

**MILIEUEFFECTRAPPORT  
LANDELIJK AFVALBEHEERPLAN**

**Achtergronddocument A28  
Uitwerking “capaciteit verbranden”**

Afval Overleg Orgaan  
2002



## Inhoudsopgave

1.	DOEL, OPZET EN AFBAKENING	5
1.1	Positie van deze studie binnen het LAP	5
1.2	Uitvoering	5
1.3	Leeswijzer	6
2.	AFBAKENING	8
2.1	Selectie beschouwde afvalstromen	8
2.2	Samenstelling van de beschouwde afvalstromen	9
2.3	Beschouwde thermische technieken	10
2.4	Milieu-ingrepen analyse	12
3.	DEFINITIE VAN DE BESCHOUWDE SCENARIO'S	17
3.1	Inleiding	17
3.2	Doel en opzet van scheiding	17
3.3	Beschouwde scenario's en gehanteerde uitgangspunten	18
3.4	Scheidingsconcepten voor de productie van RDF	18
3.5	Scheidingsconcepten voor de productie van PPF	20
4.	MAXIMALE PRODUCTIE VAN PPF	22
4.1	Beschrijving	22
4.2	Milieuanalyse	27
5.	MAXIMALE PRODUCTIE VAN RDF	30
5.1	Beschrijving	30
5.2	Massabalans over scenario	31
5.3	Milieuanalyse	35
6.	INTEGRALE VERBRANDING	38
6.1	Beschrijving	38
6.2	Massabalans over scenario	38
6.3	Milieuanalyse	41
7.	STATUS QUO	45
7.1	Beschrijving	45
7.2	Massabalans	45
7.3	Milieuanalyse	48
8.	VERGELIJKING VAN DE BESCHOUWDE SCENARIO'S	52
9.	BELANGRIJKSTE INGREPEN EN ONZEKERHEDEN	55
9.1	Algemeen	55
9.2	Scenario Maximale productie PPF	55
9.3	Maximale productie RDF	56
9.4	Scenario Integraal verbranden	57
9.5	Scenario Status Quo	58
	LITERATUUR	59
	BEGRIPPENLIJST	64
	BIJLAGE A; Afvalaanbod, -samenstelling en -specificaties	65
	BIJLAGE B; Beschrijving scheidingsinstallaties	69
B1.	Vagron-concept	69
B2.	Gavi-concept	71
B3.	ARN-concept	73
B4.	Trockenstabilat	74
B5.	Scheiding grof huishoudelijk afval, sorteerrest BSA en industrieel procesafval	75
B6.	Scheiding van KWD-afval en industrieel kantoorafval	76

BIJLAGE C; Beschrijving thermische technieken	79
C1. AVI	79
C2. Meestoken in kolencentrale	84
C3. Meestoken in cementoven	87
C4. Verbranding in een nieuwe verbrandingsinstallatie	88
C5. Storten	90
BIJLAGE D; Schatting omvang markt voor secundaire brandstoffen in het buitenland	93
D1. Percentage fossiele brandstoffen, dat kan worden vervangen	93
D2. Beschikbare thermische vermogen	95
D3. Marktperspectieven	96
BIJLAGE E; Uitwerking van interviews	98
E1. Perspectieven voor Nederlandse secundaire brandstoffen in Nederland en Duitsland	98
E2. Mogelijkheden voor aanpassing bestaande AVI's aan afval met een hogere stookwaarde	99
E3. Aantekeningen gesprek met Peter van Verseveld en Dick Schouten van Waste to Energy BV d.d. 10 juli 2001	100
E4. Verslag telefonisch interview met dhr. B. Gelijnsse van BTC Zoetermeer, d.d. 11 juli 2001	101
E5. Telefonisch interview met dhr. Aalders van Rouwmaat, d.d. 7 juli 2001	102
E6. Telefonisch interview met dhr. Den Ouden van AVR-holding	103
E7. Telefonisch interview met dhr. Donkers van ICOVA	104
E8. Aantekeningen gesprek met Gerben Timmer van de VVAV d.d. 12 juli 2001 over aanpassingen aan AVI's.	104
E9. Aantekeningen gesprek met Jannes Wolting van Essent d.d. 11 juli 2001	105
E10. Aantekeningen gesprek met Dhr. De Ruyter van MTM over het Trockenstabilat proces d.d. 10 juli 2001	106
E11. Aantekeningen gesprek met E. Dijkgraaf van OCFEB (9 juli 2001)	107
BIJLAGE F; Uitgebreide massabalans per model	108

## 1. DOEL, OPZET EN AFBAKENING

### 1.1 Positie van deze studie binnen het LAP

Ten aanzien van de verwerking van brandbaar, niet gevaarlijk restafval wordt in het LAP gestreefd naar maximalisering van de benutting van de energie-inhoud van dit afval door thermische verwerking, zonder dat dit leidt tot meer milieudruk in de vorm van emissies en het ontstaan van te storten residuen.

Op dit moment wordt, bij gebrek aan verwerkingscapaciteit, nog circa 40% van het vrijkomende niet gevaarlijke brandbare afval gestort. Dit gaat gepaard met ruimtebeslag en het ontstaan en deels ontsnappen van stortgas. Een deel van de energie-inhoud van het afval blijft hiermee onbenut. Om aan de doelstelling te kunnen voldoen, dient in ieder geval voldoende thermische verwerkingscapaciteit te worden gegenereerd of worden gevonden, zodat storten niet meer nodig is.

Eén mogelijke vorm van thermische verwerking is integrale verbranding. Dat gebeurt in Nederland momenteel in zogenaamde AVI's (AfvalVerbrandingsInstallaties), roosterovens met een zeer uitgebreide nageschakelde rookgasreiniging en een maximaal netto elektrisch rendement van |6|:

- circa 22% zonder koppeling met een energiecentrale; en
- circa 27% met koppeling aan een energiecentrale (AVI Moerdijk).

De nieuwere bestaande AVI's zijn ontworpen met een conventionele stoomcyclus met stoom van 40 bar, 400°C, waardoor het maximale netto elektrisch rendement bescheiden blijft. Met een aangepast ontwerp (bijvoorbeeld hogere stoomdrukken, herverhitting van geëxpandeerde stoom, reductie eigen verbruiken) zou tegenwoordig een netto elektrisch rendement van 27% |4| of zelfs ongeveer 30% |5| gerealiseerd kunnen worden. Verdere optimalisatie van de benutting van de energie-inhoud van het afval kan worden bereikt door warmte/kracht koppeling en de afzet van lage temperatuur warmte, zoals nu al plaatsvindt bij AVI Amsterdam, AVR en AVIRA.

Aan de andere kant maakt mechanische scheiding van het afval het in principe mogelijk fracties met een hogere stookwaarde en uniformere (minder fluctuerende) brandstofsspecificaties te produceren, die vervolgens kunnen worden aangeboden bij installaties met een hoger netto elektrisch rendement dan 30% zoals bijvoorbeeld een kolencentrale. Andere thermische processen waarvan met name de overheid veel verwacht, zijn wervelbedovens, vergassing in combinatie met een STEG en pyrolyse in combinatie met een turbine en stoomcyclus.

Nagegaan moet worden in welke mate de energie-inhoud van het brandbare afval in beide opties (integraal verwerken of scheiden) wordt benut en welke milieudruk elke optie naar schatting met zich meebrengt. De resultaten van die analyse zijn gegeven in dit achtergronddocument MER-LAP.

### 1.2 Uitvoering

De studie is conform de afbakening van het LAP uitgevoerd voor het zichtjaar 2012 en de periode tussen nu en het zichtjaar. De verscheidenheid aan afvalstromen, het zichtjaar en het gegeven dat de benodigde scheidings- en/of verwerkingscapaciteit voor een groot deel nog niet bestaat noopt vanzelfsprekend tot een scenariostudie.

De studie is in 3 deelstappen uitgevoerd:

**1 Inventarisatie van alternatieve verwerkingsroutes voor brandbaar restafval op basis van scheiding**

Deze eerste stap betrof een globale inventarisatie van mogelijke combinaties van voorbewerking, scheiden en thermische verwerking, zoals nu al op commerciële schaal wordt toegepast of aangeboden of naar verwachting op korte termijn op commerciële schaal bewezen zullen zijn.

**2 Samenstellen van de afvalscenario's voor thermische verwerking**

Rond bepaalde scheidingsconcepten zijn complete scenario's opgesteld voor de verwerking van het in Nederland vrijkomende brandbare restafval. Door de opbouw rond een bepaald concept kunnen de scenario's als uitersten worden beschouwd en kunnen de grenzen van de aan verwerking van het brandbare restafval gerelateerde milieueffecten worden benaderd. Daarnaast is de huidige situatie (deels verbranden, deels scheiden, deels storten) geëxtrapoleerd om een referentiepunt te hebben.

**3 Opstellen van een milieuprofiel**

Per scenario is een globale milieu-ingrepen analyse uitgevoerd. De opgestelde milieuprofielen zijn onderling vergeleken om inzicht te krijgen waarop vanuit milieuoogpunt de voorkeur moet worden gegeven, integraal verbranden of voorscheiden. Het milieuprofiel voor de geëxtrapoleerde huidige situatie is bij de onderlinge vergelijking als gezegd als referentie genomen.

Bij uitvoering is gebruik gemaakt van literatuur, informatie zoals opgenomen in andere achtergronddocumenten bij het LAP en door mensen uit het veld verstrekte informatie. Er is uitgegaan van informatie omtrent het te verwachten aanbod en de te verwachten samenstelling van afvalstromen in de periode tussen nu en 2012, zoals gegeven in het prognosedocument LAP.

Technische gegevens over scheidingsinstallaties en thermische processen is verzameld uit literatuur of ontvangen van deskundigen in het veld. In een telefonische interviewronde met afvalverwerkers en scheidingsbedrijven is ook nagegaan wat de verwachtingen in het veld zijn ten aanzien van de afzetmogelijkheden voor secundaire brandstoffen uit afval in het buitenland. Voor de globale milieu-ingrepen analyse is gebruik gemaakt van de SimaPro-database.

### 1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt aangegeven welke afbakening is gehanteerd bij het opstellen van de scenario's en welke uitgangspunten zijn aangehouden voor aanbod en samenstelling van afval en voor de beschouwde thermische processen.

In hoofdstuk 3 wordt, redenerend vanuit de verschillende mogelijkheden voor scheiding van afval, vastgesteld welke scenario's moeten worden beschouwd.

De verschillende scenario's worden beschouwd in hoofdstuk 4 t/m 7. In elk hoofdstuk wordt een korte beschrijving van het beschouwde scenario gegeven en worden de massabalans over het scenario en de aan het scenario gerelateerde milieu-ingrepen gegeven.

In hoofdstuk 8 worden de verschillende scenario's onderling vergeleken op basis van de optredende milieu-ingrepen en wordt een conclusie getrokken over de vraag welke route het meest wenselijk is, voorscheiding of integraal verbranden. In hoofdstuk 9 wordt kort ingegaan op de voornaamste ingrepen die in elk scenario moeten worden gedaan in de structuur van de afvalverwerkingssector in Nederland en op de voornaamste onzekerheden met betrekking tot realisatie van het scenario.

De 6 bijlagen bij dit rapport geven de benodigde achtergrondgegevens. bijlage A geeft achtergrondinformatie over samenstelling en aanbod aan afval in 2012. De beschouwde scheidingsinstallaties en thermische processen zijn in detail beschreven in bijlage B en C. Voor het voor 2012 verwachte afvalaanbod wordt aangegeven welke scheidingsproducten worden afgescheiden (bijlage B) en welke milieu-ingrepen optreden bij thermische verwerking van scheidingsproducten of integrale afvalstromen (bijlage C).

In bijlage D wordt een inschatting gegeven van de afzetmogelijkheden voor secundaire brandstoffen uit Nederlands afval in Nederland en omliggende landen. De inschatting is opgezet als een bureaustudie, waarin achtereenvolgens technisch maximale inzet van secundaire brandstoffen bij verschillende processen, de technisch maximale inzet van secundaire brandstoffen per land en een marktanalyse per land. In bijlage E wordt de via interviews met deskundige verzamelde informatie gegeven. Bijlage F bevat een uitvoeriger overzicht van de massabalans over de beschouwde scenario's.

## 2. AFBAKENING

### 2.1 Selectie beschouwde afvalstromen

In de studie is uitgegaan uit van een van een aanbodprognose van brandbaar, niet gevaarlijk afval tot 2012, zoals opgenomen in het prognosedocument bij het LAP. Deze cijfers, aangeduid als het beleidsscenario, zijn in tabel 1 weergegeven. De gegeven hoeveelheden zijn gebaseerd op het werkelijke afvalaanbod in 2000 en een aanbodprognose voor de jaren 2001 t/m 2012, waarin rekening is gehouden met de effecten van afvalpreventie, materiaal- en producthergebruik. Bij het bepalen van deze effecten is uitgegaan van huidige ontwikkelingen, zoals bijvoorbeeld een toename van tariefdifferentiatie.

**Tabel 1; Hoeveelheden resterend brandbaar afval in beleidsscenario in Mton**

	2000	2006	2012
Huishoudelijk restafval	3,9	4,4	4,7
Grof huishoudelijk afval	0,8	0,8	0,8
Kantoor-, winkel- en dienstenafval	1,8	1,8	1,7
Industrieel afval	1,0	1,0	1,1
Bouw- en sloopafval	0,5	0,6	0,6
<b>Totaal (1)</b>	<b>8,1</b>	<b>8,6</b>	<b>8,9</b>
Slib	1,8	2,0	2,3
Reinigingsdienstenafval	0,1	0,1	0,1
Autoafval	0,1	0,1	0,1
Gevaarlijk afval	0,3	0,3	0,3
<b>Totaal (2)</b>	<b>10,5</b>	<b>11,1</b>	<b>11,8</b>

Van de genoemde afvalstromen zijn alleen de bovenste 5 in deze studie meegenomen.

Voor zuiveringsslib bestaat een nagenoeg afgeronde verwerkingstructuur. De helft van het vrijkomende RWZI-slib wordt verbrand bij twee gespecialiseerde verbrandingsinstallaties. De rest wordt thermisch of biologisch gedroogd en vervolgens vaak als (CO<sub>2</sub>-neutrale) biologische reststroom c.q. secundaire brandstof meegestookt in poedergestookte elektriciteitscentrales of cementovens. Contracten liggen meestal voor langere tijd vast. Het valt dan ook niet te verwachten dat significante hoeveelheden RWZI-slib bij andere installaties zullen worden aangeboden. Bovendien heeft RWZI-slib een lage stookwaarde (2 MJ/kg), waardoor het sowieso weinig invloed heeft op de verwerkingscapaciteit van een thermisch proces.

Reinigingsdienstenafval is een kleine afvalstromen (1% van het totale aanbod) en niet van wezenlijke invloed op de benodigde verwerkingscapaciteit.

Autoafval is evenmin meegenomen vanwege de wat bijzondere eigenschappen. De combinatie van het hoge gehalte aan metalen, aan as en halogenen en de hoge stookwaarde van 14 tot 18 MJ/kg maakt het materiaal ongeschikt voor de meeste thermische verwerkingsprocessen.

Voor gevaarlijk afval geldt zowel dat het een relatief kleine stroom is (met een diverse samenstelling) als dat voor een deel daarvan al een specifieke verwijderingsstructuur bestaat. De invloed van deze afvalstoffen op de benodigde verbrandingscapaciteit is derhalve zeer beperkt.



## 2.2 Samenstelling van de beschouwde afvalstromen

Tabel 2 geeft de geprognosticeerde samenstelling van het resterende brandbare afval in 2012.

**Tabel 2; Samenstelling resterend stromen brandbaar, niet-gevaarlijk afval in 2012**

Component	huish. afval	grof huisvuil	met huisvuil vergelijkbaar KWD-afval	droog KWD-afval	overig KWD-afval	industrieel procesafval	industrieel kantoor / kantine afval	brandbare rest BSA
Papier/karton	1.002	57	94	158	167	396	15	
Hout	115	224	4	90	10	89	246	297
Kunststoffen								
- folie	284	22	33	101	34	45	17	28
- overig	334	66	38	118	40	37	21	34
Ferro	195	86	7	67	6	47		
Non-ferro	32	3	2	16	1			
Glas	163	7	30	17	7	18		
Gft-afval	1.617	129	159	182	47	35	62	
Steenachtig		93						
Overig brandbaar afval	567	140	194	79	22	34		233
<i>Overig onbrandbaar afval</i>	<i>345</i>							
<b>Totaal</b>	<b>4.653</b>	<b>827</b>	<b>559</b>	<b>828</b>	<b>335</b>	<b>703</b>	<b>361</b>	<b>593</b>

Bij KWD-afval is onderscheid gemaakt tussen droog KWD-afval, op huishoudelijk afval lijkend KWD-afval en overig KWD-afval vanwege de afwijkende samenstelling van deze deelstromen. De onderverdeling is gebaseerd op de bedrijfsvoering van inzamelaars en exploitanten van scheidingsinstallaties. Droog KWD-afval is afkomstig van kantoren en detailhandel en bestaat voor een groot deel uit papier. Het vormt qua samenstelling een ideale grondstof voor de productie van secundaire brandstoffen. Op huishoudelijk afval lijkend KWD-afval is afkomstig van groothuishoudens en vergelijkbare bronnen en bestaat, net als huishoudelijk afval, voor een aanzienlijk deel uit nat organisch materiaal. Het afval uit andere KWD-sectoren is verzameld onder de noemer 'overig KWD-afval'. Voor een overzicht van de onderverdeling van de verschillende deelsectoren wordt verwezen naar bijlage A van dit achtergronddocument.

Voor de in deze studie aangehouden chemische samenstelling van de verschillende afvalcomponenten wordt eveneens verwezen naar bijlage A. De chemische samenstelling van de verschillende componenten is gebruikt voor het berekenen van de omvang van milieu-ingrepen bij thermische verwerking van reststromen (te storten reststoffen, verbruik hulpstoffen, emissies).

## 2.3 Beschouwde thermische technieken

Voor thermische verwerking staan in principe vier technieken ter beschikking:

- verbranding;
- pyrolyse;
- vergassing;
- bijstoken of meestoken in een industriële vuurhaard (kolencentrale, cementoven, etc.).

Hiervan zijn in deze studie alleen verbranding en meestoken (het fysiek in de vuurhaard brengen en meeverbranden) meegenomen. Aangenomen is dat pyrolyse en vergassing of een combinatie van beide, maar ook meestoken van pyrolyse- of vergassingsproducten in een industriële vuurhaard (= bijstoken) in de afvalverwijdering in de periode tot 2012 hooguit een bescheiden rol zullen kunnen spelen, en voor deze studie naar de benodigde verbrandingscapaciteit voor brandbaar restafval derhalve buiten beschouwing kunnen blijven. In onderstaande subparagrafen wordt dieper ingegaan op de vier opties.

### 2.3.1 Verwachte rol van pyrolyse en vergassing

Vergassen en pyrolyse zijn als individuele techniek nog geen stand der techniek. Met name de koppeling tussen vergasser en STEG is een knelpunt, waarschijnlijk vanwege de fluctuaties in de synthesegas-samenstelling. Pyrolyse geeft een productolie met een aantal nadelen. In de eerste plaats is de olie niet stabiel, waardoor opslag lastig is. In de tweede plaats bevat de olie allerlei verontreinigingen, die opslagfaciliteiten en turbines geen goed doen, zoals fenolen en alkalizouten.

De rol van met name vergassing is tot nu toe vooral voorbereiding bij een kolencentrale (Lahti, Amer) of cementoven (Greve, Rüdersdorf) waarbij de pyrolyse- of vergassingsproducten in de industriële vuurhaard worden bijgestookt. Beide processen bieden als thermische voorbereiding de mogelijkheid tot bijstoken van afval dat op zich niet direct kan worden meegestookt in de vuurhaard vanwege te afwijkende brandstoftechnische eigenschappen en te hoge risico's op problemen als verslakking, corrosie en negatieve beïnvloeding van de kwaliteit van vaste producten of reststoffen. Een vergasser voorschakelen vergt echter hoge investeringskosten (circa 3.000 NLG/kW<sub>e</sub> [3]) in vergelijking met direct meestoken (1.000 - 1.500 NLG/kW<sub>e</sub> [3]) en het is de vraag of veel exploitanten van energiecentrales en cementovens een dergelijke investering willen doen. Zeker aangezien de afschrijftermijnen in de industrie aanzienlijk korter zijn dan bij afvalverwerking. Overigens blijkt uit de ervaringen bij de Amer-centrale dat teer een probleem kan vormen voor een goed functioneren.

Combinatie van pyrolyse en vergassing is wel vrijwel uitontwikkeld, gezien de bouw van diverse installaties in met name Duitsland. Bij veel installaties gaat het om een 'first-of-a-kind' installaties en ontbreekt nog praktische ervaring met langdurige bedrijfsvoering op commerciële schaal. Om die reden zal de beschikbaarheid van dit soort installaties de eerst komende jaren nog wat minder zijn en zullen nog aanpassingen worden aangebracht op basis van de opgedane praktijkervaringen. De thermoselect installatie in Karlsruhe bijvoorbeeld is na opleveringstesten tijdelijk stilgelegd om te kunnen worden aangepast aan de hand van de tijdens die testen opgedane ervaringen.

De combinatie pyrolyse/vergasning is echter weer zo duur (115 - 135 euro per ton [1]) in vergelijking met verbranding (45 - 70 euro per ton [2]) dat het niet logisch is te verwachten dat met deze combinatie in Nederland een significant deel van het niet gevaarlijke brandbare restafval zal worden verwerkt. Het voordeel van de combinatie is vooral de mogelijkheid om anorganisch gevaarlijk afval te kunnen insmelten in een inerte slak. Het schijnt zo te zijn dat de verwerking van gevaarlijk afval het proces betaalbaar maakt en een concurrerende poortprijs voor brandbaar afval mogelijk maakt. Brandbaar afval (of een andere energiedrager) is nodig om de energiebehoefte van het insmelten te dekken, maar er is niet zoveel anorganisch gevaarlijk afval in Nederland voorhanden dat

met deze techniek significante hoeveelheden brandbaar niet gevaarlijk afval zullen worden verwerkt. Daarnaast zullen bij voorkeur afvalstromen worden ingezet met minder aantrekkelijke specificaties (veel zware metalen, chloor, zwavel, etc.), zoals bijvoorbeeld autoafval.

Verder moet worden opgemerkt dat de combinatie pyrolyse-vergassing niet voldoet aan het beoogde overheidsdoel; maximalisering van de benutting van de energie-inhoud van brandbaar afval door met name productie van elektriciteit en warmte. Aangeboden technieken geven zelfs bij toepassing van een gasmotor met nageschakelde ketel geen significant hoger rendement dan verbranding in een AVI. Dit komt door het hoge eigen verbruik aan synthesegas en elektriciteit voor met name pyrolyse en zuurstofproductie. De zuurstof is nodig om bij vergassing een voldoende hoge temperatuur te kunnen bereiken om assen te kunnen smelten en om brandbare pyrolyseproducten voldoende goed te kunnen omzetten.

### 2.3.2 Verbranding

Verbranding herbergt als term een breed scala aan technieken. In de verzameling is geen echt onderscheidend criterium aan te brengen aan de hand van bijvoorbeeld rendement of de specificaties van de verwerkte brandstof. Zolang de stookwaarde meer dan 6 MJ/kg bedraagt, is verbranding mogelijk en kan een voldoende hoge verbrandingstemperatuur worden gehandhaafd.

Algemeen gesteld wordt het ontwerp van een installatie aangepast aan de specificaties van het te verwerken afval, bijvoorbeeld rekening houdend met:

- smeltpunt en sinterpunt van de as;
- de stookwaarde;
- het chloorgehalte.

De gemaakte keuzes ten aanzien van het ontwerp worden verder mede ingegeven door economische redenen.

Bij de bestaande AVI's bijvoorbeeld worden tot nu toe voornamelijk luchtgekoelde roosters toegepast vanwege de bescheiden stookwaarde van de verwerkte mix ( $\pm 10$  MJ/kg). Vanwege het hoge chloorgehalte van het afval en om economische redenen worden bescheiden stoomparameters aangehouden (40 bar, 400°C) en worden dito bescheiden netto elektrische rendementen (circa 20%) gerealiseerd. Het is echter mogelijk om door het hanteren van een hogere stoomdruk voor verse stoom en herverhitting van geëxpandeerde stoom ook bij verbranding van huishoudelijk afval op een rooster een rendement van 25% tot 30% te realiseren. Dit vergt wel een duurder ketel. Het is daarnaast ook mogelijk om bestaande AVI's aan te passen voor stromen met hogere stookwaarde (12-14 MJ/kg) dan de gangbare 9-10 MJ/kg.

### 2.3.3 Meestoken in een energiecentrale of cementoven

#### Technische aspecten

Meestoken in een cementoven, kolencentrale of andere industriële vuurhaard vergt in principe een brandstof met een hoge stookwaarde, een bij de reguliere brandstof of grondstoffen aansluitende as-samenstelling en lage concentraties verontreinigende stoffen (bijvoorbeeld zware metalen). Daarnaast gelden eisen voor de fysische eigenschappen.

De hoge stookwaarde is nodig vanwege de mechanische begrenzing van de installaties en omdat een voldoende hoge vlamtemperatuur moet kunnen worden gehaald. Restricties aan de samenstelling van de as en verontreinigende elementen houden verband met de kwaliteit van (rest)producten en emissierichtlijnen. Zo mag in Nederland een secundaire brandstof voor een kolencentrale niet

teveel as van een (in vergelijking met steenkool) afwijkende askwaliteit bevatten omdat anders het risico bestaat dat afzet van de poederkoolvliegias bij de cementindustrie niet meer mogelijk is.

De eisen aan de fysische eigenschappen houden bijvoorbeeld verband met uitbrand in de vuurhaard en handling. Aan het pakket van eisen kan worden voldaan door A-hout of B-hout en door de papier- en plastic-fractie (PPF) uit afval. Beide brandstoffen bevatten voldoende lage concentraties verontreinigende stoffen en as, hebben een voldoende hoge stookwaarde en laten zich bijvoorbeeld voldoende makkelijk fijn malen, al dan niet na pelletisering.

Al met al is meestoken geen oplossing voor complete afvalstromen, maar een outlet voor bepaalde scheidingsproducten.

### Afzetmogelijkheden

Een ander aspect van meestoken is de afhankelijkheid van afnemers en beschikbare capaciteit. Bij verbranding kan de verwerkingscapaciteit door investeringen in een nieuwe installatie worden uitgebreid. De mogelijkheden voor het meestoken van secundaire brandstoffen uit afval worden echter bepaald door:

- het percentage aan alternatieve brandstoffen dat kan worden meegestookt;
- het beschikbaar vermogen van bestaande kolencentrales en andere vuurhaarden, die secundaire brandstoffen kunnen verwerken; en
- de concurrentiepositie van secundaire brandstoffen ten opzichte van andere energiedragers.

Deze aspecten zijn in bijlage D verder uitgewerkt.

Op basis van een eigen analyse en interviews met deskundigen en verwerkers (zie bijlage E) wordt in dit achtergronddocument geconcludeerd dat afzetmogelijkheden voor secundaire brandstoffen uit afval in Nederland waarschijnlijk beperkt zijn, maar dat in Duitsland voldoende afzetmogelijkheden zullen bestaan. In Nederland zijn wel afzetmogelijkheden voor organische reststromen, zoals resthout. Een nadere analyse van de gesprekken met betrekking tot afzetmogelijkheden is verwerkt in hoofdstuk 9.

## **2.4 Milieu-ingrepen analyse**

### **2.4.1 Beschouwde milieu-ingrepen**

Vanwege het globale karakter van de milieu-ingrepen analyse zijn enkel de volgende milieu-ingrepen beschouwd:

- ruimtebeslag door storten van afval of reststoffen en van afvalverwerkende installaties;
- emissies van procesgebonden verontreinigingen (met name NO<sub>x</sub>) en CO<sub>2</sub> van langcyclische oorsprong naar lucht.

Naast NO<sub>x</sub> zijn, CO, koolwaterstoffen, NH<sub>3</sub> en dioxines beschouwd.

Niet meegenomen zijn:

- emissies van zware metalen, halogenen, SO<sub>2</sub> en andere verontreinigingen naar lucht (deze hangen te sterk af van de specifieke combinatie van afvalsamenstelling en verwerkingstechniek om in deze globale studie meegenomen te kunnen worden);
- emissies naar water;
- emissies door uitloging van reststoffen bij nuttige toepassing of uit de stort (hiervoor geldt, net als voor de emissies naar lucht, dat die de scope van deze globale studie te buiten gaan).

De analyse is conform achtergronddocument A2 bij het MER-LAP [7] uitgevoerd. Dat wil zeggen behalve de directe, door verwerking van het beschouwde afval optredende ingrepen ook de aan de consumptie van hulpstoffen en de door substitutie van primaire grondstoffen en energiedragers uitgespaarde ingrepen zijn verdisconteerd.

Meegenomen hulpstoffen, secundaire producten en reststoffen zijn:

- vaste reststoffen: schroot, bodemas, vliegas, RGR-zouten, verbruikte actieve kool, rookgasontzwavelingsgips (RO-gips), uit afval afgescheiden inert (glas, steenachtig, etc.);
- productie en consumptie van energiedragers:
  - a elektriciteit: consumptie van elektriciteit geleverd door gemiddeld park, productie van elektriciteit bij verbrandingsinstallaties (bijv. AVI's), uit stortgas of biogas of bij een kolencentrale;
  - b aardgas, verbruikt in SCR's of voor drogen van afval, geproduceerd door opwerken van stortgas;
  - c warmte, geleverd door verbrandingsinstallaties;
- consumptie van hulpstoffen bij gasreiniging:  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{Ca(OH)}_2$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{NH}_3$ , actieve kool;
- transporten tussen processen en van inzamellocatie naar eerste afzetlocatie.

Hulpstoffen voor afvalwaterreiniging zijn buiten beschouwing gelaten vanwege de beperkte omvang van het verbruik hiervan. Ook verbruiken van katalysatoren, smeermiddelen en andere in kleine hoeveelheden verbruikte hulpstoffen is niet meegenomen.

Voor transporten van afval is enkel rekening gehouden met transport over de weg. In de praktijk zal transport ook deels over water (bijvoorbeeld afval naar AVR) of per spoor (bijvoorbeeld afval naar GAVI Wijster) plaatsvinden. De meeste verwerkingslocaties zijn echter niet goed bereikbaar over water en/of per spoor. Vanwege het kleinere aandeel en vanwege het globale karakter van de studie zijn transport over water en spoor daarom buiten beschouwing gelaten.

#### 2.4.2 Bepaling milieu-ingrepen bij verbranding

Zoals beschreven in paragraaf 2.3 zijn in dit onderzoek enkel verbranding en meestoken beschouwd. Bij verbranding zijn zowel de bestaande AVI's als alternatieve installaties beschouwd. Voor beide mogelijkheden wordt hieronder aangegeven hoe de aan afvalverwerking gerelateerde milieu-ingrepen zijn bepaald. Eerst wordt ingegaan op de beschouwde configuraties, vervolgens op hoe geproduceerde reststoffen en energiedragers zijn verdisconteerd.

##### Verbranding in een bestaande AVI

Bij het bepalen van de aan verbranding in een bestaande AVI gerelateerde milieubelasting is rekening gehouden met verschillen tussen de bestaande AVI's. Voor een ruwe schatting van de consumptie van chemicaliën en de productie van reststoffen is in deze studie globaal onderscheid gemaakt tussen:

- AVI's met een SCR en AVI's met een SNCR;
- AVI's waarbij actieve kool wordt toegepast en AVI's waarbij een oxidatieve katalysator wordt toegepast;
- AVI's waarbij spui op oppervlaktewater wordt geloosd en AVI's waarbij de spui in een sproei-droger wordt ingedampt.

Voor productie van energiedragers is uitgegaan van een gemiddeld elektrisch rendement van 20% en een gemiddeld thermisch rendement van 5,5% [6].

### Verbranding in een andere stand-alone oven

Voor verbranding in een alternatieve installatie zijn, vanwege de mogelijke spreiding in de optredende milieubelasting, twee uitersten beschouwd:

- een circulerende wervelbedoven (CFBC) met enkel elektriciteitsproductie;
- een roosteroven met warmte/kracht koppeling.

In beide gevallen betreft het een moderne installatie met een hoog rendement. Bij verwerking met een CFBC zal echter meer te storten afval overblijven in de vorm van vlieggas. Afzet van zowel warmte als elektriciteit geeft een hogere benutting van de energie-inhoud van het afval. Er is behalve vanwege spreiding in milieubelasting ook voor deze benadering gekozen omdat in diverse initiatieven van verschillende afvalverwerkers nu eens wordt uitgegaan van roosterovens (GDA, HVC) dan weer van wervelbedovens (SITA, AVR-Duiven) of omdat nog geen keuze is gemaakt (AVR-Rotterdam). Daarnaast zullen afzetmogelijkheden voor warmte sterk verschillen per locatie.

In beide gevallen is uitgegaan van een rookgasreiniging bestaande uit een SNCR en rookgasrecirculatie, elektrofilter voor afvang van vlieggas, sproeidroger met doekenfilter en twee wastorens. Een rookgasreiniging met deze opbouw heeft zich in de praktijk in Nederland afdoende bewezen, want wordt in iets andere vorm toegepast bij de AVI's in Amsterdam en Duiven. Er zullen ongetwijfeld voor bepaalde afvalstromen kostentechnisch en qua productie van reststoffen optimalere varianten te verzinnen zijn, maar dit is vanwege het globale karakter van de studie buiten beschouwing gelaten. Ook initiatieven voor de opwerking van RGR-zouten tot afzetbare producten (GDA) zijn buiten beschouwing gelaten.

### Verdiscontering van de productie van energiedragers en secundaire producten in de milieuingrepen analyse

Voor de waardering van reststoffen is uitgegaan van de huidige praktijk. Daarin wordt bodemas voor vrijwel 100% hergebruikt in ongebonden wegfunderingen en vlieggas voor 50% toegepast als vulstof in asfalt. Bodemas en vlieggas vervangen in deze toepassingen respectievelijk zand en kalksteenmeel. Er blijkt uit diverse bronnen dat er qua uitlooggedrag weinig kwaliteitsverschil is tussen bodemas van roosterovens en wervelbedovens en vlieggas van roosterovens en wervelbedovens.

De overige vlieggas, actieve kool en RGR-zouten worden gestort op een C3-deponie. Er zijn plannen voor alternatieve verwerkingen, zoals afzet bij Duitse zoutmijnen of immobilisatie. Het eerste wordt tot nu toe door de Nederlandse overheid niet toegestaan. Het tweede is niet meegenomen, omdat bijvoorbeeld (met name voor actief kool en RGR-zouten) niet bekend is wat de kans op realisatie van dergelijke initiatieven is.

