

**MILIEUEFFECTRAPPORT
LANDELIJK AFVALBEHEERPLAN**

**Achtergronddocument A8
Uitwerking “fga; kleurontwikkelaar”**

Afval Overleg Orgaan
2002

INHOUDSOPGAVE

	blz.
1. Inleiding	5
2. Samenstelling kleurontwikkelaar	6
3. Verwerkingsalternatieven en referentie-installaties	7
4. Procesbeschrijvingen en systeemgrenzen	8
5. Alternatief KO-1; sulfideprecipitatie/ultramembraanfiltratie + fysisch/chemisch/biologische zuivering + AVI	10
5.1 Procesbeschrijving	10
5.2 Massabalans	12
5.3 Ruimtebeslag	13
5.4 Transport	14
5.5 Verbruik energie	15
5.6 Verbruik bedrijfsmiddelen	17
5.7 Emissies naar lucht	18
5.8 Emissies naar water	21
5.9 Emissies naar bodem	22
5.10 Uitgespaarde winning/productie van grondstoffen	22
5.11 Finaal afval	22
5.12 Leemten in kennis	23
6. Alternatief KO-2; sulfideprecipitatie/ultramembraanfiltratie + fysisch/chemisch/biologische zuivering + verglazing	24
6.1 Procesbeschrijving	24
6.2 Massabalans	25
6.3 Ruimtebeslag	25
6.4 Transport	26
6.5 Energie	27
6.6 Bedrijfsmiddelen	27
6.7 Emissies naar lucht	28
6.8 Emissies naar water	30
6.9 Emissies naar bodem	31
6.10 Uitgespaarde winning/productie van grondstoffen	33
6.11 Finaal afval	33
6.12 Aanvullende opmerkingen m.b.t. de balansen op componentenniveau.	34
6.13 Leemten in kennis	34
7. Alternatief KO-3; chemische ontzilvering + fysisch/chemisch/biologische zuivering + AVI	35
7.1 Procesbeschrijving	35
7.2 Massabalans	37
7.3 Ruimtebeslag	38
7.4 Transport	39
7.5 Verbruik energie	40
7.6 Verbruik bedrijfsmiddelen	41
7.7 Emissies naar lucht	42
7.8 Emissies naar water	44
7.9 Emissies naar bodem	44
7.10 Uitgespaarde winning/productie van grondstoffen	45
7.11 Finaal afval	45

7.12	Nadere overwegingen omtrent syteemgrenzen en toerekening	45
7.13	Leemten in kennis	46
8.	Alternatief KO-4; chemische ontzilvering + fysisch/chemisch/biologische zuivering + verglazing	47
8.1	Procesbeschrijving	47
8.2	Massabalans	48
8.3	Ruimtebeslag	48
8.4	Transport	49
8.5	Energie	49
8.6	Bedrijfsmiddelen	50
8.7	Emissies naar lucht	51
8.8	Emissies naar water	53
8.9	Emissies naar bodem	54
8.10	Uitgespaarde winning/productie van grondstoffen	55
8.11	Finaal afval	56
8.12	Aanvullende opmerkingen m.b.t. de balansen op componentenniveau.	56
8.13	Nadere overwegingen omtrent syteemgrenzen en toerekening	56
8.14	Leemten in kennis	57
9.	Alternatief KO-5; fysisch-chemische zuivering + Pyrolyse + verglazing	58
9.1	Procesbeschrijving	58
9.2	Massabalans	60
9.3	Ruimtebeslag	61
9.4	Transport	61
9.5	Energie	62
9.6	Bedrijfsmiddelen	63
9.7	Emissies naar lucht	63
9.8	Emissies naar water	65
9.9	Emissies naar bodem	66
9.10	Uitgespaarde winning/productie van grondstoffen	68
9.11	Finaal afval	68
9.12	Kanttekeningen m.b.t. de balans en allocatievormen	68
9.13	Leemten in kennis	70
10.	Alternatief KO-6; chemische ontzilvering + indamping/osmose + verglazing	72
10.1	Procesbeschrijving	72
10.2	Massabalans	73
10.3	Ruimtebeslag	73
10.4	Transport	74
10.5	Energie	74
10.6	Bedrijfsmiddelen	75
10.7	Emissies naar lucht	76
10.8	Emissies naar water	77
10.9	Emissies naar bodem	78
10.10	Uitgespaarde winning/productie van grondstoffen	79
10.11	Finaal afval	79
10.12	Nadere overwegingen omtrent syteemgrenzen en toerekening	79
10.13	Leemten in kennis	80
11.	Alternatief KO-7; elektrolyse + toepassing als NO _x -reductievloeistof	81
12.	Alternatief KO-8; hergebruik	82
12.1	Procesbeschrijving	82

12.2	Massabalans	82
12.3	Ruimtebeslag	82
12.4	Transport	83
12.5	Verbruik energie	83
12.6	Verbruik bedrijfsmiddelen	83
12.7	Emissies naar lucht	84
12.8	Emissies naar water	84
12.9	Emissies naar bodem	84
12.10	Uitgespaarde winning/productie van grondstoffen	84
12.11	Finaal afval	84
12.12	Leemten in kennis	85
13.	Alternatief KO-9; voorverdampen + fysisch/chemisch/ biologische zuivering + AVI	86
13.1	Procesbeschrijving	86
13.2	Massabalans	86
13.3	Ruimtebeslag	86
13.4	Transport	86
13.5	Energie	86
13.6	Bedrijfsmiddelen	86
13.7	Emissies naar lucht	86
13.8	Emissies naar water	86
13.9	Emissies naar bodem	86
13.10	Uitgespaarde winning/productie grondstoffen	87
13.11	Finaal afval	87
13.12	Kennisleemten	87
14.	Alternatief KO-10; voorverdampen + fysisch/chemisch/ biologische zuivering + verglazing	88
14.1	Procesbeschrijving	88
14.2	Massabalans	88
14.3	Ruimtebeslag	88
14.4	Transport	88
14.5	Energie	88
14.6	Bedrijfsmiddelen	88
14.7	Emissies naar lucht	88
14.8	Emissies naar water	88
14.9	Emissies naar bodem	88
14.10	Uitgespaarde winning/productie grondstoffen	89
14.11	Finaal afval	89
14.12	Kennisleemten	89

BIJLAGEN

1. Overzicht milieu-ingrepen
2. Literatuurlijst

1. Inleiding

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

In de LCA-berekeningen m.b.t. de afvalbeheersalternatieven worden diverse processen meegenomen. Om LCA-berekeningen te kunnen uitvoeren, dient onder meer de volgende informatie beschikbaar te zijn:

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

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

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

Ook zullen tijdens het afvalverwerkingstraject stoffen worden vernietigd en nieuwe stoffen ontstaan. Zo worden bij verbranding diverse organische verbindingen in het afval vernietigd en worden bijvoorbeeld NO_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 "**kleurontwikkelaar**". Dit is één van de deelstromen die binnen dit MER als fotografisch afval worden aangemerkt. Daarbij wordt ook aangegeven van welke referentie-installaties is uitgegaan bij het bepalen van de emissies en het energie- en bedrijfsmiddelenverbruik.

2. Samenstelling kleurontwikkelaar

Onder fotografisch afval wordt verstaan afvalstoffen die vrijkomen bij de productie of toepassing van fotochemicaliën en bij het ontwikkelen en afdrukken van lichtgevoelige, op zilverhalogenide gebaseerde films en papieren. Het gaat daarbij om de waterige vloeistoffen, zoals ontwikkelaar en ontwikkelaar (zwart-wit en kleur) en in mindere mate om vaste afvalstoffen, zoals fotopapier en filmrestanten.

De samenstelling van kleurontwikkelaar is, voor de relevante componenten, weergegeven in tabel 2.1. De cijfers zijn afkomstig uit verschillende bronnen (CUWVO, 1987; Natuur&Milieu, 1992 en gegevens van verwerkers).

Tabel 2.1; Samenstelling kleurontwikkelaar

kenmerk / component	samenstelling	gehanteerd in MER-LAP
Anorganisch chloor/broom	1-3 g/l	2 g Cl/l
Zilver	10-50 mg/l	30 mg/l
Zware metalen (Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Zn)	0-50 mg/l	5 mg/l per metaal
Aandeel koolstof	1-2 %	15 g/l
Aandeel waterstof	10 %	n.v.t.
Aandeel stikstof	0,2 %	n.v.t.
Aandeel zwavel	1 %	10 g/l
Parafenyleendiaminederivaten	0,5%	n.v.t.
Benzylalcohol	1%	n.v.t.
Carbonaten	2%	n.v.t.
Sulfiet	0,5%	zit in zwavel
Sulfaat	< 0,5%	zit in zwavel
Hydrochinon	10%	n.v.t.
Droge stof	5-10 %	100 g/l
pH	> 10	5

3. Verwerkingsalternatieven en referentie-installaties

In Nederland zijn diverse bedrijven actief op het gebied van het verwerken van fotografisch (gevaarlijk) afval. In het kader van de werkzaamheden ten behoeve van het MER voor het landelijk afvalbeheerplan is informatie verzameld over de volgende bedrijven (in willekeurige volgorde): Edelchemie, Van Vlodrop, Argentia, Verstraete Verbrugge Milieu (VVM), Interchemic en Metalchem. Deze bedrijven passen verschillende verwerkingstechnieken toe.

Rekening houdend met de diverse verwerkingsmogelijkheden voor kleurontwikkelaar worden de in tabel 3.1 genoemde alternatieven bij de vergelijking betrokken. In deze tabel staan tevens de gehanteerde referentie-installaties weergegeven.

Tabel 3.1; Verwerkingsalternatieven kleurontwikkelaar

Alternatief	Verwerking	Referentie-installaties
KO-1	sulfideprecipitatie/ultramembraanfiltratie voorverdampen, fysisch/chemisch/biologisch zuiveren en indampen verbranden/stort	Van Vlodrop VVM AVI / derden
KO-2	sulfideprecipitatie/ultramembraanfiltratie voorverdampen, fysisch/chemisch/biologisch zuiveren en indampen verglazen	Van Vlodrop VVM Edelchemie
KO-3	chemische ontzilvering voorverdampen, fysisch/chemisch/biologisch zuiveren en indampen verbranden/stort	Argentia VVM AVI / derden
KO-4	chemische ontzilvering voorverdampen, fysisch/chemisch/biologisch zuiveren en indampen verglazen	Argentia VVM Edelchemie
KO-5	fysisch-chemisch zuiveren, pyrolyse, verglazen	Edelchemie
KO-6	chemische ontzilvering, indampen en omgekeerde osmose, verglazen	Argentia
KO-7	mengen inzet als reductiemiddel	Argentia cementindustrie
KO-8	hergebruik	Van Vlodrop
KO-9	voorverdampen, fysisch/chemisch/biologisch zuiveren en indampen verbranden/stort	VVM AVI / derden
KO-10	voorverdampen, fysisch/chemisch/biologisch zuiveren en indampen verglazen	VVM Edelchemie

4. Procesbeschrijvingen en systeemgrenzen

In het totale afvalbeheerstraject voor kleurentwikkelaar 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. Bij de procesbeschrijvingen wordt dan ook steeds stapsgewijs weergegeven welke processen wel en niet in de LCA-berekeningen worden meegenomen.

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). Hierbij wordt uitgegaan van 'aantal locaties' hetgeen betekent: aantal verwerkers, aantal leveranciers bedrijfsmiddelen, aantal afzetkanalen reststromen, etc. Per geval worden, wanneer daar aanleiding voor is, specifieke uitzonderingen van deze tabel expliciet gemotiveerd.

Tabel 4.1; Gestandaardiseerde transportafstanden

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

Emissies naar water

Voor het verwerken van waterstromen zoals percolaatstromen of waterstromen van het reinigen van apparatuur, wordt voor de ingrepen als ruimtebeslag, energiegebruik, chemicaliëngebruik, etc. gewerkt met een speciaal daartoe ontwikkelde proceskaart in SimaPro. In deze proceskaart zijn

dergelijke ingrepen per kuub water opgenomen op basis van de gemiddelde cijfers van een reeks RWZI's. Aangezien de resulterende lozing naar het water te sterk afhangt van de karakteristieken van de afvalstroom om ook hiervoor standaardwaarden te hanteren wordt deze aanpak dus uitsluitend gehanteerd gedaan voor ingrepen als energiegebruik, ruimtebeslag en dergelijke. Voor de uiteindelijk resterende lozingen is dus wel een relatie gelegd met de samenstelling van de vrijkomende waterstroom (en is dus geen standaard ingreep pakket gehanteerd) en zijn de in tabel 4.2 gehanteerde zuiveringsrendementen gebruikt.

Tabel 4.2; Zuiveringsrendementen voor resulterende waterstromen¹

Kenmerk	Waarde
Zuiveringsrendement CZV	90%
Zuiveringsrendement BZV	97%
Zuiveringsrendement Kj-N	89%
Zuiveringsrendement totaal-N	66%
Zuiveringsrendement totaal-P	77%
Ag	75%
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. Alternatief KO-1; sulfideprecipitatie/ultramembraanfiltratie + fysisch/chemisch/biologische zuivering + AVI

5.1 Procesbeschrijving

Referentiebedrijven zijn voor de sulfideprecipitatie/ultramembraanfiltratie Van Vlodrop en voor de fysisch/chemisch en biologische zuivering VVM.

A. Aanvoer kleurontwikkelaar

Kleurontwikkelaar wordt door de verwerker (Van Vlodrop) direct ingezameld bij de ontdoeners in het gehele land. Ook Kga-inzamelaars spelen een rol. Transport geschiedt per vrachtwagen.

B. Sulfideprecipitatie/ultramembraanfiltratie en afvoer permeaat en sulfideslib

De kleurontwikkelaar wordt gemengd reeds ontzilverde fixeerbaden, waarna aan het mengsel een natriumsulfide-oplossing wordt gedoseerd om d.m.v. redox- en pH-sturing de aanwezige zware metalen neer te slaan. Het verkregen mengsel wordt vervolgens naar de ultramembraanfiltratie-installatie geleid. Hier worden de vaste deeltjes gescheiden van de vloeistoffase, waarna het zilverhoudende filterresidu afgevoerd wordt naar een gespecialiseerde buitenlandse verwerker. Het permeaat (zilveragehalte < 10 mg/l) wordt in vaten opgeslagen en afgevoerd naar Verbrugge Verstraete Milieu (VVM) voor fysisch/chemische en biologische zuivering.

De UF-membranen die bij de filtratie gebruikt worden dienen regelmatig gereinigd (gespoeld) te worden. Het spoelwater wordt na zuivering door middel van ultramembraanfiltratie geloosd op de RWZI.

C. Opwerking sulfideslib en afvoer zilver en slak

Het zilverhoudende sulfideslib wordt verder opgewerkt in smeltovens, waarbij het zilver wordt teruggewonnen. Dit proces wordt uitgevoerd bij JBR in Engeland. Het sulfideslib wordt per vrachtwagen (24 ton/vracht) naar JBR vervoerd. Als eindproduct wordt 99,95% zuiver zilver verkregen. De resterende slak wordt gebruikt als toeslagstof bij beton voor wegverharding (nuttige toepassing). Aangezien gegevens van het proces bij JBR ontbreken, wordt uitgegaan van de data van het smeltproces bij Argentia.

D. Nuttige toepassing zilver en slak

Het zilver (99,95% zuiver) wordt nuttig toegepast ter vervanging van primair zilver. De slak uit de smeltoven wordt verwerkt bij een edelmetaalbedrijf (Union Miniere), waar de laatste resten zilver worden teruggewonnen. De overblijvende slak wordt als bouwstof toegepast.

E. Voorverdamping (VVM) en afvoer residu

De voorbewerkte baden worden vanwege de aanwezigheid van toxische en moeilijk afbreekbare organische componenten eerst ingedampt in de vierde trap van de verdampingsinstallatie. Het verwerkingsprincipe bestaat uit het indampen van de vloeistoffase m.b.v. indirecte stoomverhitting onder vacuüm. Hierbij ontstaat een scheiding tussen het achterblijvende residu met onder meer hoogkokende (an)organische stoffen en condensaat met waterdamp en eventueel aanwezige lichte organische fracties (met name azijnzuur, diethylamine en ontledingsproducten van citroenzuur).

Het verdampen vindt plaats bij 45-50 °C en een onderdruk van 0,7 tot 0,9 bar. Voor het onderhouden van de onderdruk wordt gebruik gemaakt van een waterringpomp, waar voor een koeler is geplaatst voor condensatie van de waterdamp. Het condensaat wordt gemengd met andere waterige stromen, waaronder (voorbehandelde) zwart-wit baden en vervolgens fysisch/chemisch en biologisch gezuiverd. Het residu (droge stofgehalte ongeveer 65%) wordt afgevoerd ter

verbranding.

Het afgezogen luchtmengsel wordt in de biologische zuivering (zie hieronder) ingeleid. Deze functioneert als gaswasser.

F. Fysisch/chemische en biologische zuivering (VVM) en afvoer slib

De eerste stap betreft de behandeling in het monozeefkoolfilter. Hierbij worden grote organische en metaalhoudende organische complexbinders aan het kool gebonden. Het kool wordt bij verzadiging geregenereerd en opnieuw gebruikt.

De vloeistof wordt vervolgens fysisch/chemisch gezuiverd d.m.v. flocculatie en flotatie. Als hulpstoffen worden natronloog, ijzerchloride en flocculant gebruikt. Hier vindt een verdere verwijdering van (on)opgeloste deeltjes plaats. Het slib wordt ontwaterd m.b.v. een zeefbandpers tot een droge stofgehalte van circa 35%², waarna het gezamenlijk met het biologische slib wordt afgevoerd naar de AVR voor verbranding. Afhankelijk van de samenstelling is stort een optie.

Hierna volgt de biologische (aërobe) zuivering, waarbij organische stoffen onder toevoer van zuurstof verder worden afgebroken en slib wordt afgescheiden. Voor biologische zuivering wordt een Sequential Batch Reactor (SBR) toegepast die geschikt is voor hoogbelaste stromen. Het slib wordt gescheiden van de waterfase waarna het wordt ontwaterd m.b.v. een kamerfilterpers tot een droge stofgehalte van circa 40%² en afgevoerd naar de AVR voor verbranding. Afhankelijk van de samenstelling is stort een optie.

Het gezuiverde water wordt vervolgens naar de drietrapsverdampers geleid waar extra zuivering plaatsvindt.

Gezien de voorverdamper van kleurontwikkelaar, waarin grote organische verbindingen en metaalzouten worden verwijderd en alleen enkele laagkokende organische verbindingen met de waterdamp meekomen, leveren deze stappen nauwelijks een bijdrage aan de zuivering. De hoeveelheid vrijkomend slib uit de fysisch/chemische stap is verwaarloosbaar en de hoeveelheid slib uit de biologische stap minimaal.

G. Indamping (VVM) en afvoer residu

Het verwerkingsprincipe bestaat uit het indampen van de vloeistoffase m.b.v. indirecte stoomverhitting onder vacuüm. Hierbij ontstaat een scheiding tussen het achterblijvende residu met onder meer hoogkokende (an)organische stoffen en het condensaat met waterdamp en eventueel aanwezige lichte organische fracties. Het verdampen vindt plaats bij 70-85 °C en een onderdruk van 0,3 tot 0,6 bar. Voor het onderhouden van de onderdruk wordt gebruik gemaakt van een waterringpomp, waarvoor een koeler is geplaatst voor condensatie van de waterdamp.

Het afgezogen luchtmengsel wordt in de biologische zuivering ingeleid. Deze functioneert als gaswater. Het condensaat wordt opnieuw in het proces van VVM ingezet of indien geen (schoon) proceswater nodig is via de biologische zuivering van een buurbedrijf geloosd op oppervlaktewater. Het residu uit de verdampingsinstallatie wordt steekvast gemaakt door toevoeging van zaagsel² en afgevoerd ter verbranding of naar de stort.

2 Recent zijn enkele proceswijzigingen tot stand gekomen, met name in de ontwatering van de slibstromen, waarbij hogere droge stofgehalten worden bereikt. Het residu uit de drietrapsverdampers wordt nu behandeld op een roterend vacuümfilter in plaats van opgemengd met zaagsel. De wijzigingen betekenen een sterke vermindering van de af te voeren hoeveelheden. Omdat specifieke gegevens over deze wijzigingen niet meer verwerkt konden worden, is uitgegaan van het oude proces.

In de voorverdamping van kleurontwikkelaar worden de grote organische verbindingen en metaalzouten verwijderd en komen alleen enkele laagkokende organische verbindingen met de waterdamp mee, die in de biologische zuivering grotendeels worden afgebroken. Als gevolg hiervan zal de indampingsstap zo goed als geen bijdrage aan de zuivering leveren. De hoeveelheid residu is in dit geval verwaarloosbaar.

H. Verbranding residu/slib (AVI)

Het residu uit de voorverdamping en het slib uit de biooog wordt verbrand in een AVI. In een AVI wordt het afval gehomogeniseerd en daarna in een roosteroven gebracht. Hierin bewegen roosters onder een hellend vlak, waarbij het afval op een zodanige snelheid wordt getransporteerd dat een zo volledig mogelijke verbranding plaatsvindt. Aan het eind van het rooster blijven slakken over die worden opgewerkt, zodat ze voor nuttige toepassing geschikt zijn. De rookgassen worden gereinigd en gekoeld, waarbij energie wordt teruggewonnen in de vorm van elektriciteit en nuttige toepasbare stoom. Bij de reiniging ontstaat vliegias en rookgasreinigingsresidu.

I. Nuttige toepassing AVI-slak

De AVI-slak wordt nuttig toegepast als ophoogmateriaal.

J. Stort AVI-vliegias en -rookgasreinigingsresidu

AVI-vliegias wordt geïmmobiliseerd bij de VBM en het immobilisaat wordt gestort. AVI-rookgasreinigingsresidu wordt in big-bags gestort.

5.2 Massabalans

Tabel 5.1 bevat de massabalans voor de verwerking van 1 ton kleurontwikkelaar bij Van Vlodrop (sulfideprecipitatie/ultramembraanfiltratie) en VVM (fysisch/chemisch en biologische zuivering).

Bij de verwerking van fga in de sulfideprecipitatie/ultramembraanfiltratie (zowel zwart-wit als kleur) is de hoeveelheid slib die ontstaat 0,5 % van het oorspronkelijke volume (Van Vlodrop 2000). Uitgaande van een soortelijke massa van het slib van $1,1 \text{ ton/m}^3$, is dit 5,5 kg/ton fga.

Bij de behandeling van de kleurontwikkelaar bij VVM komt residu uit de voorverdamer vrij. Door VVM zijn voor de slibstromen gemiddelde waarden per ton afvalwater gegeven (VVM, 2000). Per ton afvalwater is dit 160 kg residu uit de voorverdamer. Voor 0,995 ton ontzilverd kleurontwikkelaar (hoeveelheid per ton kleurontwikkelaar) is dit dus 0,16 ton residu. De slibstromen uit de andere stappen in de zuivering bij VVM worden, gelet op de geringe mate waarin deze aan kleurontwikkelaar kunnen worden toegerekend, verwaarloosd (zie paragraaf 5.1 procesbeschrijving).

Tabel 5.1; Massabalans verwerking kleurontwikkelaar bij Van Vlodrop (VV) en VVM

VV		
	Hoeveelheid per ton verwerkt kleurontwikkelaar (ton)	Bestemming
INPUT		
Kleurontwikkelaar	1	
OUTPUT		
Sulfideslib	0,0055	Zilverterugwinning (JBR)
Ontzilverd bad	0,994	Zuivering (VVM)
VVM		
	Hoeveelheid per ton verwerkt kleurontwikkelaar (ton)	Bestemming
INPUT		
Permeaat	0,994	
OUTPUT		
Residu voorverdamer	0,160	Verbranding (AVI)
Afvalwater	0,830	Lozing

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

1. Rookgasreinigingsresidu bestaat primair uit de afgevangen Zwavel, afgevangen Fluor en Chloor en verder uit de som van de afgevangen metalen. Aangenomen is dat alle in het fga aanwezige halogenen en zwavel in de te verbranden fractie terecht komen. Op basis van de samenstelling van het slib (zie tabel 5.6) en de voor de AVI afgeleide balans (zie achtergronddocument A1 bij MER-LAP) wordt dat per ton slib 10,8 kg rookgasreinigingsresidu.
2. De aanwezige asrest zal zich verdelen over AVI-slakken en AVI-vliegas in de verhouding 92,6% van het asrest naar de slakken en 7,4% naar het vliegas. Gezien het C-gehalte van kleurontwikkelaar (circa 1,5%; zie tabel 2.1) en de lage calorische waarde van het residu is ervan uitgegaan dat 90% van de droge stof (65%) anorganisch materiaal is dat terecht komt in de reststoffen. Voor 160 kg slib per ton betekent dit 93,6 kg assen, verdeelt over 86,7 kg slak en 6,9 kg vliegas.

5.3 Ruimtebeslag

Het totale bebouwde oppervlak bij Van Vlodrop is 2.300 m², waarvan 1.950 m² bedrijfshallen en opslag (Van Vlodrop, 1999). Uitgaande van een bewerkingscapaciteit van in totaal 17.500 ton vloeistoffen; 12.500 ton fga en 5.000 ton herbruikbare vloeistoffen. (Van Vlodrop, 1999), is het ruimtebeslag 0,11 m²*jr per ton bewerkte vloeistof.

Het ruimtebeslag van de zilversmelterij bij Argentia is 141 m² en de verwerkte hoeveelheid ruw zilver is 115 ton/jaar (Argentia, 2001). Dit resulteert in een ruimtebeslag van 1,2 m²*jr per ton verwerkt ruw zilver. Per ton kleurontwikkelaar ontstaat in totaal 0,0055 ton sulfideslib dat wordt verwerkt in een smeltoven. Dit komt overeen met een ruimtebeslag van 0,007 m²*jr per ton kleurontwikkelaar.

De afvalwaterverwerkingsinstallatie bij VVM heeft een oppervlakte van ongeveer 10.000 m². In totaal wordt circa 300 m³ per dag, oftewel 110 kton per jaar aan afvalwater verwerkt (VVM, 2001b). Dit resulteert in een ruimtebeslag van circa 0,09 m²*jr per ton afvalwater. Aangenomen is dat dit tevens het ruimtebeslag per ton kleurontwikkelaar is.

Verbranding in een AVI (oppervlak 2 ha, doorzet 450.000 ton per jaar) leidt per ton afval tot een

fysiek ruimtebeslag van 0,044 m²*jr. De hoeveelheid te verwerken residu is 0,16 ton per ton kleurontwikkelaar, hetgeen resulteert in een ruimtebeslag van 0,007 m²*jr per ton kleurontwikkelaar.

Voor het ruimtebeslag van de verwerking van de reststoffen uit een AVI wordt uitgegaan van de proceskaarten hiervan (zie achtergronddocument A1 bij MER-LAP) en de hoeveelheden reststoffen. AVI-slak wordt nuttig toegepast als ophoogmateriaal. Aangenomen is dat dit geen extra ruimte kost ten opzichte van het gebruik van regulier ophoogmateriaal (zand). Voor AVI-vliegas en AVI-rookgasreinigingsresidu komt het ruimtebeslag per ton kleurontwikkelaar op 0,067 m²*jr (6,9 kg vliegas), respectievelijk 0,151 m²*j (10,8 kg rookgasreinigingsresidu).

Aangenomen wordt dat het ruimtebeslag bij nuttige toepassing van zilver en slak uit de smeltoven niet wezenlijk verschilt van die bij de reguliere toepassing van primaire grondstoffen. Voor de verwerking van slak bij een edelmetaalbedrijf is dit echter onzeker. Niet duidelijk is in hoeverre de milieu-ingrepen verschillen vanwege het verschil in samenstelling tussen het slak en primaire grondstoffen. De eventuele effecten hiervan zullen echter klein zijn vanwege de relatief geringe hoeveelheid slak (maar het betreft wel een leemte in kennis).

5.4 Transport

In het beschouwde verwerkingsalternatief vindt transport per as plaats van kleurontwikkelaar en van producten en reststoffen van de afvalverwerkingsinrichtingen. De te vervoeren producten en reststoffen zijn per ton kleurontwikkelaar:

- 0,994 ton permeaat naar VVM;
- 0,0055 ton sulfideslib naar JBR;
- 0,160 ton residu van VVM naar AVI.

Voor het transport van het fga naar de verwerkers wordt uitgegaan van één verwerker die fga door heel Nederland (alle verwerkers hebben landelijk recht om in te zamelen) inzamelt en derhalve van een gemiddelde transportafstand van 150 km heen en terug. Het fga wordt per vrachtauto getransporteerd waarbij wordt uitgegaan van ongeveer 12 ton per vracht.

Het ontzilverde fga wordt afgevoerd naar VVM in tankauto's, waarbij wordt uitgegaan van 20 à 25 ton per vracht. De gemiddelde transportafstand naar VVM is uitgegaan van 150 km heen en terug (op basis van afvoer vanaf een willekeurige plaats in Nederland).

Het sulfideslib wordt per vrachtwagen naar JBR in Engeland vervoerd. Uitgegaan wordt van 25 ton per vracht. Voor de gemiddelde afstand tot JBR wordt uitgegaan van 400 km watertransport en 800 km transport over de weg (beide heen en terug).

De slibben van VVM worden per vrachtwagen afgevoerd. Uitgegaan wordt van 25 ton per vracht. In het geval van de verwerking van ontzilverd kleurontwikkelaar gaat het om 0,160 ton residu per ton kleurontwikkelaar dat wordt afgevoerd naar de AVR ter verbranding. Voor de transportafstand naar de AVR is uitgegaan van 150 km op basis van de afstand vanaf een willekeurige locatie in Nederland.

Voor het transport van de AVI-reststoffen en het vermeden transport van zand vanwege de nuttige toepassing van AVI-slak wordt uitgegaan van de proceskaarten hiervan (zie achtergronddocument A1 bij MER-LAP) en de hoeveelheden reststoffen (zie paragraaf 5.3).

Tabel 5.2; Overzicht transportafstanden

Materiaal	Gemiddeld transport		
	hoeveelheid (kg)	Afstand (km)	Tonkilometers (tkm per ton ko)
Aanvoer kleurontwikkelaar	1000	150	150
Afvoer sulfideslib	5,5	800 (land) 400 (water)	4,4 2,2
Afvoer permeaat (naar VVM)	991	150	149
Afvoer residu VVM (naar AVR)	160	150	24
Chemicaliën Van Vlodrop (1)	0,85	75	0,06
Chemicaliën gasreiniging smeltoven (2)	1,2	75	0,09
AVI-vliegas	6,9	130 (3)	0,90
AVI-rookgasreinigingsresidu	10,8	50	0,54
NaOH (20%)	25	75	1,88
NH ₄ OH (25%)	0,04	75	0
Kalk (Ca(OH) ₂) voor de AVI	1,47	50 (land) 600 (water)	0,07 0,88
Afdekszand (stort rookgasreinigingsresidu)	8,1	35 (land) 50 (water)	0,28 0,41
Afvoer AVI-slak	86,7	75	6,5
Vermeden zand	86,7	35 (land) 50 (water)	3,03 4,34

(1) Het betreft hier NaOH (0,014 kg), Na₂S (0,121 kg), Zepen (0,014 kg) en Citroenzuur (0,71 kg)

(2) Het betreft hier NaOH

(3) Inclusief aanvoer cement voor de immobilisatie (zie proceskaarten voor reststoffen in achtergronddocument A1 bij MER-LAP)

5.5 Verbruik energie

Energieverbruik verwerking kleurontwikkelaar

Het energieverbruik per ton kleurontwikkelaar is bepaald op basis van energiegegevens van Van Vlodrop (Van Vlodrop, 1999b) en kerncijfers van VVM (VVM, 2000).

De ultramembraanfiltratie (UF) van zwart-wit baden verbruikt 26,9 kWh elektriciteit per ton en 13,1 MJ energie per ton voor de verwarming van het spoelwater. Aangenomen wordt dat dit ook geldt voor kleurbaden.

Het elektriciteitsverbruik voor de verwerking van het afvalwater bij VVM bestaat uit de volgende posten (gegevens per ton afvalwater; VVM, 2000):

Zeebandpers: 0,15 kWh

Blowers bioloog: 1,5 kWh

Kamerfilterpers: 0,11 kWh

Persluchtgebruik: 3,5 kWh

De energie voor de zeebandpers en de kamerfilterpers worden niet meegenomen bij de verwerking van kleurontwikkelaar, gezien het feit dat de hoeveelheid slib uit de fysisch/chemische en biologische zuiveringsstappen, verwaarloosbaar is (zie paragraaf 5.1 procesbeschrijving). In totaal is het elektriciteitsverbruik voor 0,994 ton ontzilverd kleurontwikkelaar (hoeveelheid per ton kleurontwikkelaar) dus 5,0 kWh.

Volgens recente informatie van VVM (VVM, 2001) is het energieverbruik van de voorverdampers en de indampers samen 0,4 ton stoom per ton fga, hetgeen overeenkomt met 357 MJ. Voor 0,993 ton kleurontwikkelaar is dit dus 355 MJ.

Energieverbruik/-productie verwerking reststoffen

Het sulfideslib wordt in een smeltoven opgewerkt. Hiervoor wordt de smeltoven van Argentia als referentie-installatie genomen. Op basis van recente gegevens van Argentia (Argentia, 2001) is het verbruik van de zilversmeltoven bepaald op 4,09 kWh per kg elektrolytisch zilver en 16,4 kWh voor chemisch zilver (zie voor berekening paragraaf 7.5). Er is aangenomen dat het sulfideslib wat betreft het energieverbruik vergelijkbaar is met chemisch zilver bij Argentia. Op basis van deze gegevens en de hoeveelheid van 5,5 kg sulfideslib per ton kleurontwikkelaar bedraagt het elektriciteitsverbruik $16,4 * 5,5 = 90$ kWh per ton kleurontwikkelaar.

Bij de behandeling van het permeaat bij VVM ontstaan slibstromen die worden afgevoerd naar een AVI. Een gemiddelde AVI verbruikt ongeveer 100 kWh elektrische energie per ton afval. Daarnaast kan bij een gemiddelde stookwaarde van 10,5 MJ/kg circa 750 kWh elektrische energie per ton afval worden teruggewonnen (ongeveer 26%). De netto elektriciteitsproductie bedraagt gemiddeld 22% van de calorische waarde.

Bij gebrek aan specifieke kennis op dit punt wordt aangenomen dat voor het residu het verbruik voor het voeden van de AVI (mengen en handling) niet zal afwijken van het verbruik dat geldt voor de gemiddelde AVI-voeding. Op basis van de veel lagere calorische waarde zal verbranden van het slib wel tot aanzienlijk minder rookgassen leiden waardoor het toe te rekenen energieverbruik van de rookgasreiniging onder het gemiddelde zal liggen. Samengevat wordt het energieverbruik per ton slib als geheel dus lager ingeschat dan de 100 kWh per ton die geldt voor de gemiddelde AVI-voeding en gerekend wordt met 50 kWh per ton slib. Per een ton kleurontwikkelaar (0,160 ton slib naar de AVI) betekent dit een toe te rekenen verbruik van 8 kWh.

De exacte toerekening van de geproduceerde energie dient plaats te vinden op basis van de calorische waarde van het te verstoffen afval. Voor het residu wordt de calorische waarde geschat op ongeveer 4 MJ/kg (Aerts, 2000). Feitelijk is deze warmte-inhoud zo laag dat redelijkerwijs niet kan worden verondersteld dat het residu nog een werkelijke bijdrage levert aan de energieproductie van de AVI. Het stoken van een AVI met afval van een dergelijke lage stookwaarde zal in praktijk niet eens als goed zelfstandig verbrandingsproces blijven lopen. Als uitgangspunt wordt, gelet op deze lage stookwaarde van het residu, dan ook afgezien van het toerekenen van een bijdrage van de elektriciteitsproductie. Teneinde de relevantie van deze keuze op de uitkomst van de LCA-vergelijking te kunnen toetsen wordt als gevoeligheidsanalyse (gevoeligheidsanalyse "toch toerekenen van energie") alsnog een deel van de energieproductie aan het residu toegerekend op basis van het hierboven genoemde bruto-rendement van de AVI. Uitgaande van een calorische waarde van 4 GJ/ton, 0,160 ton residu per ton kleurontwikkelaar en een bruto elektrisch rendement van 26% levert dit netto 46,2 kWh elektriciteit per ton kleurontwikkelaar op.

