Hg) * | 0,001 | 0,001 |
| Lood (Pb) | 2,225 | 2,225 |
| Mangaan (Mn) | 2,832 | 2,832 |
| Molybdeen (Mo) * | 0,015 | 0,026 |
| Natrium (Na) | 10,522 | 10,522 |
| Nikkel (Ni) * | 0,026 | 0,051 |
| Seleen (Se) | 0,003 | 0,003 |
| Silicium (Si) * | 8,829 | 26,663 |
| Strontium (Sr) | 0,071 | 0,071 |
| Sulfaat (SO4) | 9,292 | 9,292 |
| Tin (Sn) | 0,292 | 0,292 |
| Vanadium (V) | 0,009 | 0,009 |
| Wolfraam (W) * | 0,022 | 0,036 |
| Zink (Zn) | 6,522 | 6,522 |
| Dioxines (µg I-TEQ/kg) * | 0,001 | 0,002 |

* Gevarieerd in de gevoeligheidsanalyse

Overeenkomstig andere technieken zal ook hier sprake zijn van het schoonspoelen van de installatie. Gegevens hieromtrent zijn niet voorhanden. Derhalve zal met een emissie van vliegas naar het oppervlaktewater worden gerekend overeenkomstig andere technieken waarbij de installatie wordt schoongespoeld (zie hiervoor tabel 5.4).

Er is geen informatie over het reinigingsproces van de installatie. Echter ook wanneer geen vliegas maar andere stoffen worden toegepast, moet de installatie worden gereinigd. Door toepassing van vliegas wijzigt alleen de samenstelling van slib doordat het vliegas in het influent voor 95% in het slib terecht komt (i.c. 950 gram per ton vliegas). Dit slib wordt gestort als finaal afval.

De emissies bij de nuttige toepassing van vliegas

De kolenmijnen waar deze vorm van Dammbau wordt toegepast zijn op natuurlijke wijze geïsoleerd van de omgeving. Emissies vanuit de kolenmijn naar de omgeving zijn hierdoor in principe niet mogelijk (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 mijnen 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 7 waar sprake is van immobilisatie van meerdere afvalstoffen. Daarnaast geldt in de mijn dat na uitharding geen sprake is van contact met water. Derhalve wordt als uitloging uitgegaan van de gemiddelde uitloging zoals deze in tabel 7.4 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. Een en ander is uitgewerkt in tabel 11.4.

Tabel 11.4; Worst-case uitloging Dammbau t.b.v. gevoeligheidsanalyse

| Component | Maximale uitloging ⁵ (mg/ton AVI-vliegas) |
|-----------------|---|
| As | 172,9 |
| Ba | 1342,7 |
| Cd | 2,25 |
| Co | 7,85 |
| Cr | 478,8 |
| Cu | 40,6 |
| Mo | 322,6 |
| Ni | 79,9 |
| Pb | 234,7 |
| Se | 31 |
| Sn | 10,8 |
| V | 79,9 |
| Zn | 367,7 |
| Br | 14384,7 |
| Cl | 1542906 |
| F | 3395,3 |
| SO ₄ | 104397 |

11.7 Leemten in kennis

De stofemissie is onbekend. Derhalve is gebruik gemaakt van ervaringscijfers van een andere installatie om een globale indruk te krijgen van de milieu-ingrepen.

⁵ Op basis van gegevens hoofdstuk 7.

12. PYROLYSE/SMELTEN

12.1 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 praktisch schaal getest en ook reeds (commercieel) operationeel. Een voorbeeld van de pyrometallurgische smelter bevindt zich in Bestwig (Nordrhein Westfalen). Deze smelter is in bedrijf sinds 1990 en heeft een capaciteit van circa 10.000 ton/jaar. Het pyrolyse-vergassingsgedeelte is onder andere in bedrijf in Aalen op een schaal van circa 25.000 ton/jaar.

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

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

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

A. Transport AVI-vliegas

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

B. Opslag

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

C. Verkleinen (deze stap is voor AVI-vliegas niet relevant)

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.

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 AVI-vliegas is het in rekening brengen van een dergelijke flux niet aan de orde omdat deze afvalstroom van de betreffende componenten, hoewel niet in genoemde verhoudingen, in ruime mate bevat. 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 AVI-vliegas gerekend met toevoeging van zand (dit gelet op de verhouding Si/Ca in de AVI-vliegas).

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 AVI-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. AVI-vliegas draagt echter niet bij aan de gasproductie.

12.3 Massabalans en ruimtebeslag

Massabalans

Voor de massabalans is relevant dat in dit MER van de in tabel 12.1 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 12.:: 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 AVI-vliegas)

Uit het gehalte aan zwavel van 10,7 g/kg volgt dat, onder de aanname dat het zwavel vrijwel volledig wordt teruggewonnen (een kleine hoeveelheid blijft in het gereinigde synthesegas/smeltergas en

ontwikkelt uiteindelijk als SO₂ naar de lucht) per ton AVI-vliegas ongeveer 10,7 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 AVI-vliegas een hoeveelheid van 80,3 kg metaalslib per ton, welke voor 28,3 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 AVI-vliegas buiten het toe te rekenen metaalslib (28,3 kg/ton), het zwavel (10,7 kg/ton), de halogenen (F, Cl en Br; 75,53 kg/ton) en de emissies naar water en lucht de rest uiteindelijk in het basalt komt, zodat de totale hoeveelheid basalt die ontstaat uit een ton AVI-vliegas komt uitkomt op 886 kg/ton.

Tabel 12.2; Overzicht producten/reststoffen per ton AVI-vliegas

| NUTTIG TOEPASBARE PRODUCTEN | HOEVEELHEID PER TON AVI-VLIEGAS (KG) | TE STORTEN (KG) |
|-----------------------------|--------------------------------------|-----------------|
| Synthetisch basalt | 886 | - |
| Metaalslib (50% d.s.) | 80,4 | - |
| Zwavel (60% d.s.) | 17,8 | - |
| TE VERWERKEN RESTSTOFFEN | HOEVEELHEID PER TON AVI-VLIEGAS (KG) | TE STORTEN (KG) |
| Actief kool | - | 0,326 |

In het kader van de gevoeligheidsanalyse die zich richt op het toevoegen van flux moet tevens 10% aan minerale flux worden toegerekend, ofwel 88,5 kg zand (zie de procesbeschrijving in paragraaf 6.2, onder D). In die situatie komt de totale hoeveelheid basalt die ontstaat uit een ton AVI-vliegas uit op 974 kg/ton.