Bij alle AVI's wordt ferro schroot uit de slak c.q. bodemas afgescheiden. Daarnaast wordt bij diverse AVI's ook non-ferro schroot uit de slak geïsoleerd. Het ferro schroot vervangt ruw ijzer. Het wordt in het oxytaalproces toegevoegd aan ruw ijzer. Non-ferro schroot wordt in de regel omgesmolten en geraffineerd tot halffabrikaten (ingots, staven, etc.). Halffabrikaat uit schroot vervangt halffabrikaat uit primaire grondstoffen.

De door AVI's of andere verbrandingsinstallaties geproduceerde elektriciteit vervangt elektriciteitsproductie door het gemiddelde productiepark. De bestaande AVI's leveren voornamelijk lage temperatuur warmte aan industriële afnemers (AVR, SITA). Voor de overige verbrandingsinstallaties is eveneens uitgegaan van afzet van lage temperatuur bij industriële afnemers. De afzet is verondersteld continu te zijn. Aangenomen is verder dat de lage druk stoom tijdens benutting van de warmte wordt afgekoeld tot dezelfde temperatuur als bij volledige expansie in de stoomturbines van de verbrandingsinstallatie.

### 2.4.3 Bepaling milieu-ingrepen bij meestoken

Bij meestoken zijn zowel meestoken in een kolencentrale als meestoken in een cementoven beschouwd. Beide typen vuurhaarden kunnen vergelijkbare secundaire brandstoffen accepteren, maar verschillen sterk voor wat betreft de per GJ brandstof optredende emissies van procesgerelateerde emissies naar lucht. Deze zijn bij een cementoven veel hoger dan bij een kolencentrale.

#### Meestoken in cementoven

Voor meestoken in een cementoven zijn enkel de emissie van CO<sub>2</sub> uit koolstof van langcyclische oorsprong bepaald en de extra toe te voegen hoeveelheid klei bepaald. Bij het meestoken zelf worden geen hulpstoffen verbruikt voor gasreiniging en ontstaan geen reststoffen. Alle as en het grootste deel van de chloor en zwavel uit de secundaire brandstof wordt in de klinker gebonden. Blijft over de procesgerelateerde emissies naar lucht en de emissie van CO<sub>2</sub> uit koolstof van langcyclische oorsprong.

Conform de in het LAP aangehouden balans voor meestoken in een cementoven (zie achtergronddocument A1 bij MER-LAP) is de omvang van de procesgerelateerde emissies lineair met de stookwaarde. Daarnaast wordt in de balans verondersteld dat de secundaire brandstof primaire brandstof vervangt in de verhouding 1 GJ : 1 GJ. Hieruit volgt dat de netto omvang van de procesgerelateerde emissies per definitie nul zijn.

De netto emissie van CO<sub>2</sub> uit koolstof van langcyclische koolstof is bepaald aan de hand van het gehalte van langcyclische koolstof van de secundaire brandstof en uit de door substitutie van primaire brandstof (hoogzwavelige kolen) uitgespaarde CO<sub>2</sub>-emissie. Bij het ontbreken van gedetailleerde informatie over het koolstofgehalte is hierbij in het algemeen uitgegaan van 85,6 kg/GJ [79].

De uitgespaarde steenkool heeft een asgehalte van 40%. De as is een bron van silicium en aluminium. Vervanging van steenkool door secundaire brandstof met een laag asgehalte betekent dat extra grondstoffen voor de productie van cement moet worden toegevoegd. Vanwege de rol van de as uit steenkool in het productieproces van cement is aangenomen dat extra klei nodig is (zie [8]).

#### Meestoken in een kolencentrale

Bij het bepalen van de aan meestoken in een kolencentrale gerelateerde milieu-ingrepen is uitgegaan van de specificaties van de Nederlandse kolencentrales. De secundaire brandstof vervangt steenkool in de verhouding 1 GJ : 1 GJ. Er is rekening gehouden met procesgerelateerde emissies en de emissie van CO<sub>2</sub> van langcyclische oorsprong naar lucht. Daarnaast is rekening gehouden met de consumptie van CaCO<sub>3</sub>, Ca(OH)<sub>2</sub> en NH<sub>3</sub> voor rookgasreiniging. Er is bij het opstellen van het milieuprofiel rekening gehouden met de productie van RO-gips. Het RO-gips vervangt gedolven natuurgips. Overblijvende bodemas en vlieggas worden afgezet als grondstof voor cementproductie. Ze worden bijvoorbeeld bij de klinkerproductie ingezet als siliciumbron.

#### 2.4.4 Storten

Bij storten van afval is rekening gehouden met de milieu-ingrepen door vorming, ontsnappen en benutting van stortgas. Er is aangenomen dat uiteindelijk enkel gft-afval, papier en hout deels (voor  $\pm 60\%$ ) worden omgezet. Bij het bepalen van de benutting van het stortgas en van de ontsnapte hoeveelheid is rekening gehouden met verschillen in de omzettingssnelheid van deze drie afvalcomponenten. De omzettingssnelheid bepaalt welk percentage van het stortgas ontsnapt, wordt benut en wordt afgefakkeld. Daarnaast is de door het gestorte afval in beslag genomen ruimte meege-  
nomen.

Bij het storten van vlieg- en rookgasreinigingsresidu van thermische processen is uitgegaan van storten in big-bags, zoals nu in de praktijk ook gebeurt. Er is verdisconteerd dat zand wordt gebruikt voor het uitvullen van de stort.

Voor het berekenen van het ruimtegebruik is aangesloten bij achtergronddocument A1 bij MER-LAP.



### 3. DEFINITIE VAN DE BESCHOUWDE SCENARIO'S

#### 3.1 Inleiding

Conform het doel van de studie zijn scenario's waarin voorscheiding van afval plaatsvindt vergeleken met een scenario waarin al het vrijkomende brandbare niet gevaarlijke afval integraal wordt verbrand. De vraag die echter eerst is beantwoord is welke mogelijkheden voor scheiding er zijn.

In dit hoofdstuk wordt daarom eerst globaal geanalyseerd wat het doel van scheiding is en welke concepten op hoofdlijnen worden toegepast. Op basis daarvan wordt in paragraaf 3.3 vastgesteld welke scenario's worden beschouwd. Daarbij wordt ook ingegaan op de gehanteerde uitgangspunten. In paragraaf 3.4 en 3.5 wordt een overzicht gegeven van de concrete technische uitwerkingen van de verschillende scheidingsconcepten op hoofdlijnen, zoals momenteel in de praktijk in Nederland en omliggende landen worden toegepast. Een aantal van deze uitwerkingen of scheidingsconcepten op detail worden ook in deze studie beschouwd.

#### 3.2 Doel en opzet van scheiding

Scheiding van brandbaar restafval vindt om twee redenen plaats:

- verbetering van de eigenschappen als brandstof door afscheiding van afvalcomponenten met een hoog vochtgehalte en asgehalte;
- reductie van de verwijderingskosten door afscheiding van deelfracties, die tegen aanzienlijk lagere kosten (of kostenneutraal of tegen geringe opbrengst) kunnen worden afgezet.

Voorbeelden van deelfracties, die tegen aanzienlijk lagere kosten kunnen worden afgezet zijn schroot, inert materiaal (mits van voldoende hoge kwaliteit) en afvalcomponenten die als secundaire brandstof kunnen worden afgezet (vooral papier en plastic folie). Met innovatieve technieken als scanning op infrarood spectrum en vormherkenning kunnen bepaalde producten als plastic flessen en drankkartons worden geïsoleerd, bijvoorbeeld met het oog op hergebruik. Ook verwijderen van aanhangend vocht door drogen is een optie. Dit kan zowel biologisch (door compostering) als door inzet van een brandstof.

Gezien vanaf een wat hoger abstractieniveau vindt in de praktijk bij vrijwel elk scheidingsconcept afscheiding van metalen, inert en vocht plaats. Afscheiding van metalen loont altijd. Schroot is technisch makkelijk af te scheiden en heeft een positieve marktwaarde, waardoor afscheiding ook economisch rendabel is. Afscheiding van vocht en inert geeft als gezegd een betere brandstof. De afscheiding kan eventueel zo plaatsvinden, dat vocht als damp wordt verwijderd en dat inert als een herbruikbaar restproduct vrijkomt. Het overblijvende brandbare afval wordt in Nederland vaak als RDF (Refuse Derived Fuel) aangeduid en heeft, afhankelijk van de samenstelling van het oorspronkelijke afval en de wijze en mate van scheiding, een stookwaarde van 11 – 18 MJ/kg.

Gezien vanaf het eerdergenoemde hogere abstractieniveau is het voornaamste verschil tussen de verschillende bestaande scheidingsconcepten het wel of niet afscheiden van een papier- en folierijke fractie (PPF) uit integraal afval of RDF. De PPF wordt als secundaire brandstof afgezet bij bijvoorbeeld kolencentrales of cementovens.

Samenvattend zijn er dus in de praktijk twee concepten voor voorscheiding:

- hoofddoel productie van RDF;
- hoofddoel productie van PPF.

### 3.3 Beschouwde scenario's en gehanteerde uitgangspunten

#### Beschouwde scenario's

Conform beide in paragraaf 3.2 genoemde opties van de afscheiding van hoogcalorisch materiaal zijn twee scenario's gebaseerd op scheiding beschouwd:

- een scenario met '**Maximale productie van RDF**';
- een scenario met '**Maximale productie van PPF**'.

Daarnaast is conform het doel van de studie ter vergelijking een scenario, '**Integraal Verbranden**', meegenomen waarin enkel integrale verbranding van afval plaatsvindt. In dit scenario is verondersteld dat de huidige AVI-capaciteit wordt uitgebreid met nieuwe, moderne AVI's met een hoog rendement en met een minder uitgebreide rookgasreiniging.

Tot slot is een vierde scenario, '**Status Quo**', beschouwd, gebaseerd op de huidige AVI-capaciteit. Daarin is aangenomen dat de huidige AVI-capaciteit blijft bestaan en de huidige, beperkte scheiding van droog en overig KWD-afval blijft plaatsvinden. Verder is aangenomen dat al het afval, dat niet in de bestaande AVI's kan worden verbrand of als PPF kan worden afgezet wordt gestort. Dit scenario is, als gezegd, vooral bedoeld als een referentiepunt.

#### Uitgangspunten

Bij het uitwerken van de eerste drie scenario's is steeds aangenomen dat eventueel afgescheiden ONF zal worden opgewerkt en gescheiden. Bij een storttarief van > 110 Euro per ton zal dit economisch ook het meest voor de hand liggen.

Aangenomen is ook dat er steeds voldoende afzetmogelijkheden zijn voor secundaire brandstoffen, ook in het scenario met maximale PPF-productie (zie ook paragraaf 2.3).

Er zijn bij de uitwerking van de scenario's verder geen aannames gedaan over effecten van beleid. Zaken als een moratorium op AVI-capaciteit en een grenswaarde voor de stookwaarde van afval om onderscheid te maken tussen nuttige toepassing en eindverwerking, zijn buiten beschouwing gelaten.

Bij het invullen van de scenario's is steeds uitgegaan van een thermische begrenzing van de verwerkingscapaciteit van de bestaande AVI's van circa 50 PJ/jaar. Deze verwerkingscapaciteit is steeds opgevuld met de restfracties of afvalstromen met de laagste stookwaarde, zodat de verwerkingscapaciteit van het bestaande AVI-park (in kton/jaar) steeds zo groot mogelijk is gehouden. De bestaande AVI's zijn over het algemeen ontworpen op een stookwaarde van ongeveer 10 MJ/kg.

### 3.4 Scheidingsconcepten voor de productie van RDF

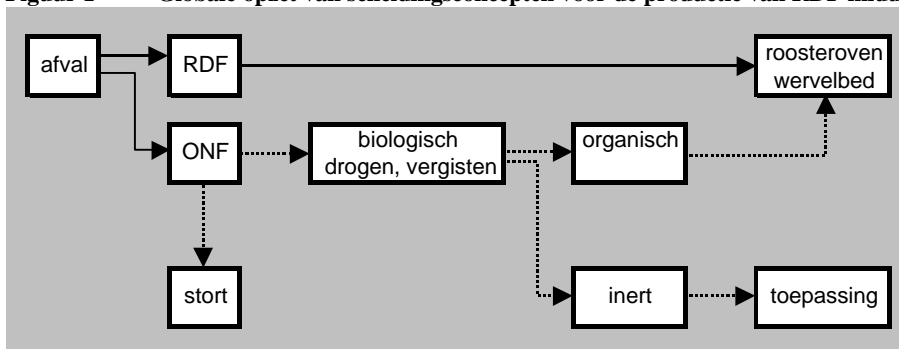
#### Afzeven ONF

Voor de productie van RDF bestaan twee concepten:

- afscheiden van inert en vocht door afzeven van fijn materiaal, de zogenaamde Organisch Natte Fractie (ONF);
- biologisch drogen van het afval, gevolgd door mechanische afscheiding van inert.

In het eerste concept wordt organisch materiaal afgescheiden, omdat het een asrijke fractie met een hoog vochtgehalte is. Met het organische materiaal worden ook inerte afvalcomponenten als glas en keramiek verwijderd. Deze componenten breken vaak tijdens zeven in kleine stukjes, zodat die met het organische afval worden afgezeefd. De afscheiding van inerte componenten kan nog worden verbeterd door voorafgaand aan zeven te shredderen.

**Figuur 1** Globale opzet van scheidingsconcepten voor de productie van RDF middels afzeven van ONF



Een voorbeeld van een dergelijk concept is de voorscheiding bij ARN. Aangeleverd afval wordt geshredderd, waarna organisch materiaal en inert worden afgezeefd. De RDF kan op een rooster of in een wervelbed worden verbrand, maar heeft onvoldoende kwaliteit om te kunnen worden meegestookt. Ook heeft het een te hoge stookwaarde (13 MJ/kg of meer) om in de meeste (maar wel in enkele) bestaande AVI's te kunnen worden verbrand, zelfs na aanpassing van rooster, luchtverdeling en processturing.

Het nadeel van het concept is de productie van ONF dat zeker bij scheiding van huishoudelijk afval een dusdanig lage stookwaarde heeft, dat het niet in een AVI of andere oven kan worden verbrand. Bij voldoende ruim beleid en voldoende lage tarieven wordt deze fractie vaak gestort (of 'tijdelijk opgeslagen'). Andere mogelijkheden zijn:

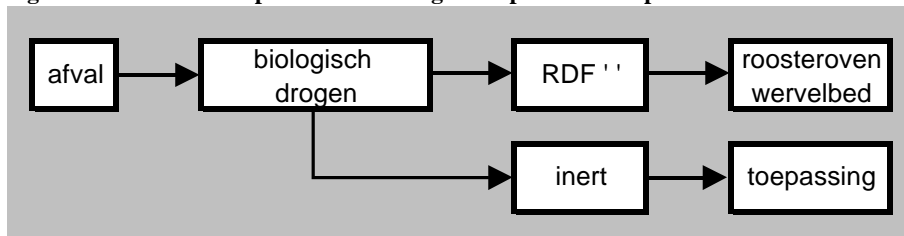
- vergisting met nacompostering en afscheiding van inert (zie bijvoorbeeld Vagron, Vaasa (Finland), Bassum (Duitsland));
- compostering en afscheiding van inert (zie bijvoorbeeld voorgenomen nascheiding bij GAVI).

Het residu van beide biologische processen heeft een voldoende hoge stookwaarde om te kunnen worden verbrand in bijvoorbeeld een AVI. Het afgescheiden inert kan als secundair bouw materiaal worden toegepast.

#### Biologisch drogen en mechanische afscheiding inert

In het tweede concept wordt de vorming van ONF omzeild door het materiaal als gezegd eerst biologisch te drogen (compostering) en daarna inert af te scheiden middels zeven en met ballistische technieken. Door biologisch te drogen blijft ook het grootste deel van het organische materiaal in de RDF (TroockenStabilat genoemd) achter. Dit concept wordt voor zover bekend door één bedrijf (Herhof uit Duitsland) aangeboden.

**Figuur 2** Globale opzet van scheidingsconcepten voor de productie van RDF middels biologisch drogen



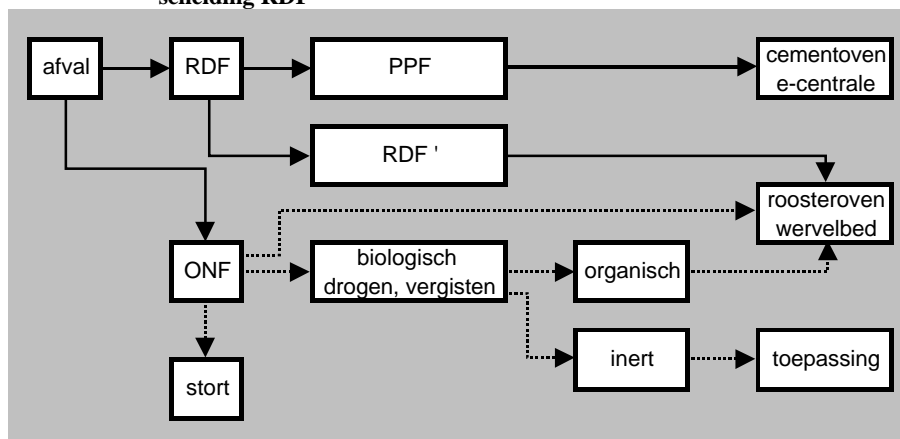
Door de hoge stookwaarde van het RDF'' ofwel TroockenStabilat (15 tot 18 MJ/kg) is verbranding in een bestaande AVI niet mogelijk. Door accumulatie van verontreinigingen uit het huishoudelijk afval in het TroockenStabilat (met name chloor en zwavel) in het TroockenStabilat is de kwaliteit onvoldoende voor meestoken.

### 3.5 Scheidingsconcepten voor de productie van PPF

#### Vervolgscheiding uit RDF

Concepten voor de productie van PPF zijn in een aantal gevallen een uitbreiding van concepten voor de productie van RDF. Net als bij de productie van RDF vindt afscheiding plaats van organisch materiaal en inerte afvalcomponenten. Vervolgens wordt uit het RDF met een ballistische scheiding een deel fractie geïsoleerd, die voornamelijk bestaat uit papier en kunststoffen (papier/plastic fractie of PPF).

**Figuur 3** Globale opzet van scheidingsconcepten voor de productie van PPF middels afzeven ONF en verdere scheiding RDF



Dit concept wordt in Nederland bijvoorbeeld toegepast bij Vagron, GAVI, BTC Zoetermeer en ICOVA Amsterdam. PPF kan worden verwerkt tot secundaire brandstof en worden meegestookt in industriële vuurhaarden.

De scheidingsinstallaties bij Vagron en GAVI zijn vooral bedoeld voor huishoudelijk afval en vergelijkbaar afval. Aangevoerd afval wordt eerst gescheiden in drie zeeffracties (bij GAVI bijvoorbeeld < 40 mm, 40 – 180 mm en > 180 mm). De fijnste zeeffractie bevat het ONF. Uit beide andere zeeffracties wordt vervolgens zowel bij Vagron als bij GAVI met windzifters PPF afgescheiden. De overblijvende RDF-rest (in de figuur RDF'; stookwaarde 11 – 14 MJ/kg) wordt in de roosterovens van de GAVI verbrand. Ook verwerking in een andere bestaande AVI is mogelijk, mits aanpassing aan rooster, luchtverdeling en processturing zijn gedaan.

De ONF wordt bij de Vagron vergist en gescheiden in inert, afvalwater, biogas en gestabiliseerd digestaat. Het digestaat wordt momenteel gestort, maar zou ook in een AVI kunnen worden verbrand. Bij de GAVI afgescheiden ONF wordt vooralsnog gestort. Er zijn echter plannen om het ONF biologisch te drogen en te scheiden in organisch materiaal en inert. Het organische materiaal zou vervolgens in de roosterovens van de GAVI worden verbrand.

De scheidingsinstallaties van ICOVA en BTC zijn bedoeld voor de verwerking van vooral droog KWD-afval en vergelijkbaar afval. Aangevoerd afval wordt geshredderd en gezeefd. De zeefoverloop wordt ballistisch gescheiden in PPF en restmateriaal. De overblijvende ONF en RDF-rest worden samen als een laagcalorische restfractie bij een AVI aangeboden.

### Vooraf afscheiden

Een andere mogelijkheid voor afscheiding van PPF of andere secundaire brandstoffen is ze door handsortering of met een grijper voorafgaand aan verdere scheiding of uit een zeeffractie te isoleren. Dit gebeurt bijvoorbeeld bij sorteerbedrijven voor bouw- en sloopafval en waarschijnlijk ook in het door Rouwmaat en Twence ontwikkelde scheidingsconcept. In dit concept worden uit een mengsel van grof huishoudelijk afval, sorteerresten van sorteerinstallaties voor bouw- en sloopafval en uit overig bedrijfsafval de volgende productfracties geïsoleerd:

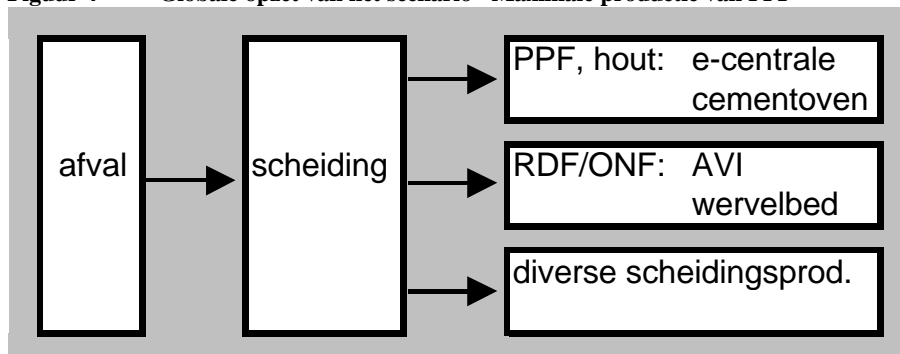
- hout;
- PPF;
- puin;
- zeefzand;
- metalen.

## 4. MAXIMALE PRODUCTIE VAN PPF

### 4.1 Beschrijving

Figuur 4 geeft globaal weer welke routes in dit scenario worden beschouwd. De invulling van het scenario wordt hieronder per afvalstroom gegeven.

**Figuur 4** Globale opzet van het scenario "Maximale productie van PPF"



#### Huishoudelijk afval en vergelijkbaar afval

Aangenomen is dat huishoudelijk afval en daarmee vergelijkbaar afval in 2012 voornamelijk wordt gescheiden volgens het bij de Vagron toegepaste concept bestaande uit:

- afscheiding van organisch en inert materiaal met trommelzeven;
- afscheiding van PPF uit de geproduceerde RDF met windzifters;
- vergisting van ONF, stabilisatie van digestaat en afscheiding van inert uit ONF of digestaat, inzet biogas in gasmotoren.

Verondersteld is dat de voorscheiding bij de GAVI blijft bestaan omdat daar een vergelijkbaar concept wordt gehanteerd, dat alleen verschilt wat betreft de verwerking van ONF. De ONF wordt nu nog "tijdelijk opgeslagen" op de stort, maar de overheid heeft Essent inmiddels verplicht een andere oplossing te vinden. Dit zal waarschijnlijk compostering gevolgd door afscheiding van inert uit het compost worden. In deze studie wordt dit als uitgangspunt genomen.

Verdere uitgangspunten zijn

- Compost of digestaat uit ONF worden verondersteld te worden verbrand in een AVI. Door KEMA wordt echter momenteel onderzocht of meestoken in een kolencentrale ook mogelijk is.
- De RDF-rest wordt verbrand in bestaande AVI's, waarvan een aantal moet worden aangepast met het oog op de hogere stookwaarde.
- De afgescheiden PPF wordt als bekend verwerkt tot secundaire brandstof. Aangenomen is dat PPF zowel voor meestoken in een cementoven als voor meestoken in een kolencentrale wordt gedroogd, gepelletiseerd en gemicroniseerd. Dit is voor meestoken in een cementoven niet persé conform de praktijk. Bij invoer van de secundaire brandstof via de secundaire brander bij precalciner of cycloon kan vaak worden volstaan met of moeten juist soft pellets van licht aangedrukt materiaal worden gemaakt. Verschillen in voorbereiding hebben echter geen grote invloed op het totale milieuprofiel van het scenario.
- Uit ONF en RDF wordt ferro en non-ferro schroot afgescheiden. Het schroot wordt herverwerkt. Afgescheiden inert wordt als secundair bouw materiaal afgezet.

Droog KWD-afval, industrieel kantoor- en kantineafval en overig KWD-afval

Droog KWD-afval, industrieel kantoor- en kantineafval en overig KWD-afval worden gescheiden volgens het concept van installaties als van ICOVA in Amsterdam en BTC in Zoetermeer (zie ook paragraaf 3.5):

- shredderen van het ingenomen afval;
- afzeven van organisch materiaal en inerte afvalcomponenten;
- ballistische afscheiding van papier en kunststoffen.

Aangenomen is dat de ballistisch afgescheiden fractie wordt gepelletiseerd om te kunnen worden gemicroniseerd en meegestookt in een kolencentrale. Voor meestoken in een cementoven is als gezegd uitgegaan van dezelfde voorbereiding als voor meestoken in een kolencentrale.

Het residu van de scheiding wordt afgevoerd naar een bestaande AVI. Ferro schroot en non-ferro schroot worden apart afgescheiden en herverwerkt.

Grof huishoudelijk afval, brandbaar residu van bouw- en sloopafval en industrieel procesafval.

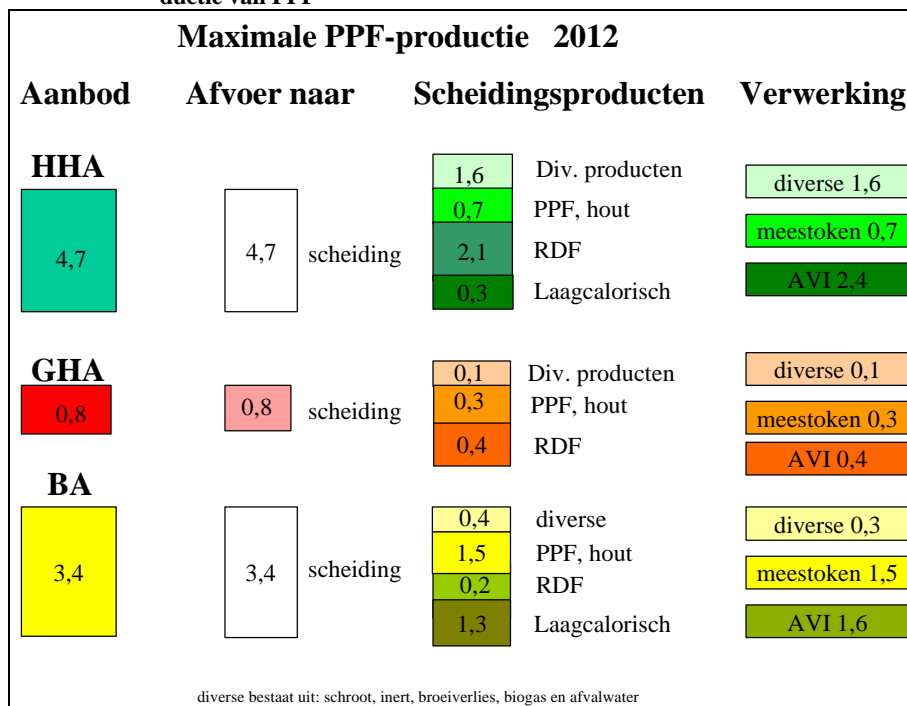
Grof huishoudelijk afval, brandbaar residu van bouw- en sloopafval en industrieel procesafval worden gescheiden volgens een door Twence en Rouwmaat ontwikkeld scheidingsconcept waarover nog weinig informatie verkregen is. Het proces lijkt waarschijnlijk op dat van sorteerinstallaties. Uit het afval worden hout, PPF, zeefzand, puin, ferro en non-ferro schroot afgescheiden. Het residu wordt volgens opgave bij een bestaande AVI afgezet. Schroot, puin en zeefzand worden herverwerkt of hergebruikt. PPF en hout worden elders meegestookt. Aangenomen is dat PPF na afscheiding wordt gepelletiseerd, onafhankelijk van de beoogde toepassing.

Massabalans

Figuur 5 geeft een overzicht van de bestemming van het ingezamelde afval, de scheidingsproducten en de wijze van eindverwerking van de scheidingsproducten. Afval wordt gescheiden of integraal verwerkt. Scheidingsproducten worden naar eindverwerking, herverwerking of andere 'sinks' afgevoerd.

In tabel 3 is een uitgebreider overzicht gegeven, waarin de 'productgroep diverse' is uitgesplitst in herbruikbare restfracties (schroot, inert) en gasvormige of vloeibare productstromen (afvalwater, biogas, broeiverlies). De na afscheiding van PPF of RDF overblijvende laagcalorische fracties gaan bijvoorbeeld naar een bestaande AVI of een nieuwe verbrandingslijn.

**Figuur 5** Visualisatie bestemming ingezameld afval en scheidingsproducten voor scenario 'Maximale productie van PPF'



**Tabel 3** Globale massabalans over scenario 'Maximale productie van PPF'

bestemming afval	scheidingsproducten	eindverwerking scheidingsproducten
<b>Huishoudelijk afval</b>		
- bestaande AVI		stort
- nieuwe oven		naar AVI 2.319
- stort		naar nieuwe oven
- scheiden 4.653		meestoken 652
4.653	digestaat_compost 257	
	RDF 2.062	
	PPF, hout 652	
	schroot, inert 717	
	A.B.B. 965	hergebruik + ov. toepassingen (h.o.t.) 1.682
	4.653	<b>totaal, incl h.o.t. 4.653</b>
<b>Grof huishoudelijk afval</b>		
- bestaande AVI		stort
- nieuwe oven		naar AVI 357
- integraal storten		naar nieuwe oven
- scheiden 827		meestoken 296
827	laagcalorische restfractie 357	
	PPF, hout 296	
	schroot, inert 174	
	827	hergebruik + ov. toepassingen (h.o.t.) 174
		<b>totaal, incl h.o.t. 827</b>
<b>Bedrijfsafval</b>		
- bestaande AVI		stort
- nieuwe oven		naar AVI 1.575
- integraal storten		naar nieuwe oven
- scheiden 3.379		meestoken 1.547
3.379	digestaat_compost 37	
	laagcalorische restfractie 1.219	
	RDF 320	
	PPF, hout 1.547	
	schroot, inert 179	
	A.B.B. 77	hergebruik + ov. toepassingen (h.o.t.) 256
	3.379	<b>totaal, incl h.o.t. 3.379</b>

A.B.B. = Afvalwater, Biogas, Broeiverlies.



In tabel 4 is aangegeven hoeveel afval middels de beschouwde scheidingsconcepten is verwerkt.

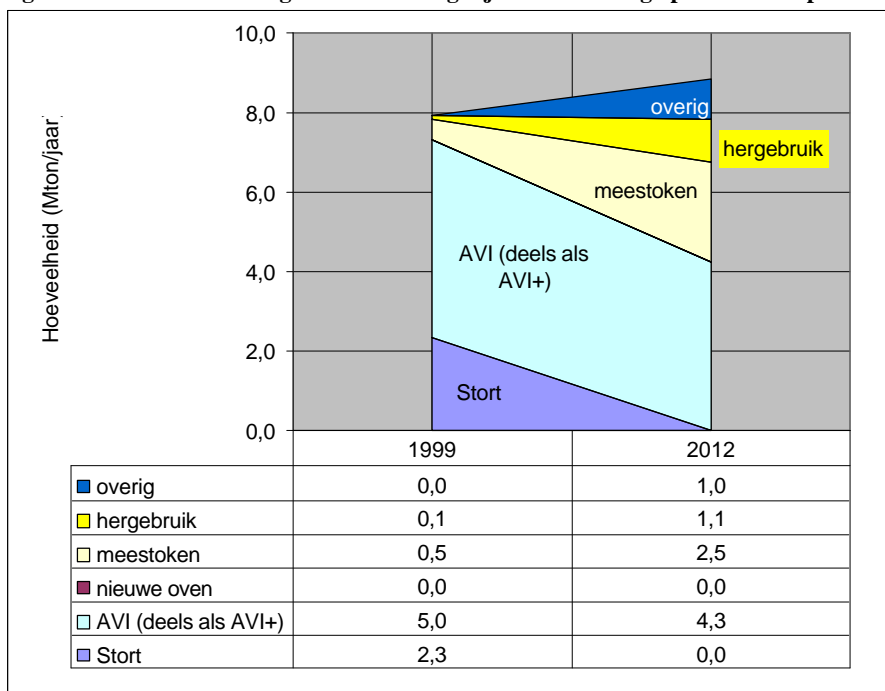
**Tabel 4 Per scheidingsconcept verwerkte hoeveelheid afval in scenario ‘Maximale productie van PPF’ in 2012**

	Huishoudelijk afval	Grof huishoudelijk afval	Bedrijfsafval	totaal
Vagron-concept	4.041		421	4.462
GAVI-concept	612		138	750
ARN-concept				
TrockenStabilat concept				
Twence-Rouwmaat concept		827	954	1.780
PPF-concept voor bedrijfsafval			1.866	1.866
RDF-concept voor bedrijfsafval				
	4.653	827	3.379	8.859

Met het PPF-concept voor bedrijfsafval wordt de scheiding van droog KWD-afval en vergelijkbaar afval bedoeld, zoals plaatsvindt bij ICOVA en BTC. Het RDF-concept is een (qua toegepaste techniek) met het PPF-concept vergelijkbaar concept, alleen wordt hierbij het afgescheiden RDF niet verder gescheiden in RDF-rest en PPF.

In figuur 6 is aangegeven hoe de eindverwerking van brandbaar niet gevaarlijk afval zich door volledige overschakeling op **Maximale productie van PPF** zich zou kunnen ontwikkelen.

**Figuur 6 Ontwikkeling eindverwerking bij overschakeling op ‘Maximale productie van PPF’**



In tabel 5 wordt een overzicht gegeven van de omvang van de verschillende bij de bestaande AVI's aangeboden restfracties en worden de stookwaarde en de energie-inhoud gegeven.