Tabel 5.3a; Energiegebruik en productie voor residu in de AVI per ton kleurontwikkelaar

	normaal	toch toerekenen van energie
gebruik (kWh/ton)	8	8
productie (kWh/ton)	0	46,2

Bovenstaande hoeveelheden energie behoeven dus niet m.b.v. primaire (fossiele) brandstoffen te worden geproduceerd. De vermeden milieu-ingrepen bij de winning, het transport en het gebruik van de primaire brandstoffen worden als een negatieve milieu-ingreep opgenomen in de LCA-berekeningen. De omvang wordt bepaald met database in SimaPro.

Met behulp van de proceskaarten voor reststoffen in achtergronddocument A1 bij MER-LAP en de hoeveelheden geproduceerde AVI-reststoffen (zie paragraaf 5.3) zijn de energieverbruiken voor de verwerking van de reststoffen bepaald. Deze staan in tabel 5.3b weergegeven.

Tabel 5.3b; Energieverbruik verwerking AVI-reststoffen

Verwerking	omvang in kg per ton kleurontwikkelaar	Verbruik per ton reststof	Verbruik per ton kleurontwikkelaar
Immobilisatie vliegias: elektriciteit	6,9	5,2 kWh	0,04 kWh
Stort vliegias: diesel	6,9	87 MJ	0,60 MJ
Stort rookgasreinigingsresidu: diesel	10,8	105 MJ	1,13 MJ

Energieverbruik nuttige toepassing

Voor de nuttige toepassing van AVI-slak wordt aangenomen dat dit geen extra energie kost ten opzichte van het aanbrengen van regulier ophoogmateriaal.

Aangenomen is dat het energieverbruik bij nuttige toepassing van zilver en slak uit de smeltoven niet wezenlijk verschilt van die bij de reguliere toepassing van primaire grondstoffen. Voor de verwerking van slak bij een edelmetaalbedrijf is dit echter onzeker. Niet duidelijk is in hoeverre de milieu-ingrepen verschillen vanwege het verschil in samenstelling tussen het slak en primaire grondstoffen. De eventuele effecten hiervan zullen echter klein zijn vanwege de relatief geringe hoeveelheid slak (maar het betreft wel een leemte in kennis).

5.6 Verbruik bedrijfsmiddelen

Bedrijfsmiddelenverbruik verwerking kleurontwikkelaar

Voor de sulfideprecipitatie/ultramembraanfiltratie worden de volgende hoeveelheden bedrijfsmiddelen per ton kleurontwikkelaar verbruikt (Van Vlodrop, 2000):

Natronloog (33%): 0,014 kg
Natriumsulfide: 0,121 kg
Zepen: 0,014 kg
Citroenzuur: 0,71 kg
Water: 75 liter

De bij VVM gebruikte hulpstoffen voor de fysisch/chemische en biologische zuivering en voor de naverdamper worden hier niet meegenomen vanwege het feit dat deze stappen vrijwel geen bijdrage leveren aan de zuivering van het kleurontwikkelaar (zie paragraaf 5.1 procesbeschrijving).

Bedrijfsmiddelenverbruik reststoffen

De rookgasreiniging van de smeltoven (referentie-installatie Argentia) verbruikt natronloog. In de smeltoven van Argentia is in 2000 115 ton ruw zilver verwerkt. In totaal is 50 m³ natronloog verbruikt, zowel voor de rookgasreiniging als voor het elektrolyseproces. Wegens gebrek aan gegevens is aangenomen dat het natronloogverbruik gelijk is verdeeld over elektrolyse en rookgasreiniging, hetgeen resulteert in een natronloogverbruik voor de smeltoven van 25/115 = 0,22 m³ per ton ruw zilver. Voor de 5,5 kg sulfideslib uit ontwikkelaar is dit 1,2 liter natronloog.

De rookgasreiniging van een AVI verbruikt NaOH (20%), Ca(OH)₂ en ammoniak (25% NH₄OH). De hoeveelheden natronloog en kalk hangen af van het halogeen- en zwavelgehalte van de afvalstof. Aangenomen is dat alle in het fga aanwezige halogenen en zwavel in de te verbranden fractie terecht komen. Uitgaande van de samenstelling van kleurontwikkelaar (zie tabel 2.1) en het gebruikte AVI-model (zie achtergronddocument A1 bij MER-LAP) is het verbruik van natronloog

en kalk te berekenen en dit komt op 25 kg respectievelijk 1,47 kg per ton kleurontwikkelaar.

Naast kalk en natronloog wordt ook gebruik gemaakt van ammoniak ter reductie van de NO_x -emissies. Uitgaande van een verwijderingrendement van 50% door de SNCR en de hoeveelheid residu (160 kg) en een calorische waarde van 4 GJ/ton van het residu is er sprake van de verwijdering van 23 gram NO_x door de SNCR, hetgeen betekent een verbruik aan NH_4OH (25%) van 40 gram per ton kleurontwikkelaar.

De geproduceerde vliegashoudende stof wordt na immobilisatie gestort, en daarvoor is cement nodig en wel 100 kg per ton. Het rookgasreinigingsresidu wordt gestort in big-bags met een extra PE-afdekhoes en zand. Uitgaande van de proceskaarten in achtergronddocument A1 bij MER-LAP is voor het storten van rookgasreinigingsresidu per ton 3,3 kg big-bag, 1,3 kg PE-hoes en 750 kg zand nodig. Dit is voor 6,9 kg vliegashoudende stof en 61,8 kg rookgasreinigingsresidu verder uitgewerkt in tabel 5.4.

Tabel 5.4; Bedrijfsmiddelenverbruik verwerking reststoffen AVI

Verwerking	omvang reststroom in kg per ton kleurontwikkelaar	Hoeveelheid in kg per ton reststof	Hoeveelheid per ton kleurontwikkelaar (kg)
Immobilisatie vliegashoudende stof - cement	6,9	100	0,69
Storten rookgasreinigingsresidu - big-bags - PE - zand	10,8	3,3 1,3 750	0,04 0,01 8,1

Bedrijfsmiddelenverbruik nuttige toepassing

Aangenomen is dat het bedrijfsmiddelenverbruik bij de toepassing van zilver en slak uit de smeltoven niet verschilt van die bij de toepassing van primaire grondstoffen. Voor de verwerking van slak bij een edelmetaalbedrijf is dit echter onzeker. Niet duidelijk is in hoeverre de milieuingrepen verschillen vanwege het verschil in samenstelling tussen het slak en primaire grondstoffen. De eventuele effecten hiervan zullen echter klein zijn vanwege de relatief geringe hoeveelheid slak (maar het betreft wel een leemte in kennis).

Bij de nuttige toepassing van AVI-slak worden geen (extra) bedrijfsmiddelen verbruikt.

5.7 Emissies naar lucht

Emissies verwerking beekontwikkelaar

Bij op- en overslag en ultramembraanfiltratie van ontwikkelaar bij Van Vlodrop kunnen emissies naar lucht optreden. Uit de samenstelling van vloeibare fotografische afvalstoffen kan echter worden afgeleid dat uit ontwikkelaar geen noemenswaardige emissies zullen optreden (Grontmij, 1995; Van Vlodrop, 1999).

De emissies bij de fysisch/chemische verwerking van fga bij VVM worden geschat op maximaal 20 g C_xH_y /ton afvalwater, op basis van een maximale emissie van 400 g/uur, 16 uur/dag en 300 m³ afvalwater per dag (VVM, 2001b). Deze waarde is ook aangehouden voor de fga-stromen, en dus ook voor kleurontwikkelaar.

Bij de indamping van het afvalwater (bij VVM) zullen bepaalde componenten meeverdampen met het water. Voorzover deze niet in de condensor weer condenseren, worden deze behandeld in de biologische zuivering (VVM, 2000). De emissies naar de lucht zijn verwaarloosbaar.

Emissies verwerking reststoffen

Het sulfideslib wordt opgewerkt in een smeltoven bij JBR. Voor beide smeltovens is als referentie-installatie de smeltoven van Argentia genomen.

De gassen uit de zilversmeltoven bestaan in hoofdzaak uit een aantal specifiek aan het afval gerelateerde stoffen zoals chloride, bromide, ammoniak, zwaveldioxide, zware metalen en stof. De gassen worden via een puntafzuiging naar de gaswasinstallatie geleid.

In opdracht van Argentia heeft Tauw metingen verricht (Tauw, 2000). De gemiddelde gemeten concentraties staan weergegeven in tabel 5.5. Deze zijn, uitgaande van het gegeven debiet (4.100 m³/hr) en de capaciteit van de smeltoven van 96 kg/uur (Argentia, 2000) omgerekend naar mg/kg verwerkt ruw zilver. Op basis van de verwerkte hoeveelheid van 5,5 kg sulfideslib per ton kleurontwikkelaar zijn de emissies bepaald. Deze staan weergegeven in tabel 5.5.

Tabel 5.5; Emissies via afgas zilversmeltoven

Component	Concentratie afgas (mg/m ³)	Emissie (mg/ton kleurontwikkelaar)
Ag	8,20 E-01	192
Cd	2,00 E-03	0,47
Cr	4,00 E-03	0,94
Ni	1,33 E-03	0,31
Stof	1,47 E+01	3453
HCl	5,77 E+00	1355
HBr	1,00 E+00	235
SO _x	3,87 E+00	909
NH ₃	4,00 E+00	940

Emissies verbranding residu in AVI

Verbranding van het residu uit de voorverdamer (VVM) in een AVI leidt tot emissies naar lucht. Van belang hierbij is de samenstelling van het slib.

- De calorische waarde van het residu uit de voorverdamer is 4 MJ/kg (Aerts, 2000).
- Voor de bepaling van de vrachten aan zware metalen die per ton kleurontwikkelaar in het te verbranden slib terechtkomen, is van het volgende uitgegaan. De zware metalen worden voor het overgrote deel in de sulfideprecipitatie/ultramembraanfiltratie uit het fga verwijderd. Naar schatting wordt minstens 90% van de zware metalen verwijderd, voor chroom is dit circa 50% (Van Vlodrop, 2001). De overblijvende metaalconcentraties in het permeaat (dat naar VVM wordt afgevoerd) zijn in tabel 5.6 weergegeven. Aangenomen wordt dat alle metalen uit het permeaat in het residu terechtkomen. Voor de overige componenten wordt aangenomen dat deze vrijwel geheel via het permeaat in het residu terechtkomen. Hierbij is dus uitgegaan van de waarden in kleurontwikkelaar (zie tabel 2.1 samenstelling).

Tabel 5.6; Componenten in permeaat en in slibstromen

Component	Concentratie in permeaat (mg/l)	Vracht in slibstromen (g/ton kleurontwikkelaar)
Ag	10	10
Cd	0,5	0,5
Co	0,5	0,5
Cr	2,5	2,5
Cu	0,5	0,5
Hg	0,5	0,5
Mn	0,5	0,5
Ni	0,5	0,5
Pb	0,5	0,5
Zn	0,5	0,5
Cl	2000	2000
S	10000	10000
C	15000	15000

Op basis van de calorische waarde van het residu, de vrachten zware metalen, chloor en zwavel en de massabalans voor een AVI (zie achtergronddocument A1 bij MER-LAP) zijn de emissies bij verbranding vastgesteld. Een overzicht van de emissies staat in tabel 5.7.

Tabel 5.7; Emissies naar lucht door verbranding residu in AVI

Component	Emissies naar lucht (mg/ton kleurontwikkelaar)
Ag	6,9
Cd	2,5
Co	0,35
Cr	1,7
Cu	0,35
Hg	14,9
Mn	0,35
Ni	0,35
Pb	0,35
Zn	0,35
HCl	4000
SO ₂	60000
NO _x	22900
NH ₃	1150
CO ₂	5,5 E+07
CO	7630
C _x H _y	1910
TCDD TEQ	1,91 E-05
fijn stof	1170

Emissies bij nuttige toepassing reststoffen

Aangenomen is dat de emissies naar lucht bij de nuttige toepassing van zilver en slak uit de smeltoven niet verschillen van die bij de toepassing van primaire grondstoffen. Voor de verwerking van slak bij een edelmetaalbedrijf is dit echter onzeker. Niet duidelijk is in hoeverre de milieuingrepen verschillen vanwege het verschil in samenstelling tussen het slak en primaire grondstoffen. De eventuele effecten hiervan zullen echter klein zijn vanwege de relatief geringe hoeveelheidslak (maar het betreft wel een leemte in kennis).

5.8 Emissies naar water

Emissies verwerking kleurontwikkelaar

Het spoelwater van de reiniging van UF-membranen wordt na zuivering door middel van ultramembraanfiltratie geloosd op de RWZI. De hoeveelheid spoelwater is 35 liter per ton behandeld fga. De emissies naar het water zijn bepaald op basis van de concentraties in het spoelwater zoals gegeven in de vergunningaanvraag van Van Vlodrop (Van Vlodrop, 1999) en de rendementen van de RWZI (zie tabel 4.2). Een en ander is weergegeven in tabel 5.8.

Tabel 5.8; Emissies naar water door spoelwater na reiniging in RWZI

Component	Concentratie in spoelwater (mg/l)	Zuiveringsrendement (%)	Emissies (mg/ton kleurontwikkelaar)
Ag	5 E-01	75	4,4 E+00
Cd	1,85 E-03	72	1,8 E-02
Cr	1,65 E-01	89	6,4 E-01
Cu	3,05 E-01	92	8,5 E-01
Hg	1,65 E-02	91	5,2 E-02
Ni	1,05 E-02	46	2,0 E-01
Pb	1,05 E-01	91	3,3 E-01
Zn	1,35 E-01	75	1,2 E+00
CZV	9,80 E+03	90	3,4 E+04
N-kjeldahl	3,30 E+02	89	1,3 E+03

De emissies naar water na de afvalwaterbehandeling bij VVM staan weergegeven in tabel 5.9 (TNO, 2000). De cijfers betreffen algemene emissiecijfers voor het hele bedrijf. Omdat echter geen naar afvalstroom gedifferentieerde cijfers bekend zijn, zijn deze cijfers gebruikt voor kleurontwikkelaar.

Tabel 5.9; Emissies door lozing na afvalwaterbehandeling VVM

Component	Emissie (mg/ton afvalwater)
Zwevend stof	9,10 E+03
Chloride	2,88 E+04
Zwavel	2,82 E+02
CZV	1,72 E+05
BZV	3,72 E+03
N-kjeldahl	3,51 E+05
Fosfaat	2,21 E+03

Emissies verwerking reststoffen

Bij het smeltproces treden geen emissies naar water op. De gaswasvloei stof van de smeltoven bij Argentia wordt afgevoerd naar VVM ter zuivering. Verwerking van het residu in een AVI leidt niet tot emissies naar water, omdat uit is gegaan van een afvalwatervrije rookgasreiniging (zie achtergronddocument A1 bij MER-LAP).

Emissies bij nuttige toepassing reststoffen

Aangenomen is dat de emissies bij de nuttige toepassing van zilver en slak uit de smeltoven niet verschillen van die bij de toepassing van primaire grondstoffen. Voor de verwerking van slak bij een edelmetaalbedrijf is dit echter onzeker. Niet duidelijk is in hoeverre de milieu-ingrepen

verschillen vanwege het verschil in samenstelling tussen het slak en primaire grondstoffen. De eventuele effecten hiervan zullen echter klein zijn vanwege de relatief geringe hoeveelheid slak (maar het betreft wel een leemte in kennis).

5.9 Emissies naar bodem

Bij de stort van AVI-vliegas en bij de nuttige toepassing van AVI-slak kunnen emissies naar de bodem optreden. Voor AVI-rookgasreinigingsresidu wordt aangenomen dat geen uitloging plaatsvindt vanwege het storten in big-bags met extra afdekhoes waardoor water niet bij het materiaal kan komen. Op basis van de massabalans voor een AVI (zie achtergronddocument A1 bij MER-LAP) is per component bepaald welk deel van de input terecht komt in slak, vliegas en rookgasreinigingsresidu. Op basis van de proceskaarten voor de reststoffen (zie achtergronddocument A1 bij MER-LAP) is de uitloging naar bodem bepaald. De emissies naar de bodem zijn weergegeven in tabel 5.10.

Tabel 5.10; Emissies naar bodem uit AVI-reststoffen door verbranding slib

Component	Emissies naar bodem uit AVI-reststoffen (mg/ton ontwikkelaar)		
	Slak	Vliegas	Totaal
Ag	4,25	1,36	5,61
Cd	0,12	0,22	0,35
Co	0,21	0,14	0,35
Cr	1,06	0,34	1,40
Cu	0,21	0,07	0,28
Hg	0	0,02	0,02
Mn	0,21	0,07	0,28
Ni	0,21	0,07	0,28
Pb	0,21	0,07	0,28
Zn	0,21	0,07	0,28
Cl	5,59 E+04	1,28E+04	6,87E+04
SO4	6,0 E+06	6,6 E+04	6,66E+05

5.10 Uitgespaarde winning/productie van grondstoffen

Door de terugwinning van zilver uit het sulfideslib zijn er vermeden emissies door uitgespaarde productie van primair zilver. Zo goed als al het zilver komt in het sulfideslib terecht en wordt teruggewonnen. Uitgaande van een concentratie zilver in kleurontwikkelaar van 10 - 50 mg/l (zie tabel 2.1) min de restconcentratie van 10 mg/l, wordt per ton kleurontwikkelaar de productie van 0 tot 0,04 kg zilver uitgespaard. In MER-LAP wordt op basis van een gemiddeld gehalte van 30 mg/l in de ingezamelde ontwikkelaar (zie tabel 2.1) gerekend met 0,02 kg zilver.

Met de toepassing van AVI-slak, te weten 86,7 kg/ton kleurontwikkelaar, wordt een even grote hoeveelheid zand uitgespaard.

5.11 Finaal afval

In tabel 5.11 staan de hoeveelheden finaal, te storten afval weergegeven. In de proceskaarten voor de AVI-reststoffen (zie achtergronddocument A1 bij MER-LAP) zijn de hoeveelheden te storten afval gegeven per ton reststof. Op basis van de hoeveelheden reststoffen (zie paragraaf 5.2) zijn per ton kleurontwikkelaar de te storten hoeveelheden afval bepaald.

Tabel 5.11; Hoeveelheden te storten afval

Te storten afval	Hoeveelheid per ton kleurontwikkelaar (kg)
AVI-vliegas	10 (1)
AVI-rookgasreinigingsresidu	10,8

(1) 6,9 kg vliegas geeft 10,0 kg immobilisaat (zie achtergronddocument A1 bij MER-LAP)

5.12 Leemten in kennis

Leemten in kennis zijn er met betrekking tot de volgende zaken:

- De milieu-ingrepen van verwerking van het sulfideslib bij JBR. In dit MER is de smeltoven van Argentia als referentie genomen.
- De milieu-ingrepen bij VVM zijn voor het hele bedrijf gegeven. Bij VVM worden ook andere afvalwaterstromen verwerkt. Niet duidelijk is wat de specifieke bijdrage is van fga.
- De milieu-effecten van verwerking van slak uit de smeltoven bij een edelmetaalbedrijf in vergelijking met de verwerking van primaire ertsen.

6. Alternatief KO-2; sulfideprecipitatie/ultramembraanfiltratie + fysisch/chemisch/biologische zuivering + verglazing

6.1 Procesbeschrijving

De procesbeschrijving is nagenoeg identiek aan de procesbeschrijving in paragraaf 5.1. Het enige verschil is dat het residu van de voorverdampers van VVM niet ter verbranding wordt afgevoerd, maar wordt verglaasd. Als referentie-installatie is Edelchemie genomen.

A. Verglazing in smeltoven

Het residu van de voorverdampers wordt gemengd met daarvoor geschikte toeslagstoffen (chilispeter, borax en glas) en via een lopende band in een smelt/verglazingsoven gebracht en verhit tot 1500 °C. Verwarming vindt plaats met restbrandstoffen (huisbrandolie) en een methanol-water mengsel. Door de verhitting wordt een metaallegering gevormd met hierop een slaklaag. De slaklaag wordt regelmatig afgetapt, gekoeld en gebroken. Daarna wordt het opgeslagen op het terrein ter verwerking. De metaallegering wordt ongeveer elke 14 dagen afgetapt en tot anoden gegoten, die naar de elektrolyse-afdeling gaan voor verdere bewerking.

De bij het verglazingsproces gevormde rookgassen worden gereinigd m.b.v. een 3-traps-gaswasinstallatie. De eerste twee trappen van de gaswassing betreffen venturiwassers waaraan diverse hulpstoffen worden toegevoegd waaronder ammoniak en uit fga gemaakt gaswasvloeistof. De derde trap bevat een venturiwasser, druppelvanger en expansievat.

De afgassen worden gezuiverd van vlieggas, dampvormige metaalverbindingen, zwaveldioxide, stikstofoxiden, halogeniden en koolmonoxide. De ontstane neerslag wordt weer in de pyrolyse-oven verwerkt. De vloeistof wordt weer geschikt gemaakt als gaswasvloeistof (ontsulfatering). Een deel van het water uit de derde trap wordt geloosd naar een RWZI.

B. Ontzwaveling gaswasvloeistof

Door toevoeging van zuur en kalkmelk aan de gaswasvloeistof ontstaat ontsulfateringsgips (zwavelhoudend slib). Na ontwatering wordt dit slib opgeslagen in afwachting van afvoer. In dit MER wordt uitgegaan van verwerking van het slib in de cementindustrie. In een gevoeligheidsanalyse wordt de optie van stort meegenomen. De vloeistof wordt weer ingezet als gaswasvloeistof.

C. Verwerking en zeven slak

De slak wordt op het terrein opgeslagen en ondergaat een verweringsproces, waarbij een afslibbaar product ontstaat bestaande uit metaalsulfiden. Na 6-12 maanden wordt de slak gewassen en gezeefd. Het slib wordt weer toegevoegd aan het te verglazen mengsel in de smeltoven. Het gezeefde product, synthetisch obsidiaan (= vulkanisch gesteente), wordt uiteindelijk opgeslagen in afwachting van nuttige toepassing. Het totale verweringsproces duurt 1 à 2 jaar.

D. Afvoer en nuttige toepassing

Het verglazingproduct obsidiaan kan nuttig worden toegepast als grindvervanger in de bereiding van betonproducten of als bouwgrondstof. Vanwege de onzekerheid over de kwaliteit wordt in een gevoeligheidsanalyse uitgegaan van stort.

E. Elektrolyse en zuivering elektroliet

De metaallegering (anodes) die ontstaat gedurende het verglazingsproces bevat circa 70% zilver, 20% lood en verder koper, nikkel, chroom, ijzer en andere metalen. De anodes worden met behulp van elektrolyse (met zilvernitraat als elektroliet) opgelost, waarbij het elektroliet steeds rijker wordt

aan koper-lood-nikkel-chroom-ijzer-nitrat en binnen de anodefilters een onoplosbare slurry ontstaat. Het zilver slaat neer op de kathodes. Het ontstane NO_x wordt afgezogen naar de gaswassing van de verbrandingsovens.

Het zilver wordt periodiek verwijderd en in smeltkroezen gesmolten. De slurry wordt in de smeltoven verwerkt. Het vervuilde elektrolysebad wordt eerst d.m.v. pH-correctie, waarbij metaalhydroxiden of -sulfaten neerslaan, en daarna m.b.v. natriumsulfide, waarbij metaalsulfiden neerslaan, ontdaan van metalen. De overblijvende vloeistof wordt gebruikt voor menging met de gaswasvloeistof of wordt ingespoten in de verbrandingsoven.

De metaalhydroxiden en -sulfaten worden afgevoerd ter nuttige toepassing. Het sulfideslib wordt in de pyrolyse ingebracht.

F. Afvoer en nuttige toepassing metalen

Zilver, loodsulfaat, koper- en nikkelhydroxide worden afgevoerd ter nuttige toepassing.

6.2 Massabalans

Identiek aan beschrijving in paragraaf 5.2 met als wijziging in tabel 5.1: het residu uit de voorverdamper (0,16 ton) heeft bestemming verglazing (Edelchemie) in plaats van verbranding (AVI).

In hoofdstuk 9, waarin de verwerking van kleurontwikkelaar bij Edelchemie wordt behandeld, worden twee allocatiemethoden toegepast (zie paragraaf 9.2). Hier wordt alleen allocatiemethode 1 gebruikt, omdat het pyrolyseproces hier nagenoeg geen rol speelt.

Voor de meeste milieu-ingrepen is gerekend met de waarden die ook zijn genomen voor de verwerking van 1 ton kleurontwikkelaar bij Edelchemie (bijvoorbeeld emissies en hoeveelheden reststoffen). Het gaat daarbij namelijk om ingrepen die afhangen van de hoeveelheden verontreinigingen in kleurontwikkelaar en die komen nagenoeg geheel in het residu terecht. Andere milieu-ingrepen, zoals ruimtebeslag en elektriciteitsverbruik, die meer van de totale hoeveelheid afval dan van de aanwezige verontreinigingen afhangen, zijn berekend door de waarde per ton verwerkt afval te vermenigvuldigen met 0,16 ton (hoeveelheid residu).

De hoeveelheid obsidiaan en sulfaatslib die ontstaan bij de verwerking van het residu wordt gelijkgesteld aan de hoeveelheden die ontstaan bij de verwerking van 1 ton kleurontwikkelaar bij Edelchemie, te weten 42 kg/ton kleurontwikkelaar, respectievelijk 33 kg/ton kleurontwikkelaar.

6.3 Ruimtebeslag

Identiek aan beschrijving in paragraaf 5.3 met als wijziging dat het ruimtebeslag van verbranding in een AVI en van verwerking van de AVI-reststoffen vervalt.

Toegevoegd wordt het ruimtebeslag van verwerking van het residu bij Edelchemie. Dit is $1,75 \text{ m}^2 \cdot \text{j}$ per ton verwerkt afval (zie paragraaf 9.3). Voor 0,16 ton residu is dit dus $0,28 \text{ m}^2 \cdot \text{j}$.

In de gevoeligheidsanalyse "stort reststoffen" wordt uitgegaan van het storten van zowel het ontsulfateringsgips als het obsidiaan. Met een dichtheid van 1500 kg/ton (aanneme) en een storthoogte van 15 meter kan per vierkante meter 22,5 ton wordt gestort. Over een periode van 100 jaar betekent dit per ton te bergen materiaal een ruimtebeslag van $4,44 \text{ m}^2 \cdot \text{jr}$, ofwel per ton kleurontwikkelaar (77 kg te storten materiaal) een ruimtebeslag van $0,34 \text{ m}^2 \cdot \text{jr}$.

6.4 Transport

Identiek aan beschrijving in paragraaf 5.4 met als wijzigingen dat de afvoer van het residu naar de AVR en afvoer AVI-reststoffen vervallen, terwijl toegevoegd worden:

- afvoer residu naar Edelchemie
- afvoer obsidiaan
- afvoer sulfaatslib

De transportafstand tussen VVM en Edelchemie is circa 370 km heen en terug.

Voor de toepassing van het obsidiaan als bouwstof wordt uitgegaan van 75 km (in aansluiting op transportafstand bij toepassing van AVI-slak; zie hiervoor proceskaarten achtergronddocument A1 bij MER-LAP). Ook is het vermeden transport van bouwstof (hiervoor uitgegaan van grind) meegenomen, waarbij voor de transportafstanden eveneens is aangesloten bij AVI-slak (35 km over land en 50 km over water). Uitgegaan is van vrachten van circa 20 ton.

Het ontsulfateringsslib (sulfaatslib) wordt per vrachtauto afgevoerd naar de cementindustrie. Uitgegaan wordt van 20 à 25 ton per vracht. Voor de gemiddelde transportafstand naar de cementindustrie wordt uitgegaan van 300 km (heen en terug), op basis van de gemiddelde afstand van een willekeurige locatie in Nederland tot een willekeurige cementoven (Nederland, Duitsland, België).

In het geval van stort van obsidiaan en ontsulfateringsslib (sulfaatslib) is, uitgaande van 11-15 C3-stortplaatsen, met een transportafstand van 40 km (heen en terug) gerekend.

Tabel 6.1; Transportafstanden

Materiaal	Gemiddeld transport			
	hoeveelheid (kg)	Afstand (km)	Tonkilometers (tkm per ton ko)	
			normaal	toch stort (*)
Aanvoer kleurontwikkelaar	1000	150	150	150
Afvoer sulfideslib	5,5	800 (land) 400 (water)	4,4 2,2	4,4 2,2
Afvoer ontzilverd bad (naar VVM)	991	150	149	149
Afvoer residu VVM (naar Edelchemie)	160	370	59,2	59,2
Chemicaliën Van Vlodrop (1)	0,86	75	0,06	0,06
Chemicaliën gasreiniging smeltoven (1)	1,2	75	0,09	0,09
Afvoer obsidiaan	42	75 (40*)	3,2	1,7
Afvoer ontsulfateringsslib	33	300 (40*)	9,9	1,3
Vermeden grind (obsidiaan)	42	35 (land) 50 (water)	1,47 2,1	0 0
Aanvoer kalk Edelchemie (**)	4	50 (land) 600 (water)	0,2 2,4	0,2 2,4
Overige chemicaliën Edelchemie (***)	23,9	75	1,79	1,79

(1) Zie tabel 5.2

(*) Gevoeligheidsanalyse "stort reststoffen"

(**) Zie tabel 6.2

(***) Het betreft de som van alle chemicaliën van tabel 6.2 m.u.v. kalk en water

6.5 Energie

Identiek aan beschrijving in paragraaf 5.5 met als wijziging dat het energieverbruik/-productie van verwerking residu in AVI en verwerking AVI-reststoffen vervalt, en dat wordt toegevoegd het energieverbruik van verwerking residu bij Edelchemie:

Het fga verwerkingsinstallatie van Edelchemie verbruikt energie, te weten in totaal:

- elektriciteit: 3.960 GJ (TNO, 2000)
- (afval)olie (HBO): 24.776 GJ (TNO, 2000)
- (afval)methanol: 4.131 GJ (TNO, 2000)

De afvalolie (38,9 MJ/kg; TNO, 2000) en tweederde van de methanol (24,3 MJ/kg; TNO, 2000) worden ingezet in de smeltoven, in totaal dus 27500 GJ. Onbekend is hoeveel afval er totaal in de smeltoven wordt verwerkt. Daarom is voor het brandstofverbruik in het smeltproces uitgegaan van de waarde die is genomen voor de verwerking van 1 ton kleurontwikkelaar bij Edelchemie, te weten 27500 GJ gedeeld door 12 kton totaal verwerkt afval, is 2290 MJ/ton afval, in dit geval kleurontwikkelaar. Omdat deze energie wordt geproduceerd uit afval wordt deze niet in rekening gebracht, maar in een separate gevoeligheidsanalyse wordt dit alsnog gedaan (zie paragrafen 6.12 en 9.12)³.

Het elektriciteitsverbruik per ton afval is 330 MJ. Voor de 0,16 ton residu is dit dus 53 MJ.

Voor de toepassing van obsidiaan zal verkleining noodzakelijk zijn. Het energieverbruik hiervoor wordt geraamd op circa 45 kWh per ton. Voor de 42 kg obsidiaan is dit dus 1,9 kWh.

In het geval van stort van obsidiaan en sulfaatslib wordt energie verbruikt bij het opbrengen. Het energieverbruik voor stort (diesel) is 60 MJ per ton gestort materiaal. Voor het te storten obsidiaan en het sulfaatslib komt dit in totaal op 4,6 MJ.

Energieverbruik nuttige toepassing

Aangenomen wordt dat de toepassing van zilver, overige metalen en sulfaatslib geen extra energieverbruik met zich meebrengt t.o.v. de toepassing van primaire grondstoffen. Voor de toepassing van de overige metalen is dit echter onzeker. Niet duidelijk is in hoeverre de milieu-ingrepen verschillen vanwege het verschil in samenstelling met primaire grondstoffen. De eventuele effecten hiervan zullen echter klein zijn vanwege de relatief geringe hoeveelheid (maar het betreft wel een leemte in kennis).

6.6 Bedrijfsmiddelen

Identiek aan beschrijving in paragraaf 5.6 met als wijzigingen dat het bedrijfsmiddelenverbruik van verwerking van het residu in een AVI en van verwerking van de AVI-reststoffen vervalt, terwijl toegevoegd wordt het bedrijfsmiddelenverbruik bij verwerking van het residu bij Edelchemie.

Voor dit laatste is uitgegaan van de hoeveelheden die ook zijn genomen voor de verwerking van 1 ton kleurontwikkelaar (zie paragraaf 9.6), gezien het feit dat alle processen waarbij deze hulpstoffen worden ingezet ook noodzakelijk zijn bij de verwerking van het residu. Alleen de ONO-behandeling waarbij een deel van de natriumsulfide wordt ingezet, is niet noodzakelijk voor

3 Hier wordt afgeweken van Emissieprofielen (TNO, 2000) waar wel de emissies uit deze brandstoffen aan fga werden toegerekend maar niet de bijbehorende energie-effecten (wel de lasten maar niet de lusten). Verwerking van de betreffende brandstoffen elders had zowel tot emissies als tot energieopbrengst geleid. Hier is er voor gekozen om beide effecten wel aan fga toe te rekenen of (zie paragraaf 6.12) beide effecten niet aan fga toe te rekenen, maar niet een deel wel en een ander deel niet.

verwerking van het residu. Natriumsulfide wordt tevens ingezet voor zuivering van het elektrolysebad. Bij gebrek aan gegevens hierover wordt aangenomen dat het verbruik van natriumsulfide gelijk verdeeld is over de twee processen. Bij de verwerking van het residu wordt dus slechts de helft van de hoeveelheid verbruikt die nodig is bij de verwerking van het kleurontwikkelaar.

De totaal verbruikte hoeveelheden bedrijfsmiddelen (TNO, 2000) en de hoeveelheden per ton kleurontwikkelaar staan weergegeven in tabel 6.2.

Tabel 6.2; Hoeveelheden bedrijfsmiddelen bij de verwerking van residu uit kleurontwikkelaar

	Totaal verbruik (ton/jaar)	Verbruik (kg/ton-kleurontwikkelaar)
Water	17.000	1420
Kalk	48	4
Salpeterzuur	65	5,4
Ammoniak	66	5,5
Natriumsulfide	46	1,9
Chilisalpeter	51	4,3
Borax	30	2,5
Afvalglas	10	0,83

Voor de stort van obsidiaan en sulfaatslib (in het kader van gevoeligheidsanalyse) worden geen bedrijfsmiddelen ingezet.

Bedrijfsmiddelenverbruik nuttige toepassing secundaire grondstoffen

Aangenomen wordt dat voor de nuttige toepassing van zilver, overige metalen, obsidiaan en sulfaatslib geen extra bedrijfsmiddelen worden ingezet t.o.v. de toepassing van primaire grondstoffen. Voor de toepassing van de overige metalen is dit echter onzeker. Niet duidelijk is in hoeverre de milieu-ingrepen verschillen vanwege het verschil in samenstelling met primaire grondstoffen. De eventuele effecten hiervan zullen echter klein zijn vanwege de relatief geringe hoeveelheid (maar het betreft wel een leemte in kennis).

6.7 Emissies naar lucht

Identiek aan beschrijving in paragraaf 5.7 met als wijzigingen dat de emissies van verbranding van het residu in een AVI vervallen (evenals de emissies die horen bij de verdere verwerking van de AVI-reststoffen). Daar tegenover wordende emissies van verwerking van het residu bij Edelchemie toegevoegd, inclusief de vervolgbewerking van het sulfaatslib in cementovens.