In het kader van de gevoeligheidsanalyse die zich richt op spreiding in de samenstelling wordt een hoeveelheid van 80,9 kg metaalslib per ton, welke voor 28,5 kg bestaat uit de metalen zelf en voor de rest uit bijbehorende anionen en water. In dit geval komt de totale hoeveelheid basalt uit 885 kg per ton AVI-vliegas. Tenslotte is in deze gevoeligheidsanalyse, in afwijking van tabel 6.2, sprake van 489 g actief kool i.p.v. 326 g actief kool per ton voor het afvangen van het kwik.

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.

Ruimtebeslag

Het oppervlak van de PEC-inrichting bedraagt circa 30.000 m². De totale doorzet van de installatie is 247.000 ton, waarvan 25.000 ton (10%) AVI-vliegas. Dit betekent over een periode van 100 jaar:

- 30.000 m² x 10% x 100 jaar= 300.000 m²*jaar
- 25.000 ton/jaar x 100 jaar= 2500.000 ton
- 300.000 m²*jaar : 2500.000 ton= 0,12 m²*jaar per ton verwerkt AVI-vliegas.

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

12.4 Transport

In het beschouwde afvalbeheersalternatief vindt transport per as plaats van AVI-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 12.6).

Tabel 6.3; Hoeveelheden producten, bedrijfsmiddelen en reststoffen

| MATERIAAL | PER TON AVI-VLIEGAS (IN KG) NORMALE SITUATIE | PER TON AVI-VLIEGAS (IN KG) GEVOERLIGHEIDSANALYSES | |
|-----------------------|--|---|----------|
| | | samenstelling | wel flux |
| AVI-vliegas | 1000 | 1000 | 1000 |
| Zand (flux) | 0 | 0 | 88,5 |
| Synthetisch basalt | 886 | 885 | 974 |
| Zwavel (60% d.s.) | 17,8 | 17,8 | 17,8 |
| Metaalslib (50% d.s.) | 80,4 | 80,9 | 80,3 |
| NaOH (33%) | 397,1 | 397,1 | 397,1 |
| Vermeden zand | 886 | 885 | 974 |
| Vermeden zink-conc. | 36,8 | 36,8 | 36,8 |
| Actief kool | 0,236 | 0,489 | 0,326 |

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 AVI-vliegas.

Verwacht wordt dat er in Nederland maximaal 5 PEC-installaties zullen worden gerealiseerd. Van daar dat er voor het transport van AVI-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 Botlek, hetgeen relatief dicht bij de locaties waar op dit moment een PEC-installatie is voorzien is gelegen. Het is echter niet zondermeer zeker dat PEC-installaties altijd op een dergelijke korte afstand van de NaOH-producten zal zijn gelegen. Voor de aanvoer van NaOH (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 AVI-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 12.4; Transport

| MATERIAAL | TRANSPORT | | | |
|-----------------------|-------------------------|----------------------------|---|--|
| | Afstand (km) | Tonkilometer (tkm) normaal | Tonkilometer (tkm) gevoeligheidsanal. "samenstelling" | Tonkilometer (tkm) gevoeligheidsanal. "wel flux" |
| AVI-vliegas | 75 | 75 | 75 | 75 |
| Zand (flux) | 35 (land) 50 (water) | 0 0 | 0 0 | 3,1 4,4 |
| Synthetisch basalt | 35 | 31 | 31 | 34,1 |
| Zwavel (60% d.s.) | 75 | 1,3 | 1,3 | 1,3 |
| Metaalslib (50% d.s.) | 150 | 12,1 | 12,1 | 12,1 |
| NaOH (33%) | 75 | 29,8 | 29,8 | 29,8 |
| Actief kool | 150 | 0,05 | 0,07 | 0,05 |
| Vermeden zand | 35 (land) 50 (water) | 31 44,3 | 31 44,3 | 34,1 48,7 |
| Vermeden Zink-conc. | 100 (rail) | 3,7 | 3,7 | 3,7 |

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

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.

12.5 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.

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 AVI-vliegas worden verwerkt zonder dat hiervoor elektriciteit en/of aardgas aan het openbare net moet worden onttrokken. AVI-vliegas heeft echter geen energetische inhoud en levert derhalve geen bijdrage aan de vorming van synthesegas. De verwerking van AVI-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 een ton AVI-vliegas tot de temperatuur van $1450 \text{ }^\circ\text{C}$ ongeveer $1,45 \text{ GJ}$. Met de warmte voor het smelten van de asrest er bij lijkt een energie van $1,6 \text{ GJ/ton}$ 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 $2,5 \text{ GJ/ton}$ als inschatting aangehouden.

Deze energie voor het smelten van AVI-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 $2,5 \text{ GJ}$ van het pyrolyseresidu van ander afval had anders via verbranden in gasmotoren ongeveer $0,63 \text{ GJ}$ elektriciteit opgeleverd⁸ en door de gezamenlijke verwerking van dat andere afval met AVI-vliegas wordt die nu niet aan het net geleverd. In de gevoeligheidsanalyse wordt derhalve ook de situatie bekeken waarin slechts $0,63 \text{ GJ/ton}$ aan AVI-vliegas wordt toegerekend.⁹

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 AVI-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 ge-

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

Het energieverbruik van de voorbereiding is gelet op de aard van de afvalstoffen voor AVI-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 H₂S. Zwavel ontstaat als vaste deeltjes in de waterfase. Door sedimentatie en afpersen wordt een zwavelkoek verkregen die kan worden gebruikt voor de productie van zwavelzuur. Daar het hier nuttige toepassing in een productieproces betreft wordt het energiegebruik van het betreffende proces niet meer aan de verwerking van AVI-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 12.6) 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 39 kWh per ton. In het kader van de gevoeligheidsanalyse die zich richt op het toevoegen van flux is dit 42,8 kWh per ton AVI-vliegas, en in het kader van de gevoeligheidsanalyse die zich richt op spreiding in de samenstelling wordt dit weer 39 kWh per ton AVI-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 12.5 is aangegeven welke primaire grondstoffen worden vervangen. De omvang van het vermeden energie wordt berekend met een proceskaart uit de databases van SimaPro.

bracht waarbij de energieopbrengst 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.