**Tabel 5**      **Overzicht omvang en energie-inhoud bij AVI's aangeboden restfracties in scenario 'Maximale productie van PPF'**

		aanbod kton/jaar	stookwaarde GJ/ton	energie-inhoud PJ/jaar
HHA	Integraal			
	Restproducten van scheiding			
	RDF	2.062	13,8	28,5
	compost en digestaat	257	9,5	2,4
GHA	restproducten van scheiding	357	14,7	5,2
Droog KWD-A en IA	restproducten van prod. PPF	374	14,0	5,2
Overig KWD-A	integraal			
	restproducten van prod. PPF	455	10,4	4,7
	restproducten van prod. RDF			
HHA KWD-A	integraal			
	restproducten van scheiding			
	RDF	320	15,6	5,0
	compost en digestaat	37	11,0	0,4
PA/BSA	integraal			
	restproducten van scheiding	390	16,8	6,5
<b>Som</b>		<b>4.251</b>	<b>13,7</b>	<b>58,1</b>

Uit tabel 5 blijkt dat de stookwaarde hoger is dan optimaal is voor de meeste bestaande AVI's. Dit betekent dat een deel van de bestaande AVI's in dit scenario aangepast zullen moeten worden door veranderingen aan rooster, luchtverdeling en processturing. Mogelijk vindt verdeling van het afvalaanbod over de bestaande AVI's plaats conform de ontwerpspecificaties van de individuele installaties. Het is ook mogelijk dat het goedkoper is om enkele AVI's te vervangen door nieuwe installaties, waarvan het ontwerp meer flexibiliteit biedt.

Daarnaast blijkt uit tabel 5 dat de energie-inhoud van het volgens het scenario bij bestaande AVI's aangeboden afval boven de thermische limitering van de bestaande AVI's (50,4 PJ/jaar) ligt. Aangenomen is dat al het materiaal in bestaande en bij te bouwen AVI's wordt verwerkt. Ondanks dat in de praktijk de bij te bouwen AVI-capaciteit volgens de meest recente inzichten zal worden gebouwd (hoger energetisch rendement en minder reststoffen) is dit in de berekeningen niet verdisconteerd en is uitgegaan van de karakteristieken van de bestaande AVI-capaciteit.

Voor de restfractie uit het brandbare residu van bouw- en sloopafval en industrieel procesafval wordt met de in deze studie aangehouden specificaties van de individuele afvalcomponenten een zeer hoge stookwaarde aangehouden. Toch wordt in de praktijk de restfractie naar een AVI (AVI Twente) afgevoerd. Om die reden is ook in deze studie daarvan uitgegaan. De berekende hoge stookwaarde geeft mogelijk aan dat de gehanteerde specificaties niet representatief zijn voor de afvalcomponenten in het brandbare residu van bouw- en sloopafval en industrieel procesafval. Aan de andere kant zou volgens de theoretische samenstelling het brandbare residu van bouw- en sloopafval geen onbrandbare componenten meer bevatten. Dit is niet conform de praktijk (zie bijvoorbeeld praktijk bij sorteerbebedrijven en bij Rouwmaat). Nader onderzoek is nodig naar het scheidingsconcept van Rouwmaat en Twence, de chemische specificaties van de afvalcomponenten in brandbaar residu van bouw- en sloopafval en/of de samenstelling van dat residu naar afvalcomponenten.

## 4.2 Milieuanalyse

Op basis van de massabalans over het scenario en de milieu-ingrepen per afval-techniek combinatie (zie ook bijlage B en C) is een schatting gemaakt van de aan het scenario gerelateerde directe milieu-ingrepen (zie tabel 6 en tabel 7). Daarbij is bij wijze van variatie zowel meestoken in een kolencentrale als meestoken in een cementoven beschouwd.

**Tabel 6** Overzicht milieu-ingrepen voor scenario 'Maximale productie van PPF', versie meestoken kolencentrale (alle kentallen per ton afval)

	Huishoudelijk afval		Grof huisvuil; productie secundaire brandstoffen	Op huisvuil lijkend KWD afval		Productie secundaire brandstoffen uit:			Gemiddeld
	Vagron + eindverwerking	GAVI + eindverwerking		Vagron + eindverwerking	GAVI + eindverwerking	overig KWD-afval	droog KWD-afval	BSA	
<b>Bijdrage (ton/ton)</b>	<b>46%</b>	<b>7%</b>	<b>9%</b>	<b>5%</b>	<b>2%</b>	<b>9%</b>	<b>12%</b>	<b>11%</b>	<b>100%</b>
productie energiedragers (GJ/ton):									
- elektriciteit	1,4	1,1	1,0	2,0	1,7	1,6	0,7	1,3	1,3
- warmte	0,4	0,4	0,3	0,5	0,5	0,5	0,3	0,4	0,4
- elektriciteit uit kolencentrale	1,0	1,0	2,4	1,0	1,0	2,7	3,8	3,6	1,9
consumptie bedrijfsmiddelen									
- klei, voor cementproductie (kg/ton)									
- zand, voor uitvullen stort (kg/ton)	9,0	9,0	9,2	16,3	16,3	11,1	4,4	11,4	9,4
- CaCO3 (kg/ton)	0,39	0,39	0,69	0,45	0,45	1,15	1,68	1,08	0,72
- NaOH (50%) (kg/ton)	0,4	0,4	0,4	0,6	0,6	0,3	0,2	0,5	0,4
- Ca(OH)2 (kg/ton)	5,3	5,4	6,9	8,6	8,6	8,5	5,2	7,4	6,2
- actieve kool (kg/ton)	1,0	1,0	0,9	1,4	1,4	1,3	0,7	1,0	1,0
- aardgas (GJ/ton)	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,2	0,3
- NH3 (25%) (kg/ton)	4,1	4,6	9,4	6,4	7,2	7,4	2,4	5,9	5,1
productie restproducten (kg/ton)									
- ferro schroot	40	40	103	11	11	80	51		45
- non-ferro	7	7	3	3	3	19	1		6
- inert	112	112	109	77	77				74
- RO-gips	1	1	1	1	1	2	3	2	1
- assen uit kolencentrale	8	8	9	12	12	22	32	12	13
- bodemas	55	62	49	59	65	46	36	29	49
- vliegias	15	15	15	29	29	12	8	21	15
- RGR-zouten	6	6	6	10	10	9	2	7	6
- actieve kool	1	1	1	1	1	1	1	1	1
- gestort afval									
transporten (tonkm)									
- wegtransport	63	63	61	68	68	79	86	95	71
optredende emissies naar lucht (kg/ton)									
- CO2	518	518	535	849	851	830	484	655	580
- NOx	0,55	0,43	0,67	0,66	0,52	0,74	0,86	1,17	0,68
- NH3	0,011	0,011	0,010	0,015	0,016	0,014	0,008	0,011	0,011
- N2O	0,008			0,010					0,004
- CO	0,29	0,09	0,10	0,37	0,12	0,13	0,09	0,11	0,20
- CH4 (weggelekt stortgas)									
- overige koolwaterstoffen (als C)	0,33	0,03	0,03	0,40	0,03	0,04	0,03	0,04	0,18
- stof	1,53E-02	1,55E-02	1,51E-02	1,70E-02	1,74E-02	2,46E-02	2,19E-02	1,72E-02	1,72E-02
- dioxines (in TEQ)	2,01E-10	2,05E-10	1,98E-10	2,84E-10	2,90E-10	2,72E-10	1,63E-10	2,18E-10	2,10E-10
Ruimtebeslag door installaties(m2/ton,jaar)	0,27	0,27	0,15	0,29	0,29	0,17	0,14	0,15	0,22
Extra transport (tonkm)									
- wegtransport	21	22	27	18	19	21	18	8	20

**Tabel 7** Overzicht milieu-ingrepen voor scenario 'Maximale productie van PPF', versie meestoken bij cementoven (alle kentallen per ton afval)

	Huishoudelijk afval		Grof huisvuil; productie secundaire brandstoffen	Op huisvuil lijkend KWD afval		Productie secundaire brandstoffen uit: overig KWD-afval droog KWD-afval BSA			Gemiddeld
	Vagron + eindverwerking	GAVI + eindverwerking		Vagron + eindverwerking	GAVI + eindverwerking				
<b>Bidragte (ton/ton)</b>	<b>46%</b>	<b>7%</b>	<b>9%</b>	<b>5%</b>	<b>2%</b>	<b>9%</b>	<b>12%</b>	<b>11%</b>	<b>100%</b>
<b>productie energiedragers (GJ/ton):</b>									
- elektriciteit	1,4	1,0	1,0	2,0	1,6	1,5	0,6	1,3	1,3
- warmte	0,4	0,4	0,3	0,5	0,5	0,5	0,3	0,4	0,4
- elektriciteit uit kolencentrale									
<b>consumptie bedrijfsmiddelen</b>									
- klei, voor cementproductie (kg/ton)	55,4	55,4	145,8	52,6	52,6	143,6	204,1	228,9	108,0
- zand, voor uitvullen stort (kg/ton)	9,0	9,0	9,2	16,3	16,3	11,1	4,4	11,4	9,4
- CaCO <sub>3</sub> (kg/ton)									
- NaOH (50%) (kg/ton)	0,4	0,4	0,4	0,6	0,6	0,3	0,2	0,5	0,4
- Ca(OH) <sub>2</sub> (kg/ton)	4,1	4,1	4,2	7,1	7,2	7,1	1,5	4,9	4,4
- actieve kool (kg/ton)	1,0	1,0	0,9	1,4	1,4	1,3	0,7	1,0	1,0
- aardgas (GJ/ton)	0,2	0,2	0,2		0,3	0,4	0,4	0,2	0,3
- NH <sub>3</sub> (25%) (kg/ton)	4,1	4,6	9,1	6,4	7,2	7,3	2,3	5,4	5,0
<b>productie restproducten (kg/ton)</b>									
- ferro schroot	40	40	103	11	11	80	51		45
- non-ferro	7	7	3	3	3	19	1		6
- inert	112	112	109	77	77				74
- RO-gips									
- assen uit kolencentrale									
- bodemas	55	62	49	59	65	46	36	29	49
- vliegias	15	15	15	29	29	12	8	21	15
- RGR-zouten	6	6	6	10	10	9	2	7	6
- actieve kool	1	1	1	1	1	1	1	1	1
- gestort afval									
<b>transporten (tonkm)</b>									
- wegtransport	87	87	138	93	93	144	194	226	125
<b>optredende emissies naar lucht (kg/ton)</b>									
- CO <sub>2</sub>	286	286	-22	613	616	228	-374	-222	140
- NO <sub>x</sub>	0,34	0,23	0,21	0,45	0,31	0,29	0,17	0,22	0,29
- NH <sub>3</sub>	0,011	0,011	0,010	0,015	0,016	0,014	0,008	0,011	0,011
- N <sub>2</sub> O	0,008			0,010					0,004
- CO	0,28	0,08	0,08	0,36	0,12	0,11	0,06	0,08	0,19
- CH <sub>4</sub> (weggelekt stortgas)									
- overige koolwaterstoffen (als C)	0,32	0,02	0,02	0,39	0,03	0,03	0,02	0,02	0,18
- stof	1,19E-02	1,21E-02	1,14E-02	1,70E-02	1,74E-02	1,58E-02	9,07E-03	1,23E-02	1,23E-02
- dioxines (in TEQ)	1,98E-10	2,02E-10	1,90E-10	2,84E-10	2,90E-10	2,64E-10	1,51E-10	2,06E-10	2,04E-10
Ruimtebeslag door installaties(m <sup>2</sup> /ton.jaar)	0,27	0,27	0,15	0,29	0,29	0,17	0,14	0,15	0,22
<b>Extra transport</b>									
- wegtransport	19	19	24	15	15	15	9	4	16

De als laatste kolom gegeven gemiddelde waarden zijn steeds bepaald als somproduct van de bijdrage per afval-techniekcombinatie (ATC) en het percentage afval, dat aan een bepaalde ATC wordt toegevoerd. De percentages refereren naar de totale mix aan brandbaar, niet gevaarlijk afval. De in de overige kolommen gegeven bijdragen zijn steeds per ton beschouwd afval voor de genoemde specifieke ATC. Met Vagron + eindverwerking wordt niet alleen de scheiding, maar ook alle daaropvolgende bewerkingen en verwerkingsprocessen bedoeld. Het betreft in het specifieke voorbeeld bij huishoudelijk afval bijvoorbeeld:

- verdere opwerking van afgescheiden ONF (vergiftiging, scheiding);
- de inzet van biogas in gasmotoren;
- verbranding van RDF in een bestaande AVI;
- verbranding van gestabiliseerd digestaat in een bestaande AVI;
- drogen, pelletiseren en meestoken van afgescheiden PPF.

In de opgegeven CO<sub>2</sub>-emissie en NO<sub>x</sub>-emissie zijn de bijdrages van CO<sub>2</sub> door ontleding van kalksteen in het kalksteen-gips proces bij kolencentrales en zijn de bijdrages aan CO<sub>2</sub>- en NO<sub>x</sub>-emissies door de inzet van aardgas bij SCR's of het drogen van PPF verdisconteerd. Voor ondervering bij drogen van PPF is uitgegaan van een specifieke NO<sub>x</sub>-emissie van 16 g/GJ. De bijdrage aan de CO<sub>2</sub>-emissie is steeds 56,01 kg/GJ (G-gas). Er hoeft dus bij verdere uitwerking van de LCA enkel rekening te worden gehouden met de winning van aardgas.

Voor meestoken in een cementoven is als gezegd (zie paragraaf 2.4.3) al een netto emissie voor CO<sub>2</sub> gegeven, waarin de door substitutie van primaire hoogzwavelige kolen uitgespaarde CO<sub>2</sub>-emissie is verdisconteerd. Er wordt 287 kg of 4,9 GJ aan hoogzwavelige steenkool per ton afvalmix uitgespaard.

De emissie van N<sub>2</sub>O wordt veroorzaakt door gasmotoren waarin biogas wordt verbrand.

Tabel 8 tenslotte geeft een overzicht van het resulterende ruimtebeslag en de uitgespaarde primaire energiedragers en grondstoffen.

**Tabel 8 Ruimtebeslag, uitgespaarde hoeveelheden energiedragers en grondstoffen voor scenario 'Maximale productie van PPF'**

	meestoken bij kolencentrale	meestoken bij cementoven
<b>Uitgespaarde energiedragers (GJ/ton afval)</b>		
- elektriciteit gemiddeld park	1,30	1,25
- elektriciteit uit steenkool	1,91	
- warmte , geproduceerd op basis van aardgas	0,37	0,37
<b>Uitgespaarde primaire grondstoffen (kg/ton afval)</b>		
- ruw ijzer	44,8	44,8
- aluminium	5,9	5,9
- zand	123,1	123,1
- natuurgips	1,2	
- kalksteenmeel	7,7	7,7
<b>Ruimtebeslag (m<sup>2</sup>*jaar/ton)</b>		
- gestorte restproducten	0,17	0,17
- installaties	0,22	0,22
<b>totaal</b>	<b>0,40</b>	<b>0,40</b>
<b>Transport (ton*km)</b>		
- voor afval en scheidingsproducten	71	125
- voor afvoer reststoffen en sec. producten	20	16
<b>totaal</b>	<b>90</b>	<b>141</b>

Aangenomen is dat door bestaande AVI's of andere stand-alone verbrandingsinstallaties geleverde elektriciteit productie bij het gemiddelde Nederlandse elektriciteitsproductiepark uitspaart (zie ook paragraaf 2.4). Door stand-alone verbrandingsinstallaties geleverde warmte spaart warmteproductie op basis van aardgas uit.

Zand wordt uitgespaard als ophoogmateriaal door inzet van afgescheiden inert en inzet van bodemas van stand-alone verbrandingsinstallaties (bestaande AVI's, nieuwe stand-alone ovens). Inzet van vliegias als vulstof in asfalt (50% totale vliegiasproductie) leidt tot uitsparing van kalksteenmeel.

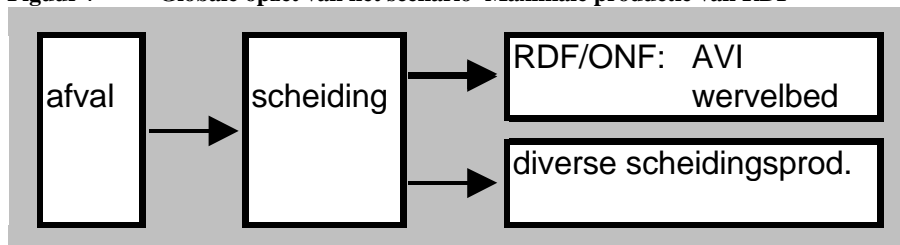
Ruimtebeslag is toe te schrijven aan de stort van vliegias (50% totale productie), RGR-zouten, actieve kool en (indien relevant) integraal gestort afval. Er is als gezegd daarnaast rekening gehouden met ruimtebeslag door scheidingsinstallaties en thermische processen.

## 5. MAXIMALE PRODUCTIE VAN RDF

### 5.1 Beschrijving

Onderstaande figuur geeft globaal weer welke routes in dit scenario worden beschouwd. De invulling van het scenario wordt hieronder per afvalstroom gegeven.

**Figuur 7** Globale opzet van het scenario 'Maximale productie van RDF'



#### Huishoudelijk afval en vergelijkbaar afval

Huishoudelijk afval en vergelijkbaar afval worden met het TrockenStabilat proces opgewerkt tot RDF. Bij afzeven van organisch materiaal en inerte afvalcomponenten zou een ONF-fractie ontstaan, die moet worden opgewerkt middels composteren of vergisten. Door toepassing van het TrockenStabilat proces wordt in één keer het gewenste RDF geproduceerd en komt een maximum aan organisch materiaal in deze fractie terecht. Bovendien worden ook de als RDF afgescheiden componenten gedroogd.

Afgescheiden inert wordt afgezet als secundair bouw materiaal. Afgescheiden schroot wordt herverwerkt. RDF wordt verbrand in nieuw te bouwen verbrandingsinstallaties. Dit kunnen zowel roosterovens als wervelbedovens (zie ook paragraaf 3.4). Voor beide gevallen is als gezegd uitgegaan van een natte rookgasreiniging met sproeidroger. Verder is uitgegaan van een maximaal netto elektrisch rendement van circa 30%. Bij optimale warmte/kracht koppeling wordt een netto elektrisch rendement van 25% gehaald en een netto thermisch rendement van 50%.

#### Droog KWD-afval, industrieel kantoor- en kantineafval en overig KWD-afval

Droog KWD-afval en industrieel kantoor- en kantineafval worden vanwege de hoge stookwaarde zonder verdere voorbewerking als RDF verbrand in een nieuw te bouwen CFBC of roosteroven.

Overig KWD-afval wordt geshredderd, waarna ONF wordt afgezeefd. De geïsoleerde RDF wordt in een nieuw te bouwen CFBC of roosteroven verbrand, ONF wordt integraal in een bestaande AVI verbrand. Bij de scheiding geïsoleerd schroot wordt ter herverwerking aangeboden.

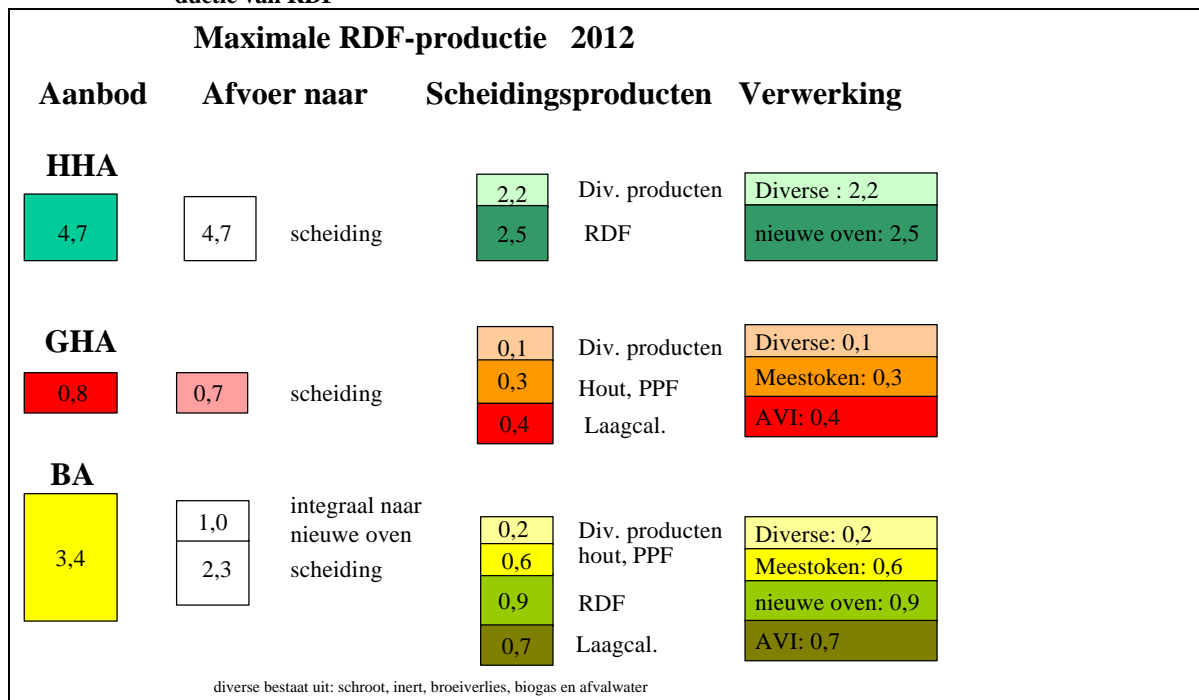
#### Grof huishoudelijk afval, brandbaar residu van bouw- en sloopafval en industrieel procesafval.

Voor deze drie afvalstromen is geen ander scheidingsconcept bekend dan het bij vorig scenario besproken concept. Daarom is in dit scenario van hetzelfde concept uitgegaan.

## 5.2 Massabalans over scenario

Figuur 8 geeft een overzicht van de bestemming van het ingezamelde afval, de scheidingsproducten en de wijze van eindverwerking van de scheidingsproducten. Afval wordt gescheiden of integraal verwerkt. Scheidingsproducten worden naar eindverwerking, herverwerking of andere 'sinks' afgevoerd.

**Figuur 8** Visualisering bestemming ingezameld afval en scheidingsproducten voor scenario 'Maximale productie van RDF'



In tabel 9 is een uitgebreider overzicht gegeven, waarin de 'productgroep diverse' is uitgesplitst in herbruikbare restfracties (schroot, inert) en gasvormige of vloeibare productstromen (afvalwater, biogas, broeiverlies). De na afscheiding van PPF of RDF overblijvende laagcalorische fracties gaan bijvoorbeeld naar een bestaande AVI of een nieuwe verbrandingslijn.

**Tabel 9 Massabalans over scenario 'Maximale productie van RDF'**

bestemming afval		scheidingsproducten		eindverwerking scheidingsproducten	
<b>Huishoudelijk afval</b>					
- bestaande AVI				stort	
- nieuwe oven				naar AVI	
- integraal storten				naar nieuwe oven	2.522
- scheiden	4.653			meestoken	
	4.653	digestaat,compost			2.522
		RDF	2.522		
		PPF, hout			
		schroot, inert	689		
		A.B.B.	1.442	hergebruik + ov. toepassingen (h.o.t.)	2.131
			4.653	totaal, incl h.o.t.	4.653
<b>Grof huishoudelijk afval</b>					
- bestaande AVI				stort	
- nieuwe oven				naar AVI	357
- integraal storten				naar nieuwe oven	
- scheiden	827			meestoken	296
	827	laagcalorische restfractie	357		653
		PPF, hout	296		
		schroot, inert	174	hergebruik + ov. toepassingen (h.o.t.)	174
			827	totaal, incl h.o.t.	827
<b>Bedrijfsafval</b>					
- bestaande AVI				stort	
- nieuwe oven	1.038			naar AVI	650
- integraal storten				naar nieuwe oven	906
- scheiden	2.341			meestoken	564
	3.379	laagcalorische restfractie	650		2.120
		RDF	906		
		PPF, hout	564		
		schroot, inert	123		
		A.B.B.	98	hergebruik + ov. toepassingen (h.o.t.)	221
			2.341	totaal, incl h.o.t.	2.341

A.B.B. = Afvalwater, Biogas, Broeiverlies.

In tabel 10 is aangegeven hoeveel afval met de beschouwde scheidingsconcepten wordt verwerkt.

**Tabel 10 Per scheidingsconcept verwerkte hoeveelheid afval in scenario 'Maximale productie van RDF'**

	Huishoudelijk afval	Grof huishoudelijk afval	Bedrijfsafval	Totaal
Vagron-concept				
GAVI-concept				
ARN-concept				
TrockenStabilat concept	4.653		559	5.212
Twence-Rouwmaat concept		827	954	1.780
PPF-concept voor bedrijfsafval <sup>1</sup>				
RDF-concept voor bedrijfsafval <sup>2</sup>			828	828
	4.653	827	2.341	7.821

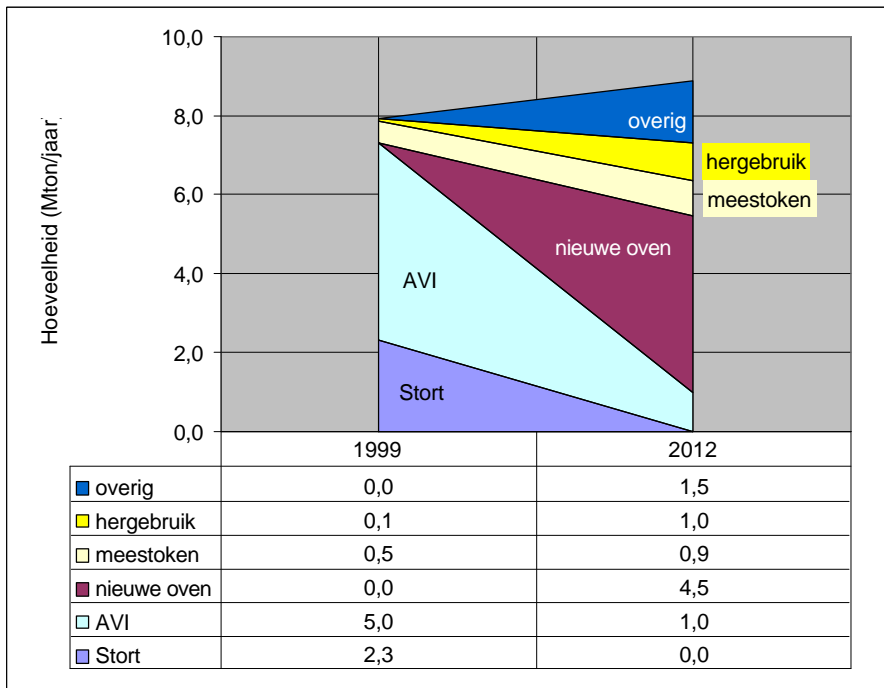
<sup>1</sup> Zie onder tabel 4 voor een toelichting.

<sup>2</sup> Zie onder tabel 4 voor een toelichting.



In figuur 9 is aangegeven hoe de eindverwerking van brandbaar niet gevaarlijk afval zich door volledige overschakeling op **Maximale productie van RDF** zich zou kunnen ontwikkelen.

**Figuur 9 Ontwikkeling eindverwerking bij overschakeling op ‘Maximale productie van RDF’**



Meestoken heeft als gezegd te maken met het gegeven dat voor grof huishoudelijk afval en de brandbare rest van bouw- en sloop afval geen ander scheidingsconcept bekend is dan het door Rouwmaat en Twence ontwikkelde concept. Dit concept geeft secundaire brandstoffen, die worden meegestookt.

In tabel 11 wordt een overzicht gegeven van de omvang van de verschillende bij de bestaande AVI's aangeboden restfracties, de stookwaarde en de energie-inhoud. De tabel geeft ook een opsplitsing van de categorie 'naar AVI' in tabel 9.

**Tabel 11 Overzicht omvang en energie-inhoud bij AVI's aangeboden restfracties in scenario 'Maximale productie van RDF'**

		aanbod kton/jaar	stookwaarde GJ/ton	energie-inhoud PJ/jaar
HHA	Integraal			
	RDF			
	compost en digestaat			
GHA	Restproducten van scheiding	357	14,7	5,2
Droog KWD-A en IA	Restproducten van prod. PPF			
Overig KWD-A	Integraal			
	Restproducten van prod. PPF			
	Restproducten van prod. RDF	260	10,4	2,7
HHA KWD-A	Integraal			
	RDF			
	compost en digestaat			
PA/BSA	integraal			
	restproducten van scheiding	390	16,8	6,5
<b>Som</b>		<b>1.006</b>	<b>14,4</b>	<b>14,5</b>

Uit tabel 11 blijkt dat de stookwaarde hoger is dan optimaal en dat de bestaande AVI's in dit scenario moeten worden aangepast door veranderingen aan rooster, luchtverdeling en processturing.

De aangeboden hoeveelheid restafval dekt minder dan 30% van de thermische verwerkingscapaciteit van het bestaande AVI-park. De stookwaarde van de mix is hoger dan de meeste AVI's kunnen verwerken. Gezien de stookwaarde en hoeveelheid zouden in dit scenario alleen AVI-Moerdijk, GAVI-Wijster en ARN operationeel hoeven en kunnen blijven (zie ook figuur 9).

### 5.3 Milieuanalyse

Op basis van de massabalans over het scenario en de milieu-ingrepen per afvaltechniek combinatie (zie ook bijlage B en C) is een schatting gemaakt van de aan het scenario gerelateerde directe milieu-ingrepen (zie tabel 12 en tabel 13).

**Tabel 12**      **Overzicht milieu-ingrepen voor scenario 'Maximale productie van RDF', variant meestoken kolencentrale, roosteroven met optimale warmte/kracht koppeling (alle kentallen per ton afval)**

	TrockenStabilat + eindverwerking scheidingsproducten huisvuil op huisvuil lijkend KWD-afval	productie secundaire brandstoffen grof huisvuil BSA	ov. KWD-afval, productie RDF + eindverwerking	droog KWD-afval, integraal in nieuwe	Gemiddeld		
<b>Bijdrage (ton/ton)</b>	<b>53%</b>	<b>6%</b>	<b>9%</b>	<b>11%</b>	<b>9%</b>	<b>12%</b>	<b>100%</b>
productie energiedragers (GJ/ton):							
- elektriciteit	2,0	2,9	1,0	1,3	3,0	3,7	2,2
- warmte	4,8	6,6	0,3	0,4	4,0	7,4	4,2
- elektriciteit uit kolencentrale			2,4	3,6			0,6
consumptie bedrijfsmiddelen							
- klei, voor cementproductie (kg/ton)							
- zand, voor uitvullen stort (kg/ton)	15,1	25,3	9,2	11,4	23,3	17,6	15,8
- CaCO3 (kg/ton)			0,7	1,1			0,2
- NaOH (50%) (kg/ton)			0,4	0,5	0,3		0,1
- Ca(OH)2 (kg/ton)	5,7	9,5	6,9	7,4	7,5	5,8	6,4
- actieve kool (kg/ton)	1,5	2,1	0,9	1,0	2,1	2,4	1,6
- aardgas (GJ/ton)			0,2	0,2	0,1		0,0
- NH3 (25%) (kg/ton)	1,8	4,6	9,4	5,9	11,2	1,4	4,0
productie restproducten (kg/ton)							
- ferro schroot	38	11	103		83	44	43
- non-ferro	6	3	3		19	0	6
- inert	96	63	109				65
- RO-gips			1	2			0
- assen uit kolencentrale			9	12			2
- bodemas	57	60	49	29	53	55	53
- vliegias	20	35	15	21	45	26	23
- RGR-zouten	11	19	6	7	13	12	11
- actieve kool	2	2	1	1	2	2	2
- gestort afval							
transporten (tonkm)							
- wegtransport	57	65	61	95	90	40	63
optredende emissies naar lucht (kg/ton)							
- CO2	496	824	535	655	813	464	563
- NOx	0,31	0,42	0,67	1,17	0,43	0,48	0,47
- NH3	0,015	0,021	0,010	0,011	0,022	0,024	0,016
- N2O							
- CO	0,12	0,15	0,10	0,11	0,20	0,18	0,13
- CH4 (weggelekt stortgas)							
- overige koolwaterstoffen (als C)	0,03	0,04	0,03	0,04	0,05	0,04	0,03
- stof	1,79E-02	2,27E-02	1,51E-02	2%	2,93E-02	2,66E-02	2,00E-02
- dioxines (in TEQ)	2,99E-10	3,78E-10	1,98E-10	0%	4,88E-10	4,44E-10	3,20E-10
Ruimtebeslag door installaties(m2/ton,jaar)	0,27	0,29	0,15	0,15	0,21	0,12	0,22
Extra transport (tonkm)							
- wegtransport	18	15	27	8	19	12	17

**Tabel 13 Overzicht milieu-ingrepen voor scenario 'Maximale productie van RDF', variant meestoken cementoven, wervelbedoven met maximale elektriciteitsproductie (alle kentallen per ton afval)**

	TrockenStabilat + eindverwerking scheidingsproducten huisvuil lijkend KWD-afval	productie secundaire brandstoffen grof huisvuil BSA	ov. KWD-afval, productie RDF + eindverwerking	droog KWD-afval, integraal in CFBC	Gemiddeld		
<b>Bijdrage (ton/ton)</b>	<b>53%</b>	<b>6%</b>	<b>9%</b>	<b>11%</b>	<b>9%</b>	<b>12%</b>	<b>100%</b>
productie energiedragers (GJ/ton):							
- elektriciteit	2,5	3,6	1,0	1,3	3,3	4,4	2,6
- warmte			0,3	0,4	0,3		0,1
- elektriciteit uit kolencentrale							
consumptie bedrijfsmiddelen							
- klei, voor cementproductie (kg/ton)			145,8	228,9			38,3
- zand, voor uitvullen stort (kg/ton)	28,8	42,5	9,2	11,4	26,3	28,8	25,7
- CaCO3 (kg/ton)							
- NaOH (50%) (kg/ton)			0,4	0,5	0,3		0,1
- Ca(OH)2 (kg/ton)	5,7	9,5	4,2	4,9	7,5	5,8	5,9
- actieve kool (kg/ton)	1,5	2,1	0,9	1,0	2,1	2,4	1,6
- aardgas (GJ/ton)			0,2	0,2	0,1		0,0
- NH3 (25%) (kg/ton)	1,8	4,6	9,1	5,4	11,2	1,4	3,9
productie restproducten (kg/ton)							
- ferro schroot	38	11	103		83	44	43
- non-ferro	6	3	3		19	0	6
- inert	96	63	109				65
- RO-gips							
- assen uit kolencentrale							
- bodemas	15	7	49	29	44	29	24
- vliegashoudend	70	99	15	21	56	67	60
- RGR-zouten	11	19	6	7	13	12	11
- actieve kool	2	2	1	1	2	2	2
- gestort afval							
transporten (tonkm)							
- wegtransport	57	65	138	226	90	40	84
optredende emissies naar lucht (kg/ton)							
- CO2	496	824	-22	-222	813	464	417
- NOx	0,31	0,42	0,21	0,22	0,43	0,48	0,33
- NH3	0,015	0,021	0,010	0,011	0,022	0,024	0,016
- N2O							
- CO	0,12	0,15	0,08	0,08	0,20	0,18	0,13
- CH4 (weggelekt stortgas)							
- overige koolwaterstoffen (als C)	0,03	0,04	0,02	0,02	0,05	0,04	0,03
- stof	1,79E-02	2,27E-02	1,14E-02	1%	2,93E-02	2,66E-02	1,91E-02
- dioxines (in TEQ)	2,99E-10	3,78E-10	1,90E-10	0%	4,88E-10	4,44E-10	3,18E-10
Ruimtebeslag door installaties(m2/ton,jaar)	0,27	0,29	0,15	0,15	0,21	0,12	0,22
Extra transport (tonkm)							
- wegtransport	19	16	24	4	19	13	17

Daarbij is voor meestoken zowel meestoken in een kolencentrale als meestoken in een cementoven beschouwd. Voor verbranden in een nieuwe stand-alone verbrandingsoven is een variant met roostervaten en maximale warmtelevering (bij warmte/kracht koppeling) en een variant met wervelbedoven en enkel elektriciteitsproductie beschouwd. Door inzet van hout bij cementovens wordt 92 kg of 1,56 GJ aan hoogzwavelige steenkool per ton afvalmix uitgespaard.