De bij de verglazing gevormde rookgassen bestaan in hoofdzaak uit stikstofoxiden, zwaveldioxide, kooldioxide en waterdamp. Daarnaast bevatten de rookgassen nog een aantal specifiek aan het afval gerelateerde stoffen. De rookgassen worden gereinigd m.b.v. een gaswasinstallatie. Voor de emissies naar de lucht is uitgegaan van de cijfers uit (TNO, 2000). Deze zijn gebaseerd op metingen door de provincie en eigen opgaven van Edelchemie. De emissie van CO₂ is berekend op basis van de totale energie-input en de aanname van 85,6 g/MJ (TNO, 2000). De emissies van zilver zijn bepaald op basis van de massaverhouding zilver in de fga-stromen.

Op de emissies van zilver die in het TNO-rapport zijn berekend is een correctie aangebracht, aangezien het residu betreft van bij Van Vlodrop behandeld ontwikkelaar zeer lage zilveragehalten bevat. Uitgaande van een 10/100 zo klein zilveragehalte (10 mg/l in dit MER t.o.v. 100 mg/l als waarde in TNO-rapport) is de emissie evenredig verlaagd. Ook voor de andere zware metalen

zullen de emissies lager zijn, maar onbekend is echter hoe groot dit effect zal zijn.

Tabel 6.3; Emissies naar lucht uit smeltoven bij verwerking residu kleurontwikkelaar

Component	Emissies smeltoven totaal (ton/jaar)	Emissies residu (mg/ton-ko)
Ag	0,0042	2,7
As	0,003	250
Cd	0,0036	300
Co	0,0012	100
Cr	0,042	3500
Cu	0,0156	1300
Hg	0,00006	5
Mn	0,0072	600
Ni	0,0126	1050 E+03
Pb	0,228	19000
Sb	0,00006	5
Se	0,0006	50 E+01
Sn	0,0042	350
V	0,0006	50
Zn	0,0342	2850
stof	6,6	5,5 E+05
HCl	0,0498	4150
HF	0,0042	350
SO _x	0,36	3,0 E+04
NO _x	4,86	4,1 E+05
CO ₂	2382	2,0 E+08
C _x H _y	0,3	2,5 E+04

Emissies nuttige toepassing

Aangenomen is dat de emissies naar lucht bij de nuttige toepassing van zilver, andere metalen en obsidiaan niet verschillen van die bij de toepassing van primaire grondstoffen. Voor de toepassing van de overige metalen is dit echter onzeker. Niet duidelijk is in hoeverre de milieu-ingrepen verschillen vanwege het verschil in samenstelling met primaire grondstoffen. De eventuele effecten hiervan zullen echter klein zijn vanwege de relatief geringe hoeveelheid (maar het betreft wel een leemte in kennis).

Bij toepassing van het sulfaatslib in een cementoven zullen vanwege de verontreinigende stoffen (met name zware metalen) emissies naar lucht optreden. Gelet op aard en samenstelling vervangt het slib in de cementoven de inzet van primair gips (en dus geen brandstof). Er is aangenomen dat de vermeden emissies ten gevolge van dit gips verwaarloosbaar zijn ten opzichte van de emissies van het sulfaatslib. Alleen de SO₂-emissies zullen vergelijkbaar zijn; de emissies en vermeden emissies vallen voor deze stof dus tegen elkaar weg.

Op basis van de samenstellingsgegevens van ontsulfateringsgips (TNO, 2000) en de massabalans voor een cementoven (zie achtergronddocument A1 bij MER-LAP) zijn de emissies naar de lucht bepaald. De input van zilver in het sulfaatslib is, evenals in het TNO-rapport bij de emissies is gedaan, bepaald op basis van de massaverhouding zilver in de fga-stromen. Daar bovenop is voor zilver een correctie aangebracht vanwege het feit dat het residu (afkomstig van bij Van Vlodrop behandeld kleurontwikkelaar) een zeer laag gehalte bevat. Uitgaande van een 10/100 zo klein zilveragehalte (10 mg/l in dit MER t.o.v. 100 mg/l als waarde in TNO-rapport) zijn het gehalte in het sulfaatslib en daarmee de emissie evenredig verlaagd. Ook voor de andere zware metalen zullen de emissies lager zijn, maar onbekend is echter hoe groot dit effect zal zijn.

Tabel 6.4; Emissies naar lucht bij toepassing ontsulfateringsslib in een cementoven

Component	Input (mg/ton fga)	Percentage van input naar lucht (%)	Emissie (mg/ton fga)
Ag	200	0,05	0,1
Cd	167	0,5	0,83
Cr	2.130	0,05	1,1
Cu	7.670	0,05	3,8
Hg	70	6	4,2
Mo	167	0,05	0,083
Ni	1.870	0,05	0,93
Pb	53.300	0,05	27
Sb	900	0,05	0,45
Sn	1330	0,05	0,67
Zn	17.700	0,05	8,8

6.8 Emissies naar water

Identiek aan beschrijving in paragraaf 5.8 met als wijziging dat de opmerking over emissies naar water bij AVI vervalt, terwijl toegevoegd worden de emissies naar water bij verwerking van het residu bij Edelchemie.

De emissies naar water via de lozing van afvalwater uit de gaswasser staan vermeld in tabel 6.5. De emissies zijn gebaseerd op cijfers van jaarvrachten van Edelchemie (TNO, 2000)⁴ en zijn omgerekend naar mg/ton kleurontwikkelaar. De emissies van zilver zijn bepaald op basis van de massaverhouding zilver in de fga-stromen.

Op de emissies van zilver die in het TNO-rapport zijn berekend is een correctie aangebracht, vanwege het feit dat het residu (afkomstig van bij Van Vlodrop behandeld kleurontwikkelaar) een zeer laag gehalte bevat. Uitgaande van een 10/100 zo klein zilveragehalte (10 mg/l in dit MER t.o.v. 100 mg/l als waarde in TNO-rapport) is de emissie evenredig verlaagd. Ook voor de andere zware metalen zullen de emissies lager zijn, maar onbekend is echter hoe groot dit effect zal zijn.

Tabel 6.5; Emissies naar water via lozing gaswasser op RWZI

Component	Emissie (mg/ton kleurontwikkelaar)
Ag	24
Cd	34
Cr	465
Cu	537
Hg	3,08
Ni	1.960
Pb	4.830
Zn	1.670
SO ₄ /SO ₂	5.410
CZV	969.000

⁴ Edelchemie heeft meer recente cijfers geleverd. Deze verschillen voor bepaalde componenten een factor 5 of 10 met de cijfers die door TNO zijn gebruikt, zonder dat de oorzaak hiervan duidelijk is. Daarom is er voor gekozen de TNO-cijfers te blijven gebruiken.

Emissies nuttige toepassing

Aangenomen is dat de emissies naar water bij de nuttige toepassing van zilver en andere metalen niet verschillen van die bij de toepassing van primaire grondstoffen. Voor de toepassing van de overige metalen is dit echter onzeker. Niet duidelijk is in hoeverre de milieu-ingrepen verschillen vanwege het verschil in samenstelling met primaire grondstoffen. De eventuele effecten hiervan zullen echter klein zijn vanwege de relatief geringe hoeveelheid (maar het betreft wel een leemte in kennis).

6.9 Emissies naar bodem

Emissies uit cement

In theorie zou sprake kunnen zijn van emissies vanuit de cement naar de bodem wanneer deze wordt toegepast. Uitlooggegevens onder praktijkcondities zijn niet bekend. Aangenomen mag worden dat de uitloging gering is omdat bij de cementproductie in feite sprake is van binding (immobilisatie) van de chemische componenten.

Daarnaast geldt dat cement op diverse manieren wordt toegepast met een enorm scala aan producten die niet altijd aan uitloging worden blootgesteld. Derhalve wordt bodembelasting bij toepassing van cement in het kader van deze LCA als niet relevant beschouwd.

In het kader van de gevoeligheidsanalyse "toch uitloging" zal wel met een zekere bodembelasting worden gerekend gebaseerd op een diffusieproef op cementbeton (zie uitlogingspercentages in de proceskaart voor cement, achtergronddocument A1 bij MER-LAP). Op basis van de massabalans van de cementoven en de input via het sulfaatslib zijn de fracties berekend die per component in het cement terechtkomen (zie achtergronddocument A1 van MER-LAP). Hieruit zijn met behulp van de uitlogingspercentages uit cement de emissies naar bodem berekend. Deze zijn weergegeven in tabel 6.6.

De input vanuit het sulfaatslib is gebaseerd op de samenstelling van het sulfaatslib (TNO, 2000) en is omgerekend naar vracht per ton kleurontwikkelaar. De input van zilver in het sulfaatslib is, evenals in het TNO-rapport bij de emissies is gedaan, bepaald op basis van de massaverhouding zilver in de fga-stromen. Daarbovenop is voor zilver een correctie aangebracht vanwege het feit dat het residu (afkomstig van bij Van Vlodrop behandeld kleurontwikkelaar) een zeer laag gehalte bevat. Uitgaande van een 10/100 zo klein zilveragehalte (10 mg/l in dit MER t.o.v. 100 mg/l als waarde in TNO-rapport) is de emissie evenredig verlaagd. Ook voor de andere zware metalen zullen de emissies lager zijn, maar onbekend is echter hoe groot dit effect zal zijn.

Tabel 6.6; Emissies naar bodem uit cement ten gevolge van toepassing sulfaatslib

Component	Input (mg/ton kleurontwikkelaar)	Percentage van input naar cement	Percentage van cement naar bodem	Emissie (mg/ton kleurontwikkelaar)
Ag	200	99,95	0,05	0,1
Cd	167	99,5	0,65	1,1
Cr	2130	99,95	0,05	1,1
Cu	7670	99,95	0,05	3,8
Hg	70	94	1,1	0,72
Mo	167	99,95	0,05	0,083
Ni	1870	99,95	0,05	0,93
Pb	53300	99,95	0,05	27
Sb	900	99,95	0,05	0,45
Sn	1330	99,95	0,80	11
Zn	17700	99,95	0,05	8,8

In de gevoeligheidsanalyse "toch storten" wordt dit slib niet verwerkt in een cementoven, maar afgevoerd naar een stortplaats. Zonder het immobiliserende effect van cement is emissie naar het stortpercolaat niet uit te sluiten en is dus sprake van een mogelijke emissies naar bodem (lek door onderafdichting) en water (zuivering afgevangen percolaat). Omdat zowel over de wijze van storten als over de uitloging van dit slib betrouwbare gegevens ontbreken wordt dit verder buiten beschouwing gelaten (leemte in kennis).

Emissies uit obsidiaan

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

De uitloging uit obsidiaan is onderzocht (Witteveen en Bos, 1994). Uit kolomproeven is alleen de uitloging van antimoon en molybdeen aangetoond en lagen de waarden van de andere componenten onder de detectiegrens. Deze resultaten komen dus overeen met de algemeen in MER-LAP gehanteerde lijn dat verglaasde producten (vrijwel) geen uitloging vertonen. Voor kleurontwikkelaar is in dit kader ook nog relevant dat (zie tabel 2.1) Sb en Mo ook nog eens buiten beschouwing blijven bij gebrek aan informatie omtrent ingangconcentraties en andere emissies.

In het kader van de gevoeligheidsanalyse wordt wel uitloging meegenomen, en wel op basis van beschikbaarheidstesten aan obsidiaan. In tabel 6.7 is tevens weergegeven wat dat betekent per ton kleurontwikkelaar, uitgaande van 42 kilo obsidiaan per ton kleurontwikkelaar. 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 6.7; Uitloging obsidiaan in gevoeligheidsanalyse "toch uitloging"

Component	Gehalte in obsidiaan (mg/kg)	Vracht in obsidiaan (mg/ton fga)	Beschikbaarheid (%)	Emissie naar bodem (mg/ton fga)
Ni	390	16380	2,4	393
Pb	1500	63000	0,04	25,2
Zn	3100	130200	5,3	6900
Sulfaat	90	3780	0,5	18,9

6.10 Uitgespaarde winning/productie van grondstoffen

Identiek aan beschrijving in paragraaf 5.10 met als wijziging dat de uitsparing van zand door nuttige toepassing van AVI-slak vervalt. Toegevoegd worden de uitgespaarde hoeveelheden primaire grondstoffen door productie van secundaire grondstoffen bij Edelchemie.

Door de terugwinning van zilver en andere metalen uit het fga, de toepassing van het verglaasd product (obsidiaan) als bouwstof of grindvervanger en de toepassing van het sulfaatslib in de cementindustrie wordt de winning/productie van primaire grondstoffen uitgespaard. Voor het obsidiaan wordt uitgegaan van de vervanging van grind als bouwstof. Voor het sulfaatslib wordt uitgegaan van de vervanging van gips. Op basis van een droge stofgehalte van 57% van het sulfaatslib (Witteveen en Bos, 1994) wordt gerekend met een vervangen hoeveelheid van $0,57 \cdot 33 = 19$ kg.

De hoeveelheid teruggewonnen zilver is bepaald op basis van de input van zilver in het residu van 10 mg per kg kleurontwikkelaar en een terugwinningsrendement van 95,5% (zie paragraaf 9.2).

De hoeveelheden teruggewonnen lood, koper en nikkel zijn gemiddelde hoeveelheden per ton verwerkt afval bij Edelchemie. Deze cijfers zijn ook genomen voor de verwerking van kleurontwikkelaar bij Edelchemie (zie paragraaf 9.2). Voor het residu afkomstig van bij Van Vlodrop behandeld kleurontwikkelaar zullen de teruggewonnen hoeveelheden lager zijn vanwege de relatief lage gehalten. Onduidelijk is echter in welke mate.

Tabel 6.8; Overzicht vervangen primaire grondstoffen

Soort	normaal (kg/ton fga)	gev. anal. storten (kg/ton fga)
Zilver	0,0096 (1)	0,0096 (1)
Metalen		
Lood	1,8	1,8
Koper	0,54	0,54
Nikkel	0,16	0,16
Grind	42	0
Gips	19	0

6.11 Finaal afval

De beschrijving in paragraaf 5.11 vervalt.

Toegevoegd worden de hoeveelheden finaal afval bij verwerking van het residu bij Edelchemie. In het kader van een gevoeligheidsanalyse is met de stort van obsidiaan en sulfaatslib i.p.v. nuttige toepassing gerekend. In tabel 6.9 staan de te storten hoeveelheden weergegeven.

Tabel 6.9; Finaal afval

Te storten afval	Hoeveelheid (kg/ton fga)
Obsidiaan	42
Sulfaatslib	33

6.12 Aanvullende opmerkingen m.b.t. de balansen op componentenniveau.

Onder verwijzing naar paragraaf 9.12, waar op het aspect "balansen op componentenniveau" i.r.t. de verwerking bij Edelchemie wordt ingegaan, wordt opgemerkt dat zich in dit geval een vergelijkbaar iets voordoet omdat een deel van de stroom bij Edelchemie plaatsvindt. Ook hier geldt dat voor dat deel zowel de emissies als de productie van afzetbare metalen mede wordt bepaald door de keuze om alle effecten van de inrichting van Edelchemie toe te rekenen aan het verwerkte fga. Ook hier geldt dat de emissies naar lucht (tabel 6.3), de vrachten naar obsidiaan en sulfaatslib (tabel 6.4 en 6.7), de emissies naar water (tabel 6.5) en de productie van metalen als lood, nikkel en koper (tabel 6.8) hoger liggen dan er middels de input van een ton kleurontwikkelaar zelf mogelijk is. Ook hier is dus een extra gevoeligheidsanalyse uitgevoerd waarin is gekozen voor een andere wijze van toerekening. Verder wordt verwezen naar paragraaf 9.12.

In dit kader wordt nog opgemerkt wordt nog dat tabellen 6.3, 6.4 en 6.6 tevens componenten bevatten die ontbreken in tabel 2.1. Deze zijn toch meegenomen omdat zij (kunnen) worden veroorzaakt door het meeverwerken van andere afvalstromen bij Edelchemie en aan de verwerking van kleurontwikkelaar worden toegerekend. Voor verdere beschouwing op dit punt, en voor variatie hiervan in de gevoeligheidsanalyse "exclusief effect ander afval" wordt verwezen naar de paragraaf 9.12.

6.13 Leemten in kennis

Identiek aan beschrijving in paragraaf 5.12 en 9.13 met de volgende toevoeging:

- Onduidelijk is wat het effect op de emissies is van de lagere gehalten aan zware metalen in het residu afkomstig van bij Van Vlodrop behandeld kleurontwikkelaar.
- Onduidelijk is wat de emissies is van het sulfideslib van Edelchemie in het geval het wordt gestort (gevoeligheidsanalyse "toch storten").

7. Alternatief KO-3; chemische ontzilvering + fysisch/chemisch/biologische zuivering + AVI

7.1 Procesbeschrijving

Referentiebedrijven zijn voor de chemische ontzilvering Argentia en voor de fysisch/chemisch/biologische zuivering VVM.

A. Aanvoer kleurontwikkelaar

Er zijn verschillende inzamelpunten voor fga verspreid over het hele land. Ook Kga-inzamelaars spelen een belangrijke rol. De kleurontwikkelaar wordt per vrachtwagen aangevoerd.

B. Chemische ontzilvering en afvoer ontzilverd bad

Zuivere ontwikkelaar heeft een zeer laag zilveragehalte (< 50 mg/l) en hoeft niet ontzilverd te worden⁵. Sommige ontwikkelaar is echter verontreinigd met (bleek)fixeer of spoelwater. Deze verontreinigde ontwikkelaar wordt, samen met mengbaden en spoelbaden chemisch ontzilverd. Dit proces wordt gestuurd op pH en de redox-potentiaal. Door toevoeging van natriumboorhydride slaat het zilver in metallische vorm neer. Het chemisch neergeslagen zilver wordt in een batchgewijs proces afgescheiden van de vloeistof. Door de zilversludge tot boven het niveau van de te ontzilveren vloeistof te transporteren vloeit de in de zilversludge aanwezige vloeistof terug in de ontzilveringsreactor. Daarna wordt perslucht toegepast voor de verwijdering van vocht.

Bij dit proces ontstaat een zilverhoudende slib (30% zilver) en een restvloeistof (in ieder geval minder dan 50 mg/l). Het slib wordt opgewerkt. De restvloeistof wordt afgevoerd naar VVM voor zuivering. Gezien de gemiddelde samenstelling van ontwikkelaar en de eindconcentratie na chemische ontzilvering wordt aangenomen dat gemiddeld geen zilverhoudend slib zal ontstaan dat aan de ontwikkelaar kan worden toegerekend.

C. Voorverdamping (VVM) en afvoer residu

Voorbewerkte baden worden vanwege de aanwezigheid van toxische en moeilijk afbreekbare organische componenten eerst ingedampt in de vierde trap van de verdampingsinstallatie. Het verwerkingsprincipe bestaat uit het indampen van de vloeistoffase m.b.v. indirecte stoomverhitting onder vacuüm. Hierbij ontstaat een scheiding tussen het achterblijvende residu met onder meer hoogkokende (an)organische stoffen en condensaat met waterdamp en eventueel aanwezige lichte organische fracties (met name azijnzuur, diethylamine en ontledingsproducten van citroenzuur).

Het verdampen vindt plaats bij 45-50 °C en een onderdruk van 0,7 tot 0,9 bar. Voor het onderhouden van de onderdruk wordt gebruik gemaakt van een watteringpomp, waar voor een koeler is geplaatst voor condensatie van de waterdamp. Het condensaat wordt gemengd met andere waterige stromen, waaronder (voorbehandelde) zwart-wit baden en vervolgens fysisch/chemisch en biologisch gezuiverd. Het residu (slib) wordt afgevoerd ter verbranding.

Het afgezogen luchtmengsel wordt in de biologische zuivering (zie hieronder) ingeleid. Deze functioneert als gaswasser.

D. Fysisch/chemische en biologische zuivering (VVM) en afvoer slib

De eerste stap betreft de behandeling in het monozeefkoolfilter. Hierbij worden grote organische en metaalhoudende organische complexbinders aan het kool gebonden. Het kool wordt bij verzadiging geregenereerd en opnieuw gebruikt.

5 Zie voor een nadere beschouwing op dit punt ook paragraaf 7.12

De vloeistof wordt vervolgens fysisch/chemisch gezuiverd d.m.v. flocculatie en flotatie. Als hulpstoffen worden natronloog, ijzerchloride en flocculant gebruikt. Hier vindt een verdere verwijdering van (on)opgeloste deeltjes plaats. Het slib wordt ontwaterd m.b.v. een zeebandpers tot een droge stofgehalte van circa 35%⁶, waarna het gezamenlijk met het biologische slib wordt afgevoerd naar de AVR voor verbranding. Afhankelijk van de samenstelling is stort een optie.

Hierna volgt de biologische (aërobe) zuivering, waarbij organische stoffen onder toevoer van zuurstof verder worden afgebroken en slib wordt afgescheiden. Voor biologische zuivering wordt een Sequential Batch Reactor (SBR) toegepast die geschikt is voor hoogbelaste stromen. Het slib wordt gescheiden van de waterfase waarna het wordt ontwaterd m.b.v. een kamerfilterpers tot een droge stofgehalte van circa 40%⁶ en afgevoerd naar de AVR voor verbranding. Afhankelijk van de samenstelling is stort een optie. Het gezuiverde water wordt vervolgens naar de drietrapsverdampers geleid waar extra zuivering plaatsvindt.

Gezien de voorverdamping van kleurontwikkelaar, waarin grote organische verbindingen en metaalzouten worden verwijderd en alleen enkele laagkokende organische verbindingen met de waterdamp meekomen, leveren deze stappen nauwelijks een bijdrage aan de zuivering. De hoeveelheid vrijkomend slib uit de fysisch/chemische stap is verwaarloosbaar en de hoeveelheid slib uit de biologische stap minimaal.

E. Indamping (VVM) en afvoer residu

Het verwerkingsprincipe bestaat uit het indampen van de vloeistoffase m.b.v. indirecte stoomverhitting onder vacuüm. Hierbij ontstaat een scheiding tussen het achterblijvende residu met onder meer hoogkokende (an)organische stoffen en het condensaat met waterdamp en eventueel aanwezige lichte organische fracties. Het verdampen vindt plaats bij 70-85 °C en een onderdruk van 0,3 tot 0,6 bar. Voor het onderhouden van de onderdruk wordt gebruik gemaakt van een waterringpomp, waarvoor een koeler is geplaatst voor condensatie van de waterdamp.

Het afgezogen luchtmengsel wordt in de biologische zuivering ingeleid. Deze functioneert als gaswasser. Het condensaat wordt opnieuw in het proces van VVM ingezet of indien geen (schoon) proceswater nodig is, via de biologische zuivering van een buurbedrijf geloosd op oppervlaktewater.

Het residu uit de verdampingsinstallatie wordt steekvast gemaakt door toevoeging van zaagsel⁶ en afgevoerd ter verbranding of naar de stort.

In de voorverdamping van kleurontwikkelaar worden de grote organische verbindingen en metaalzouten verwijderd en komen alleen enkele laagkokende organische verbindingen met de waterdamp mee, die in de biologische zuivering grotendeels worden afgebroken. Als gevolg hiervan zal de indampingsstap zo goed als geen bijdrage aan de zuivering leveren. De hoeveelheid residu is in dit geval verwaarloosbaar.

F. Afvoer residu/slib

Het residu uit de voorverdamping en het slib uit de biologische stap worden afgevoerd ter verbranding in een AVI.

⁶ Recent zijn enkele proceswijzigingen tot stand gekomen, met name in de ontwatering van de slibstromen, waarbij hogere droge stofgehalten worden bereikt. Het residu uit de drietrapsverdampers wordt nu behandeld op een roterend vacuümfilter in plaats van opgemengd met zaagsel. De wijzigingen betekenen een sterke vermindering van de af te voeren hoeveelheden. Omdat specifieke gegevens over deze wijzigingen niet meer verwerkt konden worden, is uitgegaan van het oude proces.

G. Verbranding residu/slib (AVI)

Het residu uit de voorverdamper en het slib uit de biofilter worden verbrand in een AVI. In een AVI wordt het afval gehomogeniseerd en daarna in een roosteroven gebracht. Hierin bewegen roosters onder een hellend vlak, waarbij het afval op een zodanige snelheid wordt getransporteerd dat een zo volledig mogelijke verbranding plaatsvindt. Aan het eind van het rooster blijven slakken over die worden opgewerkt, zodat ze voor nuttige toepassing geschikt zijn. De rookgassen worden gereinigd en gekoeld, waarbij energie wordt teruggewonnen in de vorm van elektriciteit en nuttig toepasbare stoom. Bij de reiniging ontstaat vliegias en rookgasreinigingsresidu.

H. Afvoer AVI-reststoffen

De AVI-slak wordt afgevoerd ter nuttige toepassing.

Het vliegias en het rookgasreinigingsresidu worden afgevoerd om te worden gestort.

I. Nuttige toepassing AVI-slak

De AVI-slak wordt nuttig toegepast als ophoogmateriaal.

J. Stort AVI-vliegias en -rookgasreinigingsresidu

AVI-vliegias wordt geïmmobiliseerd bij de VBM en het immobilisaat wordt gestort. AVI-rookgasreinigingsresidu wordt in big-bags gestort.

7.2 Massabalans

Tabel 7.1 bevat de massabalans voor de verwerking van 1 ton kleurontwikkelaar bij Argentia (chemische ontzilvering) en VVM (fysisch/chemisch en biologische zuivering). Op basis van de samenstelling van ontwikkelaar en de eindconcentratie na chemische ontzilvering wordt aangenomen dat gemiddeld genomen geen zilver wordt gewonnen.

Bij de behandeling van het ontzilverde kleurontwikkelaar bij VVM komt residu uit de voorverdamper vrij. Door VVM zijn voor de slibstromen gemiddelde waarden per ton afvalwater gegeven (VVM, 2000). Per ton afvalwater is dit 160 kg residu uit de voorverdamper. Deze hoeveelheid is ook aangenomen voor kleurontwikkelaar. De slibstromen uit de andere stappen in de zuivering bij VVM zijn, gelet op de geringe mate waarin dit aan kleurontwikkelaar kan worden toegerekend, verwaarloosbaar (zie paragraaf 7.1 procesbeschrijving).

Tabel 7.1; Massabalans verwerking kleurontwikkelaar bij Argentia en VVM

ARGENTIA		
	Hoeveelheid per ton verwerkt kleurontwikkelaar (ton)	Bestemming
INPUT		
Kleurontwikkelaar	1	
OUTPUT		
Ontzilverd bad	1	Zuivering (VVM)
VVM		
	Hoeveelheid per ton verwerkt kleurontwikkelaar (ton)	Bestemming
INPUT		
Ontzilverd bad	1	
OUTPUT		
Residu voorverdamer	0,160	Verbranding (AVI)
Afvalwater	0,840	Lozing

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

1. Rookgasreinigingsresidu bestaat primair uit de afgevangen Zwavel, afgevangen Fluor en Chloor en verder uit de som van de afgevangen metalen. Aangenomen is dat alle in het fga aanwezige halogenen en zwavel in de te verbranden fractie terecht komen. Op basis van de samenstelling van het slib (zie tabel 7.5) en de voor de AVI afgeleide balans (zie achtergronddocument A1 bij MER-LAP) wordt dat per ton slib 10,8 kg rookgasreinigingsresidu.
2. De aanwezige asrest zal zich verdelen over AVI-slakken en AVI-vliegas in de verhouding 92,6% van het asrest naar de slakken en 7,4% naar het vliegas. Gezien het C-gehalte van kleurontwikkelaar (circa 1,5%; zie tabel 2.1) en de lage calorische waarde van het residu is ervan uitgegaan dat 90% van de droge stof (65%) anorganisch materiaal is dat terecht komt in de reststoffen. Voor 160 kg slib per ton betekent dit 93,6 kg assen, verdeelt over 86,7 kg slak en 6,9 kg vliegas.

7.3 Ruimtebeslag

Het ruimtebeslag bij Argentia voor de vloeistofopslag en de elektrolyse/ontzilvering is 1348 m², respectievelijk 125 m². Het gebruik van de elektrolyse/ontzilvering is, afgemeten aan de hoeveelheid zilver, ongeveer half/half verdeeld over film en fotobaden. De verwerkte hoeveelheid fotobaden is circa 9 kton per jaar (Argentia, 2001). Op basis hiervan kan een ruimtebeslag voor opslag en ontzilvering worden berekend van $(1348 + 0,5 \cdot 125) / 9000 = 0,16 \text{ m}^2 \cdot \text{jr}$ per ton kleurontwikkelaar.

De afvalwaterverwerkingsinstallatie bij VVM heeft een oppervlakte van ongeveer 10.000 m². In totaal wordt circa 300 m³ per dag, oftewel 110 kton per jaar aan afvalwater verwerkt. Dit resulteert in een ruimtebeslag van circa 0,09 m²·jr per ton afvalwater. Aangenomen is dat dit tevens het ruimtebeslag per ton kleurontwikkelaar is.

Verbranding in een AVI (gemiddeld: oppervlak 2 ha, doorzet 450.000 ton per jaar) leidt per ton afval tot een fysiek ruimtebeslag van 0,044 m²·jr. De hoeveelheid te verwerken residu is 0,16 ton per ton kleurontwikkelaar, hetgeen resulteert in een ruimtebeslag van 0,007 m²·jr per ton kleurontwikkelaar.

Voor het ruimtebeslag van de verwerking van de reststoffen uit een AVI wordt uitgegaan van de proceskaarten hiervan (zie achtergronddocument A1 bij MER-LAP) en de hoeveelheden reststoffen. AVI-slak wordt nuttig toegepast als ophoogmateriaal. Aangenomen is dat dit geen extra ruimte kost ten opzichte van het gebruik van regulier ophoogmateriaal (zand). Voor AVI-vliegass en AVI-rookgasreinigingsresidu komt het ruimtebeslag per ton kleurontwikkelaar op $0,067 \text{ m}^2 \cdot \text{jr}$ (6,9 kg vliegass), respectievelijk $0,151 \text{ m}^2 \cdot \text{jr}$ (10,8 kg rookgasreinigingsresidu).

7.4 Transport

In het beschouwde verwerkingsalternatief vindt transport per as plaats van kleurontwikkelaar en van producten en reststoffen van de afvalverwerkingsinrichting.

Voor het transport van het fga naar de verwerker wordt uitgegaan van één verwerker die fga door heel Nederland (alle verwerkers hebben landelijk recht om in te zamelen) inzamelt en derhalve van een gemiddelde transportafstand van 150 km heen en terug. Het fga wordt per vrachtauto getransporteerd waarbij wordt uitgegaan van ongeveer 12 ton per vracht.

Het ontzilverde fga wordt afgevoerd naar VVM in tankauto's, waarbij wordt uitgegaan van 20 à 25 ton per vracht. Voor de gemiddelde transportafstand naar VVM is uitgegaan van 150 km heen en terug (op basis van afvoer vanaf een willekeurige plaats in Nederland).

De slibben/residuen van VVM worden per vrachtwagen afgevoerd. Uitgegaan wordt van 25 ton per vracht. In het geval van de verwerking van ontzilverd kleurontwikkelaar gaat het om 0,16 ton residu per ton kleurontwikkelaar dat wordt afgevoerd naar de AVR ter verbranding. Voor de transportafstand naar de AVR is uitgegaan van 150 km op basis van de afstand vanaf een willekeurige locatie in Nederland.

Voor het transport van de AVI-reststoffen en het vermeden transport van zand vanwege de nuttige toepassing van AVI-slak wordt uitgegaan van de proceskaarten hiervan (zie achtergronddocument A1 bij MER-LAP) en de hoeveelheden reststoffen (zie paragraaf 7.3).

Tabel 7.2; Overzicht transportafstanden

Materiaal	Gemiddeld transport		
	hoeveelheid (kg)	Afstand (km)	Tonkilometers (tkm per ton ko)
Aanvoer kleurontwikkelaar	1000	150	150
Afvoer ontzilverd bad (naar VVM)	1000	150	150
Afvoer residu VVM (naar AVR)	160	150	24
Chemicaliën verwerking Argentia (1)	4	75	0,30
AVI-vliegas	6,9	130 (3)	0,90
AVI-rookgasreinigingsresidu	10,8	50	0,54
NaOH (20%)	25	75	1,88
NH ₄ OH (25%)	0,04	75	0
Kalk (Ca(OH) ₂) voor de AVI	1,47	50 (land) 600 (water)	0,07 0,88
Afdekszand (stort rookgasreinigingsresidu)	8,1	35 (land) 50 (water)	0,28 0,41
Afvoer AVI-slak	86,7	75	6,5
Vermeden zand	86,7	35 (land) 50 (water)	3,03 4,34

1) Het betreft hier NaBH₄ (1,5 kg) en zwavelzuur (2,5 kg)

2) Inclusief aanvoer cement voor de immobilisatie (zie proceskaarten reststoffen in achtergronddocument A1 bij MER-LAP)

7.5 Verbruik energie

Energieverbruik verwerking kleurontwikkelaar

Het energieverbruik bij Argentia is bepaald op basis van door het bedrijf geleverde gegevens (Argentia, 2001) over het jaar 2000. In de geleverde informatie is een schatting gemaakt van de verdeling van het totale gas- en elektriciteitsverbruik over de verschillende processen.

Het elektriciteitsverbruik van chemische ontzilvering van ingezamelde vloeistoffen en spoelwater van de filmwasstraat in 2000 is bepaald op 31.000 kWh/jaar. Op basis van de hoeveelheid verwerkte zilverarme baden (ontwikkelaar) van 3.900 ton en een hoeveelheid spoelwater voor 2300 ton film van 5000 ton (Argentia, 1999), is het verbruik 3,5 kWh per ton vloeistof, dus per ton ontwikkelaar.

Het elektriciteitsverbruik voor de verwerking van het afvalwater bij VVM bestaat uit de volgende posten (gegevens per ton afvalwater) (VVM, 2000):

Zeefbandpers: 0,15 kWh

Blowers bioloog: 1,5 kWh

Kamerfilterpers: 0,11 kWh

Persluchtgebruik: 3,5 kWh

De energie voor de zeefbandpers en de kamerfilterpers worden niet meegenomen bij de verwerking van kleurontwikkelaar, gezien het feit dat de hoeveelheid slib uit de fysisch/chemische en biologische zuiveringsstappen, verwaarloosbaar is (zie paragraaf 7.1 procesbeschrijving). In totaal is het elektriciteitsverbruik per ton ontzilverd kleurontwikkelaar dus 5 kWh.

Volgens recente informatie van VVM (VVM, 2001) is het energieverbruik van de voorverdampers en de indampers samen 0,4 ton stoom per ton fga, hetgeen overeenkomt met 357 MJ.

Energieverbruik/-productie verwerking reststoffen

Het residu uit de voorverdamp(er) (VVM) wordt afgevoerd ter verbranding in een AVI. Een gemiddelde AVI verbruikt ongeveer 100 kWh elektrische energie per ton afval. Daarnaast kan bij een gemiddelde stookwaarde van 10,5 MJ/kg circa 750 kWh elektrische energie per ton afval worden teruggewonnen (ongeveer 26%). De netto elektriciteitsproductie bedraagt gemiddeld 22% van de calorische waarde.

Bij gebrek aan specifieke kennis op dit punt wordt aangenomen dat voor het residu het verbruik voor het voeden van de AVI (mengen en handling) niet zal afwijken van het verbruik dat geldt voor de gemiddelde AVI-voeding. Op basis van de veel lagere calorische waarde zal verbranden van het slib wel tot aanzienlijk minder rookgassen leiden waardoor het toe te rekenen energieverbruik van de rookgasreiniging onder het gemiddelde zal liggen. Samengevat wordt het energieverbruik per ton slib als geheel dus lager ingeschat dan de 100 kWh per ton die geldt voor de gemiddelde AVI-voeding en gerekend wordt met 50 kWh per ton slib. Per een ton kleurontwikkelaar (0,160 ton slib naar de AVI) betekent dit een toe te rekenen verbruik van 8 kWh.