Tabel 12.5; Overzicht vervangen primaire grondstoffen

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

12.6 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 eind-fase 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 AVI-vliegas is (zie paragraaf 12.2) 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 AVI-vliegas een hoeveelheid van 88,5 kg zand wordt toegerekend in het kader van de gevoeligheidsanalyse "wel flux".

Zuurstof

Tijdens het verwerkingsproces wordt zuurstof toegevoegd teneinde organische componenten te vergassen. Gelet op de samenstelling van AVI-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.

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

Ad. 1

Voor AVI-vliegas betekent dit dat bij de gemiddelde samenstelling gerekend moet worden met 74471 g Chloor, 997 g Broom en 57 g Fluor per ton, ofwel 2,11 kmol, en met 10680 g zwavel per ton AVI-vliegas. Dit betekent iets meer dan 111,2 kg NaOH aan de verwerking van een ton AVI-vliegas dient te worden toegerekend¹¹. Voor de beide gevoeligheidsanalyses is dit hetzelfde.

Ad. 2

De hoeveelheid toe te rekenen spui is voor AVI-vliegas 1057 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 21,1 kg per ton AVI-vliegas. Voor de beide gevoeligheidsanalyses is dit hetzelfde.

Het totale NaOH verbruik komt hiermee (afgerond) op 132,4 kg per ton AVI-vliegas (dit wijkt af van de hoeveelheden in tabel 12.3 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 12.5 is reeds aangegeven welke primaire grondstoffen worden vervangen. De omvang is opgenomen in tabel 12.6. 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 12.6; Vermeden inzet primaire grondstoffen

| VERVANGEN PRIMAIRE GRONDSTOF | VERMEDEN INZET (KG) NORMAAL | VERMEDEN INZET (KG) GEVOELIGHEIDSANALYSE | |
|-----------------------------------|-----------------------------|--|----------|
| | | samenstelling | wel flux |
| Zand | 886 | 885 | 974 |
| Zn-conc. metallurgische industrie | 36,8 | 36,8 | 36,8 |

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

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.

12.7 Emissies

Rekening moet worden gehouden met:

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

De emissies van de PEC-installatie

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

Emissies naar lucht

In dit kader wordt onderscheid gemaakt in

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

Ad. 1

Hoewel AVI-vliegias 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 12.1. De concrete uitwerking voor AVI-vliegias is aangegeven in tabel 12.7.

Tabel 12.7; 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 | 25,22 | 36,14 | 25,22 |
| Cd | 0,026 | 98,54 | 144,3 | 98,54 |
| Cu | 0,001 | 11,54 | 11,54 | 11,54 |
| Hg | 0,44 | 8,8 | 13,2 | 8,8 |
| Ni | 0,026 | 5,28 | 10,5 | 5,28 |
| Pb | 0,026 | 1994,46 | 1994,46 | 1994,46 |
| Sb | 0,029 | 197,78 | 197,78 | 197,78 |
| Se | 0,026 | 2,34 | 2,34 | 2,34 |
| Sn | 0,029 | 292,03 | 292,03 | 292,03 |
| V | 0,001 | 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| Zn | 0,026 | 5846,88 | 5846,88 | 5846,88 |
| stof | 0,001 | 23200 | 23260 | 24090 (*) |

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

Ad. 2

Hoewel AVI-vliegias zelf weinig aanleiding geeft tot vorming van gasproductie gaan zwavel en halogenen uit het AVI-vliegias 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 12.1. De concrete uitwerking voor AVI-vliegas is aangegeven in tabel 12.8.

Tabel 12.8; 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 | 7476 | 7476 | 7476 |
| HCl | 0,003 | 2297 | 2297 | 2297 |
| HF | 0,025 | 15 | 15 | 15 |
| HBr | 0,004 | 40,4 | 40,4 | 40,4 |

Ad. 3

AVI-vliegas zelf levert vanwege het inerte karakter geen bijdrage aan de productie van synthesegas, 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 12.5).

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 12.3) 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 1057 liter spui per ton AVI-vliegas. Ten aanzien van de emissies naar water is 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 AVI-vliegas leidt dit tot een hoeveelheid toe te rekenen spuiwater van 1406,3 l/ton. Voor de gevoeligheidsanalyse die zich richt op de variatie in de samenstelling is dit 1406 liter/ton.

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 12.1 geeft dit voor AVI-vliegas de volgende ingrepen naar water.

Tabel 12.9; emissies naar water

| comp. | rende- ment RWZI | normaal EN 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 | 9,7 | 1,94 | 13,9 | 2,78 |
| Cd | 72 | 7,58 | 2,12 | 11,1 | 3,1 |
| Pb | 91 | 2,38*E-4 | 2,14*E-5 | 2,38*E-4 | 2,14*E-5 |
| Zn | 75 | 1,65*E-2 | 4,1*E-3 | 1,65*E-2 | 4,1*E-3 |
| Br | 0 | 996960 | 996960 | 996960 | 996960 |
| Cl | 0 | 74468765 | 74468765 | 74468765 | 74468765 |
| F | 0 | 56986 | 56986 | 56986 | 56986 |

Naast de uiteindelijke lozing van verontreinigingen uit tabel 12.9, 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 AVI-vliegas wordt hierbij dus 1142 liter water dat primair is verontreinigd met anorganische componenten toegerekend. Gelet op het feit dat AVI-vliegas niet bijdraagt aan organische verontreinigingen in het water is een bijdrage aan de vorming van RWZI-slib voor AVI-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 funderingslagen moeten echter wel worden meegenomen.