Tabel 14 tenslotte geeft een overzicht van het resulterende ruimtebeslag en de uitgespaarde primaire energiedragers en grondstoffen.

**Tabel 14 Ruimtebeslag, uitgespaarde hoeveelheden energiedragers en grondstoffen voor scenario 'Maximale productie van RDF'**

	meestoken bij kolencentrale	meestoken bij cementoven
<b>Uitgespaarde energiedragers (GJ/ton afval)</b>		
- elektriciteit gemiddeld park	2,19	2,61
- elektriciteit uit steenkool	0,61	
- warmte , geproduceerd op basis van aardgas	4,25	0,10
<b>Uitgespaarde primaire grondstoffen (kg/ton afval)</b>		
- ruw ijzer	43,1	43,1
- aluminium	5,6	5,6
- zand	117,5	88,3
- natuurgips	0,3	
- kalksteenmeel	11,7	30,0
<b>Ruimtebeslag (m<sup>2</sup>*jaar/ton)</b>		
- gestorte restproducten	0,29	0,47
- installaties	0,22	0,22
<b>totaal</b>	<b>0,51</b>	<b>0,69</b>
<b>Transport (tonkm)</b>		
- voor afval en scheidingsproducten	63	84
- voor afvoer reststoffen en sec. producten	17	17
<b>totaal</b>	<b>80</b>	<b>101</b>

Aangenomen is dat door bestaande AVI's of andere stand-alone verbrandingsinstallaties geleverde elektriciteit productie bij het gemiddelde Nederlandse elektriciteitsproductiepark uitspaart (zie ook paragraaf 2.4). Door stand-alone verbrandingsinstallaties geleverde warmte spaart warmteproductie op basis van aardgas uit.

Zand wordt uitgespaard als ophoogmateriaal door inzet van afgescheiden inert en inzet van bodemas van stand-alone verbrandingsinstallaties (bestaande AVI's, nieuwe stand-alone ovens). Inzet van vliegias als vulstof in asfalt (50% totale vliegiasproductie) leidt tot uitsparing van kalksteenmeel.

Ruimtebeslag is toe te schrijven aan de stort van vliegias (50% totale productie), RGR-zouten, actieve kool en (indien relevant) integraal gestort afval.

## **6. INTEGRALE VERBRANDING**

### **6.1 Beschrijving**

In dit scenario worden huishoudelijk afval en daarmee vergelijkbaar KWD-afval en een kleine hoeveelheid overig KWD-afval verbrand in de bestaande AVI's terwijl de afvalstromen met een hogere stookwaarde integraal worden verbrand in nieuwe AVI verbrandingslijnen, zoals voorgesteld bij de AVI's Amsterdam en Moerdijk en HVC Alkmaar. Voor de nieuwe verbrandingsinstallaties is in de milieuanalyse zowel een variant met roosterovens met optimale warmte/kracht koppeling als een variant met wervelbedoven met maximale elektriciteitsproductie beschouwd. Zowel HVC als GDA overwegen de bouw van nieuwe roosterovens.

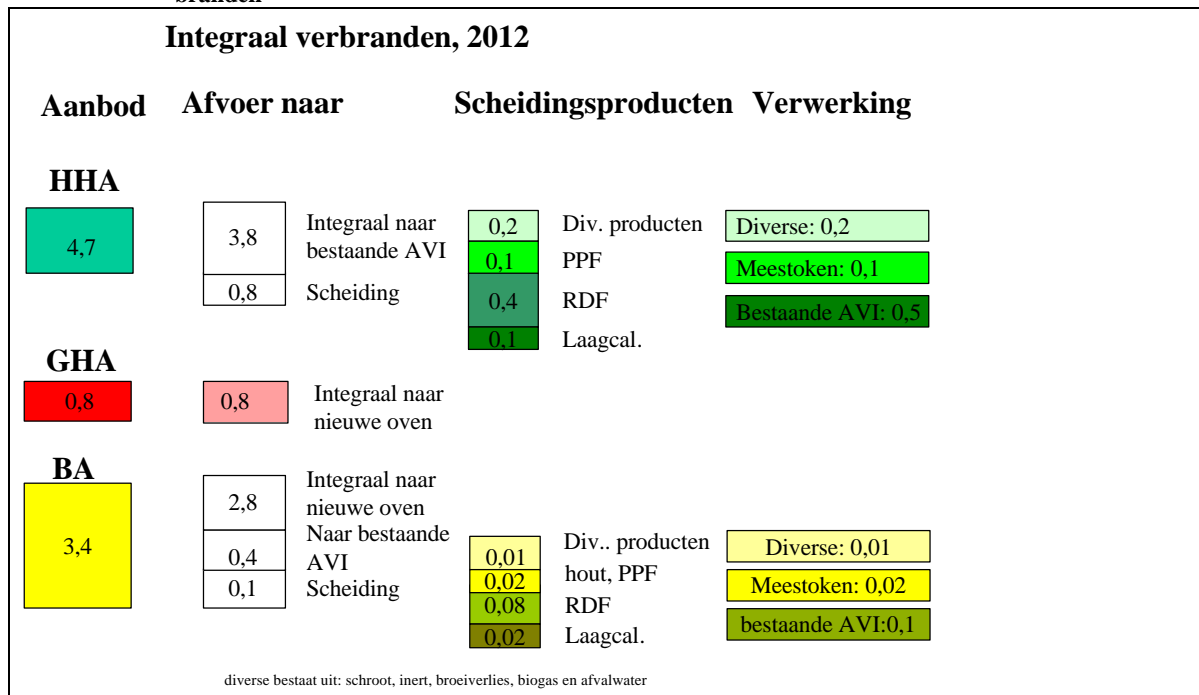
Aangenomen is dat de scheidingsinstallaties bij GAVI en ARN blijven bestaan omdat het voorwerkingsprocessen bij bestaande AVI's zijn. Evenals in de vorige twee scenario's is uitgegaan van opwerking van het opwerken van de afgescheiden ONF middels compostering. Verwacht wordt dat opwerken goedkoper is dan integraal verbranden in een bestaande AVI. De bij opwerking afgescheiden fracties inert en schroot worden naar verwachting hergebruikt. Overblijvende compost wordt bij een bestaande AVI verbrand.

### **6.2 Massabalans over scenario**

Figuur 10 geeft een overzicht van de bestemming van het ingezamelde afval, de scheidingsproducten en de wijze van eindverwerking van de scheidingsproducten. Afval wordt gescheiden of integraal verwerkt. Scheidingsproducten worden naar eindverwerking, herverwerking of andere 'sinks' afgevoerd.

In tabel 15 is een uitgebreider overzicht gegeven, waarin de 'productgroep diverse' is uitgesplitst in herbruikbare restfracties (schroot, inert) en gasvormige of vloeibare productstromen (afvalwater, biogas, broeiverlies). De na afscheiding van PPF of RDF overblijvende laagcalorische fracties gaan bijvoorbeeld naar een bestaande AVI of een nieuwe verbrandingslijn.

**Figuur 10 Visualisering bestemming ingezameld afval en scheidingsproducten voor scenario 'Integraal verbranden'**



**Tabel 15 Massabalans over scenario 'Integraal verbranden'**

bestemming	scheidingsproducten	eindverwerking scheidingsproducten
<b>Huishoudelijk afval</b>		
- bestaande AVI		stort
- nieuwe oven		naar bestaande AVI
- integraal storten		naar nieuwe oven
- scheiden		meestoken
	digestaat,compost	
	RDF	
	PPF, hout	
	schroot, inert	
	A.B.B.	
		hergebruik + ov. toepassingen (h.o.t.)
		totaal, incl h.o.t.
<b>Grof huishoudelijk afval</b>		
- bestaande AVI		
- nieuwe oven		
- integraal storten		
- scheiden		
<b>Bedrijfsafval</b>		
- bestaande AVI		stort
- nieuwe oven		naar bestaande AVI
- integraal storten		naar nieuwe oven
- scheiden		meestoken
	digestaat,compost	
	RDF	
	PPF, hout	
	schroot, inert	
	A.B.B.	
		hergebruik + ov. toepassingen (h.o.t.)
		totaal, incl h.o.t.

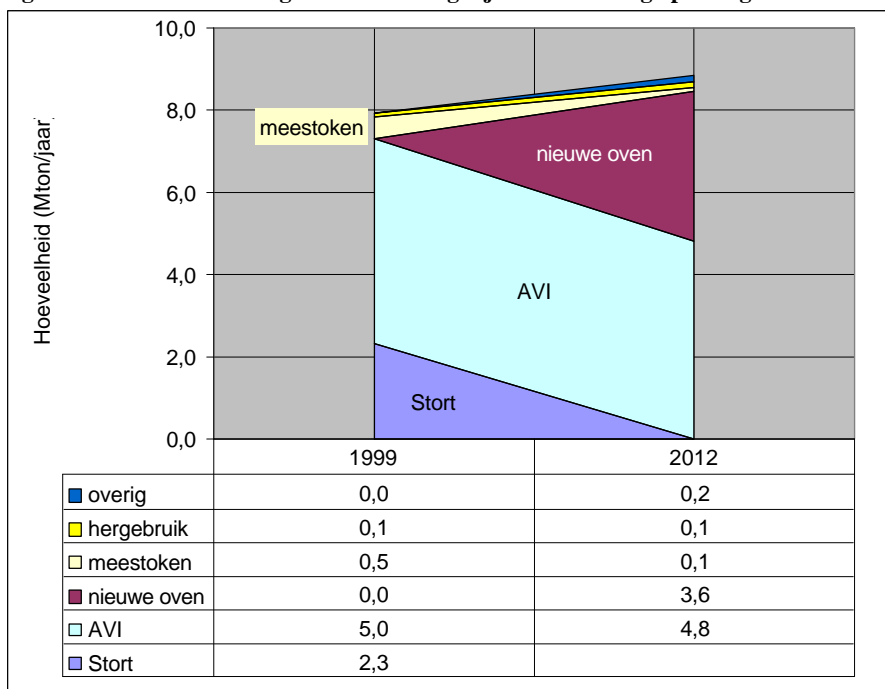
A.B.B. = Afvalwater, Biogas, Broeiverlies.

**Tabel 16 Per scheidingsconcept verwerkte hoeveelheid afval in scenario 'integraal verbranden'**

	Huishoudelijk afval	Grof huishoudelijk afval	Bedrijfsafval	Totaal
Vagron-concept				
GAVI-concept	552		138	690
ARN-concept	290			290
TrockenStabilat concept				
Twence-Rouwmaat concept				
PPF-concept voor bedrijfsafval <sup>3</sup>				
RDF-concept voor bedrijfsafval <sup>4</sup>				
	842		138	980

In figuur 11 is aangegeven hoe de eindverwerking van brandbaar niet gevaarlijk afval zich door volledige overschakeling op **Integrale verbranding** zich zou kunnen ontwikkelen.

**Figuur 11 Ontwikkeling eindverwerking bij overschakeling op 'Integrale verbranding'**



<sup>3</sup> Zie onder tabel 4 voor een toelichting.

<sup>4</sup> Zie onder tabel 4 voor een toelichting.



In tabel 17 wordt een overzicht gegeven van de omvang van de verschillende bij de bestaande AVI's aangeboden restfracties, de stookwaarde en de energie-inhoud.

**Tabel 17 Overzicht omvang en energie-inhoud bij AVI's aangeboden restfracties in scenario 'integraal verbranden'**

		aanbod kton/jaar	stookwaarde GJ/ton	energie-inhoud PJ/jaar
HHA	integraal	3.811	10,0	38,1
	RDF	405	13,3	5,4
	compost en digestaat	90	10,7	1,0
GHA	restproducten van scheiding			
Droog KWD-A en IA	restproducten van prod. PPF			
Overig KWD-A	integraal	236	2,9	12,3
	restproducten van prod. PPF			
	restproducten van prod. RDF			
HHA KWD-A	integraal	421	13,7	5,8
	RDF	78	15,6	1,2
	compost en digestaat	13	11,4	0,2
PA/BSA	integraal			
	restproducten van scheiding			
<b>Som</b>		4.818	10,7	51,6

De omvang en stookwaarde van de mix wijken weinig af van de huidige situatie. Zoals bedoeld in dit scenario worden de bestaande AVI's qua verwerkingscapaciteit zo optimaal mogelijk benut zonder dat aanpassingen nodig zijn in verband met te hoge stookwaarden.

Volgens tabel 17 is de energie-inhoud van het volgens het scenario bij bestaande AVI's aangeboden afval iets boven de thermische limitering van de bestaande AVI's (50,4 PJ/jaar). Dit verschil is echter zo klein, dat is aangenomen dat dit ruim binnen de onnauwkeurigheid van de resultaten valt.

### 6.3 Milieuanalyse

Op basis van de massabalans over het scenario en de milieu-ingrepen per afvaltechniek combinatie (zie ook bijlage B en C) is een schatting gemaakt van de aan het scenario gerelateerde directe milieu-ingrepen (zie tabel 18 en tabel 19). Daarbij is voor meestoken zowel meestoken in een kolen-centrale als meestoken in een cementoven beschouwd. Voor verbranden in een nieuwe stand-alone verbrandingsoven is een variant met roosteroven en maximale warmtelevering (bij warmte/kracht koppeling) en een variant met wervelbedoven en enkel elektriciteitsproductie beschouwd.

**Tabel 18 Milieu-ingrepen voor scenario 'Integraal verbranden', variant meestoken kolencentrale, roosteroven met optimale warmte/kracht koppeling (alles per ton afval)**

	Huishoudelijk afval			GHA	Op huisvuil lijkend KWD afval			Overig KWD afval		dr. KWD	BSA	Gemiddeld
	integraal in AVI	GAVI + eindverwerking	ARN + eindverwerking	integraal in nieuwe AVI	integraal in AVI	Vagron + eindverwerking	GAVI + eindverwerking	integraal in AVI	integraal in nieuwe AVI	integraal in nieuwe AVI	integraal in nieuwe AVI	
Bijdrage (ton/ton)	43%	6%	3%	9%	5%		2%		9%	12%	11%	100%
productie energiedragers (GJ/ton):												
- elektriciteit	2,0	1,1	1,8	3,2	2,7	2,0	1,7	3,1	3,9	3,7	4,3	2,7
- warmte	0,5	0,4	0,5	6,5	0,7	0,5	0,5	0,9	7,8	7,4	8,5	3,4
- elektriciteit uit kolencentrale		1,0				1,0	1,0					0,1
consumptie bedrijfsmiddelen												
- klei, voor cementproductie (kg/ton)												
- zand, voor uitvullen stort (kg/ton)	12,2	9,0	20,9	18,7	19,8	16,3	16,3	16,8	22,4	17,6	21,9	15,9
- CaCO3 (kg/ton)		0,39				0,45	0,45					0,03
- NaOH (50%) (kg/ton)	0,5	0,4	0,5		0,8	0,6	0,6	0,6				0,3
- Ca(OH)2 (kg/ton)	5,5	5,4	5,4	7,5	8,7	8,6	8,6	8,5	9,1	5,8	8,1	6,5
- actieve kool (kg/ton)	1,5	1,0	1,4	2,1	1,9	1,4	1,4	2,3	2,5	2,4	2,8	1,9
- aardgas (GJ/ton)	0,2	0,2	0,2		0,3		0,3	0,3				0,1
- NH3 (25%) (kg/ton)	8,0	4,6	6,3	4,4	9,1	6,4	7,2	7,5	3,2	1,4	2,8	5,7
productie restproducten (kg/ton)												
- ferro schroot	38	40	40	89	11	11	11	69	69	44		41
- non-ferro	2	7	7	1	1	3	3	6	6	0		2
- inert		112	74			77	77					11
- RO-gips		1				1	1					0
- assen uit kolencentrale		8				12	12					1
- bodemas	178	62	44	164	156	59	65	72	72	55	34	122
- vliegas	20	15	53	21	35	29	29	24	25	26	28	24
- RGR-zouten	8	6	7	15	12	10	10	11	18	12	16	11
- actieve kool	2	1	1	2	2	1	1	2	3	2	3	2
- gestort afval												
transporten (tonkm)												
- wegtransport	40	63	63	40	40	68	68	40	40	40	40	43
optredende emissies naar lucht (kg/ton)												
- CO2	510	518	505	535	840	849	851	831	814	464	645	571
- NOx	0,34	0,43	0,31	0,42	0,42	0,66	0,52	0,51	0,51	0,48	0,55	0,41
- NH3	0,017	0,011	0,016	0,021	0,021	0,015	0,016	0,025	0,025	0,024	0,028	0,020
- N2O						0,010						
- CO	0,12	0,09	0,11	0,15	0,16	0,37	0,12	0,19	0,19	0,18	0,20	0,15
- CH4 (weggelekt stortgas)												
- overige koolwaterstoffen (als C)	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,40	0,03	0,05	0,05	0,04	0,05	0,04
- stof	1,80E-02	1,55E-02	1,63E-02	2,32E-02	2,41E-02	1,70E-02	1,74E-02	2,82E-02	2,82E-02	2,66E-02	3,07E-02	2,19E-02
- dioxines (in TEQ)	3,00E-10	2,05E-10	2,71E-10	3,87E-10	4,01E-10	2,84E-10	2,90E-10	4,69E-10	4,69E-10	4,44E-10	5,12E-10	3,62E-10
Ruimtebeslag door installaties(m2/ton.jaar)	0,12	0,27	0,29	0,12	0,12	0,29	0,29	0,12	0,12	0,12	0,12	0,14
Extra transport												
- wegtransport	20	22	18	24	17	18	19	16	16	12	6	17

**Tabel 19 Milieu-ingrepen voor scenario 'Integraal verbranden', variant meestoken cementoven, wervelbedoven met maximale elektriciteitsproductie (alles per ton afval)**

	Huishoudelijk afval			GHA	Op huisvuil lijkend KWD afval			Overig KWD afval		dr. KWD	BSA	Gemiddeld
	integraal in AVI	GAVI + eindverwerking	ARN + eindverwerking	integraal in nieuwe AVI	integraal in AVI	Vagron + eindverwerking	GAVI + eindverwerking	integraal in AVI	integraal in nieuwe AVI	integraal in nieuwe AVI	integraal in nieuwe AVI	
Bijdrage (ton/ton)	43%	6%	3%	9%	5%		2%		9%	12%	11%	100%
productie energiedragers (GJ/ton):												
- elektriciteit	2,0	1,0	1,8	3,9	2,7	2,0	1,6	3,1	4,7	4,4	5,1	3,0
- warmte	0,5	0,4	0,5		0,7	0,5	0,5	0,9				0,3
- elektriciteit uit kolencentrale												
consumptie bedrijfsmiddelen												
- klei, voor cementproductie (kg/ton)		55,4				52,6	52,6					4,3
- zand, voor uitvullen stort (kg/ton)	12,2	9,0	20,9	38,1	19,8	16,3	16,3	16,8	36,4	28,8	32,5	21,5
- CaCO3 (kg/ton)												
- NaOH (50%) (kg/ton)	0,5	0,4	0,5		0,8	0,6	0,6	0,6				0,3
- Ca(OH)2 (kg/ton)	5,5	4,1	5,4	7,5	8,7	7,1	7,2	8,5	9,1	5,8	8,1	6,4
- actieve kool (kg/ton)	1,5	1,0	1,4	2,1	1,9	1,4	1,4	2,3	2,5	2,4	2,8	1,9
- aardgas (GJ/ton)	0,2	0,2	0,2		0,3		0,3	0,3				0,1
- NH3 (25%) (kg/ton)	8,0	4,6	6,3	4,4	9,1	6,4	7,2	7,5	3,2	1,4	2,8	5,7
productie restproducten (kg/ton)												
- ferro schroot	38	40	40	89	11	11	11	69	69	44		41
- non-ferro	2	7	7	1	1	3	3	6	6	0		2
- inert		112	74			77	77					11
- RO-gips												
- assen uit kolencentrale												
- bodemas	178	62	44	124	156	59	65	72	38	29	2	109
- vliegas	20	15	53	93	35	29	29	24	77	67	68	44
- RGR-zouten	8	6	7	15	12	10	10	11	18	12	16	11
- actieve kool	2	1	1	2	2	1	1	2	3	2	3	2
- gestort afval												
transporten (tonkm)												
- wegtransport	40	87	63	40	40	93	93	40	40	40	40	44
optredende emissies naar lucht (kg/ton)												
- CO2	510	286	505	535	840	613	616	831	814	464	645	553
- NOx	0,34	0,23	0,31	0,42	0,42	0,45	0,31	0,51	0,51	0,48	0,55	0,40
- NH3	0,017	0,011	0,016	0,021	0,021	0,015	0,016	0,025	0,025	0,024	0,028	0,020
- N2O						0,010						
- CO	0,12	0,08	0,11	0,15	0,16	0,36	0,12	0,19	0,19	0,18	0,20	0,14
- CH4 (weggelekt stortgas)												
- overige koolwaterstoffen (als C)	0,03	0,02	0,03	0,04	0,04	0,39	0,03	0,05	0,05	0,04	0,05	0,04
- stof	1,80E-02	1,21E-02	1,63E-02	2,32E-02	2,41E-02	1,70E-02	1,74E-02	2,82E-02	2,82E-02	2,66E-02	3,07E-02	2,17E-02
- dioxines (in TEQ)	3,00E-10	2,02E-10	2,71E-10	3,87E-10	4,01E-10	2,84E-10	2,90E-10	4,69E-10	4,69E-10	4,44E-10	5,12E-10	3,61E-10
Ruimtebeslag door installaties(m2/ton.jaar)	0,12	0,27	0,29	0,12	0,12	0,29	0,29	0,12	0,12	0,12	0,12	0,14
Extra transport												
- wegtransport	20	19	18	27	17	15	15	16	18	13	7	18

Door bijstoken van hout en PPF in cementovens wordt 13 kg of 0,22 GJ hoogzwavelige steenkool per ton afvalmix uitgespaard. Tabel 20 tenslotte geeft een overzicht van het resulterende ruimtebeslag en de uitgespaarde primaire energiedragers en grondstoffen.

**Tabel 20 Ruimtebeslag, uitgespaarde hoeveelheden energiedragers en grondstoffen voor scenario 'Integraal verbranden'**

	meestoken bij kolencentrale	meestoken bij cementoven
<b>Uitgespaarde energiedragers (GJ/ton afval)</b>		
- elektriciteit gemiddeld park	2,70	3,01
- elektriciteit uit steenkool	0,08	
- warmte , geproduceerd op basis van aardgas	3,44	0,32
<b>Uitgespaarde primaire grondstoffen (kg/ton afval)</b>		
- ruw ijzer	40,6	40,6
- aluminium	2,3	2,3
- zand	133,1	119,6
- natuurgips	0,1	
- kalksteenmeel	11,9	22,2
<b>Ruimtebeslag (m<sup>2</sup>*jaar/ton)</b>		
- gestorte restproducten	0,29	0,40
- installaties	0,14	0,14
totaal	0,43	0,53
<b>Transport (ton*km)</b>		
- voor afval en scheidingsproducten	43	44
- voor afvoer reststoffen en sec. producten	17	18
totaal	60	62

## 7. STATUS QUO

### 7.1 Beschrijving

In het scenario **Status Quo** wordt uitgegaan van de huidige structuur van de afvalverwerkingssector. Dat wil zeggen van het huidige AVI-park en van de bestaande scheidingsinstallaties voor huishoudelijk afval en vergelijkbaar afval en voor droog en overig KWD-afval en voor bouw- en sloopafval.

Aangenomen is dat de AVI-capaciteit vooral wordt benut voor de verbranding van huishoudelijk afval en vergelijkbaar afval, omdat de stookwaarde daarvan optimaal aansluit bij het ontwerp van de meeste AVI's. GAVI en ARN blijven RDF verstoken. De afgescheiden ONF wordt echter net als in de huidige situatie gestort. Het afgescheiden schroot wordt weer voor herverwerking aangeboden. Bij de Vagron geproduceerd biogas wordt ingezet in gasmotoren.

Daarnaast worden restfracties uit de scheiding van droog KWD-afval en overig KWD-afval en uit de scheiding van bouw- en sloopafval bij de bestaande AVI's aangeboden. Bij de scheiding afgescheiden PPF en hout worden meegestookt. Afgescheiden PPF wordt verondersteld eerst te worden gepelletiseerd. Het afgescheiden schroot wordt weer voor herverwerking aangeboden.

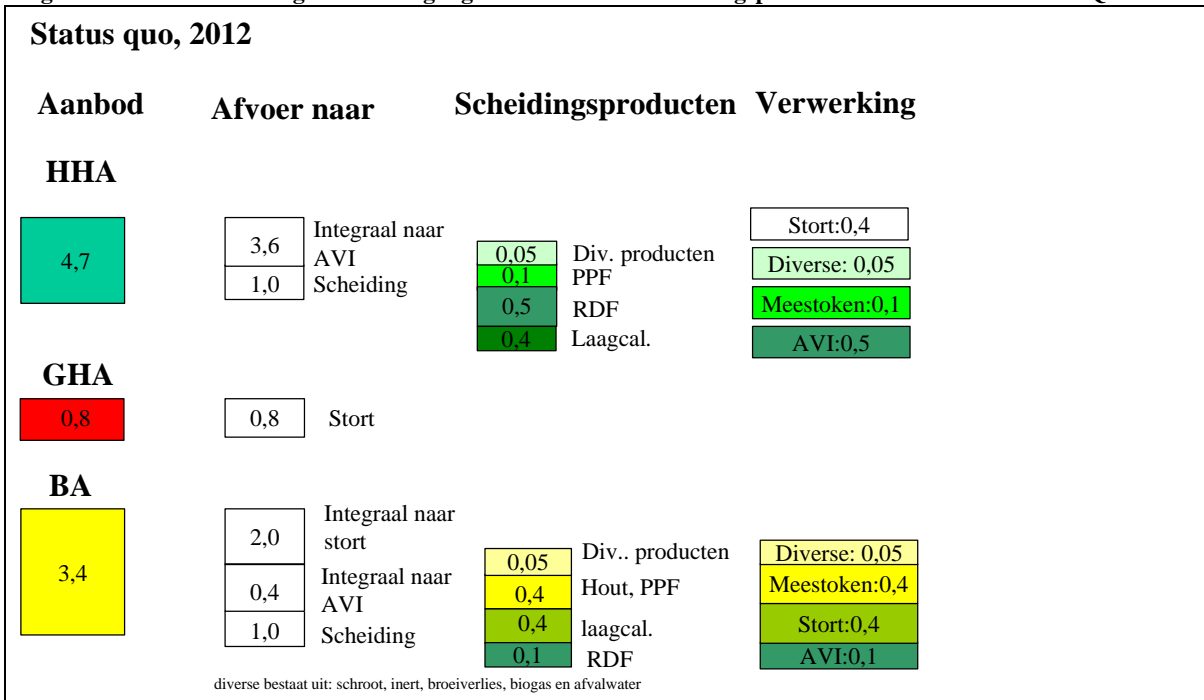
Bedrijfsafval, dat niet wordt gescheiden, wordt integraal gestort. Het na verloop van jaren uit de stortplaats vrijkomende stortgas wordt grotendeels afgevangen en deels ingezet in gasmotoren of opgewerkt tot aardgaskwaliteit en deels afgefakkeld. Affakkelen vindt meestal plaats na het 15<sup>e</sup> jaar. Een deel van het in de eerste 15 jaar na storten gevormde stortgas ontsnapt.

### 7.2 Massabalans

Figuur 12 geeft een overzicht van de bestemming van het ingezamelde afval, de scheidingsproducten en de wijze van eindverwerking van de scheidingsproducten. Afval wordt gescheiden of integraal verwerkt. Scheidingsproducten worden naar eindverwerking, herverwerking of andere 'sinks' afgevoerd.

In tabel 21 is een uitgebreider overzicht gegeven, waarin de 'productgroep diverse' is uitgesplitst in herbruikbare restfracties (schroot, inert) en gasvormige of vloeibare productstromen (afvalwater, biogas, broeiverlies). De na afscheiding van PPF of RDF overblijvende laagcalorische fracties gaan bijvoorbeeld naar een bestaande AVI of een nieuwe verbrandingslijn.

**Figuur 12 Visualisering bestemming ingezameld afval en scheidingsproducten voor scenario 'Status Quo'**



**Tabel 21 Massabalans over het scenario 'Status Quo'**

bestemming afval		scheidingsproducten		eindverwerking scheidingsproducten	
<b>Huishoudelijk afval</b>					
- bestaande AVI	3.631			stort	330
- nieuwe oven				naar AVI	485
- integraal storten				naar nieuwe oven	
- scheiden	1.022			meestoken	103
	4.653	ONF	387		917
		RDF	485		
		PPF, hout	103		
		schroot	47	hergebruik + ov. toepassingen (h.o.t.)	104
			1.022	totaal, incl h.o.t.	1.021
<b>Grof huishoudelijk afval</b>					
- bestaande AVI					
- nieuwe oven					
- integraal storten	827				
- scheiden					
	827				
<b>Bedrijfsafval</b>					
- bestaande AVI	375			stort	426
- nieuwe oven				naar AVI	105
- integraal storten	1.995			naar nieuwe oven	
- scheiden	1.009			meestoken	433
	3.379	ONF	51		963
		RDF	105		
		PPF, hout	433		
		schroot, inert	46	hergebruik + ov. toepassingen (h.o.t.)	46
		laagcalorische restfracties	375	totaal, incl h.o.t.	1.009
			1.009		

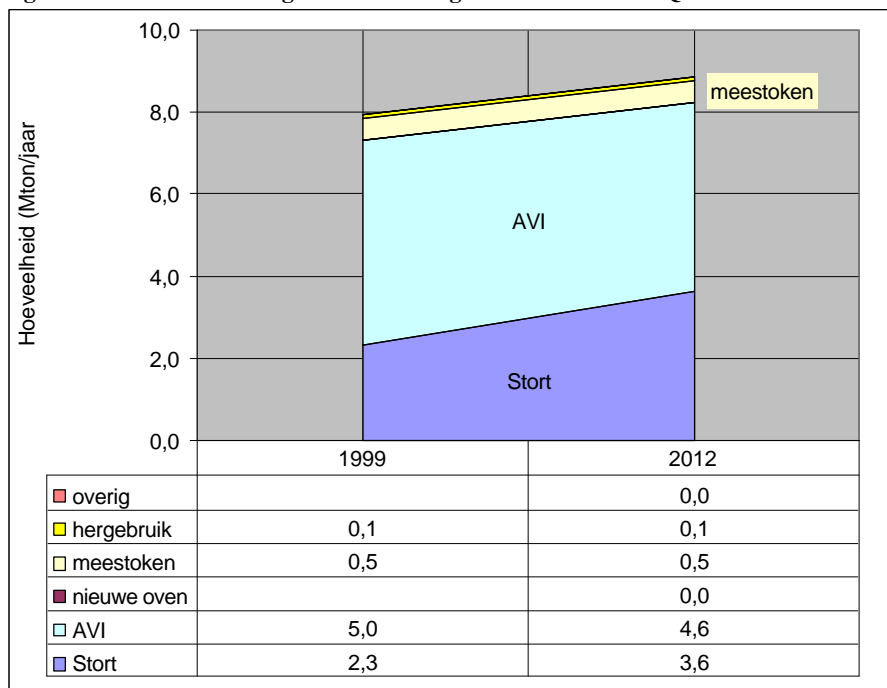
In tabel 22 is weergegeven welke hoeveelheden afval middels de beschouwde scheidingsconcepten worden verwerkt.

**Tabel 22 Per scheidingsconcept verwerkte hoeveelheid afval in scenario 'Status Quo'**

	Huishoudelijk afval	Grof huishoudelijk afval	Bedrijfsafval	Totaal
Vagron-concept	180		46	226
GAVI-concept	552		138	690
ARN-concept	290			290
TrockenStabilat concept				
Twence-Rouwmaat concept			270	270
PPF-concept voor bedrijfsafval <sup>5</sup>			215	215
RDF-concept voor bedrijfsafval <sup>6</sup>			340	340
	1.022		1.009	2.031

In figuur 13 is aangegeven hoe de eindverwerking van brandbaar niet gevaarlijk afval zich door handhaven van de huidige afvalverwerkingstructuur zich (niet) zou kunnen ontwikkelen.

**Figuur 13 Ontwikkeling eindverwerking in scenario 'Status Quo'**



<sup>5</sup> Zie tabel 4 voor toelichting.

<sup>6</sup> Zie tabel 4 voor toelichting.

In tabel 23 wordt een overzicht gegeven van de verschillende bij de bestaande AVI's aangeboden restfracties, de stookwaarde en de energie-inhoud.

Ook in dit scenario wijken de omvang en stookwaarde van de mix niet al teveel af van de huidige situatie, wordt de bestaande AVI-capaciteit zo optimaal mogelijk benut zonder dat aanpassingen nodig zijn in verband met te hoge stookwaarden.