De exacte toerekening van de geproduceerde energie dient plaats te vinden op basis van de calorische waarde van het te verstopen afval. Voor het residu wordt de calorische waarde geschat op ongeveer 4 MJ/kg (Aerts, 2000). Feitelijk is deze warmte-inhoud zo laag dat redelijkerwijs niet kan worden verondersteld dat het residu nog een werkelijke bijdrage levert aan de energieproductie van de AVI. Het stoken van een AVI met afval van een dergelijke lage stookwaarde zal in praktijk niet eens als goed zelfstandig verbrandingsproces blijven lopen. Als uitgangspunt wordt, gelet op deze lage stookwaarde van het residu, dan ook afgezien van het toerekenen van een bijdrage van de elektriciteitsproductie. Teneinde de relevantie van deze keuze op de uitkomst van de LCA-vergelijking te kunnen toetsen wordt als gevoeligheidsanalyse (gevoeligheidsanalyse "toch toerekenen van energie") alsnog een deel van de energieproductie aan het residu toegerekend op basis van het hierboven genoemde bruto-rendement van de AVI. Uitgaande van een calorische waarde van 4 GJ/ton, 0,160 ton residu per ton kleurontwikkelaar en een bruto elektrisch rendement van 26% levert dit netto 46,2 kWh elektriciteit per ton kleurontwikkelaar op.

Tabel 7.3a; Energiegebruik en productie voor residu in de AVI per ton kleurontwikkelaar

	normaal	toch toerekenen van energie
gebruik (kWh/ton)	8	8
productie (kWh/ton)	0	46,2

Bovenstaande hoeveelheden energie behoeven dus niet m.b.v. primaire (fossiele) brandstoffen te worden geproduceerd. De vermeden milieu-ingrepen bij de winning, het transport en het gebruik van de primaire brandstoffen worden als een negatieve milieu-ingreep opgenomen in de LCA-berekeningen. De omvang wordt bepaald met de SimaPro-database.

Met behulp van de proceskaarten voor reststoffen in achtergronddocument A1 bij MER-LAP en de hoeveelheden geproduceerde AVI-reststoffen (zie paragraaf 7.3) zijn de energieverbruiken voor de verwerking van de reststoffen bepaald. Deze staan in tabel 7.3b weergegeven.

Tabel 7.3b; Energieverbruik verwerking AVI-reststoffen

Verwerking	Omvang in kg per ton kleurontwikkelaar	Verbruik per ton reststof	Verbruik per ton kleurontwikkelaar
Immobilisatie vlieggas: elektriciteit	6,9	5,2 kWh	0,04 kWh
Stort vlieggas: diesel	6,9	87 MJ	0,60 MJ
Stort rookgasreinigingsresidu: diesel	10,8	105 MJ	1,13 MJ

Energieverbruik nuttige toepassing

Voor de nuttige toepassing van AVI-slak wordt aangenomen dat dit geen extra energie kost ten opzichte van het aanbrengen van regulier ophoogmateriaal.

7.6 Verbruik bedrijfsmiddelen

Bedrijfsmiddelenverbruik verwerking kleurontwikkelaar

Voor de chemische ontzilvering wordt de hulpstof natriumboorhydride (ca 13 m³/jaar) ingezet (Argentia, 2001). Bij de ontzilvering worden tevens natronloog en zwavelzuur gebruikt voor de pH-correctie. Aangenomen is dat t.b.v. de elektrolytische ontzilvering van (bleek)fixeer voornamelijk natronloog wordt verbruikt en voor de chemische ontzilvering voornamelijk zwavelzuur. De totale hoeveelheid in 2000 was 22 m³ (Argentia, 2001). Dit zijn de hoeveelheden voor 3,9 kton zilverarm fga (ontwikkelaar) en 5 kton spoelwater uit de filmwasstraat. Per ton vloeistof is dit dus 1,5 liter Natriumboorhydride en 2,5 liter Zwavelzuur.

De bij VVM gebruikte hulpstoffen voor de fysisch/chemische en biologische zuivering en voor de naverdamper worden hier niet meegenomen vanwege het feit dat deze stappen vrijwel geen bijdrage leveren aan de zuivering van het kleurontwikkelaar (zie paragraaf 7.1 procesbeschrijving).

Bedrijfsmiddelenverbruik reststoffen

De rookgasreiniging van een AVI verbruikt NaOH (20%), Ca(OH)₂ en ammoniak (25% NH₄OH). De hoeveelheden natronloog en kalk hangen af van het halogeen- en zwavelgehalte van de afvalstof. Aangenomen is dat alle in het fga aanwezige halogenen en zwavel in de te verbranden fractie terecht komen. Uitgaande van de samenstelling van kleurontwikkelaar (zie tabel 2.1) en het gebruikte AVI-model (zie achtergronddocument A1 bij MER-LAP) is het verbruik van natronloog en kalk te berekenen en dit komt op 25 kg respectievelijk 1,47 kg per ton kleurontwikkelaar.

Naast kalk en natronloog wordt ook gebruik gemaakt van ammoniak ter reductie van de NO_x-emissies. Uitgaande van een verwijderingrendement van 50% door de SNCR en de hoeveelheid residu (160 kg) en een calorische waarde van 4 GJ/ton van het residu is er sprake van de verwijdering van 23 gram NO_x door de SNCR, hetgeen betekent een verbruik aan NH₄OH (25%) van 40 gram per ton kleurontwikkelaar.

De geproduceerde vlieggas wordt na immobilisatie gestort, en daarvoor is cement nodig en wel 100 kg per ton. Het rookgasreinigingsresidu wordt gestort in big-bags met een extra PE-afdekhoes en zand. Uitgaande van de proceskaarten in achtergronddocument A1 bij MER-LAP is voor het storten van rookgasreinigingsresidu per ton 3,3 kg big-bag, 1,3 kg PE-hoes en 750 kg zand nodig. Dit is voor 6,9 kg vlieggas en 10,8 kg rookgasreinigingsresidu verder uitgewerkt in tabel 7.4.

Tabel 7.4; Bedrijfsmiddelenverbruik verwerking reststoffen AVI

Verwerking	omvang reststroom in kg per ton kleurontwikkelaar	Hoeveelheid in kg per ton reststof	Hoeveelheid per ton kleurontwikkelaar (kg)
Immobilisatie vliegias - cement	6,9	100	0,69
Storten rookgasreinigingsresidu - big-bags - PE - zand	10,8	3,3 1,3 750	0,036 0,014 8,1

Bedrijfsmiddelenverbruik nuttige toepassing

Bij de nuttige toepassing van AVI-slak worden geen (extra) bedrijfsmiddelen verbruikt.

7.7 Emissies naar lucht

Emissies verwerking beekontwikkelaar

Bij de chemische ontzilvering ontstaan geen noemenswaardige emissies naar de lucht (Argentia, 2000).

De emissies bij de fysisch/chemische verwerking van fga bij VVM worden geschat op maximaal 20 g C_xH_y/ton afvalwater, op basis van een maximale emissie van 400 g/uur, 16 uur/dag en 300 m³ afvalwater per dag (VVM, 2001b). Deze waarde is ook aangehouden voor de fga-stromen, en dus ook voor kleurontwikkelaar.

Bij de indamping van het afvalwater (bij VVM) zullen bepaalde componenten meeverdampen met het water. Voorzover deze niet in de condensor weer condenseren, worden deze behandeld in de biologische zuivering (VVM, 2000). De emissies naar de lucht zijn verwaarloosbaar.

Emissies verwerking reststoffen

Verbranding van het residu uit de voorverdamer (VVM) in een AVI leidt tot emissies naar lucht, en van belang hierbij is de samenstelling van het slib.

- De calorische waarde van het residu uit de voorverdamer is 4 MJ/kg (Aerts, 2000).
- Voor de bepaling van de vrachten die per ton kleurontwikkelaar in het te verbranden slib terechtkomen, is uitgegaan van de samenstelling van ontzilverd kleurontwikkelaar. Aangenomen is dat de componenten (met name zware metalen, halogenen, zwavel en koolstof) vrijwel geheel in het te verbranden slib terechtkomen. In tabel 7.5 staat een en ander weergegeven.

Tabel 7.5; Vrachten in ontzilverd ontwikkelaar en in residu

Component	Concentratie in ontzilverd kleurontwikkelaar (mg/l)	Vracht in residu (g/ton kleurontwikkelaar)
Ag	30	30
Cd	5	5
Cr	5	5
Cu	5	5
Ni	5	5
Pb	5	5
Zn	5	5
Cl	2000	2000
S	10000	10000
C	15000	15000

Op basis van de calorische waarde van het slib, de vrachten voor de verschillende componenten en de massabalans voor een AVI (zie achtergronddocument A1 bij MER-LAP) zijn de emissies bij verbranding vastgesteld. Een overzicht van de emissies staat in tabel 7.6.

Tabel 7.6; Emissies naar lucht door verbranding residu in AVI

Component	Emissies naar lucht (mg/ton kleurontwikkelaar)
Ag	21
Cd	25
Co	3,5
Cr	3,5
Cu	3,5
Hg	149,6
Mn	3,5
Ni	3,5
Pb	3,5
Zn	3,5
HCl	3988
SO ₂	60000
NO _x	23040
NH ₃	1150
CO ₂	5,5 E+07
CO	7680
C _x H _y	1920
TCDD TEQ	1,92 E-05
fijn stof	1370

7.8 Emissies naar water

Emissies verwerking kleurontwikkelaar

Bij chemische ontzilving treden geen emissies naar water op.

De emissies naar water na de afvalwaterbehandeling bij VVM staan weergegeven in tabel 7.7 (TNO, 2000). De cijfers betreffen algemene emissiecijfers voor het hele bedrijf. Omdat echter geen naar afvalstroom gedifferentieerde cijfers bekend zijn, zijn deze cijfers gebruikt voor kleurontwikkelaar.

Tabel 7.7; Emissies door lozing na afvalwaterbehandeling VVM

Component	Emissie (mg/ton afvalwater)
Zwevend stof	9,10 E+03
Chloride	2,88 E+04
Zwavel	2,82 E+02
CZV	1,72 E+05
BZV	3,72 E+03
N-kjeldahl	3,51 E+05
Fosfaat	2,21 E+03

Emissies verwerking reststoffen

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

7.9 Emissies naar bodem

Bij de stort van AVI-vliegas en bij de nuttige toepassing van AVI-slak kunnen emissies naar de bodem optreden. Voor AVI-rookgasreinigingsresidu wordt aangenomen dat geen uitloging plaatsvindt vanwege het storten in big-bags met extra afdekhoes waardoor water niet bij het materiaal kan komen. Op basis van de massabalans voor een AVI (zie achtergronddocument A1 bij MER-LAP) is per component bepaald welk deel van de input terecht komt in slak, vliegas en rookgasreinigingsresidu. Op basis van de proceskaarten voor de reststoffen (zie achtergronddocument A1 bij MER-LAP) is de uitloging naar bodem bepaald. De emissies naar de bodem zijn weergegeven in tabel 7.8.

Tabel 7.8; Emissies naar bodem uit AVI-reststoffen door verbranding slib

Component	Emissies naar bodem uit AVI-reststoffen (mg/ton kleurontwikkelaar)		
	Slak	Vliegas	Totaal
Ag	12,83	4,11	16,94
Cd	1,25	2,24	3,50
Co	2,14	1,37	3,51
Cr	2,14	0,69	2,82
Cu	2,14	0,69	2,82
Hg	0	0,29	0,25
Mn	2,14	0,69	2,82
Ni	2,14	0,69	2,82
Pb	2,14	0,69	2,82
Zn	2,14	0,69	2,82
Cl	5,59 E+04	1,28 E+04	6,87 E+04
SO4	6,0 E+05	6,6 E+04	6,66 E+05

7.10 Uitgespaarde winning/productie van grondstoffen

Met de toepassing van AVI-slak, 86,7 kg per ton kleurontwikkelaar, wordt een even grote hoeveelheid zand uitgespaard.

7.11 Finaal afval

In tabel 7.9 staan de hoeveelheden finaal, te storten afval weergegeven. In de proceskaarten voor de AVI-reststoffen (zie achtergronddocument A1 bij MER-LAP) zijn de hoeveelheden te storten afval gegeven per ton reststof. Op basis van de hoeveelheden reststoffen (zie paragraaf 7.2) zijn per ton kleurontwikkelaar de te storten hoeveelheden afval bepaald.

Tabel 7.9; Hoeveelheden te storten afval

Te storten afval	Hoeveelheid per ton kleurontwikkelaar (kg)
AVI-vliegas	10 (1)
AVI-rookgasreinigingsresidu	10,8

(1) 6,9 kg vliegas geeft 10,0 kg immobilisaat (zie de proceskaarten voor reststoffen in achtergronddocument A1 bij MER-LAP)

7.12 Nadere overwegingen omtrent syteemgrenzen en toerekening

Zoals in paragraaf 7.1 onder punt B reeds aangegeven behoeft ontwikkelaar normaal gesproken niet ontzilverd te worden omdat het zilveragehalte al zeer laag is. In de uitwerking van dit hoofdstuk is dan ook op een aantal plaatsen uitgegaan van een situatie dat er geen zilverwinning plaatsvindt, dat verdere verwerking van ruw zilver niet aan de orde is, etc.

in praktijk doorloopt ontwikkelaar echter toch wel eens een ontzilveringsbehandeling vanwege verontreiniging met spoelwater of sporen fixeer. Zonder dergelijke verontreiniging zou de ontzilveringsbehandeling niet noodzakelijk zijn en zou er ook geen sprake zijn van bijbehorend ruimtebeslag, energiegebruik etc.

Binnen de LCA-methodiek is het als alternatieve benadering echter ook mogelijk om in een geval als dit te stellen dat alle effecten die de ontzilvering met zich mee brengt niet dienen te worden toegerekend aan de ontwikkelaar zelf, maar aan de aanwezige verontreiniging. Wanneer de systeemgrenzen strikt worden gehanteerd zou voor ontwikkelaar dat voldoet een de samenstelling van tabel 2.1 immers de hele ontzilvering niet noodzakelijk zijn en dus ook niet toegerekend behoeven te worden. Deze benadering strikt hanterend leidt binnen de gehanteerde systeemgrens (de verwerking van 1 ton ontwikkelaar met samenstelling van tabel 2.1) weliswaar tot een acceptabele benadering, maar bezien vanuit de verontreiniging (een beetje spoelwater of fixeer) zou het beeld juist weer geheel mank gaan. Die stromen krijgen immers dan alle overblijvende effecten van de totale verwerking van de mix toegerekend, inclusief de effecten die behoren bij de behandeling van de ontwikkelaar. Zo zou een hoeveelheid fixeer in een mengsel van ontwikkelaar en fixeer dus alle energie van de verwerking van het hele mengsel toegerekend krijgen (dus ook van het rondpompen van de ontwikkelaar) omdat de "schuld" van de noodzaak om ontwikkelaar zo te behandelen geheel bij dat fixeer wordt gelegd. Vanuit het fixeer bekeken is het echter ook weer niet reëel om die deelstroom te belasten met ingrepen die horen bij ontwikkelaar die toevallig de hele behandeling meeloopt. Dat het als een mengsel is aangeleverd is feitelijk de "schuld" van geen van beide fracties.

Omdat ontwikkelaar in praktijk nu eenmaal niet altijd direct naar VVM kan worden afgevoerd en soms nu eenmaal zodanig verontreinigd is dat ontzilvering toch noodzakelijk is, is de uitwerking in dit hoofdstuk opgenomen zoals gedaan. In hoofdstuk 13 wordt echter alsnog de variant gezien waarin ontwikkelaar wel rechtstreeks naar VVM wordt afgevoerd. Heel strikt genomen kijken we hier niet geheel naar dezelfde systemen (namelijk ontwikkelaar die wel is verontreinigd in dit hoofdstuk en ontwikkelaar die niet is verontreinigd in hoofdstuk 13) en is een echte vergelijking niet geheel eerlijk (sommige partijen kunnen nu eenmaal niet direct de route van hoofdstuk 13 doorlopen). Een vergelijking tussen de beide uitwerkingen geeft echter wel een aardig beeld van de "milieuwinst" die wordt behaald (gezien vanuit ontwikkelaar) om partijen ontwikkelaar zo goed gescheiden te houden van spoelwaters en fixeert dat ontzilvering achterwege kan blijven.

7.13 Leemten in kennis

Leemten in kennis zijn er met betrekking tot de volgende zaken:

- De milieu-ingrepen bij VVM zijn voor het hele bedrijf gegeven. Bij VVM worden ook andere afvalwaterstromen verwerkt. Niet duidelijk is wat de specifieke bijdrage is van fga.
- De milieu-effecten van verwerking van slak uit de smeltoven bij een edelmetaalbedrijf in vergelijking met de verwerking van primaire ertsen.

8. Alternatief KO-4; chemische ontzilvering + fysisch/chemisch/biologische zuivering + verglazing

8.1 Procesbeschrijving

De procesbeschrijving is nagenoeg identiek aan de procesbeschrijving in paragraaf 7.1. Het enige verschil is dat het residu van de voorverdampers van VVM niet ter verbranding wordt afgevoerd, maar wordt verglaasd. Als referentie-installatie is Edelchemie genomen.

A. Verglazing in smeltoven

Het residu van de voorverdampers wordt gemengd met daarvoor geschikte toeslagstoffen (chilispeter, borax en glas) en via een lopende band in een smelt/verglazingsoven gebracht en verhit tot 1500 °C. Verwarming vindt plaats met restbrandstoffen (huisbrandolie) en een methanol-water mengsel. Door de verhitting wordt een metaallegering gevormd met hierop een slaklaag. De slaklaag wordt regelmatig afgetapt, gekoeld en gebroken. Daarna wordt het opgeslagen op het terrein ter verwerking.

De metaallegering wordt ongeveer elke 14 dagen afgetapt en tot anoden gegoten, die naar de elektrolyse-afdeling gaan voor verdere bewerking.

De bij het verglazingsproces gevormde rookgassen worden gereinigd m.b.v. een 3-traps-gaswasinstallatie. De eerste twee trappen van de gaswassing betreffen venturiwassers waaraan diverse hulpstoffen worden toegevoegd waaronder ammoniak en uit fga gemaakt gaswasvloeistof. De derde trap bevat een venturiwasser, druppelvanger en expansievat.

De afgassen worden gezuiverd van vlieggas, dampvormige metaalverbindingen, zwaveldioxide, stikstofoxiden, halogeniden en koolmonoxide. De ontstane neerslag wordt weer in de pyrolyse-oven verwerkt. De vloeistof wordt weer geschikt gemaakt als gaswasvloeistof (ontsulfatering). Een deel van het water uit de derde trap wordt geloosd naar een RWZI.

B. Ontzwaveling gaswasvloeistof

Door toevoeging van zuur en kalkmelk aan de gaswasvloeistof ontstaat ontsulfateringsgips (zwavelhoudend slib). Na ontwatering wordt dit slib opgeslagen in afwachting van afvoer. In dit MER wordt uitgegaan van verwerking van het slib in de cementindustrie. Als gevoeligheidsanalyse wordt de optie van stort meegenomen. De vloeistof wordt weer ingezet als gaswasvloeistof.

C. Verwerking en zeven slak

De slak wordt op het terrein opgeslagen en ondergaat een verweringsproces, waarbij een afslibbaar product ontstaat bestaande uit metaalsulfiden. Na 6-12 maanden wordt de slak gewassen en gezeefd. Het slib wordt weer toegevoegd aan het te verglazen mengsel in de smeltoven. Het gezeefde product, synthetisch obsidiaan (= vulkanisch gesteente), wordt uiteindelijk opgeslagen in afwachting van nuttige toepassing. Het totale verweringsproces duurt 1 à 2 jaar.

D. Afvoer en nuttige toepassing

Het verglazingproduct obsidiaan kan nuttig worden toegepast als grindvervanger in de bereiding van betonproducten of als bouwgrondstof. Vanwege de onzekerheid over de kwaliteit wordt in een gevoeligheidsanalyse uitgegaan van stort.

E. Elektrolyse en zuivering elektroliet

De metaallegering (anodes) die ontstaat gedurende het verglazingsproces bevat circa 70% zilver, 20% lood en verder koper, nikkel, chroom, ijzer en andere metalen. De anodes worden met behulp van elektrolyse (met zilvernitraat als elektroliet) opgelost, waarbij het elektroliet steeds rijker wordt aan koper-lood-nikkel-chroom-ijzer-nitraat en binnen de anodefilters een onoplosbare slurry ontstaat. Het zilver slaat neer op de kathodes. Het ontstane NO_x wordt afgezogen naar de gaswassing van de verbrandingsovens.

Het zilver wordt periodiek verwijderd en in smeltkroezen gesmolten. De slurry wordt in de smeltoven verwerkt. Het vervuilde elektrolysebad wordt eerst d.m.v. pH-correctie, waarbij metaalhydroxiden of -sulfaten neerslaan, en daarna m.b.v. natriumsulfide, waarbij metaalsulfiden neerslaan, ontdaan van metalen. De overblijvende vloeistof wordt gebruikt voor menging met de gaswasvloeistof of wordt ingespoten in de verbrandingsoven.

De metaalhydroxiden en -sulfaten worden afgevoerd ter nuttige toepassing. Het sulfideslib wordt in de pyrolyse ingebracht.

F. Afvoer en nuttige toepassing metalen

Zilver, loodsulfaat, koper- en nikkelhydroxide worden afgevoerd ter nuttige toepassing.

8.2 Massabalans

Identiek aan beschrijving in paragraaf 7.2 met als wijziging dat het residu van de voorverdamper (0,16 ton) bestemming verglazing heeft (Edelchemie) in plaats van verbranding (AVI).

In hoofdstuk 9, waarin de verwerking van kleurontwikkelaar bij Edelchemie wordt behandeld, worden twee allocatiemethoden toegepast (zie paragraaf 9.2). Hier wordt alleen allocatiemethode 1 gebruikt, omdat het pyrolyseproces hier nagenoeg geen rol speelt.

Voor de meeste milieu-ingrepen is gerekend met de waarden die ook zijn genomen voor de verwerking van 1 ton kleurontwikkelaar bij Edelchemie (bijvoorbeeld emissies en hoeveelheden reststoffen). Het gaat daarbij namelijk om ingrepen die afhangen van de hoeveelheden verontreinigingen in kleurontwikkelaar en die komen nagenoeg geheel in het residu terecht. Andere milieu-ingrepen, zoals ruimtebeslag en elektriciteitsverbruik, die meer van de totale hoeveelheid afval dan van de aanwezige verontreinigingen afhangen, zijn berekend door de waarde per ton verwerkt afval te vermenigvuldigen met 0,16 ton (hoeveelheid residu).

De hoeveelheid obsidiaan en sulfaatslib die ontstaan bij de verwerking van het residu wordt gelijkgesteld aan de hoeveelheden die ontstaan bij de verwerking van 1 ton kleurontwikkelaar bij Edelchemie, te weten 42 kg/ton kleurontwikkelaar, respectievelijk 33 kg/ton kleurontwikkelaar.

8.3 Ruimtebeslag

Identiek aan beschrijving in paragraaf 7.3 met als wijziging dat het ruimtebeslag van verbranding in een AVI en van verwerking van de AVI-reststoffen vervalt.

Toegevoegd wordt het ruimtebeslag van verwerking van het residu bij Edelchemie. Dit is $1,75 \text{ m}^2 \cdot \text{j}$ per ton verwerkt afval (zie paragraaf 9.3). Voor 0,16 ton residu is dit dus $0,28 \text{ m}^2 \cdot \text{j}$.

In de gevoeligheidsanalyse "stort reststoffen" wordt uitgegaan van het storten van zowel het ontsulfateringsgips als het obsidiaan. Met een dichtheid van 1500 kg/ton (aanneme) en een

storthoogte van 15 meter kan per vierkante meter 22,5 ton wordt gestort. Over een periode van 100 jaar betekent dit per ton te bergen materiaal een ruimtebeslag van 4,44 m²*jr, ofwel per ton kleurontwikkelaar (77 kg te storten materiaal) een ruimtebeslag van 0,34 m²*jr.

8.4 Transport

Identiek aan beschrijving in paragraaf 7.4 met als wijzigingen dat afvoer van residu naar de AVR en afvoer AVI-reststoffen vervallen, terwijl toegevoegd worden:

- afvoer residu naar Edelchemie
- afvoer obsidiaan
- afvoer sulfaatslib

De transportafstand tussen VVM en Edelchemie is circa 370 km heen en terug.

Voor de toepassing van het obsidiaan als bouwstof wordt uitgegaan van 75 km (in aansluiting op transportafstand bij toepassing van AVI-slak, zie hiervoor proceskaarten achtergronddocument A1 bij MER-LAP). Ook is het vermeden transport van bouwstof (hiervoor uitgegaan van grind) meegenomen, waarbij voor de transportafstanden eveneens is aangesloten bij AVI-slak (35 km over land en 50 km over water). Uitgegaan is van vrachten van circa 20 ton.

Het ontsulfateringsslib (sulfaatslib) wordt per vrachtauto afgevoerd naar de cementindustrie. Uitgegaan wordt van 20 à 25 ton per vracht. Voor de gemiddelde transportafstand naar de cementindustrie wordt uitgegaan van 300 km (heen en terug), op basis van de gemiddelde afstand van een willekeurige locatie in Nederland tot een willekeurige cementoven (Nederland, Duitsland, België).

In het geval van stort van obsidiaan en ontsulfateringsslib (sulfaatslib) is, uitgaande van 11-15 C3-stortplaatsen, met een transportafstand van 40 km (heen en terug) gerekend.

Tabel 8.1; Overzicht transport

Materiaal	hoeveelheid (kg)	Afstand (km)	Tonkilometers (tkm per ton ko)	
			normaal	toch stort (*)
Aanvoer kleurontwikkelaar	1000	150	150	150
Afvoer ontzilverd bad (naar VVM)	1000	150	150	150
Afvoer residu VVM (naar Edelchemie)	160	370	59,2	59,2
Chemicaliën verwerking Argentia (1)	4	75	0,30	0,30
Afvoer obsidiaan	42	75 (40*)	3,2	1,7
Afvoer ontsulfateringsslib	33	300 (40*)	9,9	1,3
Vermeden grind (obsidiaan)	42	35 (land)	1,47	0
		50 (water)	2,1	0
Aanvoer kalk Edelchemie (**)	4	50 (land)	0,2	0,2
		600 (water)	2,4	2,4
Overige chemicaliën Edelchemie (***)	23,9	75	1,79	1,79

1) Het betreft hier NaBH₄ (1,5 kg) en zwavelzuur (2,5 kg)

(*) Gevoeligheidsanalyse "stort reststoffen"

(**) Zie tabel 8.2

(***) Het betreft de som van alle chemicaliën van tabel 8.2 m.u.v. kalk en water

8.5 Energie

Identiek aan beschrijving in paragraaf 7.5 met als wijziging dat het energieverbruik/-productie van verwerking residu in AVI en verwerking AVI-reststoffen vervalt. Toegevoegd wordt het energieverbruik van verwerking residu bij Edelchemie.

Het fga verwerkingsinstallatie van Edelchemie verbruikt energie, te weten in totaal:

- elektriciteit: 3.960 GJ (TNO, 2000)
- (afval)olie (HBO): 24.776 GJ (TNO, 2000)
- (afval)methanol: 4.131 GJ (TNO, 2000)

De afvalolie (38,9 MJ/kg (TNO, 2000)) en tweederde van de methanol (24,3 MJ/kg (TNO, 2000)) worden ingezet in de smeltoven, in totaal dus 27500 GJ. Onbekend is hoeveel afval er totaal in de smeltoven wordt verwerkt. Daarom is voor het brandstofverbruik in het smeltproces uitgegaan van de waarde die is genomen voor de verwerking van 1 ton kleurontwikkelaar bij Edelchemie, te weten 27500 GJ gedeeld door 12.000 ton totaal verwerkt afval, is 2.290 MJ/ton afval, in dit geval kleurontwikkelaar. Omdat deze energie wordt geproduceerd uit afval wordt deze niet in rekening gebracht⁷, maar in een separate gevoeligheidsanalyse wordt dit alsnog gedaan (zie paragrafen 8.12 en 9.12).

Het elektriciteitsverbruik per ton afval is 330 MJ. Voor de 0,16 ton residu is dit dus 53 MJ.

Voor de toepassing van obsidiaan zal verkleining noodzakelijk zijn. Het energieverbruik hiervoor wordt geraamd op circa 45 kWh per ton. Voor de 42 kg obsidiaan is dit dus 1,9 kWh.

In het geval van stort van obsidiaan en sulfaatslib wordt energie verbruikt bij het opbrengen. Het energieverbruik voor stort (diesel) is 60 MJ per ton gestort materiaal. Voor het te storten obsidiaan is het energieverbruik dus 2,5 MJ en voor het te storten sulfaatslib 2,0 MJ.

Energieverbruik nuttige toepassing

Aangenomen wordt dat de toepassing van zilver, overige metalen en sulfaatslib geen extra energieverbruik met zich meebrengt t.o.v. de toepassing van primaire grondstoffen. Voor de toepassing van de overige metalen is dit echter onzeker. Niet duidelijk is in hoeverre de milieu-ingrepen verschillen vanwege het verschil in samenstelling met primaire grondstoffen. De eventuele effecten hiervan zullen echter klein zijn vanwege de relatief geringe hoeveelheid (maar het betreft wel een leemte in kennis).

8.6 Bedrijfsmiddelen

Identiek aan beschrijving in paragraaf 7.6 met als wijzigingen dat het bedrijfsmiddelenverbruik van verwerking van het residu in een AVI en van verwerking van de AVI-reststoffen vervalt, terwijl toegevoegd wordt het bedrijfsmiddelenverbruik bij verwerking van het residu bij Edelchemie.

Voor dit laatste is uitgegaan van de hoeveelheden die ook zijn genomen voor de verwerking van 1 ton kleurontwikkelaar (zie paragraaf 9.6), gezien het feit dat alle processen waarbij deze hulpstoffen worden ingezet ook noodzakelijk zijn bij de verwerking van het residu. Alleen de ONO-behandeling waarbij een deel van de natriumsulfide wordt ingezet, is niet noodzakelijk voor

⁷ Hier wordt afgeweken van Emissieprofielen (TNO, 2000) waar wel de emissies uit deze brandstoffen aan fga werden toegerekend maar niet de bijbehorende energie-effecten (wel de lasten maar niet de lusten). Verwerking van de betreffende brandstoffen elders had zowel tot emissies als tot energieopbrengst geleid. Hier is er voor gekozen om beide effecten wel aan fga toe te rekenen of (zie paragraaf 6.12) beide effecten niet aan fga toe te rekenen, maar niet een deel wel en een ander deel niet.

verwerking van het residu. Natriumsulfide wordt tevens ingezet voor zuivering van het elektrolysebad. Bij gebrek aan gegevens hierover wordt aangenomen dat het verbruik van natriumsulfide gelijk verdeeld is over de twee processen. Bij de verwerking van het residu wordt dus slechts de helft van de hoeveelheid verbruikt die nodig is bij de verwerking van het kleurontwikkelaar.

De totaal verbruikte hoeveelheden bedrijfsmiddelen (TNO, 2000) en de hoeveelheden per ton kleurontwikkelaar staan weergegeven in tabel 8.2.

Tabel 8.2; Hoeveelheden bedrijfsmiddelen bij de verwerking van residu uit kleurontwikkelaar

	Totaal verbruik (ton/jaar)	Verbruik (kg/ton kleurontwikkelaar)
Water	17.000	1420
Kalk	48	4
Salpeterzuur	65	5,4
Ammoniak	66	5,5
Natriumsulfide	46	1,9
Chilisalpeter	51	4,3
Borax	30	2,5
Afvalglas	10	0,83

Voor de stort van obsidiaan en sulfaatslib (in het kader van gevoeligheidsanalyse) worden geen bedrijfsmiddelen ingezet.

Bedrijfsmiddelenverbruik nuttige toepassing secundaire grondstoffen

Aangenomen wordt dat voor de nuttige toepassing van zilver, overige metalen, obsidiaan en sulfaatslib geen extra bedrijfsmiddelen worden ingezet t.o.v. de toepassing van primaire grondstoffen. Voor de toepassing van de overige metalen is dit echter onzeker. Niet duidelijk is in hoeverre de milieu-ingrepen verschillen vanwege het verschil in samenstelling met primaire grondstoffen. De eventuele effecten hiervan zullen echter klein zijn vanwege de relatief geringe hoeveelheid (maar het betreft wel een leemte in kennis).

8.7 Emissies naar lucht

Identiek aan beschrijving in paragraaf 7.7 met als wijzigingen dat de emissies van verbranding van het residu in een AVI vervallen (evenals de emissies die horen bij de verdere verwerking van de AVI-reststoffen). Daar tegenover wordende emissies van verwerking van het residu bij Edelchemie toegevoegd, inclusief de vervolgbewerking van het sulfaatslib in cementovens.

De bij de verglazing gevormde rookgassen bestaan in hoofdzaak uit stikstofoxiden, zwaveldioxide, kooldioxide en waterdamp. Daarnaast bevatten de rookgassen nog een aantal specifiek aan het afval gerelateerde stoffen. De rookgassen worden gereinigd m.b.v. een gaswasinstallatie. Voor de emissies naar de lucht is uitgegaan van de cijfers uit (TNO, 2000). Deze zijn gebaseerd op metingen door de provincie en eigen opgaven van Edelchemie. De emissie van CO₂ is berekend op basis van de totale energie-input en de aanname van 85,6 g/MJ (TNO, 2000). De emissies van zilver zijn bepaald op basis van de massaverhouding zilver in de fga-stromen.

Op de emissies van zilver die in het TNO-rapport zijn berekend is een correctie aangebracht, aangezien het TNO-rapport uitgaat van 100 mg/l. Uitgaande van een 30/100 zo klein zilveragehalte (30 mg/l in dit MER t.o.v. 100 mg/l als waarde in TNO-rapport) is de emissie evenredig verlaagd. De emissies per ton kleurontwikkelaar zijn weergegeven in tabel 8.3.

Tabel 8.3; Emissies naar lucht uit smeltoven bij verwerking residu kleurontwikkelaar

Component	Emissies smeltoven totaal (ton/jaar)	Emissies residu (mg/ton kleurontwikkelaar)
Ag	0,0042	8
As	0,003	250
Cd	0,0036	300
Co	0,0012	100
Cr	0,042	3500
Cu	0,0156	1300
Hg	0,00006	5
Mn	0,0072	600
Ni	0,0126	1050
Pb	0,228	19000
Sb	0,00006	5
Se	0,0006	50
Sn	0,0042	350
V	0,0006	50
Zn	0,0342	2850
stof	6,6	5,5 E+05
HCl	0,0498	4150
HF	0,0042	350
SO _x	0,36	3,0 E+04
NO _x	4,86	4,1 E+05
CO ₂	2382	2,0 E+08
C _x H _y	0,3	2,5 E+04

Emissies nuttige toepassing

Aangenomen is dat de emissies naar lucht bij de nuttige toepassing van zilver, andere metalen en obsidiaan niet verschillen van die bij de toepassing van primaire grondstoffen. Voor de toepassing van de overige metalen is dit echter onzeker. Niet duidelijk is in hoeverre de milieu-ingrepen verschillen vanwege het verschil in samenstelling met primaire grondstoffen. De eventuele effecten hiervan zullen echter klein zijn vanwege de relatief geringe hoeveelheid (maar het betreft wel een leemte in kennis).