Bekend is, uit vergelijkbare basaltachtige producten van de verwerking van andere afvalstoffen, dat een pyrolyse/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 AVI-vliegas is onbekend. Wel zijn van een aantal vergelijkbare basalt-achtige materialen beschikbaarheidstesten gedaan en in tabel 12.10 (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 12.1 en het resultaat staat in de derde kolom van tabel 12.10), en met de betreffende beschikbaarheden een indicatie verkregen van de hoeveelheid die in het slechtste geval zou kunnen uitlogen en die aan AVI-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 milieu-effect zal zijn.

Tabel 12.10; Uitloogcijfers AVI-vliegas i.h.k.v. de gevoeligheidsanalyse "wel uitloging"

| | beschikbaarheid (%) | Bijdrage van AVI-vliegas aan de slak (mg/ton AVI-vliegas) | Uitloging uit basalt t.g.v. AVI-vliegas (gevoeligheidsanalyse "wel uitloging") in mg per ton AVI-vliegas |
|----|---------------------|---|--|
| As | 8 | 9700 | 776 |
| Ba | 10 | 1000000 | 100000 |
| Co | 6 | 19000 | 1140 |
| Cr | 1 | 231000 | 2310 |
| Cu | 8 | 1153988,46 | 92319 |
| Mo | 6 | 50000 | 3000 |
| Ni | 5 | 87994,72 | 4350 |
| Pb | 14 | 767100 | 107394 |
| Sb | 18 | 0 | 0 |
| V | 4 | 29999,7 | 1200 |
| Zn | 12 | 2248800 | 269856 |

12.8 Leemten in kennis

De hierboven beschreven pyrolyse/smelten 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 AVI-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) | | 10,4 | als normaal | als normaal |
| 2. | Transport in tkm (ton/vracht) | mengsel zand (water) zand (weg) | 73 (10) 27 (-) 19 (20) | als normaal | als normaal |
| 3. | Energiegebruik | menger storten immob. storten zand | 3,6 kWh 87 MJ 32 MJ | als normaal | als normaal |
| 4. | Bedrijfsmiddelen | big bag PE-hoes zand | 2,4 kg 0,96 kg 540 kg | als normaal | als normaal |
| 5. | Emissie lucht (mg, tenzij) | | - | als normaal | als normaal |
| 6. | Emissie bodem (mg) | As Ba Cd Co Cr Cu Hg Mo Ni Pb Sb Se Sn V Zn Br Cl SO4 | 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 | als normaal | 0,0 315,5 3086,8 0,0 27,9 0,0 0,0 2594,3 153,3 38342,8 49,0 152,7 135,3 0,0 7112,1 0,0 955166 165445 |

| Verwerkingstechniek: Storten in big bags | | | | | |
|--|---|----------------------------|----------------------|---------------------------|-------------|
| ASPECT | | (specificatie) | INGREEP | Gevoeligheidsanalyses (a) | |
| | | | | 1 (b) | 2 (c) |
| 7. | Emissie water (d) (mg, tenzij) | Al | 1.515 | 1.515 | als normaal |
| | | Sb | 34 | 34 | |
| | | As | 4,9 | 7,0 | |
| | | Ba | 50 | 50 | |
| | | Br | 50 | 50 | |
| | | Cd | 19 | 28 | |
| | | Ca | 7.176 | 7.176 | |
| | | Cl | 3.724 | 3.724 | |
| | | Cr | 12 | 21 | |
| | | Co | 0,95 | 0,95 | |
| | | F | 2,9 | 2,9 | |
| | | K | 2.069 | 2.069 | |
| | | Cu | 58 | 58 | |
| | | Hg | 0,1 | 0,2 | |
| | | Pb | 384 | 384 | |
| | | Mn | 488 | 488 | |
| | | Mo | 2,5 | 4,6 | |
| | | Na | 1.814 | 1.814 | |
| | | Ni | 4,4 | 8,8 | |
| | | Se | 0,45 | 0,45 | |
| | | Si | 1.522 | 4.597 | |
| Sr | 12 | 12 | | | |
| SO ₄ | 1,602 | 1,602 | | | |
| Sn | 50 | 50 | | | |
| V | 1,5 | 1,5 | | | |
| W | 3,9 | 6,2 | | | |
| Zn | 1.124 | 1.124 | | | |
| | dioxines (µg) | 0,12 | 0,28 | | |
| 8. | Finaal afval / te storten rest | big-bag reststroom slib | 1450 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 | water (e) | 0,019 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 wateremissies 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 9,7 | als normaal | als normaal |
| 2. | Transport in tkm (ton/vracht) | AVI-vliegas cement | 100 (10) 30 (30) | als normaal | als normaal |
| 3. | Energiegebruik | immobilisatie storten | 5,2 kWh 87 MJ | als normaal | als normaal |
| 4. | Bedrijfsmiddelen | cement | 0,1 ton | als normaal | als normaal |
| 5. | Emissie lucht (mg, tenzij) (d) | Al Sb As Ba Br Cd Ca Cl Cr Co F K Cu Hg Pb Mn Mo Na Ni Se Si Sr SO4 Sn V W Zn dioxines (µg) | 8,785 0,198 0,028 0,290 0,289 0,110 41,623 21,597 0,067 0,006 0,017 11,999 0,335 0,001 2,225 2,832 0,015 10,522 0,026 0,003 8,829 0,071 9,292 0,292 0,009 0,022 6,522 0,001 | 8,785 0,198 0,040 0,290 0,289 0,160 41,623 21,597 0,121 0,006 0,017 11,999 0,335 0,001 2,225 2,832 0,026 10,522 0,051 0,003 26,663 0,071 9,292 0,292 0,009 0,036 6,522 0,002 | als normaal |
| 6. | Emissie bodem (mg) | As Ba Cd Co Cr Cu Mo Ni Pb Sb Se Sn V Zn Br Cl F SO4 | 141 1868 12 33 237 41 2649 45 3923 81 73 27 77 1092 74346 2347832 6591 602611 | 202 1868 18 33 429 41 4795 89 3923 81 73 27 77 1092 74346 2347832 6591 602611 | 165 2176 14 38 276 47 3086 52 4569 95 85 32 90 1272 86591 2734533 7677 701865 |
| 7. | Emissie water | | - | als normaal | als normaal |
| 8. | Finaal afval / te storten rest | immobilisaat reststroom slib | 1450 kg 0,95 kg | als normaal | als normaal |