**Tabel 23 Overzicht omvang en energie-inhoud bij AVI's aangeboden restfracties in scenario 'status quo'**

		aanbod kton/jaar	stookwaarde GJ/ton	energie-inhoud PJ/jaar
HHA	integraal	3.631	10,0	36,3
	RDF	485	13,4	6,5
	compost en digestaat	99	10,6	1,0
GHA	restproducten van scheiding			
Droog KWD-A en IA	restproducten van prod. PPF			
Overig KWD-A	integraal			
	restproducten van prod. PPF			
	restproducten van prod. RDF			
HHA KWD-A	integraal	375	13,7	5,1
	RDF			
	compost en digestaat			
PA/BSA	integraal			
	restproducten van scheiding	110	16,8	1,9
<b>Som</b>		4.700	10,8	50,9

### 7.3 Milieuanalyse

Op basis van de massabalans over het scenario en de milieu-ingrepen per afvaltechniek combinatie (zie ook bijlage B en C) is weer een schatting gemaakt van de aan het scenario gerelateerde directe milieu-ingrepen (zie tabel 24 en tabel 25). Daarbij is voor meestoken zowel meestoken in een kolencentrale als meestoken in een cementoven beschouwd. Voor verbranden in een nieuwe stand-alone verbrandingsoven is een variant met roosteroven en maximale warmtelevering (bij warmte/kracht koppeling) en een variant met wervelbedoven en enkel elektriciteitsproductie beschouwd.

Door bijstoken van PPF of hout bij cementovens wordt 62 kg of 1,05 GJ aan hoogzwavelige steenkool uitgespaard.



**Tabel 24 Milieu-ingrepen voor scenario 'Status Quo', variant meestoken kolencentrale, roosteroven met optimale warmte/kracht koppeling (alles per ton afval)**

	Huishoudelijk afval				GHA	Op huisvuil lijkend KWD			Overig KWD afval		droog KWD		BSA		Gemiddeld
	integraal in AVI	Vagron + eindverwerking	GAVI + eindverwerking	ARN + eindverwerking		integraal gestort	integraal in AVI	Vagron + eindverw.	GAVI + eindverw.	integraal gestort	productie sec. brandst.	integraal gestort	productie sec. brandst.	integraal gestort	
Bijdrage (ton/ton)	41%	2%	6%	3%	9%	4%	1%	2%	6%	4%	9%	2%	8%	3%	100%
productie energiedragers (GJ/ton):															
- elektriciteit	2,0	1,4	1,1	1,4	0,3	2,7	2,0	1,6	0,4	1,6	0,7	0,7	0,1	1,3	1,4
- warmte	0,5	0,4	0,3	0,3		0,7	0,5	0,5		0,5		0,3		0,4	0,3
- elektriciteit uit kolencentrale		1,0	1,0				1,0	1,0		2,7		3,8		3,6	0,4
consumptie bedrijfsmiddelen															
- klei, voor cementproductie (kg/ton)															
- zand, voor uitvullen stort (kg/ton)	12,2	9,0	8,3	17,5		19,8	16,3	15,3		11,1		4,4		11,4	8,3
- CaCO3 (kg/ton)		0,4	0,4				0,5	0,5		1,1		1,7		1,1	0,2
- NaOH (50%) (kg/ton)	1,1	0,4	0,3	0,6		1,6	0,6	0,6		0,3		0,2		0,5	1,2
- Ca(OH)2 (kg/ton)	5,5	5,3	4,9	4,0		8,7	8,6	8,1		8,5		5,2		7,4	4,0
- actieve kool (kg/ton)	1,5	1,0	0,9	1,0		1,9	1,4	1,3		1,3		0,7		1,0	0,9
- aardgas (GJ/ton)	0,2	0,2	0,2	0,1		0,3		0,3		0,4		0,4		0,2	0,1
- NH3 (25%) (kg/ton)	8,0	4,1	2,9	3,6		9,1	6,4	4,6		7,4		2,4		5,9	4,7
productie restproducten (kg/ton)															
- ferro schroot	38	40	40	40		11	11	11		80		51			25
- non-ferro	2	7	7	7		1	3	3		19		1			2
- inert		112					77								3
- RO-gips		1	1				1	1		2		3		2	0
- assen uit kolencentrale		8	8				12	12		22		32		12	3
- bodemas	178	55	45	12		156	59	51		46		36		29	89
- vliegias	20	15	14	47		35	29	28		12		8		21	14
- RGR-zouten	8	6	5	5		12	10	9		9		2		7	5
- actieve kool	2	1	1	1		2	1	1		1		1		1	1
- gestort afval			385	451	1000			293	1000		1000		1000		362
transporten (tonkm)															
- wegtransport	40	63	74	71	35	40	68	76	35	79	35	86	35	95	47
optredende emissies naar lucht (kg/ton)															
- CO2	510	518	488	350		840	849	809		830		484		655	377
- NOx	0,34	0,55	0,47	0,29	0,17	0,42	0,66	0,56	0,19	0,74	0,33	0,86	0,17	1,17	0,37
- NH3	0,017	0,011	0,010	0,011		0,021	0,015	0,014		0,014		0,008		0,011	0,010
- N2O		0,008	0,004	0,004	0,007		0,010	0,005	0,010		0,019		0,004		0,004
- CO	0,12	0,29	0,18	0,18	0,21	0,16	0,37	0,23	0,27	0,13	0,49	0,09	0,14	0,11	0,18
- CH4 (weggelekt stortgas)			4,41	4,25	5,79			5,38	10,73		18,73		3,68		3,65
- overige koolwaterstoffen (als C)	0,03	0,33	0,02	0,02		0,04	0,40	0,03		0,04		0,03		0,04	0,03
- stof	1,8E-02	1,5E-02	1,4E-02	1,1E-02		2,4E-02	1,7E-02	1,6E-02		2,5E-02		2,2E-02		1,7E-02	1,2E-02
- dioxines (in TEQ)	3,0E-10	2,0E-10	2,4E-09	2,8E-09	1,2E-08	4,0E-10	2,8E-10	2,9E-09	9,4E-09	2,7E-10	1,5E-08	1,6E-10	1,8E-08	2,2E-10	4,9E-09
Ruimtebeslag door installaties(m2/ton.jaar)	0,12	0,27	2,83	3,28	6,67	0,12	0,29		6,67	0,17	6,67	0,14	6,67	0,15	2,48
Extra transport															
- wegtransport	19	11	10	9		16	10	9		17		12		6	11

**Tabel 25 Overzicht milieu-ingrepen voor scenario 'Status Quo', variant meestoken cementoven, wervelbedoven met maximale elektriciteitsproductie (alle kentallen per ton afval)**

	Huishoudelijk afval				GHA	Op huisvuil lijkend KWD			Overig KWD afval		droog KWD		BSA		Gemiddeld
	integraal in AVI	Vagron + eindverwerking	GAVI + eindverwerking	ARN + eindverwerking		integraal gestort	integraal in AVI	Vagron + eindverw.	GAVI + eindverw.	integraal gestort	productie sec. brandst.	integraal gestort	productie sec. brandst.	integraal gestort	
Bijdrage (ton/ton)	41%	2%	6%	3%	9%	4%	1%	2%	6%	4%	9%	2%	8%	3%	100%
productie energiedragers (GJ/ton):															
- elektriciteit	2,0	1,4	1,0	1,4	0,3	2,7	2,0	1,6	0,4	1,5	0,7	0,6	0,1	1,3	1,3
- warmte	0,5	0,4	0,3	0,3		0,7	0,5	0,5		0,5		0,3		0,4	0,3
- elektriciteit uit kolencentrale															
consumptie bedrijfsmiddelen															
- klei, voor cementproductie (kg/ton)		55,4	55,4				52,6	52,6		143,6		204,1		228,9	23,1
- zand, voor uitvullen stort (kg/ton)	12,2	9,0	8,3	17,5		19,8	16,3	15,3		11,1		4,4		11,4	8,3
- CaCO <sub>3</sub> (kg/ton)															
- NaOH (50%) (kg/ton)	1,1	0,7	0,6	0,6		1,6	1,3	1,2		0,6		0,5		0,9	1,3
- Ca(OH) <sub>2</sub> (kg/ton)	5,5	4,1	3,7	4,0		8,7	7,1	6,6		7,1		1,5		4,9	3,7
- actieve kool (kg/ton)	1,5	1,0	0,9	1,0		1,9	1,4	1,3		1,3		0,7		1,0	0,9
- aardgas (GJ/ton)	0,2	0,2	0,2	0,1		0,3		0,3		0,4		0,4		0,2	0,1
- NH <sub>3</sub> (25%) (kg/ton)	8,0	4,1	2,8	3,6		9,1	6,4	4,5		7,3		2,3		5,4	4,7
productie restproducten (kg/ton)															
- ferro schroot	38	40	40	40		11	11	11		80		51			25
- non-ferro	2	7	7	7		1	3	3		19		1			2
- inert		112					77								3
- RO-gips															
- assen uit kolencentrale															
- bodemas	178	55	45	12		156	59	51		46		36		29	89
- vliegias	20	15	14	47		35	29	28		12		8		21	14
- RGR-zouten	8	6	5	5		12	10	9		9		2		7	5
- actieve kool	2	1	1	1		2	1	1		1		1		1	1
- gestort afval			385	451	1000			293	1000		1000		1000		362
transporten (tonkm)															
- wegtransport	40	87	98	71	35	40	93	100	35	144	35	194	35	226	59
optredende emissies naar lucht (kg/ton)															
- CO <sub>2</sub>	510	286	256	350		840	613	574		228		-374		-222	283
- NO <sub>x</sub>	0,34	0,34	0,26	0,29	0,17	0,42	0,45	0,36	0,19	0,29	0,33	0,17	0,17	0,22	0,29
- NH <sub>3</sub>	0,017	0,011	0,010	0,011		0,021	0,015	0,014		0,014		0,008		0,011	0,010
- N <sub>2</sub> O		0,008	0,004	0,004	0,007		0,010	0,005	0,010		0,019		0,004		0,004
- CO	0,12	0,28	0,17	0,18	0,21	0,16	0,36	0,23	0,27	0,11	0,49	0,06	0,14	0,08	0,18
- CH <sub>4</sub> (weggelekt stortgas)			4,41	4,25	5,79			5,38	10,73		18,73		3,68		3,65
- overige koolwaterstoffen (als C)	0,03	0,32	0,02	0,02		0,04	0,39	0,03		0,03		0,02		0,02	0,03
- stof	1,8E-02	1,2E-02	1,1E-02	1,1E-02		2,4E-02	1,7E-02	1,6E-02		1,6E-02		9,1E-03		1,2E-02	1,1E-02
- dioxines (in TEQ)	3,0E-10	2,0E-10	2,4E-09	2,8E-09	1,2E-08	4,0E-10	2,8E-10	2,9E-09	9,4E-09	2,6E-10	1,5E-08	1,5E-10	1,8E-08	2,1E-10	4,9E-09
Ruimtebeslag door installaties(m <sup>2</sup> /ton.jaar)	0,12	0,27	2,83	3,28	6,67	0,12	0,29		6,67	0,17	6,67	0,14	6,67	0,15	2,48
Extra transport															
- wegtransport	20	19	9	10		17	15	8		15		9		4	11

Tabel 26 tenslotte geeft een overzicht van het resulterende ruimtebeslag en de uitgespaarde primaire energiedragers en grondstoffen.

**Tabel 26 Ruimtebeslag, uitgespaarde hoeveelheden energiedragers en grondstoffen voor scenario 'Integraal verbranden'**

	meestoken bij kolencentrale	meestoken bij cementoven
<b>Uitgespaarde energiedragers (GJ/ton afval)</b>		
- elektriciteit gemiddeld park	1,36	1,34
- elektriciteit uit steenkool	0,41	
- warmte , geproduceerd op basis van aardgas	0,34	0,34
<b>Uitgespaarde primaire grondstoffen (kg/ton afval)</b>		
- ruw ijzer	25,1	25,1
- aluminium	2,5	2,5
- zand	91,2	91,2
- natuurgips	0,3	
- kalksteenmeel	7,1	7,1
<b>Ruimtebeslag (m2/ton.100 jaar)</b>		
- gestorte restproducten	0,15	0,15
- installaties	2,48	2,48
<b>totaal</b>	<b>2,64</b>	<b>2,64</b>
<b>Transport</b>		
- voor afval en scheidingsproducten	47	59
- voor afvoer reststoffen en sec. producten	11	11
<b>totaal</b>	<b>58</b>	<b>70</b>

## 8. VERGELIJKING VAN DE BESCHOUWDE SCENARIO'S

Tabel 27 geeft een samenvattend overzicht van de verdeling van de verschillende stromen over eindverwerkingsprocessen en scheidingsconcepten in de vier beschouwde scenario's.

**Tabel 27 Samenvattend overzicht massabalans over de vier beschouwde scenario's voor 2012 (alle kentallen in kton per jaar)**

	scheidingsproduct naar:	PPF	RDF	Integraal verbranden	Status Quo
<b>HHA</b>					
a) integraal in AVI				3.811	3.631
b) VAGRON-concept	AVI	1.993			80
	meestoken	566			25
	hergebruik en ov. stort	1.482			66
					9
c) GAVI-concept	AVI	326		294	242
	meestoken	86		77	77
	hergebruik en ov. stort	200		180	26
					207
d) ARN-concept	AVI			200	162
	hergebruik en ov. stort			90	13
					114
e) TrockenStabilat	nieuwe oven		2.522		
	hergebruik en ov. stort		2.131		
		4.653	4.653	4.653	4.653
<b>GHA</b>					
a) integraal in AVI				827	
b) integraal in nieuwe oven					
c) integraal storten					
d) scheiding (Twence/Rouwmaat)	AVI	357	357		827
	meestoken	296	296		
	hergebruik en ov. stort	174	174		
		827	827	827	827
<b>Droog KWD-IA</b>					
a) integraal in AVI					
b) integraal in nieuwe oven			1.038	1.038	
c) integraal storten					823
d) scheiding (ICOVA/BTC)	AVI	374			
	meestoken	611			127
	hergebruik en ov. stort	52			11
		1.038	1.038	1.038	78
					1.038
<b>Overig KWD</b>					
a) integraal in nieuwe oven				828	
b) integraal storten					488
c) scheiding (Twence/Rouwmaat)	AVI		260		
	nieuwe oven		489		
	hergebruik en ov. stort		79		
		455			
d) scheiding (ICOVA/BTC)	AVI	295			121
	meestoken	79			32
	hergebruik en ov. stort				187
		828	828	828	828
<b>KWD lijkend op HHA</b>					
a) integraal in AVI				421	
b) VAGRON-concept	AVI	265			
	meestoken	58			
	hergebruik en ov. stort	98			
c) GAVI-concept	AVI	92		92	
	meestoken	19		19	
	hergebruik en ov. stort	27		27	
d) TrockenStabilat	nieuwe oven		417		
	hergebruik en ov. stort		142		
		559	559	559	
<b>PA + BSA</b>					
a) integraal in nieuwe oven				954	
b) integraal storten					684
c) scheiding (Twence/Rouwmaat)	AVI	390	390		
	meestoken	564	564		160
	hergebruik en ov. stort				110
		954	954	954	954

In tabel 28 is een samenvattend overzicht gegeven van de verdeling over de eindverwerkingsprocessen.

**Tabel 28 Samenvattend overzicht 'eindbestemming' resterend niet gevaarlijk brandbaar afval in de vier beschouwde scenario's voor 2012 (alle kentallen in kton/jaar)**

	Huidige situatie	PPF	RDF	Integraal verbranden	Status Quo
Stort	2.330				3.635
AVI	4.987	4.251	1.006	4.818	4.595
nieuwe AVI-lijnen			4.465	3.647	
meestoken	525	2.495	860	96	535
hergebruik	92	1.070	986	113	93
overig		1.042	1.540	185	
	7.934	8.859	8.859	8.859	8.859

Tabel 29 geeft een resulterend overzicht van de directe milieu-ingrepen per ton afval voor de vier beschouwde scenario's.

**Tabel 29 Samenvatting resultaten globale milieu-ingrepen analyse; directe bijdragen aan milieu-ingrepen (alle kentallen per ton afval)**

	meestoken in cementoven, wervelbed met max. elektriciteitsproductie				meestoken in kolencentrale roosteroven met optimale W/K-koppeling			
	PPF	RDF	integraal verbranden	status quo	PPF	RDF	integraal verbranden	status quo
<b>productie energiedragers (GJ/ton):</b>								
- elektriciteit	1,25	2,61	3,00	1,34	1,30	2,19	2,69	1,36
- warmte	0,37	0,10	0,32	0,34	0,37	4,25	3,44	0,34
- elektriciteit uit kolencentrale					1,91	0,61	0,09	0,41
<b>consumptie bedrijfsmiddelen</b>								
- klei, voor cementproductie (kg/ton)	108,0	38,3	4,5	23,1				
- zand, voor uitvullen stort (kg/ton)	9,4	25,7	21,5	8,3	9,4	15,8	15,9	8,3
- CaCO3 (kg/ton)					0,7	0,2	0,0	0,2
- NaOH (50%) (kg/ton)	0,4	0,1	0,3	1,3	0,4	0,1	0,3	1,2
- Ca(OH)2 (kg/ton)	4,4	5,9	6,4	3,7	6,2	6,4	6,5	4,0
- actieve kool (kg/ton)	1,0	1,6	1,9	0,9	1,0	1,6	1,9	0,9
- aardgas (GJ/ton)	0,3	0,0	0,1	0,1	0,3	0,0	0,1	0,1
- NH3 (25%) (kg/ton)	5,0	3,9	5,7	4,7	5,1	4,0	5,7	4,7
<b>productie restproducten (kg/ton)</b>								
- ferro schroot	45	43	41	25	45	43	41	25
- non-ferro	6	6	2	2	6	6	2	2
- inert	74	65	11	3	74	65	11	3
- RO-gips					1	0	0	0
- assen uit kolencentrale					13	2	1	3
- bodemas	49	24	109	89	49	53	122	89
- vliegias	15	60	44	14	15	23	24	14
- RGR-zouten	6	11	11	5	6	11	11	5
- actieve kool	1	2	2	1	1	2	2	1
- gestort afval				362				362
<b>transporten (tonkm)</b>								
- wegtransport	124,8	84,2	44,7	58,6	70,5	62,9	42,7	46,9
<b>optredende emissies naar lucht (kg/ton)</b>								
- CO2	140	417	552	283	580	563	571	377
- NOx	0,29	0,33	0,40	0,29	0,68	0,47	0,41	0,37
- NH3	0,011	0,016	0,020	0,010	0,011	0,016	0,020	0,010
- N2O	0,004		0,000	0,004	0,004		0,000	0,004
- CO	0,19	0,13	0,15	0,18	0,20	0,13	0,15	0,18
- CH4 (weggelekt stortgas)				3,65				3,65
- overige koolwaterstoffen (als C)	0,18	0,03	0,04	0,03	0,18	0,03	0,04	0,03
- stof	1,23E-02	1,91E-02	2,16E-02	1,12E-02	1,72E-02	2,00E-02	2,19E-02	1,23E-02
- dioxines (in TEQ)	2,04E-10	3,18E-10	3,61E-10	4,87E-09	2,10E-10	3,20E-10	3,61E-10	4,87E-09
Ruimtebeslag door installaties(m2/ton.jaar)	0,22	0,22	0,14	2,48	0,22	0,22	0,14	2,48

Er is onderscheid gemaakt tussen twee varianten vanwege de grote verschillen in milieubelasting tussen

- meestoken in een kolencentrale en meestoken in een cementoven;
- verbranding in een roosteroven met optimale W/K-koppeling<sup>7</sup> en verbranding in een wervelbedoven met maximale elektriciteitsproductie.

De bij meestoken in een cementoven gegeven CO<sub>2</sub>-emissie is als gezegd deels een netto emissie, waarin de door vervanging van primaire hoogzwavelige steenkool bij cementproductie uitgespaarde CO<sub>2</sub>-emissie al is verdisconteerd. De voor de variant 'meestoken bij kolencentrale' gegeven CO<sub>2</sub>-emissies betreffen uitsluitend de directe bijdragen van de verschillende scenario's. Deze bijdragen verschillen doordat er verschillen zijn tussen de scenario's in de hoeveelheid aardgas, die wordt geconsumeerd voor drogen van PPF en voor toepassing in SCR's.

Tabel 31 geeft de uit tabel 29 volgende hoeveelheden uitgespaarde primaire energiedragers en grondstoffen en de door storten van afval en reststoffen in beslag genomen ruimte.

**Tabel 31 Samenvatting resulterende uitsparing van primaire grondstoffen en energiedragers en van resulterend ruimtebeslag**

	meestoken in cementoven, wervelbed met max. elektriciteitsproductie				meestoken in kolencentrale roosteroven met optimale W/K-koppeling			
	PPF	RDF	integraal verbranden	status quo	PPF	RDF	integraal verbranden	status quo
<b>Uitgespaarde energiedragers (GJ/ton afval)</b>								
- elektriciteit gemiddeld park	1,25	2,61	3,00	1,34	1,30	2,19	2,69	1,36
- elektriciteit uit steenkool					1,91	0,61	0,09	0,41
- warmte , geproduceerd op basis van aardgas	0,37	0,10	0,32	0,34	0,37	4,25	3,44	0,34
<b>Uitgespaarde primaire grondstoffen (kg/ton afval)</b>								
- ruw ijzer	44,8	43,1	40,6	25,1	44,8	43,1	40,6	25,1
- aluminium	5,9	5,6	2,3	2,5	5,9	5,6	2,3	2,5
- zand	123,1	88,3	119,5	91,2	123,1	117,5	133,0	91,2
- natuurgips					1,2	0,3	0,1	0,3
- kalksteenmeel	7,7	30,0	22,2	7,1	7,7	11,7	11,8	7,1
<b>Ruimtebeslag (m<sup>2</sup>/ton.100 jaar)</b>								
- gestorte restproducten	0,17	0,47	0,40	0,15	0,17	0,29	0,29	0,15
- installaties	0,22	0,22	0,14	2,48	0,22	0,22	0,14	2,48
<b>totaal</b>	<b>0,40</b>	<b>0,69</b>	<b>0,53</b>	<b>2,64</b>	<b>0,40</b>	<b>0,51</b>	<b>0,43</b>	<b>2,64</b>
<b>Transport</b>								
- voor afval en scheidingsproducten	125	84	45	59	71	63	43	47
- voor afvoer reststoffen en sec. producten	16	17	18	11	20	17	17	11
<b>totaal</b>	<b>141</b>	<b>101</b>	<b>62</b>	<b>70</b>	<b>90</b>	<b>80</b>	<b>60</b>	<b>58</b>

<sup>7</sup> Maximale afzet van lage temperatuur warmte en optimale benutting van de geleverde warmte.

## 9. BELANGRIJKSTE INGREPEN EN ONZEKERHEDEN

### 9.1 Algemeen

Door verschillende geïnterviewden (zie bijlage E) wordt aangegeven dat momenteel een deel van het bedrijfsafval (met een stookwaarde net iets hoger dan 11,5 MJ/kg) naar Duitsland wordt geëxporteerd. Daar vindt enige scheiding plaats waarna een groot deel als scheidingsresidu in Duitsland wordt gestort. Omdat de stortkosten in Duitsland momenteel laag zijn is dit een financieel aantrekkelijke route. Voor 2005 is echter een stortverbod van brandbaar afval in Duitsland afgekondigd. Volgens verschillende geïnterviewden kan dit een groot effect hebben op de Nederlandse afvalverwerking. Door de geringe capaciteit aan scheidingsinstallaties en AVI's in Duitsland kan een sterke exportbeweging van afval naar Nederland ontstaan, met capaciteitsproblemen bij AVI's en scheidingsinstallaties in Nederland als gevolg. Dit is min of meer onafhankelijk van het gekozen scenario, zij het dat de sluiting van AVI's bij het scenario '**Maximale productie van RDF**' dan niet of in mindere mate nodig is.

### 9.2 Scenario Maximale productie PPF

#### 9.2.1 Toename afval is groter dan beleidsscenario

Indien de hoeveelheid afval sterker toeneemt dan het beleidsscenario aangeeft, heeft dit de volgende consequenties:

- het aantal scheidingsinstallaties kan relatief evenveel toenemen als de hoeveelheid afval. Daarmee nemen ook de hoeveelheden van de in de scheidingsinstallatie afgescheiden afvalfracties relatief evenveel toe en zo ook de milieubelasting;
- de bouw van een nieuwe AVI-capaciteit is noodzakelijk. Dit zal dan een AVI zijn met een iets gunstiger milieuprofiel dan het milieuprofiel van het huidige gemiddelde park AVI's;
- iets meer PPF wordt afgescheiden. Voor de afzet ervan gelden dezelfde overwegingen als de afzet van alle PPF (zie verderop in deze paragraaf).

Indien minder afval ontstaat dan het beleidsscenario aangeeft, zijn de effecten tegengesteld. Een extra AVI is dan mogelijk niet nodig.

#### 9.2.2 Scheidingsrendementen

In scenario '**Maximale productie van PPF**' wordt uitgegaan van scheiding van huishoudelijk afval en daarop gelijkend bedrijfsafval in installaties van het VAGRON-type. Het ONF wordt vergist en het overblijvende digestaat gestabiliseerd, waarna het wordt verbrand tezamen met het RDF-rest. Enige variatie in de verdeling van componenten over ONF en RDF is vanwege het samenvoegen van digestaat en RDF-rest van weinig invloed op het resultaat van dit scenario.

Een dergelijke scheidingsinstallatie is nog uit te breiden met een extra zifter (afgescheiden PPF kan daardoor toenemen van 15% naar 18% van de input in de scheidingsinstallatie), afscheiding van aluminium, afscheiding van drankkartons en afscheiding van kunststof flacons (extra afscheiding en hergebruik van circa 3% van de input in de scheidingsinstallatie). Deze mogelijke extra uitbreidingen hebben een positief effect op de milieubalans van dit scenario. Door de geringe hoeveelheden zijn de effecten echter beperkt.

#### 9.2.3 Bouw scheidingsinstallaties

Bij keuze van dit scenario zal overgegaan moeten worden tot de realisatie van een volledig dekend park aan scheidingsinstallaties. Door bestaande installaties (GAVI, VAGRON en de in aanbouw zijnde in Wierden) is reeds ervaring opgedaan. Deze ervaring en de realisatie van een dekend park aan composteringsinstallaties voor gft-afval en de realisatie van het AVI-park binnen 10 jaar geven aan dat ook realisatie van een park aan scheidingsinstallaties mogelijk moet zijn indien de politieke wil daarvoor aanwezig is.

#### 9.2.4 Geschiktheid bestaande AVI's

Uit het gesprek met dhr. Timmer van de VVAV (zie bijlage E) komt naar voren dat de bestaande AVI's hoogst waarschijnlijk kunnen worden aangepast aan de iets hogere stookwaarde van het in dit scenario te verbranden afval.

#### 9.2.5 Capaciteit AVI's

De bestaande capaciteit van de AVI's wordt in dit scenario volledig benut. Er is volgens dit scenario sowieso extra AVI-capaciteit nodig, hetzij als extra verbrandingslijnen bij bestaande AVI's, hetzij als een nieuwe AVI op een nieuwe locatie. Indien de hoeveelheid vrijkomend afval sterker toeneemt dan in het beleidsscenario is geraamd, zal nog meer extra capaciteit nodig zijn.

#### 9.2.6 Afzet PPF

Uit interviews (zie bijlage E) komt naar voren dat de afzetmarkt in Nederland voor PPF beperkt zal zijn. De afzetmarkt voor PPF uit Nederland in Duitsland is volgens de meeste geïnterviewden voldoende groot. Dit is ook het geval indien in Duitsland meer PPF wordt geproduceerd. Een mogelijke bedreiging zou in de toekomst uit Frankrijk kunnen komen. Indien daar overgestapt wordt op de productie van PPF, kan een sterke exportstroom naar Duitsland ontstaan omdat de capaciteit voor bijstook in Frankrijk beperkt is (veel kernenergie). Hierdoor kunnen afzetmogelijkheden voor secundaire brandstoffen uit Nederland in het gedrang komen. In Frankrijk wordt mogelijk in 2002 een stortverbod van kracht.

#### 9.2.7 Samenvattend

Belangrijkste ingrepen voor verwezenlijking van dit scenario zijn:

- bouw volledig park aan scheidingsinstallaties;
- aanpassing van de meeste bestaande AVI's aan afval met een iets hogere stookwaarde;
- extra AVI-capaciteit bijgebouwd.

Belangrijkste onzekerheden

- het effect van het stortverbod van brandbaar afval in Duitsland per 2005 en in Frankrijk per 2002;
- bij grotere toename hoeveelheid vrijkomend afval dan beleidsscenario vergt bouw van nog meer AVI-capaciteit.

### **9.3 Maximale productie RDF**

#### 9.3.1 Toename afval is groter dan beleidsscenario

Indien de hoeveelheid afval sterker toeneemt dan het beleidsscenario aangeeft, heeft dit de volgende consequenties:

- het aantal installaties volgens het TrockenStabilat procédé kan relatief evenveel toenemen als de hoeveelheid afval. Daarmee nemen ook de hoeveelheden van de in de scheidingsinstallatie afgescheiden afvalfracties relatief evenveel toe en zo ook de milieubelasting;
- de bouw van extra capaciteit aan ovens die in staat zijn het TrockenStabilat te verwerken kan dan noodzakelijk zijn. De milieubelasting neemt daarmee relatief evenveel toe als de hoeveelheid afval.

Indien minder afval ontstaat dan het beleidsscenario aangeeft, zijn de effecten tegengesteld.

#### 9.3.2 Scheidingsrendementen

In dit scenario wordt uitgegaan van verwerking van huishoudelijk afval en daarop gelijkend bedrijfsafval volgens het TrockenStabilat proces. In dit proces wordt een grote hoeveelheid scheidingsproducten geproduceerd, te weten: biogas, broeiverlies, afvalwater, inerte stoffen en schroot. Indien de rendementen van deze producten iets lager liggen, wordt meer RDF geproduceerd met wellicht een iets lagere stookwaarde. Dit heeft een beperkt negatief effect op de milieubalans. Iets



hogere scheidingsrendementen hebben een beperkt positief effect op de milieubalans. Enige afwijkingen in de scheidingsrendementen resulteren niet in een zodanig lage stookwaarde van het RDF dat verbranding in een AVI mogelijk is.

### 9.3.3 Bouw scheidingsinstallaties

Bij keuze van dit scenario zal overgegaan moeten worden tot de realisatie van een volledig dekkend park aan installaties. In Nederland is nog geen ervaring opgedaan met dit type installatie. In België en Duitsland is er wel enige ervaring opgedaan, zij het dat de samenstelling van het Nederlandse afval afwijkt van de buurlanden. Door dit gemis aan ervaring in Nederland is de realisatie van een dekkend park in Nederland in 10 jaar minder zeker dan de scheidingsinstallaties van het VAGRON-type.

### 9.3.4 Geschiktheid bestaande AVI's

Uit het gesprek met dhr. Timmer van de VVAV (zie bijlage) komt naar voren dat de bestaande AVI's niet kunnen worden aangepast aan de stookwaarde van het in dit scenario te verbranden afval.

Een deel van de bestaande AVI's kan worden gesloten. De benodigde AVI-capaciteit is in 2012 bij volledige realisatie van een park met installaties van het Trockenstabilatprocédé dan nog slechts 1 Mton. Voor de AVI's die niet zijn afgeschreven betekent dit een kapitaalvernietiging. Mogelijk dat bij een stortverbod in Duitsland Duits afval in Nederlandse AVI's verbrand kan worden, waardoor meer bestaande AVI-capaciteit kan worden benut.

### 9.3.5 Capaciteit ovens voor RDF

In een periode van 10 jaar zal een capaciteit van 3,3 Mton aan capaciteit gebouwd moeten worden van ovens die in staat zijn RDF c.q. TrockenStabilat of integraal droog KWD-afval te verwerken.

### 9.3.6 Samenvattend

Belangrijkste ingrepen voor verwezenlijking van dit scenario zijn:

- bouw volledig park aan installaties volgens het TrockenStabilat procédé, concept Rouwmaat-Twence en RDF-concept voor overige KWD-afval;
- sluiting van een groot deel van de bestaande AVI-capaciteit;
- bouw van 3,3 Mton aan nieuwe ovencapaciteit.

Belangrijkste onzekerheden

- het effect van het stortverbod van brandbaar afval in Duitsland per 2005;
- bij grotere toename hoeveelheid vrijkomend afval dan beleidsscenario, bouw extra oven.

## 9.4 Scenario Integraal verbranden

### 9.4.1 Capaciteit AVI's

De capaciteit van het bestaande AVI-park wordt uitgebreid tot 8,8 Mton. Hierdoor ontstaat een weinig flexibele situatie. Alleen bij sluiting van een afgeschreven AVI ontstaat er ruimte voor andere initiatieven.

Indien meer afval ontstaat is een relatief even grote uitbreiding van de AVI-capaciteit noodzakelijk. De daarmee samenhangende milieubelasting neemt relatief evenveel toe met de hoeveelheid afval. Indien minder afval ontstaat dan het beleidsscenario zijn de effecten tegengesteld.

### 9.4.2 Samenvattend

Belangrijkste ingrepen:

- bouw van enkele extra AVI's danwel uitbreiding bestaande AVI's;

- verdwijnen van bestaande scheidingsinstallaties, behalve in geval van voorscheiding bij bestaande AVI.

Belangrijkste onzekerheden:

- het effect van stortverboden in Duitsland en Frankrijk.

### **9.5 Scenario Status Quo**

Indien meer afval ontstaat is een relatief even grote uitbreiding van de AVI-capaciteit en stortcapaciteit noodzakelijk. De daarmee samenhangende milieubelasting neemt relatief evenveel toe met de hoeveelheid afval. Indien minder afval ontstaat dan het beleidsscenario zijn de effecten tegengesteld.

#### Samenvattend

Belangrijkste ingrepen:

- bouw van enkele extra AVI's danwel uitbreiding bestaande AVI's;
- bouw van voldoende stortcapaciteit.

Belangrijkste onzekerheden:

- het effect van stortverboden in Duitsland en Frankrijk.