Bij toepassing van het sulfaatslib in een cementoven zullen vanwege de verontreinigende stoffen (met name zware metalen) emissies naar lucht optreden. Gelet op aard en samenstelling vervangt het slib in de cementoven de inzet van primair gips (en dus geen brandstof). Aangenomen is dat de vermeden emissies ten gevolge van dit gips verwaarloosbaar zijn ten opzichte van de emissies van het sulfaatslib. Alleen de SO₂-emissies zullen vergelijkbaar zijn; de emissies en vermeden emissies vallen voor deze stof dus tegen elkaar weg.

Op basis van de samenstellingsgegevens van ontsulfateringsgips (TNO, 2000) en de massabalans voor een cementoven (zie achtergronddocument A1 bij MER-LAP) zijn de emissies naar de lucht bepaald. De input van zilver in het sulfaatslib is, evenals in het TNO-rapport bij de emissies is gedaan, bepaald op basis van de massaverhouding zilver in de fga-stromen. Daar bovenop is voor zilver een correctie aangebracht vanwege het feit dat het residu van ontzilverd kleurontwikkelaar betreft. Uitgaande van een 30/100 zo klein zilveragehalte (30 mg/l in dit MER t.o.v. 100 mg/l als waarde in TNO-rapport) zijn het gehalte in het sulfaatslib en daarmee de emissie evenredig verlaagd. De emissies staan weergegeven in tabel 8.4. Ook voor de andere zware metalen zullen de emissies lager zijn, maar onbekend is echter hoe groot dit effect zal zijn.

Tabel 8.4; Emissies naar lucht bij toepassing ontsulfateringsslib in een cementoven

Component	Input (mg/ton kleurontwikkelaar)	Percentage van input naar lucht	Emissie (mg/ton kleurontwikkelaar)
Ag	600	0,05	0,30
Cd	167	0,5	0,83
Cr	2.130	0,05	1,1
Cu	7.670	0,05	3,8
Hg	70	6	4,2
Mo	167	0,05	0,083
Ni	1.870	0,05	0,93
Pb	53.300	0,05	27
Sb	900	0,05	0,45
Sn	1330	0,05	0,67
Zn	17.700	0,05	8,8

8.8 Emissies naar water

Identiek aan beschrijving in paragraaf 7.8 met als wijziging dat de opmerking over emissies naar water bij AVI vervalt, terwijl toegevoegd worden de emissies naar water bij verwerking van het residu bij Edelchemie.

De emissies naar water via de lozing van afvalwater uit de gaswasser staan vermeld in tabel 8.5. De emissies zijn gebaseerd op cijfers van jaarvrachten van Edelchemie (TNO, 2000)⁸ en zijn omgerekend naar mg/ton kleurontwikkelaar. De emissies van zilver zijn bepaald op basis van de massaverhouding zilver in de fga-stromen.

Op de emissies van zilver die in het TNO-rapport zijn berekend is een correctie aangebracht, aangezien het residu betreft van ontzilverd kleurontwikkelaar. Uitgaande van een 30/100 zo klein zilveragehalte (30 mg/l in dit MER t.o.v. 100 mg/l als waarde in TNO-rapport) is de emissie evenredig verlaagd.

Tabel 8.5; Emissies naar water via lozing gaswasser op RWZI

Component	Emissie (mg/ton kleurontwikkelaar)
Ag	71
Cd	34
Cr	465
Cu	537
Hg	3,08
Ni	1.960
Pb	4.830
Zn	1.670
SO ₄ /SO ₂	5.410
CZV	969.000

⁸ Edelchemie heeft meer recente cijfers geleverd. Deze verschillen voor bepaalde componenten een factor 5 of 10 met de cijfers die door TNO zijn gebruikt, zonder dat de oorzaak hiervan duidelijk is. Daarom is er voor gekozen de TNO-cijfers te blijven gebruiken.

Emissies nuttige toepassing

Aangenomen is dat de emissies naar water bij de nuttige toepassing van zilver en andere metalen niet verschillen van die bij de toepassing van primaire grondstoffen. Voor de toepassing van de overige metalen is dit echter onzeker. Niet duidelijk is in hoeverre de milieu-ingrepen verschillen vanwege het verschil in samenstelling met primaire grondstoffen. De eventuele effecten hiervan zullen echter klein zijn vanwege de relatief geringe hoeveelheid (maar het betreft wel een leemte in kennis).

8.9 Emissies naar bodem

Emissies uit cement

In theorie zou sprake kunnen zijn van emissies vanuit de cement naar de bodem wanneer deze wordt toegepast. Uitlooggegevens onder praktijkcondities zijn niet bekend. Aangenomen mag worden dat de uitloging gering is omdat bij de cementproductie in feite sprake is van binding (immobilisatie) van de chemische componenten.

Daarnaast geldt dat cement op diverse manieren wordt toegepast met een enorm scala aan producten die niet altijd aan uitloging worden blootgesteld. Derhalve wordt bodembelasting bij toepassing van cement in het kader van deze LCA als niet relevant beschouwd

In het kader van de gevoeligheidsanalyse "toch uitloging" zal wel met een zekere bodembelasting worden gerekend gebaseerd op een diffusieproef op cementbeton (zie uitlogingspercentages in de proceskaart voor cement, achtergronddocument A1 bij MER-LAP). Op basis van de massabalans van de cementoven en de input via het sulfaatslib zijn de fracties berekend die per component in het cement terechtkomen (zie achtergronddocument A1 van MER-LAP). Hieruit zijn met behulp van de uitlogingspercentages uit cement de emissies naar bodem berekend. Deze zijn weergegeven in tabel 8.6.

De input vanuit het sulfaatslib is gebaseerd op de samenstelling van het sulfaatslib (TNO, 2000) en is omgerekend naar vracht per ton kleurontwikkelaar. De input van zilver in het sulfaatslib is, evenals in het TNO-rapport bij de emissies is gedaan, bepaald op basis van de massaverhouding zilver in de fga-stromen. Daarbovenop is voor zilver een correctie aangebracht vanwege het feit dat het residu (afkomstig van bij Van Vlodrop behandeld kleurontwikkelaar) een zeer laag gehalte bevat. Uitgaande van een 30/100 zo klein zilveragehalte (30 mg/l in dit MER t.o.v. 100 mg/l als waarde in TNO-rapport) is de emissie evenredig verlaagd. Ook voor de andere zware metalen zullen de emissies lager zijn, maar onbekend is echter hoe groot dit effect zal zijn.

Tabel 8.6; Emissies naar bodem uit cement ten gevolge van toepassing sulfaatslib

Component	Input (mg/ton kleurontwikkelaar)	Percentage van input naar cement	Percentage van cement naar bodem	Emissie (mg/ton kleurontwikkelaar)
Ag	600	99,95	0,05	0,30
Cd	167	99,5	0,65	1,08
Cr	2130	99,95	0,05	1,07
Cu	7670	99,95	0,05	3,83
Hg	70	94	1,1	0,72
Mo	167	99,95	0,05	0,08
Ni	1.870	99,95	0,05	0,93
Pb	53300	99,95	0,05	26,65
Sb	900	99,95	0,05	0,45
Sn	1330	99,95	0,80	10,66
Zn	17700	99,95	0,05	8,83

Emissies uit obsidiaan

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

De uitloging uit obsidiaan is onderzocht (Witteveen en Bos, 1994). Uit kolomproeven is alleen de uitloging van antimoon en molybdeen aangetoond en lagen de waarden van de andere componenten onder de detectiegrens. Deze resultaten komen dus overeen met de algemeen in MER-LAP gehanteerde lijn dat verglaasde producten (vrijwel) geen uitloging vertonen. Voor kleurontwikkelaar is in dit kader ook nog relevant dat (zie tabel 2.1) Sb en Mo ook nog eens buiten beschouwing blijven bij gebrek aan informatie omtrent ingangconcentraties en andere emissies.

In het kader van de gevoeligheidsanalyse wordt wel uitloging meegenomen, en wel op basis van beschikbaarheidstesten aan obsidiaan. In tabel 8.7 is tevens weergegeven wat dat betekent per ton kleurontwikkelaar, uitgaande van 42 kilo obsidiaan per ton kleurontwikkelaar. 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 8.7; Uitloging obsidiaan in gevoeligheidsanalyse "toch uitloging"

Component	Gehalte in obsidiaan (mg/kg)	Vracht in obsidiaan (mg/ton fga)	Beschikbaarheid (%)	Emissie naar bodem (mg/ton fga)
Ni	390	16380	2,4	393
Pb	1500	63000	0,04	25,2
Zn	3100	130200	5,3	6900
Sulfaat	90	3780	0,5	18,9

8.10 Uitgespaarde winning/productie van grondstoffen

Identiek aan beschrijving in paragraaf 7.10 met als wijziging dat de uitsparing van zand door nuttige toepassing van AVI-slak vervalt. Toegevoegd worden de uitgespaarde hoeveelheden primaire grondstoffen door productie van secundaire grondstoffen bij Edelchemie.

Door de terugwinning van zilver en andere metalen uit het fga, de toepassing van het verglaasd product (obsidiaan) als bouwstof of grindvervanger en de toepassing van het sulfaatslib in de cementindustrie wordt de winning/productie van primaire grondstoffen uitgespaard. Voor het obsidiaan wordt uitgegaan van de vervanging van grind als bouwstof. Voor het sulfaatslib wordt uitgegaan van de vervanging van gips. Op basis van een droge stofgehalte van 57% van het sulfaatslib (Witteveen en Bos, 1994) wordt gerekend met een vervangen hoeveelheid van $0,57 \cdot 33 = 19$ kg.

De hoeveelheid teruggewonnen zilver is bepaald op basis van de input van zilver in het residu van 10 mg per kg kleurontwikkelaar en een terugwinningsrendement van 95,5% (zie paragraaf 9.2).

De hoeveelheden teruggewonnen lood, koper en nikkel zijn gemiddelde hoeveelheden per ton verwerkt afval bij Edelchemie. Deze cijfers zijn ook genomen voor de verwerking van kleurontwikkelaar bij Edelchemie (zie paragraaf 9.2). Voor het residu afkomstig van bij Van Vlodrop behandeld kleurontwikkelaar zullen de teruggewonnen hoeveelheden lager zijn vanwege de relatief lage gehalten. Onduidelijk is echter in welke mate.

Tabel 8.8; Overzicht vervangen primaire grondstoffen

Soort	normaal (kg/ton fga)	gev. anal. storten (kg/ton fga)
Zilver	0,029	0,029
Metalen		
Lood	1,8	1,8
Koper	0,54	0,54
Nikkel	0,16	0,16
Grind	42	0
Gips	19	0

8.11 Finaal afval

De beschrijving in paragraaf 7.11 vervalt. Toegevoegd worden de hoeveelheden finaal afval bij verwerking van het residu bij Edelchemie. In het kader van een gevoeligheidsanalyse is met de stort van obsidiaan en sulfaatslib i.p.v. nuttige toepassing gerekend. In tabel 8.9 staan de te storten hoeveelheden weergegeven.

Tabel 8.9; Finaal afval

Te storten afval	Hoeveelheid (kg/ton fga)
Obsidiaan	42
Sulfaatslib	33

8.12 Aanvullende opmerkingen m.b.t. de balansen op componentenniveau.

Onder verwijzing naar paragraaf 9.12, waar op het aspect "balansen op componentenniveau" i.r.t. de verwerking bij Edelchemie wordt ingegaan, wordt opgemerkt dat zich in dit geval een vergelijkbaar iets voordoet doordat een deel van de verwerking bij Edelchemie plaatsvindt. Ook hier geldt dat voor dat deel zowel de emissies als de productie van afzetbare metalen mede wordt bepaald door de keuze om alle effecten van de inrichting van Edelchemie toe te rekenen aan het verwerkte fga. Ook hier geldt dat de emissies naar lucht (tabel 8.3), de vrachten naar obsidiaan en sulfaatslib (tabel 8.4 en 8.7), de emissie naar water (tabel 8.5) en de productie van metalen als lood, nikkel en koper (tabel 8.8) hoger liggen dan er middels de input van een ton kleurontwikkelaar zelf mogelijk is. Ook hier is dus een extra gevoeligheidsanalyse uitgevoerd waarin is gekozen voor een andere wijze van toerekening. Verder wordt verwezen naar paragraaf 9.12.

In dit kader wordt nog opgemerkt wordt nog dat tabellen 8.3, 8.4 en 8.6 tevens componenten bevatten die ontbreken in tabel 2.1. Deze zijn toch meegenomen omdat zij (kunnen) worden veroorzaakt door het meeverwerken van andere afvalstromen bij Edelchemie en aan de verwerking van kleurontwikkelaar worden toegerekend. Voor verdere beschouwing op dit punt, en voor variatie hiervan in de gevoeligheidsanalyse "exclusief effect ander afval" wordt verwezen naar de paragraaf 9.12.

8.13 Nadere overwegingen omtrent syteemgrenzen en toerekening

Hetgeen in paragraaf 7.12 staat vermeld geldt feitelijk ook hier, namelijk dat partijen ontwikkelaar in het algemeen ook zonder voorafgaande chemische ontzilvering naar de behandeling bij VVM kunnen worden afgevoerd, mits ze niet te veel verontreinigd zijn met zilverhoudende stromen. In hoofdstuk 14 wordt tevens de variant gezien waarin ontwikkelaar wel rechtstreeks naar VVM wordt afgevoerd.

8.14 Leemten in kennis

Identiek aan beschrijving in paragraaf 7.13 en 9.13.

9. Alternatief KO-5; fysisch-chemische zuivering + pyrolyse + verglazing

9.1 Procesbeschrijving

De installatie van Edelchemie te Panheel is als referentie-installatie gehanteerd.

A. Aanvoer kleurontwikkelaar

De kleurontwikkelaar wordt per vrachtwagen aangevoerd.

B. Fysisch-chemische zuivering

De ontwikkelaarstromen worden vermengd met een deel van de ontwikkelaarstromen (circa 25% van de ontwikkelaar). Het mengsel wordt fysisch-chemisch gezuiverd in een ONO-installatie. Eerst vindt neutralisatie plaats met kalk tot een pH van 6-8. Daarna wordt een natrium(-poly-)sulfide oplossing gedoseerd om de aanwezige zware metalen neer te slaan (precipitatie). Het verkregen sulfideslib wordt gedeeltelijk ontwaterd en vervolgens in de pyrolyse-oven verwerkt. Een deel van de vloeistof wordt gebruikt voor de aanmaak van gaswasvloeistof; de rest van de vloeistof wordt in de pyrolyse-oven gebracht.

C. Ontzwaveling/aanmaak gaswasvloeistof

Een deel van de vloeistof uit de ONO-behandeling wordt gebruikt voor de aanmaak van gaswasvloeistof. Reden hiervoor is dat de ammoniakverbindingen in het fga resulteren in een reductie van stikstofdioxide.

Door toevoeging van zuur en kalkmelk ontstaat ontsulfateringsgips (zwavelhoudend slib). Na ontwatering wordt dit slib opgeslagen in afwachting van afvoer. In dit MER wordt uitgegaan van verwerking van het slib in de cementindustrie. In een gevoeligheidsanalyse wordt de optie van stort meegenomen.

Uiteindelijk ontstaat een vloeistof die ingezet wordt als gaswasvloeistof.

D. Pyrolyse/verbranding

Het sulfideslib en een deel van de vloeistof (deel dat niet als gaswasvloeistof wordt gebruikt) uit de ONO-behandeling worden verwerkt door een combinatie van pyrolyse en verbranding in een kameroven. De oventemperatuur bedraagt 1000-1450 °C.

De pyrolyse betreft een batchgewijs procédé met een ovenlading bestaande uit energierijke en -arme componenten. Een ovenlading heeft een totaalgewicht van 20 tot 50 ton en ziet er globaal als volgt uit:

- | | |
|--|------------------|
| ▪ Goed brandbaar materiaal zoals vast filmafval | 20-40% |
| ▪ Papier en ander slechts matig brandbaar afval | 30-50% (50% fga) |
| ▪ Slurries uit gaswassing en sulfideslib | 10-20% (20% fga) |
| ▪ Verpakkingsmateriaal, pallets, shredderafval, etc. | 10-20% (10% fga) |

De totale ovenlading bestaat voor circa 50% uit fga (vloeibaar en vast), de rest is ander afval. De gemiddelde energie-inhoud van de ovenlading is 12 MJ/kg en het gehele proces duurt enkele dagen. Na circa 2 dagen gaat het pyrolyseproces langzaam over in het verbrandingsproces door geleidelijk luchtzuurstof toe te laten. Dan worden de vloeistoffen ingespoten zoals ontwikkelaar, gaswasvloeistof en vloeistof uit de ONO-behandeling.

Rookgassen worden afgezogen en de overgebleven assen/slakken met metaaloxiden, silicaten, sulfaten, halogenen, etc. worden ingezet in het verglazingsproces (smeltoven).

De bij de pyrolyse/verbranding gevormde rookgassen worden gereinigd m.b.v. een 3-traps gaswasinstallatie. De eerste twee trappen van de gaswassing betreffen venturiwassers waaraan diverse hulpstoffen worden toegevoegd waaronder ammoniak en de uit het fga gemaakte gaswasvloeistof. De derde trap bevat een venturiwasser, druppelvanger en expansievat. De afgassen worden gezuiverd van vlieggas, dampvormige metaalverbindingen, zwaveldioxide, stikstofoxiden, halogeniden en koolmonoxide. De ontstane neerslag wordt weer in de pyrolyse-oven verwerkt. De vloeistof wordt weer als geschikt gemaakt als gaswasvloeistof (ontsulfatering). Een deel van het water uit de derde trap wordt geloosd naar een RWZI.

E. Verglazing in smeltoven

De assen/slakken afkomstig van het pyrolyseproces worden gemengd met daarvoor geschikte toeslagstoffen (chilialpeter, borax en glas) en via een lopende band in een smelt/verglazingsoven gebracht en verhit tot 1500 °C. Verwarming vindt plaats met restbrandstoffen (huisbrandolie) en een methanol-water mengsel. Door de verhitting wordt een metaallegering gevormd met hierop een slaklaag. De slaklaag wordt regelmatig afgetapt, gekoeld en gebroken. Daarna wordt het opgeslagen op het terrein ter verwerking.

De metaallegering wordt ongeveer elke 14 dagen afgetapt en tot anoden gegoten, die naar de elektrolyse-afdeling gaan voor verdere bewerking.

De bij het verglazingsproces gevormde rookgassen worden gereinigd m.b.v. een 3-traps-gaswasinstallatie (analoog aan de gaswassing van de pyrolyse-oven).

F. Verwerking en zeven slak

De slak wordt op het terrein opgeslagen en ondergaat een verweringsproces, waarbij een afslibbaar product ontstaat bestaande uit metaalsulfiden. Na 6-12 maanden wordt de slak gewassen en gezeefd. Het slib wordt weer toegevoegd aan het te verglazen mengsel in de smeltoven. Het gezeefde product, synthetisch obsidiaan (= vulkanisch gesteente), wordt uiteindelijk opgeslagen in afwachting van nuttige toepassing. Het totale verweringsproces duurt 1 à 2 jaar.

G. Afvoer en nuttige toepassing

Het verglazingproduct obsidiaan kan nuttig worden toegepast als grindvervanger in de bereiding van betonproducten of als bouwgrondstof. Vanwege de onzekerheid over de kwaliteit wordt in een gevoeligheidsanalyse uitgegaan van stort.

H. Elektrolyse en zuivering elektrolyet

De metaallegering (anodes) die ontstaat gedurende het verglazingsproces bevat circa 70% zilver, 20% lood en verder koper, nikkel, chroom, ijzer en andere metalen. De anodes worden met behulp van elektrolyse (met zilvernitraat als elektrolyet) opgelost, waarbij het elektrolyet steeds rijker wordt aan koper-lood-nikkel-chroom-ijzer-nitraat en binnen de anodefilters een onoplosbare slurry ontstaat. Het zilver slaat neer op de kathodes. Het ontstane NO_x wordt afgezogen naar de gaswassing van de verbrandingsovens.

Het zilver wordt periodiek verwijderd en in smeltkroezen gesmolten. De slurry wordt in de smeltoven verwerkt. Het vervuilde elektrolysebad wordt eerst d.m.v. pH-correctie, waarbij metaalhydroxiden of -sulfaten neerslaan, en daarna m.b.v. natriumsulfide, waarbij metaalsulfiden neerslaan, ontdaan van metalen. De overblijvende vloeistof wordt gebruikt voor menging met de gaswasvloeistof of wordt ingespoten in de verbrandingsoven.

De metaalhydroxiden en -sulfaten worden afgevoerd ter nuttige toepassing. Het sulfideslib wordt in

de pyrolyse ingebracht.

I. Afvoer en nuttige toepassing metalen

Zilver, loodsulfaat, koper- en nikkelhydroxide worden afgevoerd ter nuttige toepassing.

9.2 Massabalans

De verwerking van afval resulteert in producten en/of reststoffen. Tabel 9.1 bevat een overzicht van de hoeveelheden producten en reststoffen die ontstaan bij de verwerking van 1 ton kleurontwikkelaar. In de tabel is ook de bestemming aangegeven.

Edelchemie verwerkt naast fga ook andere afvalstromen. In totaal verwerkt het bedrijf ongeveer 12.000 ton, waarvan 5.000 ton baden, 4.500 ton materiaal zoals papier en film en 2.500 ton overig materiaal. De hoeveelheden geproduceerde producten en reststoffen, emissies en gebruikte energie en hulpstoffen zijn voor het hele bedrijf gegeven. Voor de toerekening van deze hoeveelheden aan de ingaande stromen zijn conform het TNO-rapport "Emissieprofielen Gevaarlijk Afval" (TNO, 2000) twee benaderingen gekozen:

- 1) In de normale beschrijving (allocatiemethode 1) is er geen onderscheid gemaakt tussen de afvalstoffen. De uitgaande stromen en milieu-ingrepen zijn verdeeld over de 12.000 ton input aan afvalstromen. Hierbij zijn alleen de gebruikte afvalolie en methanol als brandstof (hulpstof) beschouwd.
- 2) Als gevoeligheidsanalyse "alles alloceren aan vloeibaar fga" (allocatiemethode 2) wordt het afval dat als brandstof in de pyrolyse-ovens wordt ingezet (4.500 ton met name papier en film) als hulpstof gezien. Dit houdt in dat de uitgaande stromen en milieu-ingrepen zijn toegerekend aan de overige 7.500 ton afval (dat voor ruim de helft uit vloeibaar fga bestaat).

Alleen de hoeveelheden zilver zijn in beide benaderingen volledig toegerekend aan de zilverhoudende fga-stromen op basis van de zilveragehaltes.

Per ton ontwikkelaar met een zilveragehalte van 100 mg/kg wordt 0,096 kg teruggewonnen (TNO, 2000). Dit betekent een rendement van 95,5%. In dit MER wordt vanwege de vergelijkbaarheid voor alle verwerkingsalternatieven uitgegaan van een gehalte van 30 mg/l ontwikkelaar (zie tabel 2.1). Dit resulteert in een hoeveelheid teruggewonnen zilver van circa 0,029 kg/ton ontwikkelaar.

In totaal ontstaan de volgende hoeveelheden producten/reststoffen (TNO, 2000):

- 21,7 ton lood (in de vorm van loodsulfaat)
- 6,5 ton koper (in de vorm van koperhydroxide)
- 1,9 ton nikkel (in de vorm van nikkelhydroxide)
- 500 ton obsidiaan
- 400 ton ontsulfateringsslib

In de massabalans zijn de hoeveelheden per ton fga gegeven voor de twee bovengenoemde allocatiemethoden.

Tabel 9.1; Massabalans kleurontwikkelaar verwerking Edelchemie

	Hoeveelheid (ton) per ton verwerkt kleurontwikkelaar		Bestemming
	normaal (allocatiemethode 1)	gev. anal. "alles op vloeibaar fga" (allocatiemethode 2)	
INPUT			
Kleurontwikkelaar	1	1	
OUTPUT			
Zilver	0,000029	0,000029	Nuttige toepassing
Obsidiaan	0,042	0,067	Nuttige toepassing (stort)
Lood	0,0018	0,0029	Nuttige toepassing
Koper	0,00054	0,00087	Nuttige toepassing
Nikkel	0,00016	0,00025	Nuttige toepassing
Ontsulfateringsslib	0,033	0,053	Cementindustrie (stort)

9.3 Ruimtebeslag

Edelchemie heeft een verhard oppervlak van 3,5 ha en een totale capaciteit van 20.000 ton afval per jaar (Edelchemie, 2000). Ongeveer de helft van het verwerkte afval betreft fga. In het geval van de eerste allocatiemethode is het ruimtebeslag 1,75 m²*j per ton afval, in dit geval kleurontwikkelaar. In het geval van de tweede allocatiemethode worden milieu-ingrepen toegerekend aan 7500/12000 deel van het verwerkte afval en is het ruimtebeslag dus 2,8 m²*j per ton kleurontwikkelaar.

9.4 Transport

In het beschouwde verwerkingsalternatief vindt transport per as plaats van kleurontwikkelaar en van producten en reststoffen van de afvalverwerkingsinrichting. De te vervoeren producten en reststoffen zijn obsidiaan, ontsulfateringsslib, zilver, hulpstoffen en metalen.

Voor het transport van het fga naar de verwerker wordt uitgegaan van één verwerker die fga door heel Nederland (alle verwerkers hebben landelijk recht om in te zamelen) inzamelt en derhalve van een gemiddelde transportafstand van 150 km heen en terug. Het fga wordt per vrachtauto getransporteerd waarbij wordt uitgegaan van ongeveer 12 ton per vracht.

Voor de toepassing van het obsidiaan als bouwstof wordt uitgegaan van 75 km (in aansluiting op transportafstand bij toepassing van AVI-slak, zie hiervoor proceskaarten achtergronddocument A1 bij MER-LAP). Ook is het vermeden transport van bouwstof (hiervoor uitgegaan van grind) meegenomen, waarbij voor de transportafstanden eveneens is aangesloten bij AVI-slak (35 km over land en 50 km over water). Uitgegaan is van vrachten van circa 20 ton.

Het ontsulfateringsslib (sulfaatslib) wordt per vrachtauto afgevoerd naar de cementindustrie. Uitgegaan wordt van 20 à 25 ton per vracht. Voor de gemiddelde transportafstand naar de cementindustrie wordt uitgegaan van 300 km (heen en terug), op basis van de gemiddelde afstand van een willekeurige locatie in Nederland tot een willekeurige cementoven (Nederland, Duitsland, België).

In het geval van stort van obsidiaan en ontsulfateringsslib (sulfaatslib) is, uitgaande van 11-15 C3-stortplaatsen, met een transportafstand van 40 km (heen en terug) gerekend.

Tabel 9.2; Overzicht transport

Materiaalstroom	omvang (kg)		Afstand (km)		Tonkilometers (tkm/ton)		
	normaal en toch storten	allocatie methode 2	normaal en allocatie methode 2	toch storten	normaal	toch storten	allocatie methode 2
Aanvoer kleurontwikkelaar	1000	1000	150	150	150	150	150
Afvoer obsidiaan	42	67	75	40	3,2	1,7	5,0
Kalk	4	6,4	50 (land) 600 (water)	50 (land) 600 (water)	0,2 2,4	0,2 2,4	0,32 3,9
Bedrijfsmiddelen (1)	25,8	41,2	75	75	1,94	1,94	3,09
Afvoer sulfaatslib	33	53	300	40	9,9	1,3	16
Vermeden grind	42	67	35 (land) 50 (water)	0 0	1,47 2,1	0 0	2,3 3,4

1) Som van salpeterzuur, ammoniak, natriumsulfide, chilisalpeter, borax en afvalglas (zie tabel 9.3)

9.5 Energie

Energieverbruik verwerking kleurontwikkelaar

Het fga verwerkingsinstallatie van Edelchemie verbruikt energie, te weten in totaal:

- elektriciteit: 3960 GJ (TNO, 2000)
- (afval)olie (HBO): 24776 GJ (TNO, 2000)
- (afval)methanol: 4131 GJ (TNO, 2000)

De afvalolie (38,9 MJ/kg (TNO, 2000)) wordt ingezet in de smeltoven. De methanol (24,3 MJ/kg (TNO, 2000)) wordt ingezet in de smeltoven en voor een deel ook in de pyrolyse. Afhankelijk van de allocatiemethode is het elektriciteitsverbruik per ton fga 330 MJ (normaal; allocatiemethode 1) of 528 MJ (gevoeligheidsanalyse "alles toerekenen aan vloeibaar fga"; allocatiemethode 2) en het brandstoffenverbruik 2410 MJ (normaal; allocatiemethode 1) of 3850 MJ (gevoeligheidsanalyse "alles toerekenen aan vloeibaar fga"; allocatiemethode 2). Daar als brandstoffen echter afvalstoffen worden ingezet, wordt zij niet in rekening gebracht⁹.

Energieverbruik bij nuttige toepassing secundaire grondstoffen

Aangenomen wordt dat de toepassing van zilver, overige metalen en sulfaatslib geen extra energieverbruik met zich meebrengt t.o.v. de toepassing van primaire grondstoffen. Voor de toepassing van de overige metalen is dit echter onzeker. Niet duidelijk is in hoeverre de milieu-ingrepen verschillen vanwege het verschil in samenstelling met primaire grondstoffen. De eventuele effecten hiervan zullen echter klein zijn vanwege de relatief geringe hoeveelheid (maar het betreft wel een leemte in kennis).

Voor de toepassing van obsidiaan zal verkleining noodzakelijk zijn. Het energieverbruik hiervoor wordt geraamd op circa 45 kWh per ton. Per ton kleurontwikkelaar ontstaat afhankelijk van de allocatiemethode 42 kg (normaal; allocatiemethode 1) of 67 kg (gevoeligheidsanalyse "alles toerekenen aan vloeibaar fga"; allocatiemethode 2) obsidiaan, en moet dus gerekend worden met een energieverbruik van 1,9 kWh, respectievelijk 3,0 kWh.

⁹ Hier wordt afgeweken van Emissieprofielen (TNO, 2000) waar wel de emissies uit deze brandstoffen aan fga werden toegerekend maar niet de bijbehorende energie-effecten (wel de lasten maar niet de lusten). Verwerking van de betreffende brandstoffen elders had zowel tot emissies als tot energieopbrengst geleid. Hier is er voor gekozen om beide effecten wel aan fga toe te rekenen of (zie paragraaf 9.12) beide effecten niet aan fga toe te rekenen, maar niet een deel wel en een ander deel niet.

Energieverbruik verwerking reststoffen

In het geval van de gevoeligheidsanalyse "toch storten" wordt voor de stort van obsidiaan en sulfaatslib energie verbruikt bij het opbrengen. Het energieverbruik voor stort (diesel) is 60 MJ per ton gestort materiaal. Voor 0,042 ton obsidiaan en 0,033 ton sulfaatslib betekent dit een energieverbruik van 2,5 MJ en 2,0 MJ.

9.6 Bedrijfsmiddelen

Bedrijfsmiddelenverbruik verwerking kleurontwikkelaar

De inrichting van Edelchemie verbruikt diverse bedrijfsmiddelen. De totaal verbruikte hoeveelheden (TNO, 2000) en de hoeveelheden per ton kleurontwikkelaar bij de verschillende allocatiemethoden staan weergegeven in tabel 9.3. In de gevoeligheidsanalyse "alles toerekenen aan vloeibaar fga" (allocatiemethode 2) wordt ook de 4.500 ton in de pyrolyse ingezette papier en film als hulpstof beschouwd. Voor afvalglas en papier/film worden echter geen milieu-ingrepen door productie toegerekend, omdat het afvalstoffen betreft.

Tabel 9.3; Hoeveelheden bedrijfsmiddelen bij de verwerking van kleurontwikkelaar

	Totaal verbruik (ton/jaar)	Verbruik (kg/ton kleurontwikkelaar) allocatiemethode 1	Verbruik (kg/ton kleurontwikkelaar) allocatiemethode 2
Water	17.000	1420	2270
Kalk	48	4	6,4
Salpeterzuur	65	5,4	8,7
Ammoniak	66	5,5	8,8
Natriumsulfide	46	3,8	6,1
Chilisalpeter	51	4,3	6,8
Borax	30	2,5	4,0
Afvalglas	10	0,83	1,33
Papier, film	4.500	-	600

Bedrijfsmiddelenverbruik verwerking reststoffen

Voor de stort van obsidiaan en sulfaatslib (in het kader van gevoeligheidsanalyse "toch storten") worden geen bedrijfsmiddelen ingezet.

Bedrijfsmiddelenverbruik nuttige toepassing secundaire grondstoffen

Aangenomen wordt dat voor de nuttige toepassing van zilver, overige metalen, obsidiaan en sulfaatslib geen extra bedrijfsmiddelen worden ingezet t.o.v. de toepassing van primaire grondstoffen. Voor de toepassing van de overige metalen is dit echter onzeker. Niet duidelijk is in hoeverre de milieu-ingrepen verschillen vanwege het verschil in samenstelling met primaire grondstoffen. De eventuele effecten hiervan zullen echter klein zijn vanwege de relatief geringe hoeveelheid (maar het betreft wel een leemte in kennis).

9.7 Emissies naar lucht

Emissies verwerking kleurontwikkelaar

De bij de pyrolyse/verbranding en bij de verglazing gevormde rookgassen bestaan in hoofdzaak uit stikstofoxiden, zwaveldioxide, koolmono- en dioxide en waterdamp. Daarnaast bevatten de rookgassen nog een aantal specifiek aan het afval gerelateerde stoffen. De rookgassen worden gereinigd m.b.v. een gaswasinstallatie, waarbij ook een gedeelte van het ontzilverde vloeibare fga als reinigingsvloeistof wordt gebruikt. Reden hiervoor is dat de ammoniakverbindingen in het fga resulteren in een reductie van stikstofoxiden. Door toevoeging van kalkmelk aan de

gaswasvloeistof ontstaat een sulfaatslib die wordt afgevoerd naar de cementindustrie.

Voor de emissies naar de lucht is uitgegaan van de cijfers uit (TNO, 2000). Deze zijn gebaseerd op metingen door de provincie en eigen opgaven van Edelchemie. De emissie van CO₂ ontbreekt in deze gegevens. Deze is berekend op basis van de totale energie-input en de aanname van 85,6 g/MJ (TNO, 2000). De totale energie-input is 7.000 ton brandbaar materiaal met een calorische waarde van 12 MJ/kg, is 84 TJ, plus 24,7 TJ afvalolie en 4,1 TJ methanol. De emissies van zilver zijn bepaald op basis van de massaverhouding zilver in de fga-stromen. De emissies per ton kleurontwikkelaar volgens de twee allocatiemethoden zijn weergegeven in tabel 9.4.

Tabel 9.4; Emissies naar lucht uit pyrolyse en smeltoven

Component	Emissies (mg/ton kleurontwikkelaar)	
	allocatiemethode 1	allocatiemethode 2
Ag	55,5 (1)	55,5 (1)
As	3,44 E+02	5,51 E+02
Cd	3,94 E+02	6,31 E+02
Co	1,94 E+02	3,11 E+02
Cr	4,25 E+03	6,80 E+03
Cu	2,05 E+03	3,28 E+03
Hg	9,92 E+01	1,59 E+02
Mn	3,60 E+03	5,76 E+03
Ni	1,80 E+03	2,88 E+03
Pb	2,67 E+04	4,27 E+04
Sb	1,41 E+03	2,25 E+03
Se	1,44 E+02	2,31 E+02
Sn	5,38 E+02	8,60 E+02
V	1,44 E+02	2,31 E+02
Zn	4,73 E+03	7,56 E+03
stof	1,72 E+06	2,75 E+06
HCl	5,29 E+04	8,47 E+04
HF	1,16 E+04	1,85 E+04
SO _x	1,18 E+05	1,89 E+05
H ₂ S	5,63 E+03	9,00 E+03
NO _x	7,41 E+05	1,19 E+06
CO ₂	8,14 E+08	1,30 E+09
CO	6,62 E+05	1,06 E+06
C _x H _y	1,57 E+05	2,51 E+05

1) De emissies van zilver zijn niet via een van de twee allocatiemethoden bepaald, maar o.b.v. de zilveragehalten in de fga-stromen

Emissies nuttige toepassing

Aangenomen is dat de emissies naar lucht bij de nuttige toepassing van zilver, andere metalen en obsidiaan niet verschillen van die bij de toepassing van primaire grondstoffen. Voor de toepassing van de overige metalen is dit echter onzeker. Niet duidelijk is in hoeverre de milieu-ingrepen verschillen vanwege het verschil in samenstelling met primaire grondstoffen. De eventuele effecten hiervan zullen echter klein zijn vanwege de relatief geringe hoeveelheid (maar het betreft wel een leemte in kennis).