| Verwerkingstechniek: Koude immobilisatie en storten | | | | | |
|---|--|----------------|-----------------------|--------------------------|-------------|
| ASPECT | | (specificatie) | INGREEP | Gevoeligheidsanalyses(a) | |
| | | | | 1 (b) | 2 (c) |
| 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 | water (e) | 0,0065 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) In zwaartepuntsanalyse expliciet even kijken of het totaal aan luchtmissies relevant is
- (e) Koppelen aan ontwikkelde proceskaart "afvalwaterzuivering"

| Verwerkingstechniek: Koude immobilisatie met C2-slib en storten | | | | | | |
|---|--|-------------------------------|-----------------------|---------------------------|-------------|-------------|
| ASPECT | | (specificatie) | INGREEP | Gevoeligheidsanalyses (a) | | |
| | | | | 1 (b) | 2 (c) | 3 (d) |
| 9. | Vermeden transport in tkm (ton/vracht) | | - | als normaal | als normaal | als normaal |
| 10. | Vermeden energie | | - | als normaal | als normaal | als normaal |
| 11. | Vermeden emissie lucht | | - | als normaal | als normaal | als normaal |
| 12. | Vermeden emissie water | | - | als normaal | als normaal | als normaal |
| 13. | Vermeden emissie bodem | | - | als normaal | als normaal | als normaal |
| 14. | Vermeden bedrijfsmiddelen | | - | als normaal | als normaal | als normaal |
| 15. | Overig | zuiveren water ^(h) | 0,0047 m ³ | als normaal | als normaal | als normaal |

- (a) Ingeval uit de zwaartepuntsanalyse volgt dat transport bij de weegvormen 1 of 3 voor 20% of meer de totaalscore bepaald worden, naast de gevoeligheidsanalyses uit de tabel, tevens de gevoeligheidsanalyses "meer transport" resp. "minder transport" uitgevoerd. De transportafstanden (tkm) worden dan met 50% verhoogd c.q. verlaagd.
- (b) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "andere samenstelling"
- (c) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "variatie stortcondities"
- (d) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "toch emissies naar lucht"
- (h) Koppelen aan ontwikkelde proceskaart "afvalwaterzuivering"

| Verwerkingstechniek: Toepassen in Hydrostab | | | | | | |
|---|-------------------------------------|--|--|---------------------------|----------------------------------|---|
| ASPECT | | (specificatie) | INGREEP | Gevoeligheidsanalyses (a) | | |
| | | | | 1 (b) | 2 (c) | 3 (d) |
| 1. | Ruimtebeslag (m ² /jaar) | installatie vermeden inst.toep.vermeden toep. | 0,051 -0,051 920 -920 | als normaal | 0,0081 -0,0059 106 -106 | als normaal |
| 2. | Transport in tkm (ton/vracht) | AVI-vliegass waterglas | 35 (10) 54 (10) | als normaal | 35 6,2 | als normaal |
| 3. | Energiegebruik | installatie toep. | 22,7 kWh 545 MJ | als normaal | 2,6 63 | als normaal |
| 4. | Bedrijfsmiddelen | waterglas | 0,36 ton | als normaal | 0,041 | als normaal |
| 5. | Emissie lucht (mg, tenzij) | Al Sb As Ba Br Cd Ca Cl Cr Co F K Cu Hg Pb Mn Mo Na Ni Se Si Sr SO4 Sn V W Zn dioxines (µg) | 0 | als normaal | als normaal | 4,39 0,10 0,014 0,15 0,14 0,055 20,81 10,80 0,033 0,003 0,008 6,00 0,17 0,0003 1,11 1,42 0,007 5,261 0,013 0,0013 4,41 0,036 4,65 0,15 0,004 0,011 3,26 0,0003 |