## LITERATUUR

- [1] E. Pfeiffer et al., Vergelijkende studie thermische verwerking van huishoudelijk afval, een evaluatie van 5 technieken VVAV, Utrecht, september 1995.
- [2] Anonymus, Initiatieven voor thermische verwerkingsmogelijkheden van hoogcalorische afvalstromen, AOO, Utrecht, 1998.
- [3] R. de Vries, Thermische verwerking van hoogcalorische biomassa- en afvalstromen KEMA, Arnhem, december 1998.
- [4] R. de Vries, Elektrisch rendement AVI's kan hoger, Afval!, oktober 2000, blz. 18 - 21.
- [5] Mondeling verstrekte informatie van Wil Sierhuis van de Gemeentelijke Afvalreinigings-Dienst Amsterdam, d.d. juli 2001.
- [6] Anonymus, Afvalverwerking in Nederland, gegevens 1998, AOO, Utrecht, juli 1999.
- [7] Achtergronddocument A2 bij het MER-LAP.
- [8] B. Vanderborght, G.P.J. Dijkema, Perspectieven voor het gebruik van brandbare afvalstoffen in de Belgische en Franse cementindustrie, AOO, Utrecht, 1996.
- [9] Anonymus, Scenario-document TJPA 1995 – 2005, AOO, Utrecht, april 1995.
- [10] Anonymus, Ontwerp programma gescheiden inzamelen van bedrijfsafval, AOO, Utrecht, januari 1997.
- [11] Sorteertanalyses huishoudelijk restafval, conceptcijfers 1999, RIVM, december 2000.
- [12] R. van Ree, A.B.J. Oudhuis; A. Faaij, A.P.W.M. Curvers, Modelling of a biomass-integrated gasifier/combined-cycle (BIG/CC) system with the flowsheet simulation programme Aspen<sup>plus</sup>, ECN, Petten, june 1995.
- [13] P.G. Eggels, A.M.M. Ansems, B.L. van der Ven, ECO efficiency of recovery scenario's of plastic packaging, TNO-MEP, Apeldoorn, february 2001.
- [14] Informatie ontvangen van de heer W. Hoenderdaal van TNO-IMEP, d.d. 2 januari 1995.
- [15] L.P.M. Rijpkema, J.A. Zeevalkink, Specific processing costs of waste materials in a municipal solid waste combustion facility, TNO MEP, Apeldoorn, juli 1996.
- [16] H.J. Croezen, J.T.W. Vroonhof, Milieuanalyse drankenkartons, CE, Delft, 15 augustus 2001.
- [17] J.T.W. Vroonhof, G.C. Bergsma, A.M.M. Ansems (TNO-MEP), Verwerking kunststof verpakkingsafval uit huishoudens, CE, Delft, maart 2001.
- [18] K. Vrancken et al., Vergelijking van verwerkingsscenario's voor restfractie van HHA en niet-specifiek categorie II bedrijfsafval, OVAM, Mechelen, februari 2001.
- [19] Ph. Lusk et al., Biogas from municipal solid waste, IEA Bioenergy, 1996.

- [20] R. Krikke, Afvalsturing Friesland versterkt marktpositie met eigen SVI, Gemeentereiniging en afvalmanagement (GRAM) 12/99, blz. 16 – 18.
- [21] H.J. Croezen, G.C. Bergsma, Subcoal milieukundig beoordeeld, CE, Delft, oktober 2000.
- [22] H. Vermaat, Demonstratie-installatie vergist rest ‘grijs’ afval, Chemisch weekblad 23/4, blz 16 – 17.
- [23] Th. Oorthuys, Dankzij Vagron optimale benutting AVI-capaciteit, Afval! januari 2000, blz. 28 – 29.
- [24] MER SVI Leiden.
- [25] Anonymus, MER GFT-vergistingsinstallatie Biocel Lelystad, Heidemij advies, november 1993.
- [26] Anonymus, De scheidingsinstallatie van de Vagron, Vagron-brochure
- [27] H.J. Croezen, G.C. Bergsma, De milieukundige score van verwerking van hoogcalorisch afval in de PEC, CE, Delft, 5 december 1997.
- [28] W.H. Bouwman, Lambdaregeling voor biogasmotoren, Gastec NV, Apeldoorn, mei 1997.
- [29] J.T.W. Vroonhof et al., Doorrekening en selectie van verwijderingsmodellen voor droge componenten in het huishoudelijk afval, CE/De straat Milieu-adviseurs, Delft, augustus 1994.
- [30] W. van Lierop, M. de Groot, H. Sliepen, Handboek composteren en vergisten van GFT-afval, SDU/DOP, Den Haag, 1991.
- [31] Informatie ontvangen van de heer F.G. Esmeijer van Essent (voorheen VAM), d.d. 20 december 1999.
- [32] Anonymus, Startnotitie MER Systeemkeuze ONF-opwerking, KEMA/EMW, Arnhem, januari 2001.
- [33] Anonymus, Voorontwerp van het beleidskader van het Landelijk AfvalbeheersPlan, Ministerie VROM, Den Haag, 10 april 2001.
- [34] Anonymus, startnotitie MER Systeemkeuze ONF-opwerking KEMA.
- [35] Mondeling verstrekte info van dhr. Bloembergen van KEMA, d.d. juli 2001.
- [36] E. ten Brummelen, H. Eker, M. Pruijn, W. Elsinga, ONF: ‘groentje’ onder de afvalstromen, Gemeentereiniging en afvalmanagement, 11/2000, blz. 24 - 27.
- [37] W.F.M Hesseling, Onderzoek verbrandingsparameters van verschillende afvalverwerkingsscenario's bij de ARN te Nijmegen, TNO-MEP, Apeldoorn, 1991.
- [38] Informatie ontvangen van dhr. S. Dekker en dhr. De Ruyter van Technisch Bureau MTM BV op 3 oktober 2001.

- [39] Gesprek met dhr. T. Kuiper van Twence, d.d. juli 2001.
- [40] H.J. Croezen, G.C. Bergsma, Update milieuscore PEC, CE, Delft, 24 augustus 2000.
- [41] Informatie verstrekt door dhr. B. Geleijnse van BTC Zoetermeer, d.d. juli 2001.
- [42] A.M.M. Ansems, R.H.J. Korenrump, G.W. Krajenbrink, J.T.W. Vroonhof (CE), Cold Box feed preparation routes; phase 2, TNO-MEP, Apeldoorn, januari 1998.
- [43] Gesprek van dhr. Vroonhof met dhr. J. Woling van Essent Milieu Wijster, d.d. 11 juli 2001.
- [44] E. Dijkgraaf, R.F.T. Aalbers, M. Varkevisser, Afvalprijzen zonder grens, OCFEB, Rotterdam, 20 maart 2001.
- [45] R. Didde, Zoektocht naar kwaliteitsverbetering AVI bodemas, Afvalforum!, juni 2001,
- [46] A. van der Knijff (Haskoning), F.J.B. Wetzels (Haskoning), Vermindering NO<sub>x</sub>-emissies bij afvalverbranding, Novem, Utrecht, oktober 1996.
- [47] A.E. Pfeiffer, NO<sub>x</sub> removal in waste incineration, Novem, Utrecht, 9 december 1996.
- [48] G. Brem, R. Gort, L.B.M. van Kessel, Toepassing en resultaten van simulatiemodellen voor verbrandings-, NO<sub>x</sub>- en DeNO<sub>x</sub>-reacties bij afvalverbranding, TNO MEP, Apeldoorn, maart 1996.
- [49] P. Eggels, S. van Loo, Milieu-effecten van de energiewinning uit (afval)hout, TNO MEP, Apeldoorn, 1995.
- [50] Th. Frischknecht et al, Ökoinventare für Energiesysteme, ETH, Zürich, 1996.
- [51] G.C. Bergsma, H.J. Croezen, G. de Weerd, T.T. van der Werff, Beperking van emissies naar de lucht bij conversie van biomassa naar elektriciteit en warmte, CE, Delft, 20 april 1999.
- [52] H. Jansen et al, 4<sup>e</sup> voortgangsrapportage betreffende de bestrijding van SO<sub>2</sub>- en NO<sub>x</sub>-emissies van de elektriciteitsproductiebedrijven in de jaren 1996 en 1997 in het kader van het Convenant, SEP, Arnhem, 1998.
- [53] Anonymus, Reference Document on the Best Available Techniques in the Cement and Lime Manufacturing industries, IPPC, Sevilla, march 2000.
- [54] Anonymus, Emissionsminderung Zementwerke, VDI, Düsseldorf, 1985.
- [55] B. Vanderborght, G.P.J. Dijkema, Perspectieven voor het gebruik van brandbare afvalstoffen in de Belgische en Franse cementindustrie, AOO, Utrecht, 1996.
- [56] André Caluori et al., An alternative fuel for cement production – source separated plastics waste, APME, oktober 1997.
- [58] Gesprek met een medewerker van SITA, d.d. juli 2001.

- [59] R. Venendaal, H.J. Middelkamp, Ontwikkelingen in thermische afvalverwerking; wervelbedverbranding door Kvaerner en het Schwell-Brenn proces van Siemens, VVAV, Utrecht, 30 september 1994.
- [61] J.Oonk, A. Boom, Landfill gas formation, recovery and emissions, TNO-MEP, Apeldoorn, juni 1995.
- [62] G.C. Bergsma, J.T.W. Vroonhof, H. Sas, Financiële waardering van de milieu-effecten van afvalverbrandingsinstallaties in Nederland, CE, Delft, 14 maart 1996.
- [63] B. van Zanten, Stortgaswinning en –benutting in Nederland, VVAV, Utrecht, september 1997.
- [64] Informatie geleverd door dhr. van Zanten van VVAV, d.d. april 2000.
- [65] P. Zimmermann et al., Ökoinventare von Entsorgungsprozessen, ETH, Zürich, August 1996.
- [66] Anonymus, Vervolgrapport van de reductie van de NOx-emissie van Gasmotoren, NOVEM, Sittard, 1994.
- [67] Anonymus, Technische verkenning storten, AOO, Utrecht, september 1991.
- [68] H.J. Croezen, Normstelling voor biomassa, NOVEM EWAB, Utrecht, juni 2000.
- [69] S.A.H. Moorman, H.J. Croezen, Emissies uit bijstoken, verbranden en vergassen van niet-gevaarlijke afvalstromen ATC-studie, CE, Delft, januari 2000.
- [70] Concept MER Biomassa bijstoken bij de Maasvlaktekolencentrale, Tauw/CE, Deventer/Delft, 1999 (nooit voltooid).
- [71] Anonymus, Umweltverträglichkeitsuntersuchung für den Einsatz von BRAM in Zementwerken, AWG, Warendorf.
- [72] U. Lahl, Der Einsatz von Kunststoffen als Reduktionsmittel im Hochofen-ein Rückblick Müll und Abfall 5/95, 309 - 313.
- [73] Anonymus, Basisstatistieken van de Europese Unie, uitgave 33, Eurostat, Luxemburg, 1996.
- [74] A. de Boer, Afval vervangt kolen in elektriciteitscentrales, Afvalforum, december 2000, blz. 10 - 11.
- [75] P. van der Brand, Duitse afvalgigant werpt zich op energie uit afval, Afvalforum, juni 2001.
- [76] A. Veering, Verbrandingsovens enige uitweg voor diermeelberg, Afvalforum, april 2001, blz. 10 - 12.
- [77] P. van der Brand, Afzet secundaire brandstoffen nog ver onder de maat, Afvalforum juni 2001.

- [78] H.J. Croezen, J.T.W. Vroonhof, I. Tellam, "Ecodumping by energy recovery", Peer review of the EEB-report, CE, Delft, 9 March 2001.
- [79] Emissieprofielen Verwijderingstechnologieën Gevaarlijk Afval, TNO-rapport STB-00-06.

## BEGRIPPENLIJST

AOO	<b>A</b> fval <b>O</b> verleg <b>O</b> rgaan
ARN	<b>A</b> fvalverwerking <b>R</b> egio <b>N</b> ijmegen
AVI	<b>A</b> fval <b>V</b> erbrandings <b>I</b> nstallatie
AVIRA	afvalverwerkingsbedrijf
AVR	<b>A</b> fval <b>V</b> erwerking <b>R</b> ijnmond, afvalverwerkingsbedrijf
BA	<b>B</b> edrijfs <b>A</b> fval
BEES	<b>B</b> esluit <b>E</b> missie <b>E</b> isen <b>S</b> tookinstallaties
BSA	<b>B</b> ouw- en <b>S</b> loop <b>A</b> fval
CFBC	<b>C</b> irculating <b>F</b> luidized <b>B</b> ed <b>C</b> ombustor; Circulerende wervelbedoven.
GAVI	<b>G</b> eïntegreerde <b>A</b> fval <b>V</b> erwerkings <b>I</b> nrichting
HHH	<b>H</b> uis <b>H</b> oudelijk <b>A</b> fval
GDA	<b>G</b> emeentelijke <b>D</b> ienst <b>A</b> fvalverwerking (Amsterdam)
HVC	<b>H</b> uisvuil <b>V</b> erbrandings <b>C</b> entrale (AVI in Alkmaar)
KWD	<b>K</b> antoor-, <b>W</b> inkel- en <b>D</b> iensten- (afval)
LAP	<b>L</b> andelijk <b>A</b> fvalbeheers <b>P</b> lan
ONF	<b>O</b> rganisch <b>N</b> atte <b>F</b> ractie, productfractie van afvalscheiding.
PPF	<b>P</b> apier/ <b>P</b> lastic <b>F</b> ractie, scheidingsproduct uit afval.
RDF	<b>R</b> efuse <b>D</b> erived <b>F</b> uel, productfractie van afvalscheiding.
RGRR	<b>R</b> ook <b>G</b> as <b>R</b> einigings <b>R</b> esidu
ROI	<b>R</b> ookgas <b>O</b> ntzwevelings <b>I</b> nstallatie
SCR	<b>S</b> elective <b>C</b> atalytic <b>R</b> eduction; NOx-verwijderingsproces met katalysator.
SNCR	<b>S</b> elective <b>N</b> on- <b>C</b> atalytic <b>R</b> eduction; NOx-verwijdering door ammoniakinspuiting in rookgassen bij 900°C - 1000°C.
STEG	<b>S</b> Toom- <b>E</b> n <b>G</b> asturbine; krachtcentrale met gasturbine waarbij de rookgassen van de gasturbine worden gebruikt voor het opwekken van stoom, die vervolgens in een stoomturbine wordt benut voor opwekken van extra elektriciteit.
SVI	<b>S</b> cheidings- en <b>V</b> ergistings <b>I</b> nstallatie
VAGRON	<b>V</b> AM- <b>G</b> RONmij
VAM	<b>V</b> uil <b>A</b> fvoer <b>M</b> aatschappij



## BIJLAGE A; Afvalaanbod, -samenstelling en -specificaties

In de in deze studie beschreven scenariostudie is uitgegaan van de in tabel 32 gegeven hoeveelheden brandbaar restafval en de in de tabel gegeven samenstelling naar afvalcomponenten. De gehanteerde hoeveelheden en samenstellingen zijn gegeven door AOO en deels verder uitgewerkt op basis van andere analyses naar de samenstelling van afvalstromen [9], [10], [11]. Het betreft steeds het brandbare afval dat overblijft na verdiscontering van hergebruik en na aftrek van het niet brandbare restafval.

**Tabel 32 Hoeveelheden van brandbaar, niet gevaarlijk restafval in 2012 (kton/jaar)**

	huish. afval	grof huisvuil	met huisvuil vergelijkbaar KWD-afval	droog KWD-afval	overig KWD-afval	industriële procesafval	industriële kantoor / kantine afval	brandbare rest BSA
Component:								
Papier/karton	1.002	57	94	158	167	396	15	
Hout	115	224	4	90	10	89	246	297
Kunststoffen								
- folie	284	22	33	101	34	45	17	28
- overig	334	66	38	118	40	37	21	34
Ferro	195	86	7	67	6	47		
Non-ferro	32	3	2	16	1			
Glas	163	7	30	17	7	18		
GFT	1.617	129	159	182	47	35	62	
Steenachtig		93						
Overig brandbaar afval	567	140	194	79	22	34		233
Overig onbrandbaar afval	345							
<b>Totaal</b>	<b>4.653</b>	<b>827</b>	<b>559</b>	<b>828</b>	<b>335</b>	<b>703</b>	<b>361</b>	<b>593</b>

De samenstellingen van de verschillende afvalstromen zijn gebruikt om massabalansen over scheidingsinstallaties te kunnen opstellen. Voor KWD-afval is met het oog daarop onderscheid gemaakt tussen drie deelstromen:

- droog KWD-afval;
- op huishoudelijk afval lijkend KWD-afval;
- overig KWD-afval.

Met droog KWD-afval wordt het afval bedoeld dat voornamelijk bestaat uit papier en plastics en weinig nat organisch materiaal, inert materiaal en andere brandbare componenten bevat. Dit materiaal is samen met droog industrieel kantoorafval de 'voorkeur-input' van scheidingsinstallaties waarin brandstofpellets worden gemaakt. Op huishoudelijk afval lijkend KWD-afval bevat net als huishoudelijk afval een hoog percentage nat organisch materiaal. Afval uit de overige KWD deelsectoren is als een derde stroom samengevoegd. De afvalstromen uit de verschillende deelsectoren kunnen echter onderling sterk verschillen qua samenstelling naar afvalcomponenten.

**Tabel 33 Verdeling van KWD sectoren naar specificaties van het vrijkomende afval [10]**

	<i>totaal</i>	kantoren	horeca	ziekenhuizen	groothuishoudens	onderwijs	bouwbedrijven	groothandel 2 ton	groothandel 0,2 ton	groothandel 1 ton	detailhandel levensmiddelen	detailhandel overig
droog KWD-I	26%	20%									6%	
als HHA	30%		15%	8%	8%							
overig	43%					9%	9%	10%	1%	5%		10%

Tabel 34 geeft de aangehouden chemische specificaties van de verschillende afvalcomponenten ([12] t/m [15]). De chemische specificaties zijn gebruikt om een schatting te kunnen maken van:

- de energie-inhoud en stookwaarde van bijvoorbeeld de bij AVI's aangeboden afvalstromen;
- de omvang van procesgerelateerde emissies, verbruik van hulpstoffen en geproduceerde hoeveelheden reststoffen bij thermische verwerking.

Voor gft-afval zijn drie samenstellingen meegenomen:

- een samenstelling voor gft-afval in huishoudelijk afval met een hoog percentage aan inert;
- een samenstelling voor gft-afval in andere afvalstromen met een lager percentage inert;
- samenstelling van het asvrije materiaal, zoals wordt afgescheiden en verwerkt bij compostering en vergisting.

Voor de assen is een verdeling geschat over bodemas en vliegashoudend materiaal voor AVI/roosteroven en voor CFBC. De aangehouden percentages zijn deels gebaseerd op informatie over bijvoorbeeld verbranding van hout in biomassa gestookte roosterovens en wervelbedovens en deels ook ingeschat uit de fysische eigenschappen als soortelijk gewicht en deeltjesgrootte. Het is bijvoorbeeld onwaarschijnlijk dat stukjes glas, stenen, stukjes metaal en andere inerte afvalcomponenten in een roosteroven door de rookgassen zullen worden meegesleurd. Daarvoor zijn de deeltjes te groot en heeft het materiaal een te hoog soortelijk gewicht. Aan de andere kant bestaat de as in plastics uit vulstoffen, die in lage concentraties en homogeen over het materiaal zijn verdeeld en daarin als zeer kleine deeltjes aanwezig zijn. Te verwachten valt dat dit materiaal bij de in een roosteroven heersende gassnelheid wel worden meegesleurd.

Van de halogenen is alleen chloor beschouwd. Fluor en andere halogenen komen in zulke kleine hoeveelheden in het afval voor dat ze geen significante bijdrage aan de productie van rookgasreinigingsresidu leveren. Bovendien blijven andere halogenen dan chloor grotendeels achter in de assen.

**Tabel 34 Aangehouden chemische samenstelling van afvalcomponenten (droge stof)**

	OPK	Hout	Plastic folie (als PE)	Rigids, niet-verp.	IJzer	non-Fe	Glas	Gft-afval en fines en stenen			Steenachtig	Overig bb	Overig obb (zand)
								als opgegeven  12	zonder inert	in HHA			
macro-elementen (gew%)													
water													
as	6,6%	2,0%	5,0%	3,8%	95,5%	95,5%	100,0%	21,1%		50,0%	100,0%	17,0%	100,0%
- C	44,8%	49,6%	81,1%	75,0%	2,1%	2,1%		40,3%	51,0%	25,5%		49,0%	
- H	6,2%	6,1%	13,5%	10,3%	0,3%	0,3%		5,2%	6,7%	3,3%		5,8%	
- O	41,7%	41,6%		3,1%	2,1%	2,1%		30,0%	38,0%	19,0%		24,5%	
- N	0,3%	0,4%	0,1%	1,0%	0,0%	0,0%		2,7%	3,5%	1,7%		0,8%	
- S	0,2%	0,1%	0,2%	0,1%	0,0%	0,0%		0,2%	0,3%	0,2%		0,3%	
- Cl	0,3%	0,3%	0,1%	6,6%	0,0%	0,0%		0,4%	0,5%	0,2%		2,5%	
	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
Stookwaarde													
- brandbare stof	18,0	18,7	42,7	36,6	17,3	17,3		19,9	19,9	19,9		23,8	
- droge stof	16,8	18,3	40,5	35,2	0,8	0,8		15,7	19,9	10,0		19,8	
AVI													
- percentage als bodemas	50%	50%			100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	50%	100%
- naar bodemas	3,3%	1,0%			95,5%	95,5%	100,0%	21,1%		50,0%	100,0%	8,5%	100,0%
- naar vliegias	3,3%	1,0%	5,0%	3,8%								8,5%	
CFBC													
- percentage als bodemas					100%	100%	100%				100%		
- naar bodemas					95,5%	95,5%	100,0%				100,0%		
- naar vliegias	6,6%	2,0%	5,0%	3,8%				21,1%		50,0%		17,0%	100,0%



## **BIJLAGE B; Beschrijving scheidingsinstallaties**

### **B1. Vagron-concept**

Het in deze studie meegenomen 'Vagron-concept' is gebaseerd op de scheidings- en vergistingsinstallatie van Vagron in Groningen. De installatie in Groningen bestaat uit twee scheidingslijnen met een totale verwerkingscapaciteit van 230 kton/jaar [16]. Oorspronkelijk bestond alleen het scheidingsdeel. Het vergistingsdeel is in 1998 t/m 2000 bijgebouwd en beproefd en is sinds begin dit jaar officieel in gebruik genomen. Een scheidings- en vergistingsinstallatie met eenzelfde opbouw en verwerkingscapaciteit is in aanbouw in de Wierde in Friesland. Er zijn daarnaast concrete plannen voor de bouw van twee scheidings- en vergistingsinstallaties in Halfweg, Noord-Holland (120 kton/jaar) en Tilburg (200 kton/jaar) en onzekere plannen voor een installatie in Utrecht [17].

De bestaande en geplande installaties verwerken vooral huishoudelijk afval (circa 70% input Vagron) en daarop lijkend KWD-afval (15% input Vagron) en verder kleinere hoeveelheden grof huishoudelijk afval (15% input Vagron) [17]. Het scheidingsdeel functioneert goed, het vergistingsdeel valt bij Vagron nog geregeld ongepland uit door overmatige slijtage aan roeders. Installaties in het buitenland ondervinden echter voor zover bekend geen vergelijkbare problemen [18], [19]. De techniek is daarom in deze studie als bewezen beschouwd.

De hieronder gegeven beschrijving heeft betrekking op de huidige opbouw van de installatie in Groningen. Het scheidingsdeel van de installatie in Groningen en de in aanbouw zijnde installatie in de Wierde worden in de toekomst uitgebreid voor afscheiding van drankenkartons uit RDF, terwijl nog andere uitbreidingen mogelijk zijn en bestudeerd worden. Afscheiding van drankenkartons heeft weinig invloed op de totale massabalans over het scheidingsdeel en is daarom niet meegenomen. De afgescheiden drankenkartons (circa 2% inkomend afval) worden overigens mogelijk toegevoegd aan het PPF.

#### **B1.1 Beschrijving scheidingsdeel**

Afval wordt over de weg aangevoerd en in een diepbunker overgeslagen. Vervolgens wordt het met een poliepgrijper in de voorraadbunker van de scheidingsinstallatie gestort. Het afval wordt met twee trommelzeven met maaswijdten 70 mm en 200 mm (Vagron) [16] of 50 mm en 180 mm (De Wierde) [20] in drie zee fracties gescheiden. De fijne fractie of ONF (= Organisch Natte Fractie) wordt ontijzerd en ontdaan van non-ferro metalen en aan het vergistingsdeel toegevoerd. Beide andere fracties worden met een windzifter gescheiden in een deelfractie lichte componenten en een deelfractie zware componenten. De lichte fracties bestaan voornamelijk uit papier en plastic folie (vandaar de naam Papier- en Plastic Fractie = PPF). De beide deelfracties zware componenten worden ontijzerd. De ontijzerde fracties met zware componenten worden als RDF afgevoerd naar een AVI of andere eindverwerker. Dat is voor Vagron en de Wierde de GAVI in Wijster. Transport vindt plaats met perscontainers. PPF wordt gebaald en bijvoorbeeld naar een cementoven in Duitsland of een papierfabriek in Finland afgevoerd [21], [22].

De omvang van de deelfracties bedraagt [16]:

- 40% ONF;
- 42% RDF;
- 15% PPF;
- 3% schroot.

De bunker en de hal van de scheidingsinstallatie worden op onderdruk gehouden om emissies van geurstoffen naar de omgeving te minimaliseren. De ventilatielucht wordt in een biofilter gezuiverd. Scheidingslucht van de windzifters wordt met een doekfilter ontstof.

### B1.2 Beschrijving vergistingsdeel

Voor het vergistingsdeel zijn in Groningen en De Wierde verschillende processen voorzien. In Groningen wordt nat vergist [22], [23], in De Wierde straks droog [20]. Bij natte vergisting worden inerte materialen (stenen, glas, zand, overig niet brandbaar) voorafgaand aan vergisting uitgewassen. Bij droge vergisting wordt de gehele ONF-fractie vergist, waarna inerte materialen uit het residu worden afgescheiden. In deze studie is uitgegaan van droge vergisting. In deze variant wordt volgens opgave aanzienlijk minder proceswater verbruikt dan bij natte vergisting.

Bij droge vergisting wordt ONF gemengd met gerecirculeerd proceswater tot een mengsel met 20% d.s. [20]. Het mengsel wordt met lage druk stoom verwarmd tot 55°C en vergist. Het overblijvende residu wordt met een cycloonscheider, ontwateringszeef, hydrocycloon en opstroomkolom gescheiden in digestaat, stoorstoffen, zand en grof inert. Daarnaast wordt surpluswater op het riool geloosd.

Digestaat wordt nagecomposteerd ter stabilisatie. Het gestabiliseerde digestaat heeft een droge stof gehalte van circa 65% [18], [20], [24], [25]. Het materiaal wordt nu nog toegepast als afdek materiaal op de stort. Dit zal door de overheid in de toekomst niet meer worden toegestaan. Het materiaal zal daarom in de toekomst worden verbrand in een AVI.

Zand en grof inert kunnen worden afgezet als secundaire bouwstoffen van kwaliteitsklasse 2 [16], respectievelijk als ophoogzand en als funderingsmateriaal. De stoorstoffen worden toegevoegd aan het RDF.

Het biogas wordt verbrand in een gasmotor onder de productie van elektriciteit en warmte. Bij een elektrisch rendement van 35% wordt in de huidige praktijk 120 kWh<sub>e</sub>/ton afval geproduceerd [26]. De totale SVI verbruikt gemiddeld 60 kWh<sub>e</sub>/ton aan elektriciteit, zodat netto 60 kWh<sub>e</sub>/ton afval aan het net wordt geleverd. De emissies van de gasmotor voldoen aan BEES B. In de studie zijn de volgende emissiefactoren aangehouden [27]:

- 120 g/GJ voor NO<sub>x</sub>,
- 8 g/GJ voor N<sub>2</sub>O
- 200 g/GJ voor CO.

Verder is aangenomen dat 2% van het methaan in het biogas niet wordt omgezet en in de rookgasen wordt geëmitteerd [28].

### B1.3 Verdeling afvalcomponenten

Tabel 35 en tabel 36 geven de in deze studie aangehouden percentuele verdeling van afvalcomponenten over de verschillende productstromen van de SVI. Voor het scheidingsdeel is de verdeling aangehouden van de voorscheiding van de GAVI [16], [21]. De voorscheiding heeft eenzelfde opbouw als de installaties in Groningen en De Wierde. De verdeling voor het vergistingsdeel is afgeleid uit [20] en [29].

**Tabel 35** Verdeling afvalcomponenten over productstromen voor 'Vagron-concept'; verdeling voor voorscheiding

	schroot	ONF	RDF	PPF
Papier/karton		10%	60%	30%
Hout		3%	87%	10%
Kunststoffen				
- folie		5%	50%	45%
- overig		10%	60%	30%
Ferro	95%	2%	2%	1%
Non-ferro	95%	2%	2%	1%
Glas		80%	18%	2%
Gft-afval en fines/stenen		75%	22%	3%
Steenachtig		80%	18%	2%
Overig brandbaar afval		3%	88%	9%
Overig onbrandbaar afval		80%	18%	2%

**Tabel 36** Verdeling afvalcomponenten over productstromen voor 'Vagron-concept'; verdeling voor vergistingsdeel

	digestaat	stoorstoffen	biogas	inert
Papier/karton	25%	11%	65%	
Hout	50%	50%		
Kunststoffen	100%			
- folie	50%	50%		
- overig	50%	50%		
Ferro	10%			90%
Non-ferro	10%			90%
Glas	10%			90%
Organische component	35%		65%	
Steenachtig	10%			90%
Overig brandbaar afval	50%	50%		
Overig onbrandbaar afval (zand)	10%			90%

De afgescheiden stoorstoffen worden weer toegevoegd aan het RDF. Voor stabilisering van het digestaat is enkel rekening gehouden met omzetting van organisch materiaal. De omgezette hoeveelheid organisch materiaal is berekend uitgaande van een vochtgehalte na drogen van 35% en van een specifieke energievraag voor de verdamping van water van circa 8 GJ/ton H<sub>2</sub>O [30].

#### B1.4 Milieu-ingrepen

Voorscheiding en vergisting consumeren in totaal circa 60 kWh<sub>e</sub>/ton. Aangenomen is dat tunnel-compostering van het digestaat nog eens 100 MJ<sub>e</sub>/ton te verwerken materiaal vergt.

De scheidingsinstallatie van Vagron beslaat een totaal oppervlak van 2 ha, inclusief alle benodigde infrastructuur (weegbrug, parkeerplaatsen, oppervlak voor manoeuvreren met vrachtwagens). De met de scheidingsinstallatie geïntegreerde vergistingsinstallatie beslaat nog eens 1 ha en heeft een verwerkingscapaciteit van 90 kton/jaar. Het totale specifieke ruimtebeslag per ton afval bedraagt  $(20.000 \div 230.000) + (10.000 \div 90.000) = 0,21 \text{ m}^2\text{:jr}$ .

## B2. Gavi-concept

Het in deze studie meegenomen 'GAVI-concept' betreft in feite de voorscheiding van de GAVI in Wijster. In Wijster zijn drie scheidingslijnen met een capaciteit van 300 kton/(jaar-lijn) [31]. De voorscheiding heeft dezelfde opbouw als het scheidingsdeel van de SVI van Vagron (zie voorgaan-

de paragraaf) en wordt in deze paragraaf ook verder niet behandeld. In de paragraaf wordt enkel de verdere verwerking van ONF beschouwd.

Het huidige GAVI-concept omvat nog geen installatie voor de verdere bewerking van ONF. Vrijkomend ONF wordt tot nu toe gestort op de stortplaats van Essent Wijster. De overheid heeft echter laten weten dit in de nabije toekomst niet meer toe te zullen staan. Er wordt dan ook naarstig gezocht naar een manier om ONF op te werken of te verwerken (zie onderstaande subparagraaf).

### B2.1 Beschrijving opwerking ONF

Volgens Essent is composteren ('biologisch drogen') van ONF gevolgd door mechanische scheiding van de compost de meest kansrijke optie [32]. Tijdens compostering zal het ONF door warmteontwikkeling worden gedroogd tot circa 80%. De compost wordt vervolgens ballistisch gescheiden in zwaar en licht materiaal [32]. Het zware materiaal bestaat uit het in ONF aanwezig glas, stenen en andere grove inerte componenten en uit zware stoffen zoals bijvoorbeeld hout. Het lichte materiaal bestaat voornamelijk uit gedroogd organisch materiaal en bevat verder naar verwachting het in GFT aanwezige zand. De compost is waarschijnlijk nog te nat om een goede afscheiding van zand mogelijk te maken. De stookwaarde bedraagt naar verwachting circa 9 MJ/kg [34]. De beoogde voorkeursoptie voor eindverwerking van de compost is meestoken in een kolencentrale. De kwaliteit van het materiaal voldoet naar verwachting aan de daarvoor geldende technische eisen [35]. In deze studie is echter aangenomen dat de compost in een AVI wordt verbrand, omdat de stookwaarde van de compost < 11,5 MJ/kg is. Meestoken in een kolencentrale kan daarom niet als nuttige toepassing worden beschouwd.

### B2.2 Verdeling afvalcomponenten bij opwerking ONF

Tabel 37 geeft de percentuele verdeling van de afvalcomponenten uit ONF over de producten van de biologische en mechanische nabewerking. De gehanteerde verdeling is deels gebaseerd op oudere praktijkproeven bij de VAM [29] en deels op recentere proeven uitgevoerd door de Grontmij [36].

**Tabel 37 Verdeling van afvalcomponenten in ONF over ONF-nabehandeling bij 'GAVI-concept'**

	compost	stoorstoffen	omgezet	inert
Papier/karton	35%	15%	50%	
Hout	50%	50%		
Kunststoffen	100%			
- folie	50%	50%		
- overig	50%	50%		
Ferro	10%			90%
Non-ferro	10%			90%
Glas	10%			90%
Organische component	50%		50%	
Steenachtig	20%			80%
Overig brandbaar afval	50%	50%		
Overig onbrandbaar afval (zand)	80%			20%

De afgescheiden stoorstoffen worden weer bij het RDF gevoegd. Met de aangehouden verdeling van afvalcomponenten en aangehouden eigenschappen van de individuele afvalcomponenten wordt voor de compost uit huishoudelijk afval een stookwaarde berekend, die vergelijkbaar is met de door Essent en KEMA verwachte waarde.



### B2.3 Overige aspecten

De afvalscheiding bij de GAVI vergt 8 kWh/ton ingaand afval [29], [31]. Compostering en nabehandeling van compost vergen naar schatting 100 MJ/ton te composteren materiaal [30].

Voor het ruimtebeslag is uitgegaan van voor de Vagron scheidingsinstallatie bekende gegevens. Deze installatie heeft dezelfde opbouw als de voorscheiding bij de GAVI. De verwerkingscapaciteit sluit goed aan bij die van andere installaties voor huishoudelijk afval. Een installatie met een verwerkingscapaciteit van 230.000 ton/jaar beslaat een oppervlakte van 2 ha. Het overeenkomstige specifieke ruimtebeslag bedraagt  $20.000 \div 230.000 = 0,09 \text{ m}^2/\text{jr}$ . Voor de compostering is bij gebrek aan informatie uitgegaan van hetzelfde specifieke ruimtebeslag als bij vergisting ( $0,12 \text{ m}^2/\text{jr}$ ).