Bij toepassing van het sulfaatslib in een cementoven zullen vanwege de verontreinigende stoffen (met name zware metalen) emissies naar lucht optreden. Gelet op aard en samenstelling vervangt het slib in de cementoven de inzet van primair gips (en dus geen brandstof). Aangenomen is dat de

vermeden emissies ten gevolge van dit gips verwaarloosbaar zijn ten opzichte van de emissies van het sulfaatslib. Alleen de SO₂-emissies zullen vergelijkbaar zijn; de emissies en vermeden emissies vallen voor deze stof dus tegen elkaar weg.

Op basis van de samenstellingsgegevens van ontsulfateringsgips (TNO, 2000) en de massabalans voor een cementoven (zie achtergronddocument A1 bij MER-LAP) zijn de emissies naar de lucht bepaald volgens de twee allocatiemethoden. Deze staan weergegeven in tabel 9.5. De emissies van zilver zijn bepaald op basis van de massaverhouding zilver in de fga-stromen.

Tabel 9.5 Emissies naar lucht bij toepassing ontsulfateringsgips in een cementoven

Component	Percentage van input naar lucht	normaal (allocatiemethode 1)		gevoeligheidsanalyse "alles toegerekend aan vloeibaar fga" (allocatiemethode 2)	
		Input (mg/ton ontwikkelaar)	Emissie (mg/ton ontwikkelaar)	Input (mg/ton ontwikkelaar)	Emissie (mg/ton ontwikkelaar)
Ag	0,05	2200 (1)	1,0 (1)	2200 (1)	1,0 (1)
Cd	0,5	167	0,83	267	1,3
Cr	0,05	2.130	1,1	3.410	1,7
Cu	0,05	7.670	3,8	12.300	6,1
Hg	6	70	4,2	112	6,7
Mo	0,05	167	0,083	267	0,13
Ni	0,05	1.870	0,93	2.990	1,5
Pb	0,05	53.300	27	85.300	43
Sb	0,05	900	0,45	1.440	0,72
Sn	0,05	1330	0,67	2.130	1,1
Zn	0,05	17.700	8,8	28.300	14

1) De input van zilver naar sulfaatslib is niet via een van de twee allocatiemethoden bepaald, maar o.b.v. de zilveragehalten in de fga-stromen

9.8 Emissies naar water

De emissies naar water via de lozing van afvalwater uit de gaswasser staan vermeld in tabel 9.6. De emissies zijn gebaseerd op cijfers van jaarvrachten van Edelchemie (TNO, 2000)¹⁰ en zijn omgerekend naar mg/ton kleurontwikkelaar via de twee allocatiemethoden (normaal; allocatiemethode 1 en gevoeligheidsanalyse "alles toerekenen aan vloeibaar fga"; allocatiemethode 2). De emissies van zilver zijn bepaald op basis van de massaverhouding zilver in de fga-stromen.

¹⁰ Edelchemie heeft meer recente cijfers geleverd. Deze verschillen voor bepaalde componenten een factor 5 of 10 met de cijfers die door TNO zijn gebruikt, zonder dat de oorzaak hiervan duidelijk is. Daarom is er voor gekozen de TNO-cijfers te blijven gebruiken.

Tabel 9.6; Emissies naar water via lozing gaswaster op RWZI

Component	Emissie (mg/ton kleurontwikkelaar)	
	normaal (allocatiemethode 1)	gevoeligheidsanalyse "alles toegerekend aan vloeibaar fga" (allocatiemethode 2)
Ag	235 (1)	235 (1)
Cd	34	54,7
Cr	465	744
Cu	537	859
Hg	3,08	4,93
Ni	1.960	3.130
Pb	4.830	7.730
Zn	1.670	2.670
SO ₄	5.410	8.650
CZV	969.000	1.550.000

1) De emissies van zilver zijn niet via een van de twee allocatiemethoden bepaald, maar o.b.v. de zilveragehalten in de fga-stromen

Emissies nuttige toepassing

Aangenomen is dat de emissies naar water bij de nuttige toepassing van zilver en andere metalen niet verschillen van die bij de toepassing van primaire grondstoffen. Voor de toepassing van de overige metalen is dit echter onzeker. Niet duidelijk is in hoeverre de milieu-ingrepen verschillen vanwege het verschil in samenstelling met primaire grondstoffen. De eventuele effecten hiervan zullen echter klein zijn vanwege de relatief geringe hoeveelheid (maar het betreft wel een leemte in kennis).

9.9 Emissies naar bodem

Emissies uit cement

In theorie zou sprake kunnen zijn van emissies vanuit de cement naar de bodem wanneer deze wordt toegepast. Uitlooggegevens onder praktijkcondities zijn niet bekend. Aangenomen mag worden dat de uitlozing gering is omdat bij de cementproductie in feite sprake is van binding (immobilisatie) van de chemische componenten. Daarnaast geldt dat cement op diverse manieren wordt toegepast met een enorm scala aan producten die niet altijd aan uitlozing worden blootgesteld. Derhalve wordt bodembelasting bij toepassing van cement in het kader van deze LCA als niet relevant beschouwd.

In het kader van de gevoeligheidsanalyse "toch uitlozing" zal wel met een zekere bodembelasting worden gerekend gebaseerd op een diffusieproef op cementbeton (zie uitlogingspercentages in de proceskaart voor cement, achtergronddocument A1 bij MER-LAP). Op basis van de massabalans van de cementoven en de input via het sulfaatslib zijn de fracties berekend die per component in het cement terechtkomen (zie achtergronddocument A1 van MER-LAP). Hieruit zijn met behulp van de uitlogingspercentages uit cement de emissies naar bodem berekend. Deze zijn weergegeven in tabel 9.7.

De input vanuit het sulfaatslib is gebaseerd op de samenstelling van het sulfaatslib (TNO, 2000) en is omgerekend naar vracht per ton kleurontwikkelaar via de twee allocatiemethoden. De input van zilver is bepaald op basis van de massaverhouding zilver in de fga-stromen.

Tabel 9.7 Emissies naar bodem uit cement ten gevolge van toepassing sulfaatslib

Component	Input in mg/ton ontwikkelaar (1)	Percentage van input naar cement	Percentage van cement naar bodem	Emissie in mg/ton ontwikkelaar
Ag	2200 (2)	99,95	0,05	1,0 (2)
Cd	167	99,5	0,65	1,1
Cr	2.130	99,95	0,05	1,1
Cu	7.670	99,95	0,05	3,8
Hg	70	94	1,1	0,72
Mo	167	99,95	0,05	0,083
Ni	1.870	99,95	0,05	0,93
Pb	53.300	99,95	0,05	27
Sb	900	99,95	0,05	0,45
Sn	1330	99,95	0,80	11
Zn	17.700	99,95	0,05	8,8

2) Uitgangspunt voor gevoeligheidsanalyses is allocatiemethode 1

3) De input van zilver naar sulfaatslib is niet via een van de twee allocatiemethoden bepaald, maar o.b.v. de zilveragehalten in de fga-stromen

Emissies uit obsidiaan

Bij de toepassing van het synthetisch obsidiaan als bouwstof kunnen emissies naar bodem optreden. Bekend is, uit vergelijkbare basaltachtige producten van de verwerking van andere afvalstoffen, dat een thermische immobilisatie zoals hier gebeurt ten aanzien van het beperken van uitloging zeer goede resultaten geeft. In een reeks aan uitgevoerde metingen lag voor alle componenten de resulterende uitloging op basis van een kolomproef rond of zelfs ruim onder de a-waarden uit het bouwstoffenbesluit, hetgeen feitelijk neerkomt op een bijna verwaarloosbare omvang. Derhalve wordt in het kader van deze studie het uitloggedrag van verglazingresiduen in de normale situatie op nul gesteld.

De uitloging uit obsidiaan is onderzocht (Witteveen en Bos, 1994). Uit kolomproeven is alleen de uitloging van antimoon en molybdeen aangetoond en lagen de waarden van de andere componenten onder de detectiegrens. Deze resultaten komen dus overeen met de algemeen in MER-LAP gehanteerde lijn dat verglaasde producten (vrijwel) geen uitloging vertonen. Voor kleurontwikkelaar is in dit kader ook nog relevant dat (zie tabel 2.1) Sb en Mo ook nog eens buiten beschouwing blijven bij gebrek aan informatie omtrent ingangconcentraties en andere emissies.

In het kader van de gevoeligheidsanalyse wordt wel uitloging meegenomen, en wel op basis van beschikbaarheidstesten aan obsidiaan. In tabel 9.8 is tevens weergegeven wat dat betekent per ton kleurontwikkelaar, uitgaande van 42 kilo obsidiaan per ton kleurontwikkelaar. 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 9.8; Uitloging obsidiaan in gevoeligheidsanalyse "toch uitloging"

Component	Gehalte in obsidiaan (mg/kg)	Vracht in obsidiaan (mg/ton fga)	Beschikbaarheid (%)	Emissie naar bodem (mg/ton fga)
Ni	390	16380	2,4	393
Pb	1500	63000	0,04	25,2
Zn	3100	130200	5,3	6900
Sulfaat	90	3780	0,5	18,9

9.10 Uitgespaarde winning/productie van grondstoffen

Door de terugwinning van zilver en andere metalen uit het fga, de toepassing van het verglaasd product (obsidiaan) als bouwstof of grindvervanger en de toepassing van het sulfaatslib in de cementindustrie wordt de winning/productie van primaire grondstoffen uitgespaard. Voor het obsidiaan wordt uitgegaan van de vervanging van grind als bouwstof. Voor het sulfaatslib wordt uitgegaan van de vervanging van gips. Op basis van een droge stofgehalte van 57% van het sulfaatslib (Witteveen en Bos, 1994) wordt gerekend met een vervangen hoeveelheid van $0,57 \cdot 33 = 19$ kg (normaal; allocatiemethode 1) en $0,57 \cdot 53 = 30$ kg (gevoeligheidsanalyse "alles toerekenen aan vloeibaar fga"; allocatiemethode 2). In tabel 9.9 staan de hoeveelheden weergegeven.

Tabel 9.9; Overzicht vervangen primaire grondstoffen

Soort	Hoeveelheid (kg/ton fga) allocatiemethode 1	Hoeveelheid (kg/ton fga) allocatiemethode 2
Zilver	0,029	0,029
Metalen		
Lood	1,8	2,9
Koper	0,54	0,87
Nikkel	0,16	0,25
Grind	42 (1)	67 (1)
Gips	19 (1)	30 (1)

1) in het geval van stort (gevoeligheidsanalyse) is de hoeveelheid nul.

9.11 Finaal afval

In het kader van een gevoeligheidsanalyse "toch storten" is met de stort van obsidiaan en sulfaatslib i.p.v. nuttige toepassing gerekend. In tabel 9.10 staan de te storten hoeveelheden weergegeven.

Tabel 9.10; Finaal afval

Te storten afval	Hoeveelheid (kg/ton kleurontwikkelaar)
Obsidiaan	42
Sulfaatslib	33

9.12 Kanttekeningen m.b.t. de balans en allocatievormen

Belangrijk om te realiseren is dat bij deze verwerkingsoptie er een groot aantal verschillende afvalstoffen samen in de installatie worden verwerkt, al dan niet als brandstof, en dus samen leiden tot emissies naar water, bodem en lucht en tot verontreinigingen in de reststoffen. Zonder een gedegen kennis van de samenstelling van de verschillende afvalstromen en "afvalbrandstoffen" is het derhalve lastig te bepalen in hoeverre de gegevens die gelden voor de inrichting als geheel ook bruikbaar zijn voor de afvalstroom waar naar wordt gekeken, i.c. kleurontwikkelaar.

Een nadere analyse van de gegevens zoals die in dit hoofdstuk zijn afgeleid is gegeven in tabellen 9.11 (normaal; allocatiemethode 1) en 9.12 (gevoeligheidsanalyse "alles toerekenen aan vloeibaar fga"; allocatiemethode 2). Hierbij geldt dat:

- alles is gegeven in gram per ton kleurontwikkelaar;
- alles is teruggerekend naar de elementen (loodsulfaat naar lood, etc);
- in kolom 2 de ingangsamengstelling van tabel 2.1 is overgenomen;
- kolom 8 de som van de verschillende uitgaande stromen bevat; en
- in de laatste kolom de factor "som-uit/ingand" is gegeven.

Tabel 9.11; Balansoverzicht voor kleurontwikkelaar (normaal; allocatiemethode 1)

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	input tabel 2.1	product par. 9.2	lucht tabel 9.4	naar slib tabel 9.5	water tabel 9.6	obsidiaan tabel 9.8	som uitgaand	uit/in
Ag	30	29	0,0555	0,001	0,235		29,29	1,0
Cd	5		0,394	0,167	0,034		0,60	0,12
Co	5		0,194				0,19	0,04
Cr	5		4,25	2,13	0,465		6,85	1,4
Cu	5	351,7	2,05	7,67	0,537		361,95	72
Hg	5		0,0992	0,07	0,00308	0,0083	0,18	0,04
Mn	5		3,6				3,6	0,72
Ni	5	104,2	1,8	1,87	1,96	16	125,84	25
Pb	5	1172,3	26,7	53,3	4,83	63	1320,14	264
Zn	5		4,73	17,7	7,67	130	160,10	32

Tabel 9.12; Balansoverzicht voor kleurontwikkelaar (gevoeligheidsanalyse "alles toerekenen aan vloeibaar fga"; allocatiemethode 2)

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	input tabel 2.1	product par. 9.2	lucht tabel 9.4	naar slib tabel 9.5	water tabel 9.6	obsidiaan tabel 9.8	som uitgaand	uit/in
Ag	30	29	0,0555	0,001	0,235		29,29	1,0
Cd	5		0,631	0,267	0,0547		0,95	0,19
Co	5		0,311				0,31	0,06
Cr	5		6,8	3,41	0,744		10,95	2,2
Cu	5	566,6	3,28	12,3	0,859		583,05	117
Hg	5		0,159	0,112	0,00493	0,013	0,29	0,06
Mn	5		5,76				5,76	1,2
Ni	5	162,8	2,88	2,99	3,13	26	197,82	40
Pb	5	1888,7	4,27	85,3	7,73	100	2086,02	417
Zn	5		7,56	28,3	2,67	207	245,53	49

Uit deze tabellen blijkt dat er voor een aantal metalen veel meer het systeem verlaat dan er via kleurontwikkelaar in gaat, en dat dat met name geldt voor Cu, Ni en Pb waarvoor een hoeveelheid teruggewonnen metaal aan kleurontwikkelaar wordt toegerekend.

Zoals in paragraaf 9.2 reeds aangegeven is, analoog aan eerdere studies van TNO (TNO, 2000), primair gekozen voor het toerekenen van alle milieu-effecten van de inrichting aan het verwerkte fga. Dit betekent dus dat ook milieu-effecten die horen bij de verwerking van andere afvalstromen (en met name ook de afvalbrandstoffen hbo en methanol) aan fga zijn toegerekend. Het gaat hierbij dan om zowel de emissies die dat met zich meebrengt als de productie van afzetbare metalen en secundaire energie. Het eerste effect (toerekenen van emissies) is vanuit het kleurontwikkelaar gezien nadelig, maar het benutten van energie en restproducten uit die andere afvalstromen is vanuit kleurontwikkelaar gezien juist weer voordelig. Deze keuzes vormen dan ook de verklaring voor het in tabel 9.11 en 9.12 weergegeven effect (meer uit dan in) omdat veel van de emissies zullen worden veroorzaakt door het inzetten van afvalbrandstoffen en het insmelten van andere (metallische) afvalstoffen.

De meest belangrijke reden voor het volgen van deze aanpak is dat deze verwerkingsmethode primair moet worden beschouwd als verwerkingsmethode voor fga, en dat alle bijbehorende emissies dus worden geacht "ten dienste te staan van de fga-verwerking". Als tegenargument tegen de gevolgd aanpak kan echter worden aangevoerd dat de betreffende afvaloliën zonder deze

verwerkingsroute op een andere wijze verwerkt hadden moeten worden, hetgeen ook tot milieu-effecten had geleid, zowel negatieve (emissies) als positieve (levering van energie). Wel hadden deze milieu-effecten vermoedelijk wel anders geweest dan bij inzet als brandstof zoals hier gebeurt.

Om het effect van de in paragraaf 9.2 beschreven allocatiekeuze te bezien is als extra gevoeligheidsanalyse echter wel gepoogd om het effect in beeld te brengen van de verwerking van kleurontwikkelaar zonder het tevens toerekenen van de effecten van metallische afvalstoffen, afvalolie en andere secundaire brandstoffen. In deze aanpak worden zowel de voordelen als de nadelen van het meeverwerken van andere afvalstoffen met het fga zo goed mogelijk verwijderd uit het milieuplaatje. In de LCA-berekeningen is dit als volgt vormgegeven:

1. Er is uitgegaan van allocatiemethode 1 van paragraaf 9.2, d.w.z. er is gevarieerd met de "normale" beschrijving als uitgangspunt.
2. Alle emissies die met de samenstelling van het afval op componentniveau samenhangen voor de metalen Cr, Cu, Ni, Pb en Zn zijn verminderd met de factor die is afgeleid in de laatste kolom van de tabel 9.11.
3. De emissies van componenten die ontbreken in tabel 2.1, en derhalve in deze benadering niet uit kleurontwikkelaar zelf kunnen komen, zijn geschrapt.
4. De geproduceerde Cu, Ni en Pb (tabel 9.9) zijn op eenzelfde wijze gecorrigeerd.
5. Het energiegebruik dat volgens paragraaf 9.5 niet aan fga is toegerekend omdat het uit een afvalstroom is geproduceerd wordt nu wel toegerekend. In verband hiermee zijn tevens de procesgebonden emissies die met het verstoken van afvalolie en methanol samenhangen geschrapt. De aan toe te rekenen emissies op dit punt worden in deze gevoeligheidsanalyse indirect in rekening gebracht middels de proceskaarten voor benodigde energie in SimaPro.

Ad. 2

De gedachte hier achter is dat de meeste componenten zich in de installatie zo zullen gedragen dat het niet echt van belang is via welke afvalstroom zij in het systeem zijn gekomen. De emissiecijfers zijn als geheel dus wel bruikbaar voor de verhouding waarin de metalen zich zullen verdelen over de verschillende stromen. Deze correctie is dus niet doorgevoerd voor ruimtebeslag en energie, en ook niet voor zaken als chemicaliëngebruik (goede kennis op dit punt ontbreekt om een correctie door te voeren). Ook is afgezien van een correctie voor Cd. Zoals uit de tabellen 9.11 en 9.12 blijkt ontbreekt daar een deel van de input in de balans. Dit kan deels in de ontbrekende gegevens voor obsidiaan zitten, maar ook kan het gemiddelde afvalpakket dat bij Edelchemie wordt verwerkt gewoon minder Cd bevat dan we voor kleurontwikkelaar als uitgangspunt hebben genomen. In het laatste geval zouden de emissies voor dit materiaal juist naar boven moeten worden bijgesteld (emissies die horen bij kleurontwikkelaar zijn hoger dan het gemiddelde), maar bij gebrek aan concrete gegevens omtrent een eventuele correctiefactor is dit verder achterwege gelaten.

Ad. 5

Wanneer niet de nadelen (emissies) uit de inzet van afvalbrandstof worden toegerekend moeten ook de bijbehorende voordelen buiten beschouwing blijven. Zonder de effecten van de inzet van afvalbrandstof had de benodigde energie immers extern moeten worden geleverd).

9.13 Leemten in kennis

Leemten in kennis betreffen de volgende zaken:

- 1) De gegevens van de milieu-ingrepen bij Edelchemie betreffen het hele bedrijf. Omdat meerdere afvalstromen worden behandeld, zijn de milieu-ingrepen dus niet gespecificeerd voor fga.
- 2) Het is onduidelijk of obsidiaan aan het Bouwstoffenbesluit voldoet en of nuttige toepassing dus mogelijk is.
- 3) Niet duidelijk is in hoeverre de milieu-ingrepen van verwerking van de teruggewonnen metalen (lood, koper, nikkel) verschillen vanwege het verschil in samenstelling met primaire grondstoffen.

10. Alternatief KO-6; chemische ontzilvering + indamping/osmose + verglazing

10.1 Procesbeschrijving

De installatie van Argentia te Moerdijk is als referentie-installatie gehanteerd.

A. Aanvoer fga

Er zijn verschillende inzamelpunten voor fga verspreid over het hele land. Ook Kga-inzamelaars spelen een belangrijke rol. Het fga wordt per vrachtwagen aangevoerd.

B. Chemische ontzilvering

Zuivere ontwikkelaar heeft een zeer laag zilveragehalte (< 50 mg/l) en hoeft niet ontzilverd te worden¹¹. Sommige ontwikkelaar is echter verontreinigd met (bleek)fixeer of spoelwater (tot 200 mg/l). Deze verontreinigde ontwikkelaar wordt, samen met mengbaden en spoelbaden chemisch ontzilverd. Dit proces wordt gestuurd op pH en de redox-potentiaal. Door toevoeging van natriumboorhydride slaat het zilver in metallische vorm neer. Het chemisch neergeslagen zilver wordt in een batchgewijs proces afgescheiden van de vloeistof. Door de zilversludge tot boven het niveau van de te ontzilveren vloeistof te transporteren vloeit de in de zilversludge aanwezige vloeistof terug in de ontzilveringsreactor. Daarna wordt perslucht toegepast voor de verwijdering van vocht.

Bij dit proces ontstaat een zilverhoudende slib (30% zilver) en een restvloeistof (in ieder geval minder dan 50 mg/l). Het slib wordt opgewerkt. De restvloeistof wordt afgevoerd naar VVM voor zuivering. Gezien de gemiddelde samenstelling van ontwikkelaar en de eindconcentratie na chemische ontzilvering wordt aangenomen dat gemiddeld geen zilverhoudend slib zal ontstaan dat aan de ontwikkelaar kan worden toegerekend.

C. Indamping/omgekeerde osmose, verglazing en afvoer restproducten

De vloeistof die resteert na de chemische ontzilvering wordt geconcentreerd door middel van indamping. De dampfractie (destillaat) wordt verder gezuiverd door middel van omgekeerde osmose. Dit leidt tot een eluaat dat deels intern wordt hergebruikt als wasvloeistof voor vast fga (na gebruik wordt het waswater weer verwerkt in de indamping/omgekeerde osmose) en deels wordt geloosd. Het concentraat van de omgekeerde osmose wordt weer teruggevoerd naar de indampstap.

Het concentraat van de indampstap wordt onder toevoeging van afvalglas in een oven gesmolten/verglaasd. De verglazing heeft een rookgaswassing, waarvan de wasvloeistof als koelvloeistof in de verglazing wordt ingezet, daardoor sterk wordt geconcentreerd (bevat voornamelijk bromide en chloride) en vervolgens wordt afgevoerd ter verbranding (DTO). Daarnaast ontstaat zwavelzuur (98%) als restproduct.

D. Nuttig toepassen verglazingproduct

Het verglazingproduct wordt nuttig toegepast. Het wordt ingezet in beton.

E. Nuttige toepassing zwavelzuur

Het zwavelzuur wordt nuttig toegepast ter vervanging van de primaire grondstof.

¹¹ Zie voor een nadere beschouwing op dit punt ook paragraaf 10.12

10.2 Massabalans

De verwerking van afval resulteert in producten en/of reststoffen. Tabel 10.1 bevat een overzicht van de hoeveelheden producten en reststoffen die ontstaan bij de verwerking van 1 ton kleurontwikkelaar. In de tabel is ook de bestemming van de reststoffen en producten aangegeven.

Voor de processtap indampen/omgekeerde osmose en verglazing zijn de cijfers over 1998 genomen (dit proces is niet meer operationeel). In de verglazing ontstaat 2.500 ton verglaasd residu bij een verwerkte hoeveelheid fga van 9 kton fotobaden (Argentia, 1999) waarvan 5,1 kton zilverhoudend (fixeer) en 3,9 kton zilverarm (ontwikkelaar). Dit resulteert in 0,278 ton per ton fga. Dit verglaasd product bestaat uit de asrest van het fga en afvalglas.

Tevens ontstaat 700 m³ zwavelzuur (98%) (TNO, 2000). Toerekening aan kleurontwikkelaar en ontwikkelaar is geschied op basis van de verwerkte hoeveelheden van 5100 respectievelijk en 3900 ton en de zwavelgehalten, te weten 7% (4 tot 10%) respectievelijk 1%. Dit resulteert voor ontwikkelaar in een hoeveelheid van $700 \cdot (0,01 \cdot 3900) / (0,07 \cdot 5100 + 0,01 \cdot 3.900) = 69 \text{ m}^3$. Dit is circa 0,018 m³ zwavelzuur per ton. Uitgaande van een dichtheid van 1,8 is dit 0,032 ton per ton.

Het afvalwater, op basis van het droge stofgehalte van kleurontwikkelaar geschat op 0,90 ton per ton wordt geloosd.

Gegevens over de hoeveelheid en samenstelling van de gaswasvloeistof die wordt afgevoerd naar de DTO zijn niet beschikbaar. In dit MER moet dit worden aangemerkt als leemte in kennis.

Tabel 10.1; Massabalans verwerking kleurontwikkelaar

	Hoeveelheid per ton verwerkt kleurontwikkelaar (ton)	Bestemming
INPUT		
Kleurontwikkelaar	1	
Afvalglas	Onbekend	
OUTPUT		
Verglaasd residu	0,278 (inclusief afvalglas)	Nuttige toepassing
Zwavelzuur (98%)	0,032	Nuttige toepassing
Afvalwater	0,90	Lozing

10.3 Ruimtebeslag

Het ruimtebeslag bij Argentia voor de vloeistofopslag en de elektrolyse/ontzilvering is 1348 m², respectievelijk 125 m². Het gebruik van de elektrolyse/ontzilvering is, afgemeten aan de hoeveelheid zilver, ongeveer half/half verdeeld over film en fotobaden. De verwerkte hoeveelheid fotobaden is circa 9 kton per jaar (Argentia, 2001). Op basis hiervan kan een ruimtebeslag voor opslag en ontzilvering worden berekend van $(1348 + 0,5 \cdot 125) / 9000 = 0,16 \text{ m}^2 \cdot \text{jr}$ per ton fga.

Het ruimtebeslag van indamping/omgekeerde osmose en verglazing is bij elkaar circa 900 m² (Argentia, 2001). De hierin verwerkte hoeveelheden zijn 9000 ton fotobaden en 5000 ton spoelwater van de filmwasstraat¹² (Argentia, 1999). Per ton vloeistof, dus per ton kleurontwikkelaar, is het ruimtebeslag 0,064 m²*jr.

¹² Conform het TNO-rapport 'Emissieprofielen Gevaarlijk Afval' zijn de stromen gaswasvloeistof en schrobwater niet meegerekend, omdat deze aan de inputs moeten worden toegerekend.

Over de hoeveelheid gaswasvloeistof die wordt verbrand in een DTO zijn geen gegevens. Het ruimtebeslag hiervan is dus niet bekend.

Ten aanzien van de nuttige toepassing van verglaasd product en zwavelzuur wordt aangenomen dat het ruimtebeslag niet wezenlijk verschilt van het ruimtebeslag bij toepassing van primaire grondstoffen.

10.4 Transport

Het transport van fga en hulpstoffen naar Argentia wordt beschouwd, alsmede het transport van producten en reststoffen van het fga-verwerkingsproces.

Voor het transport van het fga naar de verwerkers wordt uitgegaan van één verwerker die fga door heel Nederland (alle verwerkers hebben landelijk recht om in te zamelen) inzammelt en derhalve van een gemiddelde transportafstand van 150 km heen en terug. Het fga wordt per vrachtauto getransporteerd waarbij wordt uitgegaan van ongeveer 12 ton per vracht.

Voor de aanvoer van afvalglas wordt er van uitgegaan dat het transport naar de verwerker en het daardoor vermeden transport bij reguliere verwerking elkaar zullen opheffen. Afvalglas komt op veel plaatsen vrij en zal in beide gevallen in de regio worden afgezet.

De hoeveelheid gaswasvloeistof die wordt afgevoerd naar een DTO is niet bekend.

Voor de toepassing van het verglazingresidu als bouwstof wordt uitgegaan van 75 km (in aansluiting op transportafstand bij toepassing van AVI-slak, zie hiervoor proceskaarten achtergronddocument A1 bij MER-LAP). Ook is het vermeden transport van bouwstof (hiervoor uitgegaan van grind) meegenomen, waarbij voor de transportafstanden eveneens is aangesloten bij AVI-slak (35 km over land en 50 km over water).

Voor de toepassing van zwavelzuur is uitgegaan van de kleinste afstand van 35 km (op basis van vele afnemers).

Tabel 10.2; Overzicht transportafstanden

Materiaal	hoeveelheid (kg)	Afstand (km)	Tonkilometers per ton ontwikkelaar
Aanvoer kleurontwikkelaar	1000	150	150
Afvoer verglaasd product	278	75	20,85
Chemicaliën Argentia (1)	4	75	0,3
Chemicaliën osmose (2)	3	75	0,23
Vermeden transport grind	278	35 (land) 50 (water)	9,7 14
Sec. zwavelzuur (98%)	21,6 (4)	35	0,76

1. Het betreft hier NaBH_4 (1,5 kg) en zwavelzuur (2,5 kg)

2. Het betreft hier NaOH

3. Productie van 0,032 ton per ton gecorrigeerd voor eigen gebruik; zie paragraaf 10.6

10.5 Energie

Energieverbruik verwerking kleurontwikkelaar

Het energieverbruik bij Argentia is bepaald op basis van door het bedrijf geleverde gegevens (Argentia, 2001) over de jaren 1998 en 2000. In de geleverde informatie is een schatting gemaakt van de verdeling van het totale gas- en elektriciteitsverbruik over de verschillende processen.

Het elektriciteitsverbruik van chemische ontzilvering van ingezamelde vloeistoffen en spoelwater van de filmwasstraat in 2000 is bepaald op 31.000 kWh/jaar. Op basis van de hoeveelheid verwerkte zilverarme baden (ontwikkelaar) van 3.900 ton en een hoeveelheid spoelwater voor 2300 ton film van 5000 ton (Argentia, 1999), is het verbruik 3,5 kWh per ton vloeistof, dus per ton ontwikkelaar.

Voor het energieverbruik van indamping/omgekeerde osmose/verglazing zijn de cijfers over 1998 gebruikt. Het elektriciteitsverbruik hiervoor is volgens de geleverde gegevens 3.894.894 kWh/jaar. De verwerkte hoeveelheid is op basis van eerder door Argentia geleverde gegevens (Argentia, 1999) bepaald op 9.000 ton fga en 5.000 ton spoelwater afkomstig van film¹³. Dit resulteert in een verbruik van 278 kWh per ton vloeistof, in dit geval kleurontwikkelaar.

Het gasverbruik van de verglazingsoven is volgens de gegevens 568.304 m³/jaar. Bij een verwerkte hoeveelheid vloeistof van 14.000 ton is dit 40,6 m³ gas per ton vloeistof, in dit geval kleurontwikkelaar.

Energieverbruik verwerking reststoffen

De gaswasvloeistof wordt verbrand in een DTO. Aangenomen wordt dat deze vloeistof een verwaarloosbare calorische waarde heeft en dus geen energieproductie met zich meebrengt. Gelet op het gebrek aan kennis omtrent omvang moet eventueel bijbehorend energiegebruik als leemte in kennis worden aangemerkt.

Energieverbruik bij nuttige toepassing secundaire grondstoffen

Aangenomen is dat de toepassing van zilver, slak en zwavelzuur geen extra energieverbruik met zich meebrengt ten opzichte van de toepassing van primaire grondstoffen. Voor de verwerking van slak bij een edelmetaalbedrijf is dit echter onzeker. Niet duidelijk is in hoeverre de milieu-ingrepen verschillen vanwege het verschil in samenstelling tussen het slak en primaire grondstoffen. De eventuele effecten hiervan zullen echter klein zijn vanwege de relatief geringe hoeveelheid slak (maar het betreft wel een leemte in kennis).

Het verglaasd product moet alvorens gebruik als bouwstof verkleind worden. Het energieverbruik voor het verkleinen wordt geraamd op circa 45 kWh per ton. Dit resulteert in een energieverbruik van $0,278 \cdot 45 = 13$ kWh per ton ontwikkelaar.

¹³ Conform het TNO-rapport 'Emissieprofielen Gevaarlijk Afval' zijn de stromen gaswasvloeistof en schrobwater niet meegerekend, omdat deze aan de inputs moeten worden toegerekend.

10.6 Bedrijfsmiddelen

Bedrijfsmiddelenverbruik verwerking kleurontwikkelaar

Voor de chemische ontzilvering wordt de hulpstof natriumboorhydride ingezet. In 2000 was het verbruik circa 13 m³ (Argentia, 2001). Bij de ontzilvering worden tevens natronloog en zwavelzuur gebruikt voor de pH-correctie (verbruik in 2000 50 m³ natronloog en 22 m³ zwavelzuur; Argentia, 2001). Aangenomen is dat t.b.v. de elektrolytische ontzilvering van (bleek)fixeer voornamelijk natronloog wordt verbruikt en voor de chemische ontzilvering voornamelijk zwavelzuur. Op basis van de verwerkte hoeveelheden in de chemische ontzilvering van 3,9 kton zilverarm fga (ontwikkelaar) en 5 kton spoelwater uit de filmwasstraat is het verbruik van hulpstoffen per ton vloeistof 1,5 liter Natriumboorhydride en 2,5 liter zwavelzuur.

In de indamping/osmose/verglazingsstap wordt tevens natronloog en zwavelzuur verbruikt. Het totale verbruik in 1998 was 87 m³ natronloog en 77 m³ zwavelzuur (Argentia, 2001). Aangenomen is dat het verschil met het verbruik in 2000, het verbruik van de betreffende processtappen is, te weten Natronloog: 27 m³/jaar en Zwavelzuur: 55 m³/jaar. Bij een verwerkte hoeveelheid van 9 kton fotobaden (Argentia, 1999) zijn de verbruikte hoeveelheden per ton fotobad, in dit geval ontwikkelaar 0,003 m³ Natronloog en 0,006 m³ Zwavelzuur. In het geval zwavelzuur wordt geproduceerd (in 1998 niet het geval) zal dit intern kunnen worden gebruikt. Dit betekent dat er netto geen verbruik van zwavelzuur is en dat de nettoproductie per ton ontwikkelaar circa 21,6 kg zal zijn $([0,018-0,006]*1,8)$.

Bedrijfsmiddelenverbruik verwerking reststoffen

De hoeveelheid en samenstelling van de gaswasvloeistof die wordt verbrand in een DTO is niet bekend, dus ook niet het hiermee gepaard gaande bedrijfsmiddelenverbruik. Gezien het feit dat de vloeistof voornamelijk chloor en broom bevat gaat het hierbij vooral om kalk. De hoogte van het verbruik kan wegens gebrek aan gegevens echter niet worden bepaald (leemte in kennis).

Bedrijfsmiddelenverbruik bij nuttige toepassing secundaire grondstoffen

Aangenomen is dat het bedrijfsmiddelenverbruik bij de nuttige toepassing van verglaasd product en zwavelzuur niet verschilt van die bij de toepassing van primaire grondstoffen.