| Verwerkingstechniek: Toepassen in Hydrostab | | | | | | |
|---|--|-----------------------|--------------------|---------------------------|------------------|-------------|
| ASPECT | | (specificatie) | INGREEP | Gevoeligheidsanalyses (a) | | |
| | | | | 1 (b) | 2 (c) | 3 (d) |
| 6. | Emissie bodem (mg) | As | 71 | 101 | 8,2 | als normaal |
| | | Ba | 15 | 15 | 1,8 | |
| | | Cd | 5,9 | 8,6 | 0,7 | |
| | | Co | 5,0 | 5,0 | 0,57 | |
| | | Cr | 5,2 | 9,4 | 0,59 | |
| | | Cu | 42 | 42 | 4,9 | |
| | | Hg | - | - | - | |
| | | Mo | 9,3 | 17 | 1,1 | |
| | | Ni | 72 | 144 | 8,3 | |
| | | Pb | 3,1 | 3,1 | 0,36 | |
| | | Sb | 18 | 18 | 2,1 | |
| | | Se | 1,4 | 1,4 | 0,16 | |
| | | Sn | 2,3 | 2,3 | 0,27 | |
| | | V | 4,1 | 4,1 | 0,47 | |
| | | Zn | 512 | 512 | 59 | |
| | | Br | 4,2 | 4,2 | 0,48 | |
| | | Cl | 143 | 143 | 16 | |
| F | 4,0 | 4,0 | 0,46 | | | |
| SO4 | 825 | 825 | 95 | | | |
| 7. | Emissie water (mg, tenzij) | Al | 1.515 | 1.515 | 1.515 | als normaal |
| | | Sb | 34 | 34 | 34 | |
| | | As | 4,9 | 7,0 | 4,9 | |
| | | Ba | 50 | 50 | 50 | |
| | | Br | 50 | 50 | 50 | |
| | | Cd | 19 | 28 | 19 | |
| | | Ca | 7.176 | 7.176 | 7.176 | |
| | | Cl | 3.724 | 3.724 | 3.724 | |
| | | Cr | 12 | 21 | 12 | |
| | | Co | 0,95 | 0,95 | 0,95 | |
| | | F | 2,9 | 2,9 | 2,9 | |
| | | K | 2.069 | 2.069 | 2.069 | |
| | | Cu | 58 | 58 | 58 | |
| | | Hg | 0,1 | 0,2 | 0,1 | |
| | | Pb | 384 | 384 | 384 | |
| | | Mn | 488 | 488 | 488 | |
| | | Mo | 2,5 | 4,6 | 2,5 | |
| | | Na | 1.814 | 1.814 | 1.814 | |
| | | Ni | 4,4 | 8,8 | 4,4 | |
| | | Se | 0,45 | 0,45 | 0,45 | |
| | | Si | 1.522 | 4.597 | 1.522 | |
| | | Sr | 12 | 12 | 12 | |
| | | SO4 | 1,602 | 1,602 | 1,602 | |
| Sn | 50 | 50 | 50 | | | |
| V | 1,5 | 1,5 | 1,5 | | | |
| W | 3,9 | 6,2 | 3,9 | | | |
| Zn | 1.124 | 1.124 | 1.124 | | | |
| dioxines (µg) | 0,12 | 0,28 | 0,12 | | | |
| 8. | Finaal afval / te storten rest | reststroom slib | 0,95 kg | als normaal | 0,11 kg | als normaal |
| 9. | Vermeden transport in tkm (ton/vracht) | Vermeden zand (water) | 193 | als normaal | 22 | als normaal |
| | | Vermeden zand (weg) | 135 (20) | | 16 | |
| | | Vermeden bent. (weg) | 55 (20) | | 6,3 | |
| 10. | Vermeden energie | installatie toep. | 11,4 kWh 273 MJ | als normaal | 1,3 kWh 32 MJ | als normaal |
| 11. | Vermeden emissie lucht | | zie 14 | als normaal | zie 14 | als normaal |
| 12. | Vermeden emissie water | | zie 14 | als normaal | zie 14 | als normaal |
| 13. | Vermeden emissie bodem | | zie 14 | als normaal | zie 14 | als normaal |

| Verwerkingstechniek: Toepassen in Hydrostab | | | | | | |
|---|---------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|---------------------------|------------------------------------|-------------|
| ASPECT | | (specificatie) | INGREEP | Gevoeligheidsanalyses (a) | | |
| | | | | 1 (b) | 2 (c) | 3 (d) |
| 14. | Vermeden bedrijfsmiddelen | zand bentoniet leidingwater | 3,87 ton 0,36 ton 0,32 ton | als normaal | 0,45 ton 0,041 ton 0,037 ton | als normaal |
| 15. | Overig | zuiveren water (e) | 0,026 m ³ | als normaal | 0,003 m ³ | als normaal |

- (a) Ingeval uit de zwaartepuntsanalyse volgt dat transport bij de weegvormen 1 of 3 voor 20% of meer de totaalscore bepaald worden, naast de gevoeligheidsanalyses uit de tabel, tevens de gevoeligheidsanalyses "meer transport" resp. "minder transport" uitgevoerd. De transportafstanden (tkm) worden dan met 50% verhoogd c.q. verlaagd.
- (b) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "andere samenstelling"
- (c) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "aandeel AVI-vliegas 11,5% "
- (d) Betreft gevoeligheidsanalyse "toch emissies naar lucht"
- (e) Koppelen aan ontwikkelde proceskaart "afvalwaterzuivering"

| Verwerkingstechniek: Toepassen als vulstof in asfalt | | | | | |
|--|--|-----------------|----------|--------------------------|-------------|
| ASPECT | | (specificatie) | INGREEP | Gevoeligheidsanalyse (a) | |
| | | | | 1 (b) | 1 (c) |
| 1. | Ruimtebeslag (m ² /jaar) | | - | als normaal | als normaal |
| 2. | Transport in tkm (ton/vracht) | AVI-vliegas | 75 (30) | als normaal | als normaal |
| 3. | Energiegebruik | | - | als normaal | als normaal |
| 4. | Bedrijfsmiddelen | | - | als normaal | als normaal |
| 5. | Emissie lucht (mg, tenzij) | Al | 8,785 | 8,785 | als normaal |
| | | Sb | 0,198 | 0,198 | |
| | | As | 0,028 | 0,040 | |
| | | Ba | 0,290 | 0,290 | |
| | | Br | 0,289 | 0,289 | |
| | | Cd | 0,110 | 0,160 | |
| | | Ca | 41,623 | 41,623 | |
| | | Cl | 21,597 | 21,597 | |
| | | Cr | 0,067 | 0,121 | |
| | | Co | 0,006 | 0,006 | |
| | | F | 0,017 | 0,017 | |
| | | K | 11,999 | 11,999 | |
| | | Cu | 0,335 | 0,335 | |
| | | Hg | 0,001 | 0,001 | |
| | | Pb | 2,225 | 2,225 | |
| | | Mn | 2,832 | 2,832 | |
| | | Mo | 0,015 | 0,026 | |
| | | Na | 10,522 | 10,522 | |
| | | Ni | 0,026 | 0,051 | |
| | | Se | 0,003 | 0,003 | |
| | | Si | 8,829 | 26,663 | |
| | | Sr | 0,071 | 0,071 | |
| | | SO4 | 9,292 | 9,292 | |
| | | Sn | 0,292 | 0,292 | |
| | | V | 0,009 | 0,009 | |
| | | W | 0,022 | 0,036 | |
| | | Zn | 6,522 | 6,522 | |
| | | dioxines (µg) | 0,001 | 0,002 | |
| 6. | Emissie bodem (mg) | As | 44,1 | 63,1 | 0 |
| | | Ba | 1971,5 | 1971,5 | 0 |
| | | Cd | 146,0 | 213,2 | 0 |
| | | Cr | 686,7 | 1243,0 | 0 |
| | | Cu | 262,3 | 262,3 | 0 |
| | | Mo | 103,8 | 187,9 | 0 |
| | | Ni | 4907,8 | 9766,5 | 0 |
| | | Pb | 629,0 | 629,0 | 0 |
| | | Sb | 164,5 | 164,5 | 0 |
| | | Se | 11,6 | 11,6 | 0 |
| | | Sn | 6865,9 | 6865,9 | 0 |
| | | V | 24,8 | 24,8 | 0 |
| | | Zn | 6376,7 | 6376,7 | 0 |
| | | Cl | 206468 | 206468 | 0 |
| | | F | 6726,4 | 6726,4 | 0 |
| | | SO4 | 60093 | 60093 | 0 |
| 7. | Emissie water | | - | als normaal | als normaal |
| 8. | Finaal afval / te storten rest | reststroom slib | 0,95 kg | als normaal | als normaal |
| 9. | Vermeden transport in tkm (ton/vracht) | kalksteenmeel | 300 (20) | als normaal | als normaal |
| 10. | Vermeden energie | | zie 14 | als normaal | als normaal |
| 11. | Vermeden emissie lucht | | zie 14 | als normaal | als normaal |
| 12. | Vermeden emissie water | | zie 14 | als normaal | als normaal |