### B3. ARN-concept

Het in deze studie beschouwde 'ARN-concept' is gebaseerd op de voorscheidingsinstallatie van de AVI van ARN in Nijmegen. De voorscheiding bestaat uit twee lijnen met een capaciteit van 30 ton/uur ieder [37]. Te verwerken afval wordt in een hamermolen verkleind en na afscheiding van ijzerschroot met een trommelzeef met twee zeefzones gescheiden in een zeeffractie < 20 mm, een fractie 20 – 32 mm en een zeefoverloop. De massaverdeling tussen de zeeffracties is in de praktijk ongeveer 20% : 22% : 55% t.o.v. het ingaande afval. Daarnaast wordt 2% schroot afgescheiden en wordt 1% van het ingaande afval uit de hamermolen geslingerd.

De fractie < 20 mm bestaat voornamelijk uit inert materiaal en bevat daarnaast nog aanzienlijke percentages organisch materiaal en hout. De fractie 20 – 32 mm bestaat voornamelijk uit organisch materiaal. Beide fijne fracties schijnen te worden gecomposteerd, maar uit de beschikbare literatuur kan geen zekerheid worden verkregen. In deze studie is aangenomen dat dit in de toekomst wel gebeurt. De zeefoverloop wordt als RDF aan de AVI toegevoerd.

Tabel 38 geeft de in deze studie aangehouden verdeling van afvalcomponenten over de productstromen. De verdeling is afgeschat op basis van [37], maar is niet erg zeker. De op basis van de door AOO gegeven huishoudelijk afvalsamenstelling berekende omvang van de RDF-fracties en geaggregeerde twee fijne zeeffracties klopt echter goed met de opgegeven omvang.

**Tabel 38** Verdeling afvalcomponenten over productfracties voor 'ARN-concept'; voorscheiding

	schroot	ONF	RDF
Papier/karton		20%	80%
Hout		50%	50%
Kunststoffen		20%	80%
- folie		30%	70%
- overig		10%	90%
Ferro	95%	5%	
Non-ferro	95%	5%	
Glas		90%	10%
Gft-afval en fines/stenen		60%	40%
Steenachtig		90%	10%
Overig brandbaar afval		50%	50%
Overig onbrandbaar afval (zand)		90%	10%

In het in deze studie beschouwde 'ARN-concept' is aangenomen dat het afgescheiden fijne materiaal (< 32 mm) wordt nagecomposteerd. Hiervoor is dezelfde verdeling aangehouden als bij het 'GAVI-concept'.

De voorscheiding vergt naar schatting 10 kWh<sub>e</sub>/ton te verwerken afval. Voor compostering wordt een verbruik van 100 MJ<sub>e</sub>/ton te composteren materialen gerekend. Bij gebrek aan informatie is voor het specifieke ruimtebeslag uitgegaan van eenzelfde waarde als voor het hiervoor beschreven GAVI-scheidingsconcept (0,21 m<sup>2</sup>\*jr in totaal).

#### **B4. Trockenstabilat**

Het Trockenstabilat proces bestaat uit het biologisch drogen van het te verwerken afval gevolgd door een mechanische nascheiding van het gedroogde materiaal [18], [38]. Er zijn inmiddels tenminste 4 installaties in bedrijf, 3 in Duitsland en 1 in Italië. De verwerkingscapaciteit varieert van 60 kton/jaar tot 150 kton/jaar. Daarnaast zijn 5 installaties gepland of al in aanbouw, waarvan 1 in Vlaanderen.

##### B4.1 Beschrijving technologie

Te verwerken afval wordt grof voorverkleind (tot < 25 cm) en gedurende circa. 6 dagen biologisch gedroogd in een container. De composteerlucht wordt gedeeltelijk gerecirculeerd en wordt tenslotte aan een thermische naverbrander toegevoerd. Verdamppt aanhangend vocht wordt grotendeels in een wasser gecondenseerd en na een zuivering weer afgedampt. Het afval wordt tijdens het biologische drogen gedroogd tot een resterend vochtgehalte van circa 15%.

Het gedroogde afval wordt vervolgens verder verkleind (tot < 4 cm) en met een trommelzeef gescheiden in materiaal mechanisch gescheiden in een fractie < 20 mm en een fractie 20 - 40 mm. De fijne fractie wordt mechanisch gescheiden in inert materiaal en brandbaar materiaal. De grove fractie wordt ontdaan van ijzer schroot en non-ferro schroot en wordt samengevoegd met brandbaar materiaal uit de fijne fractie.

Het brandbare materiaal heeft een stookwaarde van 15 MJ/kg tot 18 MJ/kg en wordt in de praktijk afgezet bij cementovens, kolencentrales of bij een pyrolyse- en vergassingsinstallatie. Daarnaast is verbranding in een voor dergelijk materiaal geschikte oven mogelijk. In deze studie is enkel de laatste toepassing beschouwd vanwege het hoge chloorgehalte in TrockenStabilat uit Nederlands huishoudelijk afval.

##### B4.2 Verdeling afvalcomponenten over productfracties

In tabel 39 is de in deze studie gehanteerde verdeling van afvalcomponenten over de verschillende productfracties gegeven.

**Tabel 39 Verdeling afvalcomponenten over productfracties voor 'TrockenStabilat-concept'**

	brandstof	schroot	inert	afbraak-producten
Papier/karton	100%			
Hout	100%			
Kunststoffen				
- folie	100%			
- overig	100%			
Ferro		95%	5%	
Non-ferro		95%	5%	
Glas	10%		90%	
Organische component	59%			41%
Steenachtig	20%		80%	
Overig brandbaar afval	100%			
Overig onbrandbaar afval	80%		20%	

De omgezette hoeveelheid organisch materiaal is berekend uitgaande van een vochtgehalte na drogen van 15% en van een specifieke energievraag voor de verdamping van water van circa 4 GJ/ton H<sub>2</sub>O. In de warmtevraag is de warmte nodig voor het opwarmen van de afgassen (zie hieronder) en warmteverliezen door convectie verdisconteerd. Andere gehanteerde parameters zijn:

- een gemiddelde buitentemperatuur van 5°C (dag en nacht),
- een temperatuur in de container van 70°C,
- een begeleidend luchtvolume van 10.000 Nm<sup>3</sup>/ton H<sub>2</sub>O;
- een verlies van 20% van de tijdens compostering vrijkomende warmte.

Bij compostering van het organische materiaal komt 19 MJ/kg beschikbaar voor verdamping van water (gecorrigeerd voor enthalpie omzettingen producten).

In de studie is als gezegd enkel verwerking van TrockenStabilat in een RDF-oven beschouwd. Deze inschatting is gebaseerd op het verwachte chloorgehalte van het TrockenStabilat. Nederlands huishoudelijk afval bevat circa 0,7 gew% chloor en geeft circa 570 kg/ton aan TrockenStabilat. Wanneer geen chloor wordt afgevoerd in afvalwater zal het TrockenStabilat een chloorgehalte van circa 1,3 gew% hebben. Dit is hoger dan gewenst voor meestoken in een cementoven of kolencentrale.

#### B.4.2 Milieu-ingrepen

Het TrockenStabilat proces consumeert verder 100 kWh<sub>e</sub>/ton afval en 3,5 m<sup>3</sup> aardgas/ton afval [18]. Door mobiele werktuigen wordt tijdens overslag en interne transporten 0,17 kg diesel per ton afval geconsumeerd [18].

Een installatie met een verwerkingscapaciteit van 150 kton/jaar beslaat een oppervlak van 3 ha [38]. Het overeenkomstige specifieke ruimtebeslag bedraagt 0,2 m<sup>2</sup>\*jr.

### B5. Scheiding grof huishoudelijk afval, sorteerrest BSA en industrieel procesafval

Voor scheiding van grof huishoudelijk afval en de grove sorteerrest van bouw- en sloopafval is onderstaande verdeling individuele afvalcomponenten over verschillende productfracties aangehouden.

**Tabel 40** Verdeling afvalcomponenten over productfracties voor GHA, BSA en industrieel procesafval [39]

	schroot	inert	voor AVI	hout	PPF
Papier/karton			35%		65%
Hout			10%	90%	
Kunststoffen			100%		
- folie			35%		65%
- overig			35%		65%
Ferro	95%		5%		
Non-ferro	95%		5%		
Glas		90%	10%		
Gft-afval en fines/stenen			100%		
Steenachtig		90%	10%		
Overig brandbaar afval			100%		
Overig onbrandbaar afval		90%	10%		

De gehanteerde verdeling is ontleend aan informatie verstrekt door Twence. Twence zal samen met Rouwmaat een scheidingsinstallatie met een maximale verwerkingscapaciteit van 120 kton/jaar gaan exploiteren. De input zal voor ongeveer 20% bestaan uit grof huishoudelijk afval, voor 40% uit bouw- en sloopafval en voor de rest uit overig bedrijfsafval.

Van de scheidingsinstallatie is enkel bekend dat geen handsortering wordt toegepast. Meer informatie is niet verstrekt. Vermoed wordt dat hout vooraf wordt afgescheiden met shovel en kraan. De installatie lijkt qua opbouw verder waarschijnlijk veel op een sorteerinstallatie voor bouw- en sloopafval, gezien het feit dat zeefzand en puin worden geïsoleerd.

Vanwege gebrek aan informatie is uitgegaan van een specifiek ruimtebeslag van 0,1 m<sup>2</sup>\*jr afval. Alle andere mechanische scheidingsconcepten geven een vergelijkbaar specifiek ruimtebeslag.

## **B6. Scheiding van KWD-afval en industrieel kantoorafval**

Voor de productie van secundaire brandstoffen uit KWD-afval en industrieel kantoorafval van verschillende kwaliteiten worden installaties met onderstaande opbouw of een daarmee vergelijkbare opbouw gebruikt [21], [40], [41], [42], [43]. De instelling van het procesapparaat kan echter verschillen afhankelijk van de beoogde brandstofkwaliteit en de kwaliteit van het verwerkte afval.

### B6.1 Beschrijving scheiding

Te verwerken afval wordt in een hamermolen gebroken en vervolgens gescheiden in drie zeeffracties. De fijne fractie bevat het grootste deel van het organische materiaal en inerte materiaal (glas, zand, stenen, etc.). Het in de fijne fractie aanwezige materiaal bestaat of sowieso uit kleine deeltjes (organisch materiaal, zand) of wordt in de hamermolen gemakkelijk in kleine deeltjes gebroken (bijvoorbeeld glas). De grove fractie bestaat voornamelijk uit slecht verkleinbare afvalcomponenten, zoals bijvoorbeeld plastic folie. De fijne fractie wordt na ontijzering als restfracties afgevoerd naar een eindverwerker. Dat is in de regel een stortplaats of AVI. De grove fractie wordt bij sommige installaties ook naar een eindverwerker afgevoerd. Bij andere installaties (bijvoorbeeld ICOVA Amsterdam) vindt verkleining in een shredder plaats en wordt het geshredderde materiaal weer aan de zeef toegevoerd.

De middelste zeeffractie wordt ballistisch gescheiden, waarna de fractie makkelijk zwevende componenten wordt gepelletiseerd en de pellets als secundaire brandstof of als RDF worden afgezet. Bij productie van zachte pellets is geen verdere bewerking meer nodig. Bij productie van harde pellets wordt het te pelletiseren materiaal eerst gedroogd. De gebruikte pelletisertechniek en geproduceerde pelletkwaliteit wordt bepaald door de beoogde afzet van de afgescheiden secundaire brandstof (zie volgende subparagraaf).

### B6.2 Verdeling afvalcomponenten over productstromen

Tabel 41 geeft de in deze studie aangehouden verdeling van afvalcomponenten over de beoogde productfracties. Er is onderscheid gemaakt tussen verwerking van droog KWD-afval en industrieel kantoorafval enerzijds en verwerking van overig niet op huishoudelijk afval lijkend KWD-afval anderzijds vanwege het verschil in kwaliteit van beide afvalsoorten. Voor overig KWD-afval is onderscheid gemaakt tussen productie van RDF voor verbrandingsinstallaties met een op RDF afgestemd ontwerp en productie van een PPF-achtige fractie bedoeld als secundaire brandstof voor industriële vuurhaarden als cementovens en kalkovens vanwege de verschillen in kwaliteit van de voor beide opties gewenste brandstof.

De voor droog KWD-afval en industrieel kantoorafval aangehouden verdeling is gebaseerd op informatie van BTC [41]. Voor productie van RDF uit overig niet op huishoudelijk afval lijkend KWD-afval is uitgegaan van informatie over scheidingsinstallaties in het buitenland [42], aangezien in Nederland (voor zover bekend) nog geen scheidingsinstallaties zijn die uit dergelijk afval RDF isoleren. Voor de productie van een secundaire brandstof is uitgegaan van dezelfde verdeling als voor droog KWD-afval.

Industriële processen als cementovens en kalkovens vergen een brandstof met niet alleen een hoge stookwaarde, maar vooral met lage concentraties van verontreinigingen als chloor, zwavel en zware metalen. Deze processen vergen een schone brandstof in verband met de procesvoering, de kwaliteit van het eindproduct en de emissierichtlijnen waaraan de afnemer moet voldoen. De secundaire brandstof wordt als zachte of als harde pellet afgezet, al naar gelang de door de afnemer opgestelde vereiste specificaties. In de praktijk betekent dit dat vooral papier en plastic folie als secundaire brandstof worden afgescheiden. De andere afvalcomponenten bevatten te hoge concentraties verontreinigingen om een brandstof met de gewenste specificaties te kunnen opleveren.

Voor aangepaste verbrandingsinstallaties kan in de regel worden volstaan met een brandstof met een minder goede kwaliteit. Daarom kunnen in RDF hogere concentraties textiel, hout, GFT, leer en rubber aanwezig zijn dan secundaire brandstoffen voor industriële vuurhaarden.

Er zijn twee manieren om te komen tot een brandstof met de gewenste kwaliteit:

- verwerken van afval met een hoog gehalte aan gewenste componenten;
- aanpassen van de sturing van het proces en met name de ballistische scheiding aan de gewenste eindkwaliteit.

Producenten van secundaire brandstoffen als ICOVA en BTC Zoetermeer bijvoorbeeld hanteren ongeveer onderstaande samenstellingseisen voor te verwerken afval:

- papier minimaal 40 - 60%;
- organisch maximaal 15%;
- kunststoffen minimaal 15%;
- overige materialen maximaal 10%.

Droog KWD-afval van kantoren en detailhandel, droog kantoorafval van industriële bedrijven, maar bijvoorbeeld ook bepaalde productstromen van sorteerinstallaties voor bouw- en sloopafval voldoen aan deze eisen. Het hoge gehalte aan gewenste componenten staat een niet zo scherpe instelling van de ballistische scheiding toe, zodat een behoorlijk percentage van het in het te verwerken afval aanwezige hout en overige brandbare afvalcomponenten (leer, rubber, textiel) in de secundaire brandstof terechtkomen.

Overig niet op huishoudelijk afval lijkend KWD-afval bevat minder hoge percentages van de voor secundaire brandstoffen gewenste afvalcomponenten. Daarom wordt bij de productie van secundaire brandstoffen uit dit soort afval een wat voorzigtigere of een scherpere instelling van de ballistische scheiding aangehouden, waardoor relatief weinig hout en overige brandbare componenten in de secundaire brandstof terechtkomen. Bij productie van RDF komt het als gezegd vaak wat minder aan op de kwaliteit van de brandstof en mag er meer hout en overige brandbare afvalcomponenten in de secundaire brandstof terechtkomen.

**Tabel 41** Verdeling afvalcomponenten over productfracties voor niet op huishoudelijk afval lijkend KWD-afval en industrieel kantoorafval

	productie sec. brandstof		productie RDF	
	sec. brandstof	rest	RDF	rest
Papier/karton	75%	25%	85%	15%
Hout	5%	95%	80%	20%
Kunststoffen				
- folie	75%	25%	90%	10%
- overig	5%	95%	40%	60%
Ferro		5%		5%
Non-ferro		5%		5%
Glas		100%		100%
Organisch	5%	95%	15%	85%
Steenachtig		100%	10%	90%
Overig brandbaar afval	5%	95%	80%	20%
Overig onbrandbaar afval		100%	10%	90%

Voor afscheiding van schroot is steeds uitgegaan van een rendement van 95%.

### B6.3 Milieu-ingrepen

Scheiden van het afval vergt naar schatting 10 - 15 kWh<sub>e</sub>/ton (gehanteerd 12,5 kWh<sub>e</sub>/ton) ingaand afval. Hierin is verbruik van trommelzeef, transportapparatuur en hamermolen verdisconteerd. Drogen kost circa 3,36 GJ aardgas per ton te verwijderen water. Pelletiseren tot harde pellets vergt circa 130 kWh<sub>e</sub>/ton pellets.

Een scheidingsinstallatie met een verwerkingscapaciteit van 100 kton/jaar beslaat een oppervlak van ongeveer 1 ha. Het overeenkomstige specifieke ruimtebeslag bedraagt 0,1 m<sup>2</sup>\*jr.

## BIJLAGE C; Beschrijving thermische technieken

### C1. AVI

In Nederland worden voor de verbranding van huishoudelijk afval en ander brandbaar afval alleen roosterovens gebruikt. Te verbranden materiaal wordt aan de bovenkant van een schuin opgesteld rooster gebracht en verbrand op het rooster. Het materiaal wordt tijdens het verbrandingsproces door de bewegingen van de roostersegmenten langzaam naar beneden getransporteerd en omgewoeld. De gemiddelde temperatuur in de vuurhaard bedraagt 850°C tot 1.200°C [6]. De verbranding vindt getript plaats, met primaire lucht toegevoerd van onder het rooster en secundaire (en eventueel tertiaire) verbrandingslucht ingeblazen boven het rooster. De AVI's bestaan uit twee of meer verbrandingslijnen met een capaciteit van 15 ton/uur tot 30 ton/uur [44].

In het afval aanwezig als blijft deels op het rooster achter (bodemas) en wordt deels met de rookgassen de vuurhaard uitgevoerd (vliegias). Bodemas wordt in de regel opgewerkt en daarbij ondermeer ontdaan van ferro schroot en eventueel ook non-ferro schroot. De bodemas kan momenteel nog worden afgezet als funderingsmateriaal. Er wordt naarstig gezocht naar processen waarmee de bodemas kan worden opgewerkt tot de toekomstige kwaliteitseisen [45]. Vliegias wordt momenteel voor 50% hergebruikt als vulmiddel in asfalt [6]. De bij rookgasreiniging geproduceerde reststoffen worden op een C3-deponie gestort [6].

De uit de vuurhaard tredende rookgassen worden gebruikt voor de productie van stoom (typische parameters: 40 bar, 400°C) en worden vervolgens gereinigd [6]. De geproduceerde stoom wordt bij de meeste AVI's gebruikt voor de productie van elektriciteit. Bij een beperkt aantal AVI's wordt naast elektriciteit ook warmte geleverd. De Nederlandse AVI's hebben een gemiddeld elektrisch rendement van circa 20% en een gemiddeld thermisch rendement van 5,5% [6].

#### C1.1 Rookgasreiniging

De 10 grotere Nederlandse AVI's hebben allemaal een rookgasreiniging die bestaat uit [6]:

- een elektrofilter voor de afvang van vliegias;
- wassers voor de verwijdering van vooral SO<sub>2</sub>, HCl en HF;
- een proces voor de verwijdering van NO<sub>x</sub>;
- een proces (al dan niet geïntegreerd met een andere stap in de rookgasreiniging) voor de verwijdering van dioxines.

Er zijn tussen de AVI's echter verschillen in de voor verwijdering van dioxines en NO<sub>x</sub> gekozen processen of in de bestemming van de gezuiverde spui van de natte wassers. Aan brak of zout oppervlak grenzende AVI's lozen de geneutraliseerde en van zware metalen ontdane spui op oppervlaktewater. Meer in het binnenland gelegen AVI's dampen de spui in in een sproeidroger. De sproeidroger en een nageschakeld elektrofilter zijn in de regel geplaatst tussen het elektrofilter voor afvang van vliegias en de natte wassers. Voor de verwijdering van NO<sub>x</sub> wordt zowel SCR als SNCR toegepast. Verwijdering van vluchtige zware metalen (met name kwik) en dioxines vindt in de regel plaats door toepassing van actieve kool. Bij sommige AVI's wordt de actieve kool geïnjecteerd in de sproeidroger of wassers. Bij andere AVI's vindt toepassing van actieve kool helemaal aan het eind van de rookgasreiniging plaats. Daarbij wordt injectie in een doekfilter of wordt een vastbed filter van actieve kool toegepast. Bij de GAVI wordt in elke verbrandingslijn een oxidatieve katalysator toegepast voor de verwijdering van dioxines en andere toxische koolwaterstoffen.

Voor een ruwe schatting van de consumptie van chemicaliën en de productie van reststoffen is in deze studie globaal onderscheid gemaakt tussen:

- AVI's met een SCR en AVI's met een SNCR;
- AVI's waarbij actieve kool wordt toegepast en AVI's waarbij een oxidatieve katalysator wordt toegepast;
- AVI's waarbij spui op oppervlaktewater wordt geloosd en AVI's waarbij de spui in een sproeidroger wordt ingedampt.

Een precieze invulling van de per AVI verbrandingslijn geldende procesparameters en ontwerpspecificaties van de toegepaste rookgasreinigingsprocessen is voor een dergelijke ruwe schatting niet nodig.

De twee kleine roosterovens van SITA in Roosendaal hebben een rookgasreiniging met een afwijkende opbouw. De verwerkingscapaciteit van deze roosterovens is in vergelijking met de totale AVI-capaciteit in Nederland echter zo klein dat ze in deze studie zijn verwaarloosd.

Uit [6] blijkt dat 40% van de Nederlandse AVI-capaciteit is uitgerust met een SNCR en de rest met een SCR. Bij circa 90% van de bestaande AVI-capaciteit wordt actieve kool gebruikt. De GAVI vormt de resterende 10% van de verwerkingscapaciteit. Bij circa 40% van de AVI-capaciteit kan worden gespuid op oppervlaktewater.

## C1.2 Bepaling consumptie chemicaliën en procesafhankelijke emissies

### *Bepaling consumptie NaOH en Ca(OH)<sub>2</sub> en vorming rookgasreinigingsresidu*

Bij het bepalen van de geconsumeerde hoeveelheden NaOH en Ca(OH)<sub>2</sub> en de gevormde hoeveelheden rookgasreinigingsresidu is uitgegaan van onderstaande verdeling. Andere bekende bronnen geven vergelijkbare verdelingen (zie bijvoorbeeld [13], [15]). De naar lucht geëmitteerde hoeveelheden zwavel en chloor zijn verwaarloosbaar.

**Tabel 42** Verdeling van chloor en zwavel over verbrandingsproducten bij verbranding in een AVI

	slak	vliegias	rookgasreinigingsresidu (RGR) of afvalwater
Cl	10%	20%	70%
S	60%	20%	20%

Aangenomen is dat HCl wordt geneutraliseerd met Ca(OH)<sub>2</sub> en SO<sub>2</sub> wordt geneutraliseerd met NaOH. Bij behandeling van de spui zal de afgevangen SO<sub>2</sub> echter neerslaan met kalk onder de vorming van CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O (50% d.s.). Chloor zal bij indampen in een sproeidroger reageren met natrium en nog aanwezige kalk en daarbij NaCl en CaCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O vormen.

Neutralisatie van afgevangen SO<sub>2</sub> vergt, bij de aangehouden verdeling van zwavel over de verbrandingsproducten (zie tabel 42), 1 kg/kg zwavel in het afval aan NaOH (50% oplossing) en geeft 2,15 kg/kg zwavel aan CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O slib (50% d.s.). Neutralisatie van afgevangen HCl vergt 0,73 kg Ca(OH)<sub>2</sub> per kg chloor in afval. Er wordt 0,37 kg aan NaCl gevormd per kg zwavel in afval. De rest van het afgevangen chloor wordt als gezegd omgezet in en CaCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O. De gewichtsverhouding tussen Cl en CaCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O bedraagt 1 : 2,1.

Aangenomen is dat bij alle AVI's CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O wordt gevormd en dat NaCl en CaCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O alleen wordt gevormd bij AVI's met een sproeidroger (60% AVI-capaciteit).



#### *Bepaling geconsumeerde hoeveelheid aardgas*

Voor het bepalen van de geconsumeerde hoeveelheid aardgas is verondersteld dat de ingaande rookgassen 30°C moeten worden opgewarmd met aardgas. Bij de grote Nederlandse AVI's worden enkel tail-end SCR's toegepast met een werkt temperatuur van 210° tot 270°C. De SCR's behandelen uit de natte wassers tredende rookgassen ( $T = \pm 60^\circ\text{C}$ ). De rookgassen worden grotendeels op de gewenste temperatuur gebracht door warmte-uitwisseling met de uit de SCR tredende rookgassen. Er blijft echter vanwege de pinch van de warmtewisselaar een verschil van 30°C met de gewenste werkt temperatuur, dat overbrugt moet worden door bijstoken van aardgas of door warmtewisseling met hoge druk stoom. Bij wijze van vereenvoudiging is aangenomen dat in de praktijk enkel aardgas wordt gebruikt. De bepaalde aardgasconsumptie is dus steeds een overschatting van de werkelijke gemiddelde consumptie.

De door bijstoken te dekken energiebehoefte is steeds bepaald uit de rookgassenstelling. De specifieke warmte van CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> en O<sub>2</sub> bedraagt 1 kJ/kg.°K, specifieke warmte van waterdamp bedraagt 2 kJ/kg.°K. Bijstoken van aardgas leidt alleen tot een extra emissie van CO<sub>2</sub> van fossiele oorsprong. Eventueel gevormde NO<sub>x</sub> wordt in de SCR weer gereduceerd. De overige emissies zijn verwaarloosbaar of zijn al verdisconteerd.

#### *Bepaling hoeveelheid bodemas en vliegias*

De hoeveelheid bodemas en vliegias is berekend uit het asgehalte van de brandstof en het geschatte percentage van de as, dat als bodemas achterblijft. De verdeling van de as wordt als gezegd berekend uit de samenstelling van het afval naar afvalcomponenten.

#### C1.3 Procesgerelateerde emissies

Voor NO<sub>x</sub> is uitgegaan van een vaste restconcentratie van 60 mg/Nm<sup>3</sup> (11 vol% O<sub>2</sub>, droog gas). Deze benadering is gekozen omdat in de praktijk op een vaste restconcentratie wordt gestuurd (de ijkwaarde) en al naar gelang de NO<sub>x</sub>-concentratie voor reiniging een kleinere of grotere hoeveelheid NH<sub>3</sub> wordt geïnjecteerd. Voor NH<sub>3</sub> is uitgegaan van een vaste restconcentratie van 3 mg/Nm<sup>3</sup> in normtoestand. De andere procesgerelateerde emissies zijn bepaald als een functie van de stookwaarde (zie onderstaande tabel).

**Tabel 43**      **Procesgebonden emissies bij verbranding in een AVI**

stof	emissiefactor (g/GJ)
- CO	12,0
- koolwaterstoffen (als C)	3,0
- fijn stof	1,8
- dioxines (in TEQ)	3,0E-08

#### C1.4 Transportafstand

Er zijn 11 bestaande AVI's in Nederland. Conform de in het LAP gehanteerde uitgangspunten voor transportafstanden is daarom in de meeste scenario's uitgegaan van een gemiddelde transportafstand van 40 km.

Voor het scenario 'Maximale productie van RDF' is uitgegaan van een transportafstand van 75 km, omdat in dit scenario de AVI-capaciteit beperkt is tot 3 installaties.





**Tabel 46 Directe milieu-ingrepen bij verbranding van ander bedrijfsafval in een bestaande AVI**

	Overig KWD-afval rest na productie sec. brandstof	rest na productie RDF	Droog KWD afval integraal in AVI	rest na productie sec. brandstof	BSA integraal in AVI
energie dragers (GJ/ton):					
- elektriciteit	3,20	2,07	2,95	2,79	3,35
- warmte	0,87	0,57	0,81	0,76	0,92
- elektriciteit uit kolencentrale					
consumptie bedrijfsmiddelen					
- klei, voor cementproductie (kg/ton)					
- zand, voor uitvullen stort (kg/ton)					
- CaCO <sub>3</sub> (kg/ton)					
- NaOH (50%) (kg/ton)	0,6	0,6	0,6	0,6	1,1
- Ca(OH) <sub>2</sub> (kg/ton)	12,9	5,9	5,2	4,1	12,0
- actieve kool (kg/ton)	2,3	1,6	2,2	2,0	2,4
- aardgas (GJ/ton)	0,3	0,2	0,1	0,1	0,3
- NH <sub>3</sub> (25%) (kg/ton)	13,29	19,38	3,90	6,41	13,16
productie restproducten (kg/ton)					
- ferro schroot	6,3	11,0	44,2	6,1	
- non-ferro	0,5	0,9	0,4	0,1	
- inert					
- RO-gips					
- assen uit kolencentrale					
- bodemas	84	78	55	100	71
- vliegias	22	59	26	23	50
- RGR-zouten	16	8	8	6	17
- actieve kool	2	2	2	2	2
- gestort afval					
transporten (tonkm)					
- wegtransport	40	75	40	40	40
optredende emissies naar lucht (kg/ton)					
- CO <sub>2</sub>	903	896	472	466	1.166
- NO <sub>x</sub>	0,52	0,35	0,48	0,45	0,54
- NH <sub>3</sub>	0,026	0,017	0,024	0,023	0,027
- N <sub>2</sub> O					
- CO	0,19	0,19	0,18	0,17	0,20
- CH <sub>4</sub> (weggelekt stortgas)					
- overige koolwaterstoffen (als C)	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05
- stof	2,88E-02	2,88E-02	2,66E-02	2,51E-02	3,02E-02
- dioxines (in TEQ)	4,81E-10	4,81E-10	4,44E-10	4,19E-10	5,04E-10
Ruimtebeslag door installaties(m <sup>2</sup> /ton.jaar)	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12

## C2. Meestoken in kolencentrale

Voor meestoken in een kolencentrale lijken vooral kolencentrales in Nederland en in Duitsland relevant te zijn, de Nederlandse kolencentrales vooral voor meestoken van organische reststoffen, de Duitse kolencentrales vooral voor meestoken van uit afval geproduceerde secundaire brandstoffen. In Nederland wordt enkel steenkool gestookt, in Duitsland wordt 50% van de door kolengestookte centrales geleverde elektriciteit opgewekt op basis van bruinkool. In Nederland worden enkel 'non-slagging, entrained flow boilers' gebruikt, in Duitsland worden ook andere stooktechnieken (bijvoorbeeld wervelbedovens) gebruikt. Over de mate waarin andere technieken worden gebruikt is onvoldoende informatie gevonden.

Bij meestoken in een 'non-slagging, entrained flow boiler' moet de alternatieve brandstof worden gemicroniseerd. Hout kan zonder verdere voorbehandeling worden gemicroniseerd, secundaire brandstoffen uit afval moeten worden gepelletiseerd tot harde pellets om te kunnen worden gemicroniseerd. Microniseren van hout kost circa 0,7 MJ<sub>e</sub>/ton, microniseren van pellets kost 230 MJ<sub>e</sub>/ton [49].

De Duitse en Nederlandse centrales hebben vergelijkbare rookgasreinigingen [50]. In beide landen zijn alle kolencentrales uitgerust met een rookgas ontzwavelingsinstallatie (ROI), een hoog rendements elektrofilter en zijn maatregelen genomen ter reductie van NO<sub>x</sub>-emissies. Voor ontzwaveling wordt in beide landen hoofdzakelijk het kalksteen-gips proces gebruikt. De mate waarin NO<sub>x</sub> wordt gereduceerd verschilt iets. In Duitsland zijn meer kolencentrales met een SCR of SNCR dan in Nederland.

Vanwege de grote overeenkomsten tussen de kolencentrales in beide landen is bij het bepalen van de aan meestoken gerelateerde milieu-ingrepen gemakshalve uitgegaan van (beschikbare) informatie over Nederlandse centrales.

### C2.1 Verbruik kalksteen en $\text{Ca}(\text{OH})_2$

Bij de milieu-ingrepen analyse is verder rekening gehouden met het verbruik van kalksteen voor de afvangst en binding van zwavel en het gebruik van kalkmelk voor de neutralisatie van chloor en andere halogenen. De zwavel wordt gebonden als calciumsulfiet en geoxideerd tot  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  en wordt afgezet als grondstof voor gipsproductie. De consumptie bedraagt 2,0 kg/kg zwavel in het afval. De spui van de wasser wordt geneutraliseerd met  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Chloor spoelt uit en wordt samen met de gereinigde spui op oppervlaktewater geloosd. De geconsumeerde hoeveelheid  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  bedraagt 0,73 kg/kg chloor in het afval.

### C2.2 Voorbewerking en elektriciteitsproductie

Verondersteld is dat PPF ten behoeve van meestoken in een kolencentrale worden gedroogd, gepelletiseerd en bij de kolencentrale worden gemicroniseerd. Verondersteld is dat hout alleen wordt gesnipperd en gemicroniseerd.

Drogen kost als gezegd (zie paragraaf B6.3) circa 3.360 MJ/ton aanhangend vocht. Voor het drogen wordt aardgas gebruikt. Voor het bepalen van de daaraan gerelateerde emissies van  $\text{CO}_2$  en  $\text{NO}_x$  is uitgegaan van een emissie van respectievelijk 56,01 kg/GJ en 16 g/GJ.

Pelletiseren en microniseren van secundaire brandstoffen (PPF) kosten respectievelijk 130 en 84 kWh<sub>e</sub>/ton gedroogd materiaal voor PPF. Versnipperen en microniseren van hout kost respectievelijk 60 en 700 MJ<sub>e</sub>/ton hout. Voor microniseren is het elektriciteitsverbruik verdisconteerd met de bij meestoken uit de secundaire brandstof of het hout geproduceerde elektriciteit. Er is uitgegaan van een gemiddeld netto elektrisch rendement voor de Nederlandse kolencentrales van 39,2%. Voor pelletiseren wordt elektriciteit van het openbare net gebruikt.

### C2.3 Overige aspecten

Bij de Nederlandse poederkoolovens wordt gemiddeld ongeveer 91% van de as uit steenkool afgevoerd als vlieg-as en afgevangen in het elektrofilter (gemiddeld rendement 99,95%). De overige as blijft achter als bodemas. Beide astromen kunnen nuttig worden toegepast als grondstof voor cement.