10.7 Emissies naar lucht

Emissies verwerking beekontwikkelaar

Bij de chemische ontzilvering ontstaan geen noemenswaardige emissies naar de lucht (Argentia, 2000). Ook bij indamping en omgekeerde osmose van fga-baden treden geen noemenswaardige emissies op

In opdracht van Argentia zijn in 1998 emissiemetingen verricht aan de verglazingsoven (Tauw, 1998). De gemeten emissies (gereinigde massastroom in g/uur) staan weergegeven in tabel 10.3. Op basis van een bedrijfstijd van 8640 uur/jaar (volcontinu) en 9 kton fotobaden per jaar zijn deze omgerekend naar mg/ton fga, in dit geval ontwikkelaar. De waarden staan weergegeven in tabel 10.3. De emissies worden geheel toegerekend aan de fotobaden. Ook spoelwater afkomstig van de filmwasstraat wordt via indampen/omgekeerde osmose verwerkt in de verglazingsstap. Maar gezien het feit dat de ontzilverde film geen noemenswaardige verontreinigingen bevat, zal deze een verwaarloosbare bijdrage leveren aan de emissies.

De CO₂-emissies uit de oven zijn niet gegeven. Deze zijn berekend op basis van het C-gehalte van kleurontwikkelaar: circa 1,5% (zie tabel 2.1 samenstelling), waarbij is aangenomen is dat alle C wordt omgezet in CO₂.

Tabel 10.3; Emissies via afgas verglazingsoven

Component	Massastroom glassmeltoven (g/uur)	Emissie (mg/ton ontwikkelaar)
As	0,003	2,9
Cd	0,0027	2,6
Co	0,078	75
Cr	2,3	2250
Hg	0,30	291
Ni	6,5	6210
Pb	0,16	149
HCl	8	7680
HF	0,3	288
SO ₂	1680	1,61 E+06
NO _x	883	8,48 E+05
CO	19	1,79 E+04
C _x H _y	8,3	8,00 E+03
TCDD TEQ	1,64E-08	1,58 E-05
CO ₂	-	5,5 E+07

Emissies verwerking reststoffen

De gaswasvloeistof wordt verbrand in een DTO. De hoeveelheid en samenstelling zijn niet bekend. Wel is bekend dat het voornamelijk om chloor en broom gaat. De bij verbranding vrijkomende emissies zullen dan ook vooral deze componenten betreffen. De hoogte van de emissies kan wegens gebrek aan gegevens echter niet worden bepaald.

Emissies nuttige toepassing

Aangenomen is dat de emissies bij de nuttige toepassing van verglaasd product en zwavelzuur niet verschillen van die bij de toepassing van primaire grondstoffen.

10.8 Emissies naar water

Emissies verwerking kleurontwikkelaar

Bij chemische ontzilvering treden geen emissies naar water op.

De emissies naar water afkomstig van de indamping/osmose-stap zijn gebaseerd op cijfers van Argentia over 1997 zoals verstrekt aan het Hoogheemraadschap West-Brabant. Het betreft jaarvrachten voor zware metalen. Op basis van een totale doorzet van 9.000 ton zijn de cijfers omgerekend naar vrachten per ton vloeistof (in dit geval kleurontwikkelaar). De emissies worden geheel toegerekend aan de fotobaden. Ook spoelwater afkomstig van de filmwasstraat wordt verwerkt in de indamp/omgekeerde osmosestap. Maar gezien het feit dat de ontzilverde film geen noemenswaardige verontreinigingen bevat, zal deze een verwaarloosbare bijdrage leveren aan de emissies.

Tabel 10.4; Emissies naar water indamping/osmoseproces

Component	Jaarvracht afvalwater (kg/jaar)	Emissie (mg/ton ontwikkelaar)
Cr	0,37	4,1 E+01
Cu	0,26	2,8 E+01
Hg	0,06	6,2
Ni	0,34	3,8 E+01
Pb	2,45	2,7 E+02
Zn	0,94	1,1 E+02

Emissies verwerking reststoffen

De gaswasvloeistof wordt verbrand in een DTO. De hoeveelheid en samenstelling zijn niet bekend. Wel is bekend dat het voornamelijk om chloor en broom gaat. De bij verbranding vrijkomende emissies zullen dan ook vooral deze componenten betreffen. De hoogte van de emissies kan wegens gebrek aan gegevens echter niet worden bepaald.

Emissies nuttige toepassing

Aangenomen is dat de emissies bij de nuttige toepassing van verglaasd product en zwavelzuur niet verschillen van die bij de toepassing van primaire grondstoffen.

10.9 Emissies naar bodem

Emissies verwerking reststoffen

De gaswasvloeistof wordt verbrand in een DTO. De hoeveelheid en samenstelling zijn niet bekend. Wel is bekend dat het voornamelijk om chloor en broom gaat. De via de DTO-reststoffen vrijkomende emissies naar bodem zullen dan ook vooral deze componenten betreffen. De hoogte van de emissies kan wegens gebrek aan gegevens echter niet worden bepaald.

Emissies nuttige toepassing

Het verglaasde product wordt nuttig toegepast als bouwstof. Hierbij kunnen emissies naar bodem optreden. Uitlogingsgegevens zijn verkregen in door Argentia verricht onderzoek (TNO, 2000). In tabel 10.5 zijn de waarden in mg per kg verglazingsproduct weergegeven. Deze zijn omgerekend naar emissies per ton kleurontwikkelaar op basis van

- een toepassingshoogte van 0,2 meter
- een infiltratie van 300 mm
- een soortelijke massa 1500 kg/m³ (aanname)
- een tijdshorizon van 100 jaar (1 jaar voor anionen) en
- 278 kg product per ton kleurontwikkelaar.

Zoals verwacht voor een verglazingsproduct is de uitloging beperkt en ligt deze voor een groot aantal metalen zelfs onder de a-waarde uit het Bouwstoffenbesluit (in de tabel deze gevallen aangegeven met "-") De uitloging betreft een niet-vormgegeven toepassing. In de praktijk zal bij toepassing als grindvervanger in beton (vormgegeven toepassing) de uitloging minder zijn.

Tabel 10.5; Emissies naar bodem uit verglazingsproduct

Component	Uitloging (mg/kg verglazingsproduct)	mg/m ²	Emissie naar bodem (mg/ton kleurontwikkelaar)
As	0,1	-	-
Cd	0,004	-	-
Co	0,2	7	6,4
Cr	0,0475	-	-
Cu	0,1	-	-
Hg	0,00065	-	-
Ni	0,1	-	-
Pb	0,16	-	-
Zn	-	-	-
Br	2	-	-
Cl	50	-	-
F	1	-	-
SO ₄	150	2816	2525

10.10 Uitgespaarde winning/productie van grondstoffen

Door de productie van het verglazingsproduct, 278 kg/ton kleurentwikkelaar, en de toepassing als bouwstof wordt de productie van primaire bouwstoffen uitgespaard. Uitgegaan wordt van de vervanging van een even grote hoeveelheid grind.

Door de productie van zwavelzuur zijn er vermeden emissies door uitgespaarde productie van (primaire) zwavelzuur. Per ton kleurentwikkelaar wordt 21,6 kg zwavelzuur geproduceerd.

10.11 Finaal afval

De verwerking van kleurentwikkelaar door middel van elektrolyse, indamping/ omgekeerde osmose en verglazing van het concentraat levert geen te storten afvalstromen op.

10.12 Nadere overwegingen omtrent systeemgrenzen en toerekening

Zoals in paragraaf 10.1 onder punt B reeds aangegeven behoeft ontwikkelaar normaal gesproken niet ontzilverd te worden omdat het zilveragehalte al zeer laag is. In de uitwerking van dit hoofdstuk is dan ook op een aantal plaatsen uitgegaan van een situatie dat er geen zilverwinning plaatsvindt, dat verdere verwerking van ruw zilver niet aan de orde is, etc.

In praktijk doorloopt ontwikkelaar echter toch wel eens een ontzilveringsbehandeling vanwege verontreiniging met spoelwater of sporen fixeer. Zonder dergelijke verontreiniging zou de ontzilveringsbehandeling niet noodzakelijk zijn en zou er ook geen sprake zijn van bijbehorend ruimtebeslag, energiegebruik etc.

Binnen de LCA-methodiek is het als alternatieve benadering echter ook mogelijk om in een geval als dit te stellen dat alle effecten die de ontzilvering met zich mee brengt niet dienen te worden toegerekend aan de ontwikkelaar zelf, maar aan de aanwezige verontreiniging. Wanneer de systeemgrenzen strikt worden gehanteerd zou voor ontwikkelaar dat voldoet een de samenstelling van tabel 2.1 immers de hele ontzilvering niet noodzakelijk zijn en dus ook niet toegerekend behoeven te worden. Deze benadering strikt hanterend leidt binnen de gehanteerde systeemgrens (de verwerking van 1 ton ontwikkelaar met samenstelling van tabel 2.1) weliswaar tot een acceptabele benadering, maar bezien vanuit de verontreiniging (een beetje spoelwater of fixeer) zou het beeld juist weer geheel mank gaan. Die stromen krijgen immers dan alle overblijvende effecten van de totale verwerking van de mix toegerekend, inclusief de effecten die behoren bij de behandeling van de ontwikkelaar. Zo zou een hoeveelheid fixeer in een mengsel van ontwikkelaar en fixeer dus alle energie van de verwerking van het hele mengsel toegerekend krijgen (dus ook van het rondpompen van de ontwikkelaar) omdat de "schuld" van de noodzaak om ontwikkelaar zo te behandelen geheel bij dat fixeer wordt gelegd. Vanuit het fixeer bekeken is het echter ook weer niet reëel om die deelstroom te belasten met ingrepen die horen bij ontwikkelaar die toevallig de hele behandeling meeloopt. Dat het als een mengsel is aangeleverd is feitelijk de "schuld" van geen van beide fracties.

Omdat ontwikkelaar in praktijk nu eenmaal vaak toch een ontzilvering doorloopt, is de uitwerking in dit hoofdstuk opgenomen zoals gedaan.

10.13 Leemten in kennis

De leemten in kennis betreffen de volgende zaken:

- 1) De hoeveelheid en samenstelling van de gaswasvloeistof en daarmee de milieu-ingrepen bij verbranding hiervan.
- 2) De milieu-effecten van verwerking van slak uit de smeltoven bij een edelmetaalbedrijf in vergelijking met de verwerking van primaire ertsen.

11. Alternatief KO-7; mengen + toepassing als NO_x-reductievloeistof

Dit verwerkingsalternatief behelst de productie van NO_x-reductievloeistof uit fga ten behoeve van de inzet in een cementoven. De in het fga aanwezige ammonium- en amineverbindingen zorgen daarbij voor de NO_x-verwijdering.

Omtrent dit alternatief bestaan echter dusdanige onzekerheden, dat ook de resultaten van een LCA erg onzeker zouden zijn. Daarom is besloten deze techniek niet mee te nemen in dit MER. Tevens is van belang dat uit praktijkproeven bij de Nederlandse cementindustrie niet is gebleken dat het verwerkingsalternatief is te realiseren. DoOr de negatieve resultaten is de cementindustrie gestopt met de proeven.

De onzekerheden ten aanzien van het alternatief hebben betrekking op de volgende zaken (Tauf, 1998; Baumann, 1999; Argentia, 2000):

- Onduidelijkheid bestaat over de concentratie werkzame bestanddelen (ammonium- en amineverbindingen) in fga en over de benodigde concentratie hiervan bij toepassing als NO_x-reductiemiddel. In verschillende bronnen worden uiteenlopende concentraties genoemd. Daarmee is onzeker hoeveel werkzaam bestanddeel (zoals ureum) moet worden toegevoegd en hoeveel regulier NO_x-reductiemiddel uiteindelijk wordt bespaard.
- Fga bevat naast de werkzame bestanddelen andere stoffen (organische verbindingen, zwavelverbindingen (sulfaat, thiosulfaat, sulfiet), halogenen (chloride, bromide), metalen, natrium en kalium) die mogelijk schadelijke effecten veroorzaken zoals emissies naar lucht, corrosie of verslechtering van de cementkwaliteit. Ten aanzien van deze eventuele effecten bestaan onvoldoende gegevens.
Zo bestaat onzekerheid over de mate van afbraak van de organische verbindingen. Dit hangt ook samen met de plaats van injectie (zie hieronder) die bepalend is voor de verbrandingstemperatuur en de verblijftijd. Bij onvolledige verbranding van de organische verbindingen treden emissies van organische stoffen en CO op.
Ten aanzien van de zwavelverbindingen is onzeker in hoeverre deze in de klinker terechtkomen. Dit betekent dat er mogelijk SO₂-emissies naar de lucht optreden.
Ook voor chloride en bromide is onduidelijk hoe hoog de emissies naar lucht zullen zijn. De verwachting is dat deze stoffen, evenals Na en K, grotendeels in het cement terechtkomen. Dit heeft echter een mogelijk schadelijke invloed op de cementkwaliteit.
- Met betrekking tot bepaalde componenten (met name hydrochinon in ontwikkelaar) bestaat onzekerheid over een mogelijk positieve invloed op de werking van fga als NO_x-reductiemiddel. Zowel over de concentratie hydrochinon als over de werking bestaat onduidelijkheid. Dit betekent dat het de vraag is in hoeverre menging van fixeer met ontwikkelaar zinvol is bij de productie van het reductiemiddel.
- De vraag is waar het NO_x-reductiemiddel in de cementoven wordt geïnjecteerd (in de vlam, na de vlam of na de vuurhaard). Dit heeft met name consequenties voor de mate van afbraak van de organische verbindingen.

12. Alternatief KO-8; hergebruik

12.1 Procesbeschrijving

A. Aanvoer fga

Kleurontwikkelaar wordt door de verwerker (Van Vlodrop) direct ingezameld bij de ontdoeners in het gehele land. Ook Kga-inzamelaars spelen een rol. Transport geschiedt per vrachtwagen. De ingezamelde fga wordt na keuring verwerkt in de installatie. Afgekeurde partijen (minder dan 1%) worden afgevoerd naar een erkende verwerker waar het wordt verwerkt.

B. Ionenwisselaar

De kleurontwikkelaar die geschikt is voor hergebruik wordt geleid door een ionenwisselaar (harskolom) waarbij de chloride uit de oplossing verwijderd wordt. Na gebruik wordt de harskolom geregenereerd en geschikt gemaakt voor een nieuwe lading. Voor deze regeneratie en spoeling van de kolom wordt natriumchloride, natriumcarbonaat en water gebruikt. Het regeneratie/spoelwater dat voornamelijk chloride- en natriumionen bevat wordt geloosd op het riool (naar RWZI).

C. Controle en afzet

De afgenomen concentraties van de verschillende componenten in de gereinigde kleurontwikkelaar worden op het oorspronkelijk niveau teruggebracht en vervolgens getest op verschillende eigenschappen. Partijen die niet aan de gestelde eisen voldoen worden teruggevoerd in het productieproces of, indien dit niet mogelijk is, afgevoerd naar een verwerker. Indien aan de voorwaarden wordt voldaan dan wordt de vloeistof als RA4-kleurontwikkelaar op de markt gebracht.

12.2 Massabalans

Tabel 12.1 bevat de massabalans voor de verwerking van 1 ton kleurontwikkelaar bij Van Vlodrop (Van Vlodrop, 2000b).

Tabel 12.1: Massabalans verwerking kleurontwikkelaar voor hergebruik bij VV

	Hoeveelheid per ton verwerkt kleurontwikkelaar (ton)	Bestemming
INPUT		
Kleurontwikkelaar	1	
Toegevoegde chemicaliën	0,026	
Natriumchloride	0,028	
Natriumbicarbonaat	0,028	
Leidingwater	1,6	
OUTPUT		
Kleurontwikkelaar	1	Hergebruik
Afvalwater	1,6	Lozing naar RWZI

12.3 Ruimtebeslag

Het totale bebouwde oppervlak bij Van Vlodrop is 2.300 m², waarvan 1.950 m² bedrijfshallen en opslag (Van Vlodrop, 1999). Uitgaande van een bewerkingscapaciteit van in totaal 17.500 ton vloeistoffen; 12.500 ton fga en 5.000 ton herbruikbare vloeistoffen (Van Vlodrop, 1999), is het ruimtebeslag 0,11 m²*jr per ton bewerkte vloeistof.

12.4 Transport

In het beschouwde verwerkingsalternatief vindt aanvoer per as plaats van kleurontwikkelaar en hulpstoffen en afvoer van het product.

Voor het transport van het fga naar de verwerkers wordt uitgegaan van één verwerker die fga door heel Nederland (alle verwerkers hebben landelijk recht om in te zamelen) inzamelt en derhalve van een gemiddelde transportafstand van 150 km heen en terug. Het fga wordt per vrachtauto getransporteerd waarbij wordt uitgegaan van ongeveer 12 ton per vracht.

Aangenomen wordt dat de afvoer van het product en het vermeden transport door de uitgespaarde hoeveelheid product elkaar opheffen.

Voor de hulpstoffen natriumchloride en natriumcarbonaat wordt een transportafstand van 75 km aangehouden op basis van enkele productielocaties in Nederland. Voor de andere gebruikte chemicaliën is bij gebrek aan gegevens tevens uitgegaan van een transportafstand van 75 km.

Tabel 12.2 Overzicht transportafstanden

Materiaal	omvang (kg)	Afstand (km)	Tonkilometers (tkm/t fga)
Aanvoer kleurontwikkelaar	1000	150	150
Aanvoer natriumchloride	28	75	2,1
Aanvoer natriumbicarbonaat	28	75	2,1
Aanvoer overige chemicaliën	26	75	1,95
Vermeden chemicaliën	173	75	12,98

12.5 Verbruik energie

Energieverbruik verwerking kleurontwikkelaar

Het energiegebruik voor de hergebruikstechniek is 7 kWh/ton fga (Van Vlodrop, 2000). Er is echter aangenomen dat deze energie voor het opwaarderen van de vloeistof tot afzetbaar kleurontwikkelaar (met name mengen en roeren) vergelijkbaar is met de vermeden energie van het niet te hoeven produceren van primair kleurontwikkelaar. Deze 7 kWh wordt dan ook niet in rekening gebracht.

12.6 Verbruik bedrijfsmiddelen

Bedrijfsmiddelenverbruik verwerking kleurontwikkelaar

Voor de elektrolyse van het kleurontwikkelaar worden geen bedrijfsmiddelen gebruikt.

De afgenomen concentraties van de verschillende componenten in de gereinigde kleurontwikkelaar worden op het oorspronkelijk niveau teruggebracht. De toevoeging bestaat uit 26 kg chemicaliën/componenten per ton fga (Van Vlodrop, 2000). Exacte kennis omtrent deze chemicaliën ontbreekt (geheim). Wel is bekend dat circa 17 van de 26 kg bestaat uit tri-ethanolamine. Er wordt in dit MER gerekend met 26 kg tri-ethanolamine.

Daarnaast wordt per ton ontwikkelaar natriumchloride en natriumbicarbonaat (beide 28 kg) gebruikt.

12.7 Emissies naar lucht

Bij op- en overslag en verwerking van Fga kunnen emissies naar lucht optreden. Uit de samenstelling van vloeibare fotografische afvalstoffen kan echter worden afgeleid dat uit ontwikkelaar geen noemenswaardige emissies zullen optreden (Grontmij, 1995; Van Vlodrop, 1999).

12.8 Emissies naar water

Het gebruikte proceswater voor de regeneratie en spoelen van kolommen (1,6 ton per ton ontwikkelaar) wordt geloosd op het riool (naar RWZI). De concentraties in het spoel/regeneratiewater zijn gegeven in de vergunningaanvraag van Van Vlodrop (Van Vlodrop, 1999). Op basis van de hoeveelheid van 1,6 ton per ton ontwikkelaar zijn deze omgerekend naar geloosde hoeveelheden per ton ontwikkelaar. De emissies naar het water zijn bepaald met behulp van de rendementen van een RWZI (zie tabel 4.2). Een en ander is weergegeven in tabel 12.3.

Tabel 12.3; Emissies naar water door lozing afvalwater

Component	Hoeveelheid per ton ontwikkelaar (g/ton)	Zuiveringsrendement (%)	Emissies (mg/ton ontwikkelaar)
Chloride	1,7 E+04	0 (1)	1,7 E+07
Bicarbonaat	1,6 E+04	0 (1)	1,6 E+07
Cd	4,8 E-04	72	1,3 E-01
Cu	1,4 E-01	92	1,1 E+01
Zn	1,6 E-02	75	4,0 E+00
EOCl	1,4 E-02	0 (2)	1,4 E-02
CZV	6,4 E+02	90	6,4 E+04
N-kjeldahl	1,6 E+01	89	1,8 E+03

- 1) aangenomen is dat geen verwijdering van chloride plaatsvindt
- 2) niet bekend; uitgegaan is van een rendement van nul

12.9 Emissies naar bodem

Bij de verwerking van kleurontwikkelaar voor hergebruik worden geen stoffen op de bodem gebracht en treden dan ook geen emissies naar bodem op.

12.10 Uitgespaarde winning/productie van grondstoffen

Door het hergebruik van kleurontwikkelaar wordt de productie van een ongeveer even grote hoeveelheid kleurontwikkelaar uitgespaard. Ten aanzien van het productieproces voor kleurontwikkelaar geldt dat hier geen sprake is van vermeden effecten omdat het opwerken van de verkregen vloeistof en het vermeden productieproces van primair kleurontwikkelaar vergelijkbaar zijn. Wel worden chemicaliën vermeden die normaal voor de productie van een ton kleurontwikkelaar worden gebruikt. De exacte vermeden chemicaliën zijn niet bekend (geheim) maar wel bekend is dat de gebruikte 26 kg aan chemicaliën grotendeels dient als aanvulling van de oorspronkelijk aanwezige chemicaliën. Het betreft hier 10 tot 20% van de oorspronkelijk aanwezige hoeveelheid. Uitgaande van 26 kg tri-ethanolamine en een percentage van 15% betekent dit dat hiermee ongeveer 173 kg tri-ethanolamine wordt vermeden die anders voor de productie van primair kleurontwikkelaar zou zijn gebruikt.

12.11 Finaal afval

Bij de verwerking van kleurontwikkelaar voor hergebruik ontstaan geen te storten afvalstoffen.

12.12 Leemten in kennis

Leemten in kennis zijn er met betrekking tot de volgende zaken:

- 1) De exacte aard en samenstelling van gebruikte en uitgespaarde chemicaliën.
- 2) De detailsamenstelling van het geloosde proceswater, alsmede de toxiciteit en afbreekbaarheid van de daarin voorkomende componenten

13. Alternatief KO-9; voorverdampen + fysisch/chemisch/ biologische zuivering + AVI

13.1 Procesbeschrijving

De procesbeschrijving is nagenoeg identiek aan de procesbeschrijving in paragraaf 7.1. Het enige verschil is dat de kleurontwikkelaar niet eerst chemisch wordt ontzilverd, maar direct naar de voorverdamping bij VVM gaat.

Dit verwerkingsalternatief is uitsluitend alleen mogelijk indien het zilveragehalte van de kleurontwikkelaar lager is dan 100 mg/l.

13.2 Massabalans

Identiek aan beschrijving in paragraaf 7.2 met als wijziging dat de passage over chemische ontzilvering vervalt. In de massabalans vervalt het deel Argentia.

13.3 Ruimtebeslag

Identiek aan beschrijving in paragraaf 7.3 met als wijziging dat het ruimtebeslag bij Argentia vervalt.

13.4 Transport

Identiek aan beschrijving in paragraaf 7.4 met als wijziging dat in plaats van aanvoer van fga en hulpstoffen naar Argentia het aanvoer naar VVM betreft. In deze optie vervalt het transport van ontzilverd bad naar VVM en verder vervalt de aanvoer van chemicaliën naar Argentia.

13.5 Energie

Identiek aan beschrijving in paragraaf 7.5 met als wijziging dat het energieverbruik bij Argentia voor chemische ontzilvering vervalt.

13.6 Bedrijfsmiddelen

Identiek aan beschrijving in paragraaf 7.6 met als wijziging dat het verbruik van bedrijfsmiddelen bij Argentia voor de chemische ontzilvering vervalt.

13.7 Emissies naar lucht

Identiek aan beschrijving in paragraaf 7.7 met als wijziging dat de opmerking over emissies door chemische ontzilvering vervalt.

13.8 Emissies naar water

Identiek aan beschrijving in paragraaf 7.8 met als wijziging dat de opmerking over emissies door chemische ontzilvering vervalt.

13.9 Emissies naar bodem

Identiek aan beschrijving in paragraaf 7.9.

13.10 Uitgespaarde winning/productie grondstoffen

Identiek aan beschrijving in paragraaf 7.10.

13.11 Finaal afval

Identiek aan beschrijving in paragraaf 7.11.

13.12 Kennisleemten

Identiek aan beschrijving in paragraaf 7.12.

14. Alternatief KO-10; voorverdampen + fysisch/chemisch/ biologische zuivering + verglazing

14.1 Procesbeschrijving

De procesbeschrijving is nagenoeg identiek aan de procesbeschrijving in paragraaf 8.1. Het enige verschil is dat de kleurontwikkelaar niet eerst chemisch wordt ontzilverd, maar direct naar de voorverdamping bij VVM gaat.

Dit verwerkingsalternatief is uitsluitend alleen mogelijk indien het zilveragehalte van de kleurontwikkelaar lager is dan 100 mg/l.

14.2 Massabalans

Identiek aan beschrijving in paragraaf 8.2 met als wijziging dat de passage over chemische ontzilvering uit paragraaf 7.2 vervalt. In de massabalans (tabel 7.1) vervalt het deel Argentia.

14.3 Ruimtebeslag

Identiek aan beschrijving in paragraaf 8.3 met als wijziging dat het ruimtebeslag bij Argentia (paragraaf 7.3) vervalt.

14.4 Transport

Identiek aan beschrijving in paragraaf 8.4 met als wijziging dat in plaats van aanvoer van fga en hulpstoffen naar Argentia (paragraaf 7.4) het aanvoer naar VVM betreft. In deze optie vervalt het transport van ontzilverd bad naar VVM en verder vervalt de aanvoer van chemicaliën naar Argentia.

14.5 Energie

Identiek aan beschrijving in paragraaf 8.5 met als wijziging dat het energieverbruik bij Argentia voor chemische ontzilvering (paragraaf 7.5) vervalt.

14.6 Bedrijfsmiddelen

Identiek aan beschrijving in paragraaf 8.6 met als wijziging dat het verbruik van bedrijfsmiddelen bij Argentia voor de chemische ontzilvering (paragraaf 7.6) vervalt.

14.7 Emissies naar lucht

Identiek aan beschrijving in paragraaf 8.7 met als wijziging dat de opmerking over emissies door chemische ontzilvering (paragraaf 7.7) vervalt.

14.8 Emissies naar water

Identiek aan beschrijving in paragraaf 8.8 met als wijziging dat de opmerking over emissies door chemische ontzilvering (paragraaf 7.8) vervalt.

14.9 Emissies naar bodem

Identiek aan beschrijving in paragraaf 8.9.

14.10 Uitgespaarde winning/productie grondstoffen

Identiek aan beschrijving in paragraaf 8.10.

14.11 Finaal afval

Identiek aan beschrijving in paragraaf 8.11.

14.12 Kennisleemten

Identiek aan beschrijving in paragraaf 8.12.

BIJLAGE 1:

OVERZICHTEN MILIEU-INGREPEN

Verwerkingstechniek: KO-1				
ASPECT		(specificatie)	INGREEP	Gev. analyse (a)
				1 (b)
1.	Ruimtebeslag (m ² /jaar)	sulfideprec./UF zilversmelten afvalwaterverwerking AVI AVI-vliegas AVI-rookgasreinigingsresidu	0,11 0,007 0,09 0,007 0,067 0,151	als normaal
2.	Transport in tkm (ton/vracht)	kleuontwikkelaar sulfideslib (as) (water) ontzilverd bad residu chemicaliën verwerking chemicaliën smeltoven AVI-vliegas AVI-rgr NaOH (20%) NH ₄ OH (25%) Ca(OH) ₂ voor AVI (as) (water) Afdekzand (stort rgr) (as) (water) Afvoer AVI-slak	150 (12) 4,4 (25) 2,2 (-) 149 (20) 24 (25) 0,06 (10) 0,09 (10) 0,90 (10) 0,54 (10) 1,88 (10) 0 (10) 0,07 (10) 0,88 (-) 0,38 (20) 0,41 (-) 6,5 (10)	als normaal
3.	Energiegebruik	ultramembraanfiltratie verwarming spoelwater elek. afvalwaterverwerking stoom afvalwaterverwerking zilversmeltoven voeding AVI immobilisatie AVI-vliegas stort AVI-vliegas (diesel) stort AVI-rgr (diesel)	26,9 kWh 13,1 MJ 5,0 kWh 355 MJ 90 kWh 8 kWh 0,04 kWh 0,60 MJ 1,13 MJ	als normaal
4.	Bedrijfsmiddelen	<u>sulfideprec./UF:</u> natronloog (33%) natriumsulfide (40%) zepen citroenzuur water <u>smeltoven:</u> natronloog (33%) <u>AVI:</u> natronloog (20%) kalk (Ca(OH) ₂) NH ₄ OH (25%) <u>verwerking AVI-reststoffen:</u> cement big bags PE-hoezen zand	0,014 kg 0,121 kg 0,014 kg 0,71 kg 75 liter 1,2 liter 25 kg 1,47 kg 0,04 kg 0,69 kg 0,036 kg 0,014 kg 8,1 kg	als normaal

Verwerkingstechniek: KO-1				
ASPECT	(specificatie)	INGREEP	Gev. analyse (a)	
			1 (b)	
5.	Emissie lucht (mg)	<u>afvalwaterverwerking:</u> CxHy <u>smeltoven:</u> Ag Cd Cr Ni Stof HCl HBr SOx NH ₃ <u>AVI:</u> Ag Cd Co Cr Cu Hg Mn Ni Pb Zn HCl SO ₂ NOx NH ₃ CO ₂ CO CxHy TCDD TEQ fijn stof	2,0 E+4 192 0,47 0,94 0,31 3453 1355 235 909 940 6,9 2,5 0,35 1,7 0,35 14,9 0,35 0,35 0,35 0,35 4000 60000 22900 1150 5,5 E+07 7630 1910 1,91 E-05 1170	als normaal
6.	Emissie water (mg)	<u>spoelwater UF:</u> Ag Cd Cr Cu Hg Ni Pb Zn CZV N-kjeldahl <u>afvalwaterverwerking:</u> Zwevend stof Chloride Zwavel CZV BZV N-kjeldahl Fosfaat	4,4 E+00 1,8 E-02 6,4 E-01 8,5 E-01 5,2 E-02 2,0 E-01 3,3 E-01 1,2 E+00 3,4 E+04 1,3 E+03 9,10 E+03 2,88 E+04 2,82 E+02 1,72 E+05 3,72 E+03 3,51 E+05 2,21 E+03	als normaal

Verwerkingstechniek: KO-1				
ASPECT	(specificatie)	INGREEP	Gev. analyse (a)	
			1 (b)	
7.	Emissie bodem (mg)	<u>AVI-reststoffen</u> Ag Cd Co Cr Cu Hg Mn Ni Pb Zn Cl SO ₄	5,61 0,35 0,35 1,40 0,28 0,02 0,28 0,28 0,28 0,28 6,87E+04 6,66E+05	als normaal
8.	Finaal afval / te storten rest	AVI-vliegas AVI-rookgasreinigingsresidu	10 kg 10,8 kg	als normaal
9.	Vermeden transport in tkm (ton/vracht)	vermeden zand (as) (water)	3,03 (20) 4,34 (-)	als normaal
10.	Vermeden energie	energieopbrengst AVI	0 kWh	46,2
11.	Vermeden emissie lucht		geen	als normaal
12.	Vermeden emissie water		geen	als normaal
13.	Vermeden emissie bodem		geen	als normaal
14.	Vermeden bedrijfsmiddelen	zilver zand	0,02 kg 86,7 kg	als normaal
15.	Overig	zuiveren spoelwater (c)	35 liter	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 "toch toerekenen energie"
- (c) Koppelen aan ontwikkelde proceskaart "afvalwaterzuivering"

Verwerkingstechniek; KO-2						
ASPECT		(specificatie)	INGREEP	Gevoeligheidsanalyses (a)		
				1 (b)	2 (c)	3 (d)
1.	Ruimtebeslag (m ² /jaar)	sulfideprec./UF zilversmelten afvalwaterverwerking verglazingsresidu stort reststoffen	0,11 0,01 0,09 0,28 0	0,11 0,007 0,09 0,28 0,34	als normaal	als normaal
2.	Transport in tkm (ton/vracht)	kleuontwikkelaar sulfideslib (as) (water) ontzilverd bad residu chemicaliën verwerking chemicaliën smeltoven kalk Edelchemie (as) (water) chemicaliën Edelchemie obsidiaan sulfaatslib	150 (12) 4,4 (25) 2,2 (-) 149 (20) 59,2 (25) 0,06 (10) 0,09 (10) 0,2 (10) 2,4 (-) 1,79 (10) 3,2 (20) 9,9 (20)	150 4,4 2,2 149 59,2 0,06 0,09 0,2 2,4 1,79 1,7 1,3	als normaal	als normaal
3.	Energiegebruik	ultramembraanfiltratie verwarming spoelwater elek. afvalwaterverw. stoom afvalwaterverw. zilversmeltoven elektr. verglazing residu brandstof verglazing residu verkleining obsidiaan stort reststoffen (diesel)	26,9 kWh 13,1 MJ 5,0 kWh 355 MJ 104 kWh 53 MJ 0 MJ 1,9 kWh 0 MJ	26,9 13,1 5,0 355 104 53 0 - 4,6 MJ	als normaal	26,9 13,1 5,0 355 104 53 2290 1,9 0
4.	Bedrijfsmiddelen	<u>SP/UF:</u> natronloog (33%) natriumsulfide (40%) zepen citroenzuur water <u>smeltoven:</u> natronloog (33%) <u>verglazing residu</u> water kalk salpeterzuur ammoniak natriumsulfide chilisalpeter borax	0,014 kg 0,121 kg 0,014 kg 0,71 kg 75 liter 1,2 liter 1420 kg 4 kg 5,4 kg 5,5 kg 1,9 kg 4,3 kg 2,5 kg	als normaal	als normaal	als normaal

Verwerkingstechniek: KO-2						
ASPECT	(specificatie)	INGREEP	Gevoeligheidsanalyses (a)			
			1 (b)	2 (c)	3 (d)	
5.	Emissie lucht (mg)	<u>afvalwaterverwerking:</u>				
		CxHy	2,0 E+4	2,0 E+4	als normaal	2,0 E+4
		<u>smeltoven:</u>				
		Ag	192	192		192
		Cd	0,47	0,47		0,47
		Cr	0,94	0,94		0,94
		Ni	0,31	0,31		0,31
		Stof	3453	3453		3453
		HCl	1355	1355		1355
		HBr	235	235		235
		SOx	909	909		909
		NH ₃	940	940		940
		<u>verglazing residu:</u>				
		Ag	2,7	2,7		2,7
		As	2,5 E+02	2,5 E+02		0
		Cd	3,0 E+02	3,0 E+02		3,0 E+02
		Co	1,0 E+02	1,0 E+02		1,0 E+02
		Cr	3,5 E+03	3,5 E+03		2,5 E+03
		Cu	1,3 E+03	1,3 E+03	18	
		Hg	5	5	5	
		Mn	6,0 E+02	6,0 E+02	6,0 E+02	
		Ni	1,1 E+03	1,1 E+03	44	
		Pb	1,9 E+04	1,9 E+04	72	
		Sb	5	5	0	
		Se	5,0 E+01	5,0 E+01	0	
		Sn	3,5 E+02	3,5 E+02	0	
		V	5,0 E+01	5,0 E+01	0	
		Zn	2,9 E+03	2,9 E+03	91	
		stof	5,5 E+05	5,5 E+05	0	
		HCl	4,2 E+03	4,2 E+03	4,2 E+03	
		HF	3,5 E+02	3,5 E+02	3,5 E+02	
		SOx	3,0 E+04	3,0 E+04	0	
		NOx	4,1 E+05	4,1 E+05	0	
		CO ₂	2,0 E+08	2,0 E+08	5,5 E+07	
CxHy	2,5 E+04	2,5 E+04	0			
<u>cementoven</u>						
Ag	0,10	0	0,10			
Cd	0,83	0	0,83			
Cr	1,1	0	0,79			
Cu	3,8	0	0,05			
Hg	4,2	0	4,2			
Mo	0,083	0	0,083			
Ni	0,93	0	0,038			
Pb	27	0	0,10			
Sb	0,45	0	0,45			
Sn	0,67	0	0,67			
Zn	8,8	0	0,28			