| Verwerkingstechniek: Toepassen als vulstof in asfalt | | | | | |
|---|---------------------------|-----------------------|----------------|---------------------------------|---------------|
| ASPECT | | (specificatie) | INGREEP | Gevoeligheidsanalyse (a) | |
| | | | | 1 (b) | 1 (c) |
| 13. | Vermeden emissie bodem | | zie 14 | als normaal | als normaal |
| 14. | Vermeden bedrijfsmiddelen | kalksteenmeel | 1 ton | als normaal | als normaal |
| 15. | Overig | | - | als normaal | als normaal |

- (a) Ingeval uit de zwaartepuntsanalyse volgt dat transport bij de weegvormen 1 of 3 voor 20% of meer de totaalscore bepaald worden, naast de gevoeligheidsanalyses uit de tabel, tevens de gevoeligheidsanalyses "meer transport" resp. "minder transport" uitgevoerd. De transportafstanden (tkm) worden dan met 50% verhoogd c.q. verlaagd.
- (b) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "andere samenstelling"
- (c) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "geen uitloging"

| Verwerkingstechniek: Versatzbau | | | | | |
|---------------------------------|--|----------------|-----------|---------------------------|-------------|
| ASPECT | | (specificatie) | INGREEP | Gevoeligheidsanalyses (a) | |
| | | | | 1 (b) | 2 (c) |
| 1. | Ruimtebeslag (m ² /jaar) | | 0,05 | als normaal | als normaal |
| 2. | Transport in tkm (ton/vracht) | AVI-vliegas | 1200 (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 | 0 | als normaal | 0,0 |
| | | Ba | 0 | | 708,7 |
| | | Cd | 0 | | 4856,1 |
| | | Co | 0 | | 0,0 |
| | | Cr | 0 | | 60,4 |
| | | Cu | 0 | | 0,0 |
| | | Hg | 0 | | 0,0 |
| | | Mo | 0 | | 4649,7 |
| | | Ni | 0 | | 292,1 |
| | | Pb | 0 | | 74652,8 |
| | | Sb | 0 | | 116,0 |
| | | Se | 0 | | 266,1 |
| | | Sn | 0 | | 289,0 |
| | | V | 0 | | 0,0 |
| | | Zn | 0 | | 13697 |
| | | Br | 0 | | 0 |
| | | Cl | 0 | | 2632092 |
| | | SO4 | 0 | | 457597 |
| 7. | Emissie water | | - | als normaal | als normaal |
| 8. | Finaal afval / te storten rest | | 1000 kg | 0 | 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 | | - | 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 zien als nuttige toepassing"

(c) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "toch emissies naar de bodem"

| Verwerkingstechniek: Dammbau | | | | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|--|--|---|---|
| ASPECT | | (specificatie) | INGREEP | Gevoeligheidsanalyses (a) | |
| | | | | 1 (b) | 2 (c) |
| 1. | Ruimtebeslag (m ² /jaar) | | - | als normaal | als normaal |
| 2. | Transport in tkm (ton/vracht) | AVI-vliegas cement | 300 (30) 32 (30) | als normaal | als normaal |
| 3. | Energiegebruik | | - | als normaal | als normaal |
| 4. | Bedrijfsmiddelen | cement leidingwater | 0,43 ton 0,34 ton | als normaal | als normaal |
| 5. | Emissie lucht (mg, tenzij) | Al Sb As Ba Br Cd Ca Cl Cr Co F K Cu Hg Pb Mn Mo Na Ni Se Si Sr SO4 Sn V W Zn dioxines (µg) | 8,785 0,198 0,028 0,290 0,289 0,110 41,623 21,597 0,067 0,006 0,017 11,999 0,335 0,001 2,225 2,832 0,015 10,522 0,026 0,003 8,829 0,071 9,292 0,292 0,009 0,022 6,522 0,001 | 8,785 0,198 0,040 0,290 0,289 0,160 41,623 21,597 0,121 0,006 0,017 11,999 0,335 0,001 2,225 2,832 0,026 10,522 0,051 0,003 26,663 0,071 9,292 0,292 0,009 0,036 6,522 0,002 | als normaal |
| 6. | Emissie bodem (mg) | As Ba Cd Co Cr Cu Mo Ni Pb Se Sn V Zn Br Cl F SO4 | - | | 172,9 1342,7 2,25 7,85 478,8 40,6 322,6 79,9 234,7 31 10,8 79,9 367,7 14384,7 1542906 3395,3 104397 |

| Verwerkingstechniek: Dammbau | | | | | |
|------------------------------|--|-----------------|----------|---------------------------|-------------|
| ASPECT | | (specificatie) | INGREEP | Gevoeligheidsanalyses (a) | |
| | | | | 1 (b) | 2 (c) |
| 7. | Emissie water | Al | 1.515 | 1.515 | als normaal |
| | | Sb | 34 | 34 | |
| | | As | 4,9 | 7,0 | |
| | | Ba | 50 | 50 | |
| | | Br | 50 | 50 | |
| | | Cd | 19 | 28 | |
| | | Ca | 7.176 | 7.176 | |
| | | Cl | 3.724 | 3.724 | |
| | | Cr | 12 | 21 | |
| | | Co | 0,95 | 0,95 | |
| | | F | 2,9 | 2,9 | |
| | | K | 2.069 | 2.069 | |
| | | Cu | 58 | 58 | |
| | | Hg | 0,1 | 0,2 | |
| | | Pb | 384 | 384 | |
| | | Mn | 488 | 488 | |
| | | Mo | 2,5 | 4,6 | |
| | | Na | 1.814 | 1.814 | |
| | | Ni | 4,4 | 8,8 | |
| | | Se | 0,45 | 0,45 | |
| | | Si | 1.522 | 4.597 | |
| Sr | 12 | 12 | | | |
| SO4 | 1.602 | 1.602 | | | |
| Sn | 50 | 50 | | | |
| V | 1,5 | 1,5 | | | |
| W | 3,9 | 6,2 | | | |
| Zn | 1.124 | 1.124 | | | |
| | dioxines (µg) | 0,12 | 0,28 | | |
| 8. | Finaal afval / te storten rest | reststroom slib | 0,95 kg | als normaal | als normaal |
| 9. | Vermeden transport in tkm (ton/vracht) | cement | 32 (30) | als normaal | als normaal |
| | | kalksteenmeel | 43 (20) | | |
| 10. | Vermeden energie | | - | als normaal | als normaal |
| 11. | Vermeden emissie lucht | | zie 14 | als normaal | als normaal |
| 12. | Vermeden emissie water | | zie 14 | als normaal | als normaal |
| 13. | Vermeden emissie bodem | | zie 14 | als normaal | als normaal |
| 14. | Vermeden bedrijfsmiddelen | cement | 0,43 ton | als normaal | als normaal |
| | | kalksteenmeel | 0,57 ton | | |
| 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 "andere samenstelling"
- (c) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "toch emissies naar de bodem"

| 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) | AVI-vliegas zand (as) zand (water) basalt zwavel metaalslib NaOH (33%) Act. kool | 75 (20) 0 (20) 0 31 (20) 1,3 (10) 12,1 (10) 29,8 (10) 0,05 (10) | 75 3,3 4,3 34,1 1,3 12,1 29,8 0,05 | 75 0 0 31 1,3 12,1 29,8 0,07 | als normaal | als normaal | als normaal |
| 3. | Energiegebruik | smelter breken slak | 2,5GJ 39 kWh | 2,5 42,8 | als normaal | 0,63 39 | 3 39 | als normaal |
| 4. | Bedrijfsmiddelen | zand (flux) NaOH (natret) | 0 kg 132,4 kg | 88,4 132,4 | 0 132,4 | 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 | 25,22 98,54 11,54 8,8 5,28 1994,46 197,78 2,34 292,03 0,3 5846,88 23200 7476 2297 15 40,4 | 25,22 98,54 11,54 8,8 5,28 1994,46 197,78 2,34 292,03 0,3 5846,88 24090 7476 2297 15 40,4 | 36,14 144,3 11,54 13,2 10,5 1994,46 197,78 2,34 292,03 0,3 5846,88 23260 7476 2297 15 40,4 | | | |
| 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 0 0 | als normaal | als normaal | als normaal | als normaal | 776 100000 1140 2310 92319 3000 4399,7 107394 0 1199,99 269856 |
| 7. | Emissie water | As Cd Pb Zn Br Cl F | 1,94 2,12 2,14*E-5 4,1*E-3 996960 74468765 56986 | als normaal | 2,78 3,1 2,14*E-5 4,1*E-3 996960 74468765 56986 | als normaal | als normaal | als normaal |
| 8. | Finaal afval / te storten rest | act. kool | 326 g | als normaal | 489 | als normaal | als normaal | als normaal |
| 9. | Vermeden Transport in tkm (ton/vracht) | zand (as) zand (water) zinkconc (rail) | 31 (20) 44,3 3,7 | 34,1 48,7 3,7 | 31 44,3 3,7 | | | |
| 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 zink-conc. | 886 kg 36,8 kg | 974 36,8 | 885 36,8 | als normaal | als normaal | als normaal |
| 15. | Overig | afvalwater (g) | 1406,3 liter | als normaal | 1406 | 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

Ecomineraal 2001

Schiftelijke reactie van C. van de Plas van Ecomineraal aan het AOO, ref 01.0151/U/kp/bw, oktober 2001

GSES, 2000

Informatie verkregen van GSES over Versatzbau, d.d. 14 februari 2001

MER-VBM, 1999

hoofdstuk 6 en 7

NEVUL, 2000

Nederlandse Vereniging van Fabrikanten en Importeurs van Vulstof voor Bitumineuze Werken 2000; Activiteiten 1999, Certificatie 2000, Lijst erkende vulstofmerken

RIVM, 1999

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

RIVM, 1993

een RIVM studie uit 1993 inzake het uitlooggedrag van diverse primaire en secundaire bouwmaterialen waaronder asfalt met vliegas. (RIVM-rapport 771402006).

RWS, 1998

LCA – vliegas, RWS, 1998

(LCA-vliegasstudie Rijkswaterstaat, 1998)

UTR

Folder UTR, d.d. 1 september 2000

VVAV, 1997

hoofdstuk 2

Zuiveringschap Limburg, 1998

Rapportage "Werking van rioolwaterzuiveringsinstallaties in 1998"