Verwerkingstechniek: KO-2						
ASPECT	(specificatie)	INGREEP	Gevoeligheidsanalyses (a)			
			1 (b)	2 (c)	3 (d)	
6.	Emissie water (mg)	<u>spoelwater UF:</u>				
		Ag	4,4 E+00		4,4 E+00	
		Cd	1,8 E-02	als normaal	als normaal	1,8 E-02
		Cr	6,4 E-01			6,4 E-01
		Cu	8,5 E-01			8,5 E-01
		Hg	5,2 E-02			5,2 E-02
		Ni	2,0 E-01			2,0 E-01
		Pb	3,3 E-01			3,3 E-01
		Zn	1,2 E+00			1,2 E+00
		CZV	3,4 E+04			3,4 E+04
		N-kjeldahl	1,3 E+03			1,3 E+03
		<u>afvalwaterverw.:</u>				
		Zwevend stof	9,10 E+03			9,10 E+03
		Chloride	2,88 E+04			2,88 E+04
		Zwavel	2,82 E+02			2,82 E+02
		CZV	1,72 E+05			1,72 E+05
		BZV	3,72 E+03			3,72 E+03
		N-kjeldahl	3,51 E+05			3,51 E+05
		Fosfaat	2,21 E+03			2,21 E+03
		<u>verglazing residu</u>				
		Ag	24			24
		Cd	34			34
		Cr	465			332
		Cu	537			7,5
		Hg	3,08			3,08
		Ni	1960			78,4
		Pb	4830			18,3
Zn	1670			52,2		
SO ₄ /SO ₂	5410			5410		
CZV	969000			969000		
7.	Emissie bodem (mg)	<u>cement:</u>				
		Ag	0		0,10	
		Cd	0	als normaal	1,08	als normaal
		Cr	0		1,07	
		Cu	0		3,83	
		Hg	0		0,72	
		Mo	0		0,083	
		Ni	0		0,93	
		Pb	0		26,65	
		Sb	0		0,45	
		Sn	0		10,66	
		Zn	0		8,83	
		<u>obsidiaan:</u>				
		Ni	0		393	
		Pb	0		25,2	
		Zn	0		6900	
Sulfaat	0		18,9			
8.	Finaal afval	obsidiaan	0 kg	42	als normaal	als normaal
		sulfaatslib	0 kg	33		
9.	Vermeden transport in tkm	vermeden zand (as)	1,47 (20)	0	als normaal	als normaal
		(water)	2,1 (-)	0		
10.	Vermeden energie		geen	als normaal	als normaal	als normaal
11.	Vermeden emissie lucht		geen	als normaal	als normaal	als normaal
12.	Vermeden emissie water		geen	als normaal	als normaal	als normaal
13.	Vermeden emissie bodem		geen	als normaal	als normaal	als normaal

Verwerkingstechniek: KO-2						
ASPECT		(specificatie)	INGREEP	Gevoeligheidsanalyses (a)		
				1 (b)	2 (c)	3 (d)
14.	Vermeden bedrijfsmiddelen	zilver	9,6 g	9,6	als normaal	9,6
		loodsulfaat	1800 g	1800		6,1
		koperhydroxide	540 g	540		7,5
		nikkelhydroxide	160 g	160		6,4
		grind	42000 g	0		42000
		gips	19000 g	0		19000
15.	Overig	zuiveren spoelwater (e)	35 liter			

- (a) Ingeval uit de zwaartepuntsanalyse volgt dat transport bij de weegvormen 1 of 3 voor 20% of meer de totaalscore bepaald worden, naast de gevoeligheidsanalyses uit de tabel, tevens de gevoeligheidsanalyses "meer transport" resp. "minder transport" uitgevoerd. De transportafstanden (tkm) worden dan met 50% verhoogd c.q. verlaagd.
- (b) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "toch storten"
- (c) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "toch uitloging"
- (d) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "exclusief effect ander afval"
- (e) Koppelen aan ontwikkelde proceskaart "afvalwaterzuivering"

Verwerkingstechniek: KO-3				
ASPECT		(specificatie)	INGREEP	Gevoeligheidsanalyses (a)
				1 (b)
1.	Ruimtebeslag (m ² jaar)	ontzilvering afvalwaterverwerking AVI AVI-vliegas AVI-rookgasreinigingsresidu	0,16 0,09 0,007 0,067 0,151	als normaal
2.	Transport in tkm (ton/vracht)	kleurontwikkelaar ontzilverd bad residu chemicaliën verwerking AVI-vliegas AVI-rgr NaOH (20%) NH ₄ OH (25%) Ca(OH) ₂ voor AVI (as) (water) Afdeksand (stort rgr) (as) (water) Afvoer AVI-slak	150 (12) 150 (20) 24 (25) 0,30 (10) 0,90 (10) 0,54 (10) 1,88 (10) 0 (10) 0,07 (10) 0,88 (-) 0,28 (20) 0,41 (-) 6,5 (10)	als normaal
3.	Energiegebruik	ontzilvering elektr. afvalwaterverw. stoom afvalwaterverw. voeding AVI immobilisatie AVI-vliegas stort AVI-vliegas (diesel) stort AVI-rgr (diesel)	3,5 kWh 5,0 kWh 357 MJ 8 kWh 0,04 kWh 0,60 MJ 1,13 MJ	als normaal
4.	Bedrijfsmiddelen	ontzilvering NaBH ₄ (aq) zwavelzuur AVI: natronloog (20%) kalk (Ca(OH) ₂) NH ₄ OH (25%) verwerking AVI-reststoffen: cement big bags PE-hoezen zand	1,5 liter 2,5 liter 25 kg 1,47 kg 0,04 kg 0,69 kg 0,036 kg 0,014 kg 8,1 kg	als normaal

Verwerkingstechniek: KO-3				
ASPECT		(specificatie)	INGREEP	Gevoeligheidsanalyses (a)
				1 (b)
5.	Emissie lucht (mg)	afvalwaterverwerking: C _x H _y AVI: Ag Cd Co Cr Cu Hg Mn Ni Pb Zn HCl SO ₂ NO _x NH ₃ CO ₂ CO C _x H _y TCDD TEQ fijn stof	2,0 E+4 21 25 3,5 3,5 3,5 149,6 3,5 3,5 3,5 3,5 3988 60000 23040 1150 5,5 E+07 7680 1920 1,92 E-05 1370	als normaal
6.	Emissie water (mg)	afvalwaterverwerking: Zwevend stof Chloride Zwavel CZV BZV N-kjeldahl Fosfaat	9,10 E+03 2,88 E+04 2,82 E+02 1,72 E+05 3,72 E+03 3,51 E+05 2,21 E+03	als normaal
7.	Emissie bodem (mg)	AVI-reststoffen Ag Cd Co Cr Cu Hg Mn Ni Pb Zn Cl SO ₄	16,94 3,50 3,51 2,82 2,82 0,25 2,82 2,82 2,82 2,82 2,82 6,87 E+04 6,66 E+05	als normaal
8.	Finaal afval / te storten rest	AVI-vliegas AVI-rookgasreinigingsresidu	10 kg 10,8 kg	als normaal
9.	Vermeden transport in tkm (ton/vracht)	zand (land) (water)	3,03 (20) 4,34 (-)	als normaal
10.	Vermeden energie	elektriciteitsproductie AVI	0 kWh	46,2
11.	Vermeden emissie lucht		geen	als normaal
12.	Vermeden emissie water		geen	als normaal
13.	Vermeden emissie bodem		geen	als normaal
14.	Vermeden bedrijfsmiddelen	zand	86,7 kg	als normaal
15.	Overig		geen	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 "elektriciteitsproductie AVI"

Verwerkingstechniek: KO-4						
ASPECT		(specificatie)	INGREEP	Gevoeligheidsanalyses (a)		
				1 (b)	2 (c)	3 (d)
1.	Ruimtebeslag (m ² /jaar)	ontzilvering afvalwaterverw. verglazing residu stort reststoffen	0,16 0,09 0,28 0	0,16 0,09 0,28 0,34	als normaal	als normaal
2.	Transport in tkm (ton/vracht)	Aanvoer kleurontwikkelaar Afvoer ontzilverd bad Afvoer residu VVM Chemicaliën verwerking Afvoer obsidiaan Afvoer ontsulfateringsslib Kalk Edelchemie (as) (water) Chemicaliën Edelchemie	150 (12) 150 (20) 59,2 (25) 0,30 (10) 3,2 (20) 9,9 (20) 0,2 (10) 2,4 (-) 1,79 (10)	150 150 59,2 0,30 1,7 1,3 0,2 2,4 1,79	als normaal	als normaal
3.	Energiegebruik	ontzilvering stoom afvalwaterverw. elektr. afvalwaterverw. elektr. verglazing residu brandstof verglazing residu verkleining obsidiaan stort reststoffen (diesel)	3,5 kWh 357 MJ 5,0 kWh 53 MJ 0 MJ 1,9 kWh 0 MJ	3,5 357 5,0 53 0 1,9 4,5	als normaal	3,5 357 5,0 53 2290 1,9 0
4.	Bedrijfsmiddelen	<u>ontzilvering</u> NaBH ₄ (12%) zwavelzuur <u>verglazing residu</u> water kalk salpeterzuur ammoniak natriumsulfide chilisalpeter borax	1,5 liter 2,5 liter 1420 kg 4 kg 5,4 kg 5,5 kg 1,9 kg 4,3 kg 2,5 kg	als normaal	als normaal	als normaal

Verwerkingstechniek: KO-4							
ASPECT	(specificatie)	INGREEP	Gevoeligheidsanalyses (a)				
			1 (b)	2 (c)	3 (d)		
5.	Emissie lucht (mg)	<u>afvalwaterverwerking:</u>					
		CxHy	2,0 E+4	2,0 E+4		2,0 E+4	
		<u>verglazing residu:</u>			als normaal		
		Ag	8	8		8	
		As	250	250		0	
		Cd	300	300		300	
		Co	100	100		100	
		Cr	3500	3500		2500	
		Cu	1300	1300		18	
		Hg	5	5		5	
		Mn	600	600		600	
		Ni	1050	1050		42	
		Pb	19000	19000		72	
		Sb	5	5		0	
		Se	50	50		0	
		Sn	350	350		0	
		V	50	50		0	
		Zn	2850	2850		89	
		stof	5,5 E+05	5,5 E+05		0	
		HCl	4150	4150		4,2 E+03	
		HF	350	350		3,5 E+02	
		SOx	3,0 E+04	3,0 E+04		0	
		NOx	4,1 E+05	4,1 E+05		0	
		CO ₂	2,0 E+08	2,0 E+08		5,5 E+07	
		CxHy	2,5 E+04	2,5 E+04		0	
			<u>Cementoven</u>				
			Ag	0,30	0		0,30
			Cd	0,83	0		0,83
			Cr	1,1	0		0,79
			Cu	3,8	0		0,05
			Hg	4,2	0		4,2
			Mo	0,083	0		0,083
	Ni	0,93	0		0,038		
	Pb	27	0		0,10		
	Sb	0,45	0		0,45		
	Sn	0,67	0		0,67		
	Zn	8,8	0		0,28		
6.	Emissie water (mg)	<u>afvalwaterverw.:</u>					
		Zwevend stof	9,10 E+03			9,10 E+03	
		Chloride	2,88 E+04	als normaal	als normaal	2,88 E+04	
		Zwavel	2,82 E+02			2,82 E+02	
		CZV	1,72 E+05			1,72 E+05	
		BZV	3,72 E+03			3,72 E+03	
		N-kjeldahl	3,51 E+05			3,51 E+05	
		Fosfaat	2,21 E+03			2,21 E+03	
		<u>verglazing residu</u>					
		Ag	71			71	
		Cd	34			34	
		Cr	465			332	
		Cu	537			7,5	
		Hg	3,08			3,08	
		Ni	1.960			78,4	
Pb	4.830			18,3			
Zn	1.670			52,2			
SO ₄	5.410			5410			
CZV	969.000			969000			

Verwerkingstechniek: KO-4						
ASPECT		(specificatie)	INGREEP	Gevoeligheidsanalyses (a)		
				1 (b)	2 (c)	3 (d)
7.	Emissie bodem (mg)	<u>cement:</u> Ag Cd Cr Cu Hg Mo Ni Pb Sb Sn Zn <u>obsidiaan:</u> Ni Pb Zn Sulfaat	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	als normaal	0,30 1,08 1,07 3,83 0,72 0,083 0,93 26,65 0,45 10,66 8,83 393 25,2 6900 18,9	als normaal
8.	Finaal afval / te storten rest	obsidiaan sulfaatslib	0 kg 0 kg	42 33	als normaal	als normaal
9.	Vermeden transport in tkm (ton/vracht)	grind (land) (water)	1,47 (20) 2,1 (-)	0 0	als normaal	als normaal
10.	Vermeden energie		geen	als normaal	als normaal	als normaal
11.	Vermeden emissie lucht		geen	als normaal	als normaal	als normaal
12.	Vermeden emissie water		geen	als normaal	als normaal	als normaal
13.	Vermeden emissie bodem		geen	als normaal	als normaal	als normaal
14.	Vermeden bedrijfsmiddelen	zilver loodsulfaat koperhydroxide nikkelhydroxide grind gips	29 g 1800 g 540 g 160 g 42000 g 19000 g	29 1800 540 160 0 0	als normaal	29 6,1 7,5 6,4 42000 19000
15.	Overig		geen	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 "toch storten"
- (c) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "toch uitloging"
- (d) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "exclusief effect ander afval"

Verwerkingstechniek: KO-5							
ASPECT		(specificatie)	INGREEP	Gevoeligheidsanalyses (a)			
				1 (b)	2 (c)	3 (d)	4 (e)
1.	Ruimtebeslag (m ² /jr)	installatie	1,75	2,8	als normaal	als normaal	als normaal
2.	Transport in tkm (ton/vracht)	kleurentwikkelaar obsidiaan sulfaatslib kalk (as) (water) chemicaliën	150 (12) 3,2 (20) 9,9 (20) 0,2 (10) 2,4 (-) 1,94 (10)	150 5,0 16 0,32 3,9 3,09	als normaal	150 1,7 1,3 0,2 2,4 1,94	als normaal
3.	Energiegebruik	installatie, elektr. installatie brandstof stort obsidiaan (diesel) stort sulfaatslib (diesel) verkleining obsidiaan	330 MJ 0 MJ 0 MJ 0 MJ 1,9 kWh	330 0 0 0 3,0	330 2410 0 0 1,9	330 0 2 2,5 0	als normaal
4.	Bedrijfsmiddelen	water kalk salpeterzuur ammoniak natriumsulfide chilisalpeter borax	1420 kg 4 kg 5,4 kg 5,5 kg 3,8 kg 4,3 kg 2,5 kg	2270 6,4 8,7 8,8 6,1 6,8 4,0	als normaal	als normaal	als normaal
5.	Emissie lucht (mg)	<u>installatie</u> Ag As Cd Co Cr Cu Hg Mn Ni Pb Sb Se Sn V Zn stof HCl HF SOx H ₂ S NOx CO ₂ CO C _x H _y <u>cementoven</u> Ag Cd Cr Cu Hg Mo Ni Pb Sb Sn Zn	55,5 3,44 E+02 3,94 E+02 1,94 E+02 4,25 E+03 2,05 E+03 9,92 E+01 3,60 E+03 1,80 E+03 2,67 E+04 1,41 E+03 1,44 E+02 5,38 E+02 1,44 E+02 4,73 E+03 1,72 E+06 5,29 E+04 1,16 E+04 1,18 E+05 5,63 E+03 7,41 E+05 8,14 E+08 6,62 E+05 1,57 E+05 1,0 0,83 1,1 3,8 4,2 0,083 0,93 27 0,45 0,67 8,8	55,5 5,51 E+02 6,31 E+02 3,11 E+02 6,80 E+03 3,28 E+03 1,59 E+02 5,76 E+03 2,88 E+03 4,27 E+04 2,25 E+03 2,31 E+02 8,60 E+02 2,31 E+02 7,56 E+03 2,75 E+06 8,47 E+04 1,85 E+04 1,89 E+05 9,00 E+03 1,19 E+06 1,30 E+09 1,06 E+06 2,51 E+05 1,0 1,3 1,7 6,1 6,7 0,13 1,5 43 0,72 1,1 14	55,5 0 3,94 E+02 1,94 E+02 3,04 E+03 28,5 9,92 E+01 3,60 E+03 72 101,1 0 0 0 147,8 5,29 E+04 1,16 E+04 0 5,63 E+03 0 5,5 E+07 0 0 0,83 0,79 0,05 4,2 0,083 0,04 0,1 0 0 0,28	als normaal	als normaal

Verwerkingstechniek: KO-5								
ASPECT		(specificatie)	INGREEP	Gevoeligheidsanalyses (a)				
				1 (b)	2 (c)	3 (d)	4 (e)	
6.	Emissie water (mg)	Ag	235	235	235	als	als	
		Cd	34	54,7	34	normaal	normaal	
		Cr	465	744	332			
		Cu	537	859	7,46			
		Hg	3,08	4,93	3,08			
		Ni	1.960	3.130	78,4			
		Pb	4.830	7.730	18,3			
		Zn	1.670	2.670	52,2			
		SO ₄	5.410	8.650	5.410			
		CZV	969.000	1.550.000	969.000			
7.	Emissie bodem (alles in mg)	<u>cement:</u>						
		Ag	0	als	als	als	1,0	
		Cd	0	normaal	normaal	normaal	1,1	
		Cr	0				1,1	
		Cu	0				3,8	
		Hg	0				0,72	
		Mo	0				0,083	
		Ni	0				0,93	
		Pb	0				27	
		Sb	0				0,45	
		Sn	0				11	
		Zn	0				8,8	
		<u>obsidiaan:</u>						
		Ni	0					393
		Pb	0					25,2
Zn	0					6900		
sulfaat	0					18,9		
8.	Finaal afval / te storten rest	obsidiaan	0 kg	als	als	42	als	
		sulfaatslib	0 kg	normaal	normaal	33	normaal	
9.	Vermeden transport in tkm (ton/vracht)	grind (as)	1,47 (20)	2,3	als	0	als	
		(water)	2,1 (-)	3,4	normaal	0	normaal	
10.	Vermeden energie		geen	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal	
11.	Vermeden emissie lucht		geen	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal	
12.	Vermeden emissie water		geen	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal	
13.	Vermeden emissie bodem		geen	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal	
14.	Vermeden bedrijfsmiddelen	zilver	29 g	29	29	29	als	
		loodsulfaat	1800 g	2900	6,8	1800	normaal	
		koperhydroxide	540 g	870	7,5	540		
		nikkelhydroxide	160 g	250	6,4	160		
		grind	42000 g	67000	42000	0		
		gips	19000 g	30000	19000	0		
15.	Overig		geen	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal	

- (a) Ingeval uit de zwaartepuntsanalyse volgt dat transport bij de weegvormen 1 of 3 voor 20% of meer de totaalscore bepaald worden, naast de gevoeligheidsanalyses uit de tabel, tevens de gevoeligheidsanalyses "meer transport" resp. "minder transport" uitgevoerd. De transportafstanden (tkm) worden dan met 50% verhoogd c.q. verlaagd.
- (b) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "allocatie geheel op vloeibaar fga"
- (c) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "exclusief effect ander afval"
- (d) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "toch storten"
- (e) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "toch uitloging"

Verwerkingstechniek: KO-6			
ASPECT		(specificatie)	INGREEP (a)
1.	Ruimtebeslag (m ² /jaar)	ontzilvering indamping/omg. osmose/verglazing	0,16 0,064
2.	Transport in tkm (ton/vracht)	Aanvoer kleurontwikkelaar Afvoer verglaasd product Chemicaliën verwerking Chemicaliën osmose	150 (12) 20,85 (20) 0,3 (10) 0,23 (10)
3.	Energiegebruik	ontzilvering elektriciteit indamping/omg. osmose/verglazing gasgebruik indamping/omg. osmose/verglazing verkleining verglaasd product	3,5 kWh 278 kWh 40,6 Nm ³ 13 kWh
4.	Bedrijfsmiddelen	<u>ontzilvering</u> NaBH ₄ (12%) zwavelzuur <u>indamping/omg. osmose/verglazing</u> natronloog (33%)	1,5 liter 2,5 liter 3 liter
5.	Emissie lucht (mg)	<u>verglazingsoven:</u> As Cd Co Cr Hg Ni Pb HCl HF SO ₂ NO _x CO CxHy TCDD TEQ CO ₂	2,9 2,6 75 2250 291 6210 149 7680 288 1,61 E+06 8,48 E+05 1,79 E+04 8,00 E+03 1,58 E-05 5,5 E+07
6.	Emissie water (mg)	<u>indamping/omg. osmose:</u> Cr Cu Hg Ni Pb Zn	41 28 6,2 38 270 110
7.	Emissie bodem (mg)	<u>verglazingsproduct:</u> Co SO ₄	6,4 2525
8.	Finaal afval / te storten rest		geen
9.	Vermeden transport in tkm (ton/vracht)	Vermeden grind (as) (water) Zwavelzuur (98%)	9,7 (20) 14 (-) 0,76 (10)
10.	Vermeden energie		geen
11.	Vermeden emissie lucht		geen
12.	Vermeden emissie water		geen
13.	Vermeden emissie bodem		geen
14.	Vermeden bedrijfsmiddelen	grind Zwavelzuur (98%)	278 kg 21,6 kg
15.	Overig		geen

- (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.

Verwerkingstechniek: KO-8			
ASPECT		(specificatie)	INGREEP (a)
1.	Ruimtebeslag (m ² jaar)	aanmaak kleurontwikkelaar	0,11
2.	Transport in tkm (ton/vracht)	Aanvoer kleurontwikkelaar Aanvoer natriumchloride Aanvoer natriumcarbonaat Aanvoer overige chemicaliën	150 2,1 2,1 1,95
3.	Energiegebruik	geen	-
4.	Bedrijfsmiddelen	tri-ethanolamine natriumchloride natriumbicarbonaat	26 kg 28 kg 28 kg
5.	Emissie lucht (mg)	geen	-
6.	Emissie water (mg)	Chloride Bicarbonaat Cd Cu Zn EOCl CZV N-kjeldahl	1,7 E+07 1,6 E+07 1,3 E-01 1,1 E+01 4,0 E+00 1,4 E-02 6,4 E+04 1,8 E+03
7.	Emissie bodem (mg)	geen	-
8.	Finaal afval / te storten rest	geen	-
9.	Vermeden transport in tkm (ton/vracht)	tri-ethanolamine	12,98 (10)
10.	Vermeden energie	geen	-
11.	Vermeden emissie lucht	geen	-
12.	Vermeden emissie water	geen	-
13.	Vermeden emissie bodem	geen	-
14.	Vermeden bedrijfsmiddelen	tri-ethanolamine	173 kg
15.	Overig	geen	-

- (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.

Verwerkingstechniek: KO-9				
ASPECT	(specificatie)	INGREEP	Gevoeligheidsanalyses (a)	
			1 (b)	
1.	Ruimtebeslag (m ² /jaar)	afvalwaterverwerking AVI AVI-vliegas AVI-rookgasreinigingsresidu	0,09 0,007 0,067 0,151	als normaal
2.	Transport in tkm (ton/vracht)	kleurantwikkelaar residu AVI-vliegas AVI-rgr NaOH (20%) NH ₄ OH (25%) Ca(OH) ₂ voor AVI (as) (water) Afdekszand (stort rgr) (as) (water) Afvoer AVI-slak	150 (12) 24 (25) 0,90 (10) 0,54 (10) 1,88 (10) 0 (10) 0,07 (10) 0,88 (-) 0,28 (20) 0,41 (-) 6,5 (10)	als normaal
3.	Energiegebruik	elektr. afvalwaterverw. stoom afvalwaterverw. voeding AVI immobilisatie AVI-vliegas stort AVI-vliegas (diesel) stort AVI-rgr (diesel)	5,0 kWh 375 MJ 8 kWh 0,04 kWh 0,60 MJ 1,13 MJ	als normaal
4.	Bedrijfsmiddelen	<u>AVI:</u> natronloog (20%) kalk (Ca(OH) ₂) NH ₄ OH (25%) <u>verwerking AVI-reststoffen:</u> cement big bags PE-hoezen zand	25 kg 1,47 kg 0,04 kg 0,69 kg 0,036 kg 0,014 kg 8,1 kg	als normaal
5.	Emissie lucht (mg)	<u>afvalwaterverwerking:</u> CxHy <u>AVI:</u> Ag Cd Co Cr Cu Hg Mn Ni Pb Zn HCl SO ₂ NOx NH ₃ CO ₂ CO CxHy TCDD TEQ fijn stof	2,0 E+4 21 25 3,5 3,5 3,5 149,6 3,5 3,5 3,5 3,5 3988 60000 23040 1150 5,5 E+07 7680 1920 1,92 E-05 1370	als normaal

Verwerkingstechniek: KO-9				
ASPECT		(specificatie)	INGREEP	Gevoeligheidsanalyses (a)
				1 (b)
6.	Emissie water (mg)	<u>afvalwaterverwerking:</u> Zwevend stof Chloride Zwavel CZV BZV N-kjeldahl Fosfaat	9,10 E+03 2,88 E+04 2,82 E+02 1,72 E+05 3,72 E+03 3,51 E+05 2,21 E+03	als normaal
7.	Emissie bodem (mg)	<u>AVI-reststoffen</u> Ag Cd Co Cr Cu Hg Mn Ni Pb Zn Cl SO ₄	16,94 3,50 3,51 2,82 2,82 0,25 2,82 2,82 2,82 2,82 2,82 6,87 E+04 6,66 E+05	als normaal
8.	Finaal afval / te storten rest	AVI-vliegas AVI-rookgasreinigingsresidu	10 kg 10,8 kg	als normaal
9.	Vermeden transport in tkm (ton/vracht)	zand (land) (water)	3,03 (20) 4,34 (-)	als normaal
10.	Vermeden energie	elektriciteitsproductie AVI	0 kWh	46,2
11.	Vermeden emissie lucht		geen	als normaal
12.	Vermeden emissie water		geen	als normaal
13.	Vermeden emissie bodem		geen	als normaal
14.	Vermeden bedrijfsmiddelen	zand	86,7 kg	als normaal
15.	Overig		geen	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.
- (c) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "elektriciteitsproductie AVI"

Verwerkingstechniek: KO-10						
ASPECT		(specificatie)	INGREEP	Gevoeligheidsanalyses (a)		
				1 (b)	2 (c)	3 (d)
1.	Ruimtebeslag (m ² /jaar)	afvalwaterverw. verglazing residu stort reststoffen	0,09 0,28 0	0,09 0,28 0,34	als normaal	als normaal
2.	Transport in tkm (ton/vracht)	Aanvoer kleurontwikkelaar Afvoer residu VVM Afvoer obsidiaan Afvoer ontsulfateringsslib Kalk Edelchemie (as) (water) Chemicaliën Edelchemie	150 (12) 59,2 (25) 3,2 (20) 9,9 (20) 0,2 (10) 2,4 (-) 1,79 (10)	150 59,2 1,7 1,3 0,2 2,4 1,79	als normaal	als normaal
3.	Energiegebruik	stoom afvalwaterverw. elektr. afvalwaterverw. elektr. verglazing residu brandstof verglazing residu verkleining obsidiaan stort reststoffen (diesel)	375 MJ 5,0 kWh 53 MJ 0 MJ 1,9 kWh 0 MJ	375 5,0 53 0 1,9 4,5	als normaal	375 5,0 53 2290 1,9 0
4.	Bedrijfsmiddelen	verglazing residu water kalk salpeterzuur ammoniak natriumsulfide chilisalpeter borax	1420 kg 4 kg 5,4 kg 5,5 kg 1,9 kg 4,3 kg 2,5 kg	als normaal	als normaal	als normaal

Verwerkingstechniek: KO-10							
ASPECT	(specificatie)	INGREEP	Gevoeligheidsanalyses (a)				
			1 (b)	2 (c)	3 (d)		
5.	Emissie lucht (mg)	<u>afvalwaterverwerking:</u>					
		CxHy	2,0 E+4	2,0 E+4		2,0 E+4	
		<u>verglazing residu:</u>			als normaal		
		Ag	8	8		8	
		As	250	250		0	
		Cd	300	300		300	
		Co	100	100		100	
		Cr	3500	3500		2500	
		Cu	1300	1300		18	
		Hg	5	5		5	
		Mn	600	600		600	
		Ni	1050	1050		42	
		Pb	19000	19000		72	
		Sb	5	5		0	
		Se	50	50		0	
		Sn	350	350		0	
		V	50	50		0	
		Zn	2850	2850		89	
		stof	5,5 E+05	5,5 E+05		0	
		HCl	4150	4150		4,2 E+03	
		HF	350	350		3,5 E+02	
		SOx	3,0 E+04	3,0 E+04		0	
		NOx	4,1 E+05	4,1 E+05		0	
		CO ₂	2,0 E+08	2,0 E+08		5,5 E+07	
		CxHy	2,5 E+04	2,5 E+04		0	
			<u>Cementoven</u>				
			Ag	0,30	0		0,30
			Cd	0,83	0		0,83
			Cr	1,1	0		0,79
			Cu	3,8	0		0,05
			Hg	4,2	0		4,2
			Mo	0,083	0		0,083
			Ni	0,93	0		0,038
	Pb	27	0		0,10		
	Sb	0,45	0		0,45		
	Sn	0,67	0		0,67		
	Zn	8,8	0		0,28		
6.	Emissie water (mg)	<u>afvalwaterverw.:</u>					
		Zwevend stof	9,10 E+03			9,10 E+03	
		Chloride	2,88 E+04	als normaal	als normaal	2,88 E+04	
		Zwavel	2,82 E+02			2,82 E+02	
		CZV	1,72 E+05			1,72 E+05	
		BZV	3,72 E+03			3,72 E+03	
		N-kjeldahl	3,51 E+05			3,51 E+05	
		Fosfaat	2,21 E+03			2,21 E+03	
		<u>verglazing residu</u>					
		Ag	71			71	
		Cd	34			34	
		Cr	465			332	
		Cu	537			7,5	
		Hg	3,08			3,08	
		Ni	1.960			78,4	
Pb	4.830			18,3			
Zn	1.670			52,2			
SO ₄	5.410			5410			
CZV	969.000			969000			

Verwerkingstechniek: KO-10						
ASPECT		(specificatie)	INGREEP	Gevoeligheidsanalyses (a)		
				1 (b)	2 (c)	3 (d)
7.	Emissie bodem (mg)	<u>cement:</u> Ag Cd Cr Cu Hg Mo Ni Pb Sb Sn Zn <u>obsidiaan:</u> Ni Pb Zn Sulfaat	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	als normaal	0,30 1,08 1,07 3,83 0,72 0,083 0,93 26,65 0,45 10,66 8,83 393 25,2 6900 18,9	als normaal
8.	Finaal afval / te storten rest	obsidiaan sulfaatslib	0 kg 0 kg	42 33	als normaal	als normaal
9.	Vermeden transport in tkm (ton/vracht)	grind (land) (water)	1,47 (20) 2,1 (-)	0 0	als normaal	als normaal
10.	Vermeden energie		geen	als normaal	als normaal	als normaal
11.	Vermeden emissie lucht		geen	als normaal	als normaal	als normaal
12.	Vermeden emissie water		geen	als normaal	als normaal	als normaal
13.	Vermeden emissie bodem		geen	als normaal	als normaal	als normaal
14.	Vermeden bedrijfsmiddelen	zilver loodsulfaat koperhydroxide nikkelhydroxide grind gips	29 g 1800 g 540 g 160 g 42000 g 19000 g	29 1800 540 160 0 0	als normaal	29 6,1 7,5 6,4 42000 19000
15.	Overig		geen	als normaal	als normaal	als normaal

- (e) 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.
- (f) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "toch storten"
- (g) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "toch uitloging"
- (h) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "exclusief effect ander afval"

BIJLAGE 2:

OVERZICHTEN MILIEU-INGREPEN

Aerts, 2000

LCA-vergelijking waarbij het verwerken van vloeibaar Fga afkomstig van kleur fotografie langs een alternatieve route wordt vergeleken met de minimumstandaard uit het MJP-GA II.

Argentia, 1999

Brief aan TNO-STB d.d. 28-5-1999 betreffende "Emissieprofiel Argentia.

Argentia, 2000

Aanvraag om een Wet milieubeheervergunning Argentia B.V., Moerdijk.

Argentia, 2001

Faxbericht aan OpdenKamp Adviesgroep d.d. 20-9-2001 betreffende "Gegevens Argentia t.b.v. MER-LAP.

Baumann, 1999.

"Negative Konsequenzen, Am Beispiel der Entsorgung verbrauchter Entwicklerbäder werden die Folgen unklarer Formulierungen des KrW-/AbfG deutlich" in Müllmagazin 2/1999.

Edelchemie, 2000

Bijlage bij brief aan Iwaco (ref 42/2000/LN/kc, d.d. 13-8-2000) betreffende "F.G.A.-verwerking en vergelijking verwerkingstechnieken".

Grontmij, 1995

Luchtaspecten MER Van Vlodrop" (bijlage bij Wm-vergunningaanvraag 1999 Van Vlodrop)

Tauw, 1998

Emissie-onderzoek Argentia BV te Moerdijk, metingen 19-12-1998.

Tauw, 1998a.

"Beoordeling van het gebruik van Renoxal als reagens voor NOx-verwijdering in cementovens" R3652130.001

Tauw, 2000

Emissie-onderzoek 2000 Argentia, metingen 25-2-2000.

TNO, 2000

Emissieprofielen Verwijderingstechnologieën Gevaarlijk Afval, TNO-rapport STB-00-06.

Van Vlodrop, 1999

Wm-vergunningaanvraag 1999.

Van Vlodrop, 1999b

Informatie betreffende elektrolyse, precipitatie en membraanfiltratie naar aanleiding van het onderzoek "Emissieprofielen", 28 mei 1999.

Van Vlodrop, 2000

Melding bewerking kleur FGA inzake art. 8.19, tweede lid WM door Van Vlodrop Holding BV, april 2000.

Van Vlodrop, 2000b

Bijlage B bij brief aan Iwaco, d.d. 7-7-2000, betreffende "Verwerkingstechniek hergebruik van kleurbaden".

Van Vlodrop, 2001

Mondelinge informatie de heer P.R. de Munck, Van Vlodrop.

VVM, 2000

Bijlage bij faxbericht aan Iwaco d.d. 1-8-2000 betreffende "Onderzoek Fga verwerking bij VVM".

VVM, 2001

Kwantitatieve LCA-vergelijking waarbij het verwerken van vloeibaar Fga afkomstig van kleur fotografie langs een alternatieve route wordt vergeleken met de minimumstandaard uit het MJP-GA II." (concept).

VVM, 2001b

Mondelinge informatie de heer E. van Duyn, VVM.

Witteveen en Bos, 1994

Rapportage milieuhygiënische kwaliteit van obsidiaan in relatie tot hergebruik".

Zuiveringsschap Limburg, 1998

Rapportage "Werking van rioolwaterzuiveringsinstallaties in 1998"