Bij verbranding in een kolencentrale treden de volgende procesgerelateerde emissies op.

**Tabel 47** Procesgebonden emissies bij meestoken in een kolencentrale

stof	emissiefactor (kg/GJ)
- CO	0,003
- C <sub>x</sub> H <sub>y</sub>	0,0018
- TCDD TEQ	1,2E-12

Het aan afvalverwerking gerelateerde ruimtegebruik bij de kolencentrale wordt verondersteld even groot te zijn als het ruimtegebruik dat anders zou optreden bij het uitsluitend stoken van kolen (het aan de meegeestookte secundaire brandstoffen toe te rekenen ruimtegebruik is even groot als het vermeden ruimtegebruik). Er is daarom uitgegaan van netto geen ruimtebeslag.

Er zijn in Nederland 5 locaties waar kolencentrales staan. Conform de in het LAP gehanteerde uitgangspunten voor transport is daarom uitgegaan van een gemiddelde transportafstand van 75 km. Er is bij transport rekening gehouden met vooraf drogen en pelletiseren van de secundaire brandstof, waardoor de transportinspanning per ton nat afval kleiner wordt dan 75 ton/km.

## C2.4 Resultaten

Tabel 48 geeft een overzicht van de aan meestoken gerelateerde directe milieu-ingrepen.

**Tabel 48 Aan meestoken in een kolencentrale gerelateerde directe milieu-ingrepen**

	secundaire brandstoffen						hout
	uit huisvuil	uit GHA	uit KWD-HHA	uit ov. KWD	uit droog KWD	uit BSA/PA	
energiedragers (GJ/ton):							
- elektriciteit voor voorbereiding	-0,35	-0,40	-0,36	-0,38	-0,38	-0,41	-0,76
- warmte							
- elektriciteit uit kolencentrale	7,36	9,64	7,52	7,49	6,42	11,97	5,25
consumptie bedrijfsmiddelen							
- klei, voor cementproductie (kg/ton)							
- zand, voor uitvullen stort (kg/ton)							
- CaCO <sub>3</sub> (kg/ton)	2,8	2,4	3,3	3,2	2,8	2,5	1,7
- NaOH (50%) (kg/ton)							
- Ca(OH) <sub>2</sub> (kg/ton)	8,8	20,5	10,5	4,0	6,3	21,2	1,6
- actieve kool (kg/ton)							
- aardgas (GJ/ton)	0,8	0,5	0,7	0,6	0,6	0,4	
- NH <sub>3</sub> (25%) (kg/ton)	0,17	0,89	0,17	0,19	0,17	1,10	0,89
productie restproducten (kg/ton)							
- ferro schroot							
- non-ferro							
- inert							
- RO-gips	5	4	6	6	5	4	3
- assen uit kolencentrale	60	43	86	61	54	41	17
- bodemas							
- vliegias							
- RGR-zouten							
- actieve kool							
- gestort afval							
transporten (tonkm)							
- wegtransport	57	65	59	61	61	67	75
optredende emissies naar lucht (kg/ton)							
- CO <sub>2</sub>	1.042	1.539	1.228	938	537	2.256	1
- NO <sub>x</sub>	1,50	1,54	1,51	1,28	1,19	2,13	1,16
- NH <sub>3</sub>							
- N <sub>2</sub> O							
- CO	0,06	0,08	0,06	0,06	0,05	0,09	0,05
- CH <sub>4</sub> (weggelekt stortgas)							
- overige koolwaterstoffen (als C)	0,03	0,05	0,04	0,04	0,03	0,06	0,03
- stof	2,43E-02	1,76E-02	2,37E-11	2,45E-02	2,18E-02	1,67E-02	6,88E-03
- dioxines (in TEQ)	2,32E-11	3,03E-11		2,37E-11	2,04E-11	3,74E-11	1,82E-11
Ruimtebeslag door installaties(m <sup>2</sup> /ton.jaar)							

### **C3. Meestoken in cementoven**

Voor cementproductie worden verschillende oventypes toegepast:

- nat proces;
- semi-droog proces;
- droog proces, lange trommel;
- droog proces, korte trommel.

In Europa wordt vooral (80%) het droge proces toegepast [53]. In Duitsland is dat zelfs 95% [54]. De meeste droge processen zijn van het korte type en zijn uitgerust met vier of meer cyclonen en eventueel ook een precalciner. De rookgassen van de klinkeroven worden vaak enkel gereinigd (ontstof) met een elektrofilter. Zwavel en halogenen worden grotendeels ingebonden in de klinker [55].

Te verwerken secundaire brandstoffen moeten bij invoer middels de primaire brander 'fluffy' zijn [8], [55], tot deeltjes van enkele mm's kunnen worden vermalen of in die vorm worden aangeleverd [55] en moeten snel verbranden [56]. Het malen van de aangevoerde secundaire brandstof kost circa 210 MJ<sub>e</sub>/ton.

Aangenomen is dat de bijgestookte secundaire brandstof hoogzwavelige kolen uitspaart. De hoogzwavelige kolen geven een CO<sub>2</sub>-emissie van 85,6 kg/GJ [79]. De aan de secundaire brandstof toe te rekenen CO<sub>2</sub>-emissie is steeds berekend uit de chemische samenstelling van de brandstof (zie bijlage A).

De uitgespaarde hoogzwavelige steenkool heeft een asgehalte van 40%. De as is een grondstof voor de te produceren klinker en wordt gebruikt als leverancier van silicium en aluminium. De meegestookte secundaire brandstof heeft steeds een lager asgehalte, waardoor minder grondstoffen voor klinkerproductie worden ingevoerd als bij toepassing van hoogzwavelige steenkool. In deze studie is aangenomen dat dit tekort wordt gedekt door inzet van extra primaire grondstoffen. Aangenomen is dat voor de levering van voldoende silicium en aluminium extra klei wordt ingezet (zie [8]).

Er worden verder geen hulpstoffen toegepast en er ontstaan geen restproducten. Voor procesgebonden emissies wordt uitgegaan van emissiefactoren uitgedrukt in g/GJ brandstof. Aangezien wordt aangenomen dat de secundaire brandstof de hoogzwavelige kolen vervangt in de verhouding 1 GJ : 1 GJ zal de vervanging van hoogzwavelige steenkool door secundaire brandstof geen effect hebben op de omvang van de procesgebonden emissies. Deze emissies zijn daarom verder buiten beschouwing gelaten.

Verondersteld is dat PPF ten behoeve van meestoken in een cementoven worden gedroogd, gepelletiseerd en bij de cementoven worden gemicroniseerd. Verondersteld is verder dat hout enkel wordt versnipperd en gemicroniseerd.

Drogen kost als gezegd (zie paragraaf B6.3) circa 3.360 MJ/ton aanhangend vocht. Voor het drogen wordt aardgas gebruikt. Voor het bepalen van de daaraan gerelateerde emissies van CO<sub>2</sub> en NO<sub>x</sub> is uitgegaan van een emissie van respectievelijk 56,01 kg/GJ en 16 g/GJ. Pelletiseren en microniseren van secundaire brandstoffen (PPF) kosten respectievelijk 130 en 84 kWh<sub>e</sub>/ton gedroogd materiaal voor PPF. Versnipperen en microniseren van hout kost respectievelijk 60 en 700 MJ<sub>e</sub>/ton hout.

Aangezien de installatie niet is bedoeld voor de verwerking van afval wordt ook geen ruimtebeslag toegerekend. Conform de in het LAP gehanteerde uitgangspunten voor transport is uitgegaan van een gemiddelde transportafstand van 300 km. Er is bij transport rekening gehouden met vooraf

drogen en pelletiseren van de secundaire brandstof, waardoor de transportinspanning per ton nat afval kleiner wordt dan 300 tkm. Dit gaat niet op voor hout, dat niet vooraf wordt gedroogd en gepelletiseerd.

Tabel 49 geeft een overzicht van de aan meestoken in een cementoven gerelateerde directe milieu-ingrepen. De gegeven NO<sub>x</sub>-emissie heeft enkel betrekking op de voorbereiding van PPF. De opgegeven negatieve productie van elektriciteit betreft de consumptie van elektriciteit voor pelletiseren, microniseren en versnipperen.

**Tabel 49 Aan meestoken in een cementoven gerelateerde directe milieu-ingrepen**

	secundaire brandstoffen						hout
	uit huisvuil	uit GHA	uit KWD-HHA	uit ov. KWD	uit droog KWD	uit BSA/PA	
<b>energiedragers (GJ/ton):</b>							
- elektriciteit	-0,58	-0,40	-0,60	-0,62	-0,62	-0,41	-0,76
- warmte							
- elektriciteit uit kolencentrale							
<b>consumptie bedrijfsmiddelen</b>							
- klei, voor cementproductie (kg/ton)	396	551	379	404	347	693	340
- zand, voor uitvullen stort (kg/ton)							
- CaCO <sub>3</sub> (kg/ton)							
- NaOH (50%) (kg/ton)							
- Ca(OH) <sub>2</sub> (kg/ton)							
- actieve kool (kg/ton)							
- aardgas (GJ/ton)	0,8	0,5	0,7	0,6	0,6	0,4	
- NH <sub>3</sub> (25%) (kg/ton)							
<b>productie restproducten (kg/ton)</b>							
- ferro schroot							
- non-ferro							
- inert							
- RO-gips							
- assen uit kolencentrale							
- bodemas							
- vliegas							
- RGR-zouten							
- actieve kool							
- gestort afval							
<b>transporten (tonkm)</b>							
- wegtransport	228	258	235	246	245	266	300
<b>optredende emissies naar lucht (kg/ton)</b>							
- CO <sub>2</sub>	-617	-624	-467	-752	-922	-415	-1.273
- NO <sub>x</sub>	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	
- NH <sub>3</sub>							
- N <sub>2</sub> O							
- CO							
- CH <sub>4</sub> (weggelekt stortgas)							
- overige koolwaterstoffen (als C)							
- stof							
- dioxines (in TEQ)							
Ruimtebeslag door installaties(m <sup>2</sup> /ton,jaar)							

## C4. Verbranding in een nieuwe verbrandingsinstallatie

### C4.1 Beschouwde proces en rookgasreiniging

De meeste in Nederland bestaande AVI's kunnen geen afval met een stookwaarde hoger dan 13 à 14 MJ/kg verwerken. Andere verbrandingsinstallaties zijn er niet, dus zullen voor de verwerking van RDF of integraal afval met een hoge stookwaarde (bijvoorbeeld droog KWD-afval) nieuwe verbrandingsinstallaties moeten worden gebouwd.

Voor de verwerking van RDF of integraal afval met een hoge stookwaarde zijn in Nederland zowel op roosterovens als op wervelbedovens gebaseerde initiatieven in ontwikkeling. Beide concepten geven een verschillende verdeling van de assen in het te verwerken afval over bodemas en vliegas. Bij beide typen ovens zal de vliegas hoge concentraties zware metalen bevatten en qua kwaliteit vergelijkbaar zijn met vliegas van bestaande AVI's [58]. Dat betekent dat de vliegas net als AVI vliegas zonder verdere bewerking alleen deels als vulstof in asfalt kan worden toegepast en (omdat asfaltproductie seizoenwerk is) deels gestort moet worden. Vanwege deze bestemming en vanwege de verschillende verdeling van 'brandstofas' over bodemas en vliegas zijn beide typen ovens beschouwd.



Verondersteld is dat de rookgasreiniging als volgt is opgebouwd:

- SNCR;
- elektrofilter voor de afvang van vliegias;
- sproeidroger met injectie van actieve kool;
- doekfilter voor afvang van RGR-zouten en actieve kool;
- twee wastorens met  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  als neutralisatiemiddel.

Daarnaast zal met het oog op de reductie van  $\text{NO}_x$ -emissies en betere beheersing van het proces recirculatie van rookgassen plaatsvinden.

Met een dergelijke rookgasreiniging kunnen ook grote fluctuaties in de concentraties van verontreinigende stoffen in de rookgassen worden opgevangen en kunnen afvalstoffen met hoge concentraties verontreinigingen worden verwerkt. De beschouwde rookgasreiniging is verder afvalwater-vrij, zodat het beschouwde concept in heel Nederland zou kunnen worden gebouwd. Verder is aangenomen dat de bij neutralisatie van spui van de basische wasser (afscheiding  $\text{SO}_2$ ) gevormde  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  wordt teruggeleid naar de sproeidroger. Bij bestaande AVI's wordt deze reststroom (50% d.s.) meestal zonder verdere bewerking afgevoerd en gestort. Bij het beschouwde concept voor nieuwe ovens wordt de reststroom eerst in de sproeidroger gedroogd, waardoor de hoeveelheid reststoffen met de helft afneemt ten opzichte van bedrijfsvoering bij bestaande AVI's.

Voor de productie van elektriciteit en warmte is uitgegaan van een maximaal netto elektrisch rendement van 30% wanneer enkel elektriciteit wordt geproduceerd en van een netto elektrische en thermisch rendement van respectievelijk 25% en 50% bij optimale afzetmogelijkheden voor lage temperatuur warmte. De rendementen zijn van toepassing verondersteld voor zowel roosteroven als wervelbedoven. Bij wervelbedovens voor RDF zijn dergelijke rendementen al gerealiseerd. Bij roosterovens zouden dergelijk rendementen door een aangepast ketelontwerp ook kunnen worden gerealiseerd (zie |4| en |5|).

#### C4.2 Bepaling consumptie chemicaliën en procesafhankelijke emissies

##### De consumptie van $\text{Ca}(\text{OH})_2$

De geconsumeerde hoeveelheid  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  is berekend uitgaande van dezelfde verdeling van chloor en zwavel als aangehouden voor verbranding in een AVI (zie tabel 42). Net als bij verbranding in een AVI worden chloor en zwavel omgezet in respectievelijk  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  en  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ .

De geconsumeerde hoeveelheid  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  bedraagt 0,73 kg/kg chloor in het afval en 0,46 kg/kg zwavel in het afval. De gevormde hoeveelheden residu bedragen 1,45 kg/kg chloor in het afval en 1,08 kg/kg zwavel in het afval.

##### Bepaling hoeveelheid bodemas en vliegias

De hoeveelheid bodemas en vliegias is berekend uit het asgehalte van de brandstof en het geschatte percentage van de as, dat als bodemas achterblijft. Er is voor verbranding in een wervelbedoven verder rekening gehouden met de afvoer als vliegias van 100 kg bedmateriaal per ton as in de brandstof (op basis van |59|).

##### Overige milieu-ingrepen

Voor het bepalen van de omvang van procesgerelateerde emissies van  $\text{CO}$ , koolwaterstoffen en van in het bijzonder dioxines is uitgegaan van dezelfde emissiefactoren als zijn gehanteerd bij verbranding in een AVI (zie tabel 43).

Voor de transportafstand is uitgegaan van een gemiddelde afstand van 40 km. Aangenomen is dat in elk scenario, waarin nieuwe ovens worden gebouwd, er tussen de 5 en de 10 installaties beschikbaar zullen zijn. In [44] bijvoorbeeld wordt geschat dat in de huidige marktsituatie een nieuwe AVI een verwerkingscapaciteit van ongeveer 650 kton/jaar (stookwaarde 10 MJ/kg) dient te hebben om te kunnen toetreden tot de Nederlandse markt. Er is in 2012 volgens het beleidsscenario naar verwachting een overschot van tenminste 3,3 Mton aan brandbaar afval (stookwaarde ± 12 MJ/kg), zodat naar schatting 5 AVI's nodig zullen zijn.

### C4.3 Resultaten

Tabel 50 geeft een overzicht van de aan verbranding in een nieuwe oven.

**Tabel 50 Aan verbranding in een nieuwe oven gerelateerde directe milieu-ingrepen**

	TroockenStabilat				RDF		integraal			
	uit huisvuil		uit KWD-HHA		uit ov. KWD-afval		droog KWD		BSA/IA	
	kracht	W/K	kracht	W/K	kracht	W/K	kracht	W/K	kracht	W/K
<b>energiedragers (GJ/ton):</b>										
- elektriciteit	5,30	4,42	5,30	4,42	6,30	5,25	4,44	3,70	5,12	4,27
- warmte		8,83		8,84		10,49		7,39		8,54
- elektriciteit uit kolencentrale										
<b>consumptie bedrijfsmiddelen</b>										
- klei, voor cementproductie (kg/ton)										
- zand, voor uitvullen stort (kg/ton)										
- CaCO3 (kg/ton)										
- NaOH (50%) (kg/ton)										
- Ca(OH)2 (kg/ton)	10,6	10,6	12,7	12,7	11,9	11,9	5,8	5,8	8,1	8,1
- actieve kool (kg/ton)	2,8	2,8	2,8	2,8	3,4	3,4	2,4	2,4	2,8	2,8
- aardgas (GJ/ton)										
- NH3 (25%) (kg/ton)	3,30	3,30	6,23	6,23	1,58	1,58	1,41	1,41	2,84	2,84
<b>productie restproducten (kg/ton)</b>										
- ferro schroot							44,2	44,2		
- non-ferro							0,4	0,4		
- inert										
- RO-gips										
- assen uit kolencentrale										
- bodemas	28	105	10	81	5	30	29	55	2	34
- vliegas	130	36	133	47	65	34	67	26	68	28
- RGR-zouten	21	21	26	26	24	24	12	12	16	16
- actieve kool	3	3	3	3	3	3	2	2	3	3
- gestort afval										
<b>transporten (tonkm)</b>										
- wegtransport	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
<b>optredende emissies naar lucht (kg/ton)</b>										
- CO2	914	914	1.106	1.106	903	903	464	464	645	645
- NOx	0,56	0,56	0,57	0,57	0,67	0,67	0,48	0,48	0,55	0,55
- NH3	0,028	0,028	0,028	0,028	0,034	0,034	0,024	0,024	0,028	0,028
- N2O										
- CO	0,22	0,22	0,20	0,20	0,25	0,25	0,18	0,18	0,20	0,20
- CH4 (weggelekt stortgas)										
- overige koolwaterstoffen (als C)	0,06	0,06	0,05	0,05	0,06	0,06	0,04	0,04	0,05	0,05
- stof	3,31E-02	3,31E-02	3,04E-02	3,04E-02	3,78E-02	3,78E-02	2,66E-02	2,66E-02	3,07E-02	3,07E-02
- dioxines (in TEQ)	5,51E-10	5,51E-10	5,07E-10	5,07E-10	6,30E-10	6,30E-10	4,44E-10	4,44E-10	5,12E-10	5,12E-10
Ruimtebeslag door installaties(m2/ton.jaar)	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12

### C5. Storten

Voor storten is enkel rekening gehouden met ruimtebeslag en met emissies naar lucht door het ontstaan en de toepassing dan wel het ontsnappen van stortgas. Emissies door ontstaan van percolaat vallen buiten de scope van de globale milieuanalyse.

#### C5.1 Bepaling geproduceerde hoeveelheid stortgas en optredende emissies naar lucht

Bij emissies naar lucht is, om consistent te blijven met de milieuanalyse van andere eindverwerkingsprocessen, enkel rekening gehouden met de emissie van NO<sub>x</sub>, koolwaterstoffen, N<sub>2</sub>O, CO en dioxines. De emissie van CO<sub>2</sub> uit koolstof van langcyclische oorsprong is niet relevant, aangezien producten, die langcyclische koolstof bevatten, niet of nauwelijks worden omgezet.

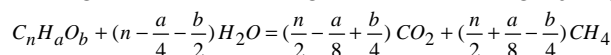
Er is aangenomen dat alleen papier, de organische component in gft-afval en hout worden omgezet. Textiel zal ook gedeeltelijk worden omgezet, voor zover het materiaal uit natuurlijke vezels betreft. Echter, niet duidelijk is welk deel van het textiel uit natuurlijke vezels bestaat.

Voor het berekenen van de in de tijd gevormde hoeveelheid stortgas is uitgegaan van het 'multi-phase' model, waarin het in een bepaald jaar  $t$  omgezette deel  $\alpha_t$  van de in de afbreekbare afvalcomponent aanwezige koolstof wordt gegeven door:

$$a_t = x \cdot k_j \cdot e^{-k_j t}$$

Hierin is  $k_j$  een materiaalafhankelijke constante en is  $\xi$  het percentage afbreekbaar materiaal dat daadwerkelijk gedurende de levensduur van de stort wordt afgebroken. Voor stortplaatsen in Nederland is dat volgens [61] circa 60%. Het multi-phase' model is gebruikt omdat hiermee rekening kan worden gehouden in de afbraaksnelheid van verschillende componenten, waardoor ook verschillen in de samenstelling van het gestorte afval kunnen worden verdisconteerd. Met de constante  $k_j$  kan onderscheid worden gemaakt tussen afvalcomponenten, die snel (gft-afval), middelsnel (papier) en langzaam (hout) worden omgezet. De waarde van de constante bedraagt voor deze componenten respectievelijk 0,185, 0,1 en 0,003 jaar<sup>-1</sup>.

De samenstelling van het stortgas is berekend volgens de reactievergelijking:



De voor de drie relevante afvalcomponenten gehanteerde chemische samenstelling is gegeven in bijlage A. Voor de bepaling van de emissies naar lucht is uitgegaan van de volgende benutting van stortgas in de tijd.

**Tabel 51 Benutting van stortgas in verschillende perioden na stort [62]**

	ontsnapt	gewonnen en benut	afgefakkeld
- eerste 2 jaar	50%	50%	
- 3e - 15e jaar	20%	80%	
- daarna			100%

Aangenomen is dat het gewonnen stortgas wordt toegepast in gasmotoren. In de praktijk wordt een deel ook opgewerkt tot aardgaskwaliteit en geïnjecteerd in het aardgasnet en wordt een deel toegepast voor ondervuring. Deze percentages zijn echter relatief bescheiden (zie [64], [63]).

De bij benutting en affakkelen optredende emissies zijn bepaald aan de hand van de volgende emissiefactoren (uit [27], [63], [65]).

**Tabel 52 Emissiefactoren voor verschillende toepassingen van stortgas**

	NOx (g/GJ)	N <sub>2</sub> O (g/GJ)	CO (g/GJ)	dioxines (g/GJ)
gasmotoren	120	8	200	3,5
affakkelen	25		10	3,5

Er is verder verdisconteerd dat bij toepassing in gasmotoren 2% van het stortgas naar de atmosfeer geëmitteerd, doordat het niet wordt omgezet in de gasmotor [66].

### C5.2 Ruimtebeslag en transportafstand

Het ruimtegebruik bij storten is berekend uitgaande van [67]

- een dichtheid van het gestorte afval van 1 ton/m<sup>3</sup>;
- een storthoogte van 15 meter;
- een opslagperiode van 100 jaar.



## **BIJLAGE D; Schatting omvang markt voor secundaire brandstoffen in het buitenland**

Er is in de E.U. een trend om in toenemende mate secundaire brandstoffen uit niet gevaarlijk bedrijfsafval en uit huishoudelijk afval bij te stoken in industriële vuurhaarden. Deze trend wordt door een aantal overheden ook actief gesteund of tot speerpunt van beleid gemaakt, zoals bijvoorbeeld in Nederland en Wallonië. Milieuorganisaties daarentegen staan vaak kritisch en soms ook per definitie negatief tegenover bijstookinitiatieven (zie ook [78]). Desalniettemin is meestoken niet meer te negeren als een reële verwerkingsoptie voor niet gevaarlijk afval en om die reden ook meegenomen in deze studie.

In deze bijlage wordt geprobeerd te schatten wat de mogelijkheden voor meestoken van secundaire brandstoffen uit Nederlands brandbaar restafval zijn en welke rol meestoken dus kan spelen bij de verwijdering van restafval.

De mogelijkheden voor het meestoken van secundaire brandstoffen uit afval worden bepaald door:

- percentage aan alternatieve brandstoffen dat kan worden bijgestookt;
- beschikbaar vermogen van bestaande kolencentrales en andere vuurhaarden, die secundaire brandstoffen kunnen verwerken;
- de concurrentiepositie van secundaire brandstoffen.

Deze aspecten worden hieronder verder uitgewerkt.

### **D1. Percentage fossiele brandstoffen, dat kan worden vervangen**

#### Kolencentrale

Een kolencentrale is, zoals de naam al doet vermoeden, ontworpen voor de verwerking van steenkool. Er is in het ontwerp ondermeer rekening gehouden met de uitbrandsnelheid van een deeltje steenkool, het spectrum van de vlam en de aseigenschappen.

Alternatieve brandstoffen hebben in de regel andere brandstofeigenschappen en zijn daarom minder geschikt voor verwerking in een kolencentrale. Daarom kan om een goede bedrijfsvoering te kunnen handhaven slechts een deel van de brandstof bestaan uit andere brandstoffen dan steenkool. Uit de beschikbare gegevens is echter niet met zekerheid te zeggen hoeveel dat mag zijn op basis van energie-inhoud.

Uit praktijkervaringen in het buitenland volgt dat een maximum van alternatieve brandstoffen van 15% een redelijke en misschien ook wel conservatieve aanname is. Ook KEMA gaat uit van een grens van ongeveer 15% [68], [69] en dit is eveneens het gemiddelde meestookpercentage zoals afgesproken in het Kolenconvenant. Voor Borsselle 12 en Amer 8 en 9 is echter een vergunning aangevraagd voor een totale meestook van 30%. In Duitsland is meestook tot 25% van de thermische capaciteit vergund. Dergelijke percentages doen vermoeden dat meer dan 15% mogelijk is. In deze studie is voorlopig (vanwege het ontbreken van praktijkvoorbeelden) van 15% uitgegaan.

De bij te stoken secundaire brandstof moet in principe aan de volgende eigenschappen voldoen:

- laag chloorgehalte;
- beperkte gehalten aan zware metalen;
- geen as met een te afwijkende samenstelling [70].

In de praktijk worden echter ook wel brandstoffen met afwijkende eigenschappen meegestookt. In feite gaat het erom dat het totale brandstofpakket aan bepaalde eigenschappen voldoet. Hoe meer de eigenschappen van een secundaire brandstof daarvan afwijken, des te minder ruimte is er om deze brandstof te kunnen meestoken. Reststoffen die worden meegestookt of zullen worden meegeestookt bij Nederlandse kolencentrales zijn:

- gevaarlijk afval (bijvoorbeeld oplosmiddelen);
- RWZI-slib;
- papierslib;
- hout;
- papier/plastic fractie (PPF) uit huishoudelijk afval en bedrijfsafval;
- dierlijke reststoffen (bloedmeel, beendermeel);
- organische reststoffen uit de voedings- en genotsmiddelenindustrie (bijvoorbeeld koffiedrap).

### Cementoven

Bij een cementoven zijn brandstofeigenschappen over het algemeen minder kritisch. Belangrijk is dat de brandstof snel uitbrandt, zodat geen onverbrand materiaal in het product achterblijft. Ook moet een bepaalde hoeveelheid stuurbrandstof worden ingezet, een brandstof met een min of meer constante kwaliteit. Het proces in de oven wordt ondermeer gestuurd door regeling van de toevoer van de stuurbrandstof. Verder mag bij cementovens zonder bypass het totale pakket aan grondstoffen en brandstoffen een chloorgehalte van maximaal 0,025 gew% hebben. Bij cementovens met een bypass wordt chloor in de vorm van alkalizouten apart afgescheiden en is het chloorgehalte van het pakket aan brandstoffen en grondstoffen minder belangrijk.

Vanwege de ruimte in de brandstofeigenschappen is het in principe mogelijk om de energiebehoefte van het proces volledig te dekken met secundaire brandstoffen. In de praktijk zijn er ook al diverse cementovens waarbij het grootste deel van de benodigde energie door secundaire brandstoffen wordt gedekt. Bij een cementoven in de omgeving van Soest (BRD) bijvoorbeeld wordt 70% van de warmte door secundaire brandstoffen geleverd. Ook bij MBM in Erwitte zijn proeven uitgevoerd met meestoken van 70% aan secundaire brandstoffen uit afval [71].

Bij ovens zonder bypass kan maximaal ongeveer 20% van de energiebehoefte door secundaire brandstoffen. Omdat niet elke cementoven is uitgerust met een bypass is in deze studie is voorlopig uitgegaan van een maximale bijstook van secundaire brandstoffen van circa 30%, zoals ook genoemd in [44].

### Hoogoven

Het is in principe mogelijk om een deel van de voor productie van ruw ijzer benodigde reductiemiddelen te vervangen door secundaire brandstoffen van hoge kwaliteit. De secundaire brandstof kan waarschijnlijk maximaal 30% vervangen van de poederkool of stookolie, die normaliter in de keel van de hoogoven of daar in de buurt wordt geïnjecteerd (zie [72]). De overeenkomstige hoeveelheid fossiele energie bedraagt circa 1,2 GJ per ton ruw ijzer. Dit is 67 kg bij een stookwaarde van 17,9 MJ/kg (PPF, zie [44]).

Inzet van secundaire brandstoffen bij hoogovens staat overigens nog in de kinderschoenen en vindt nog slechts bij één staalbedrijf plaats. Met name de handling eigenschappen van het materiaal schijnt nog een bottleneck te zijn. Daarnaast is tot nu toe alleen toevoeging van plastic afval gedemonstreerd, maar zijn (voor zover bekend) nog geen praktijkervaringen opgedaan met andere afvalstoffen of daaruit geproduceerde secundaire brandstoffen. Samenvattend kan worden gesteld dat de hoogovens voor de inzet van secundaire brandstoffen uit afval waarschijnlijk een beperkte afzetmarkt zal zijn en nog niet zeker is voor veel secundaire brandstoffen.

## **D2. Beschikbare thermische vermogen**

### Nederland

In Nederland is, afgezien van een enkele cementoven in Zuid-Limburg feitelijk verder enkel bijstookcapaciteit in de vorm van kolencentrales aanwezig. Mogelijk dat in de toekomst ook verwerking bij Corus mogelijk wordt.

De Nederlandse kolencentrales verbruikten in 1998 circa 213 PJ brandstof per jaar. Bij een bijstookpercentage van 15% zou er ruimte zijn voor circa 32 PJ/jaar aan alternatieve brandstoffen. De geliberaliseerde energiemarkt biedt echter weinig zekerheden voor 2012. Zo is het nu al zo dat kolencentrales niet standaard meer basislastcentrales zijn. De bedrijfstijd van kolencentrales zou dus lager kunnen liggen. Ook is het zeker niet ondenkbaar dat voor 2012 enkele Nederlandse kolencentrales gesloten worden wegens (buitenlandse) concurrentie of klimaatbeleid. De schatting van 32 PJ/jaar aan beschikbare capaciteit zou daarom als een maximum schatting kunnen worden beschouwd. Zaken als het Kolenconvenant doen echter vermoeden dat in ieder geval wat de energiebedrijven betreft zoveel mogelijk kolencapaciteit gehandhaafd zal blijven.

### Duitsland

In Duitsland wordt jaarlijks 3.240 PJ brandstof geconsumeerd door kolencentrales en 588 PJ/jaar door cementovens [44]. De kolencapaciteit zal de komende jaren nodig blijven, ook in een liberale energiemarkt, vanwege het sluiten van de Duitse kernenergiecentrales. Het productievolume van de Duitse cementindustrie schijnt volgens dhr. Dijkgraaf (zie bijlage E) van de komende jaren licht te gaan dalen vanwege de verslechterende economische situatie. De theoretische maximale meestookcapaciteit van kolencentrales en cementovens samen bedraagt momenteel circa 37 Mton PPF per jaar.

Naast cementovens en kolencentrales is er ook nog staalindustrie. Bij één hoogoven (Klößner in Bremen) vind nu al “meestook” van 70 kton/jaar aan secundaire brandstoffen plaats. De totale productie aan ruw ijzer bedraagt 30 Mton/jaar [73]. Er zou, wanneer 67 kg/ton ruw ijzer aan PPF kan worden meegestookt, jaarlijks circa 2 Mton aan PPF kunnen worden afgezet bij de Duitse staalindustrie.

Samenvattend lijkt er theoretisch een meestookcapaciteit van 39 Mton/jaar beschikbaar te zijn.

### België

De Belgische cementindustrie en energiesector verbruiken jaarlijks respectievelijk 588 en 162 PJ/jaar aan vaste energiedragers [44]. Het is niet bekend welke invloed liberalisering van de energiemarkt zal hebben op het Belgische kolenvermogen. Ook is niet duidelijk of het productievolume van de Belgische cementindustrie in de toekomst zal wijzigen. Bij het huidige verbruik van cementindustrie en energiesector zou maximaal 25 PJ aan secundaire energiedrager of (omgerekend naar PPF) circa 1,4 Mton PPF per jaar kunnen worden meegestookt.

De Belgische staalindustrie produceert momenteel jaarlijks circa 9 Mton ruw ijzer. Er zou bij deze industrie theoretisch grof geschat  $9 \times 0,067 = 0,62$  Mton secundaire brandstoffen kunnen worden afgezet.

### Scandinavië

Door KEMA is voor de grootte van deze markt ooit een getal van meer dan 1 Mton/jaar aan secundaire brandstoffen uit Nederland genoemd [2]. Het opgestelde vermogen aan poederkoolcentrales en de omvang van de cementindustrie is echter beperkt tot in totaal 220 PJ/jaar. Waarschijnlijk is er naast kolencentrales en cementindustrie nog een grote markt in de vorm van lokale boilers van papierfabrieken en energiebedrijven.

### D3. Marktperspectieven

#### Nederland

Het lijkt aannemelijk dat energiebedrijven in Nederland vooral organische reststromen als secundaire brandstoffen zullen meestoken (zie ook [74], [76]). In de eerste plaats stimuleert de overheid meestoken van organisch materiaal actief met allerlei financiële prikkels als REB en Vamil-regelingen en levert meestoken van organisch materiaal het meest op voor het Kolenconvenant. In de tweede plaats worden allerlei vervelende discussies over de aanwezigheid van plastics in de secundaire brandstof en de kolencentrale als verbrandingsinstallatie voorkomen.

De energiebedrijven zullen zich bovendien vanzelfsprekend eerst richten op de goedkoopste stromen (RWZI-slib) of stromen met een redelijke prijs en goede brandstoftechnische eigenschappen (hout). Verder zullen naast organische reststromen vooral stromen chemisch afval (oplosmiddelen, oliehoudende reststromen) en reststromen van dierlijke oorsprong uit de voedings- en genotsmiddelenindustrie (beendermeel, bloedmeel, etc.) worden meegestookt, omdat hiervoor forse poortprijzen kunnen worden gevraagd.

Secundaire brandstoffen uit huishoudelijk afval zijn mogelijk een uitzondering vanwege de invloed van het Convenant verpakkingen. Meestoken van secundaire brandstoffen uit huishoudelijk afval in een kolencentrale of andere industriële vuurhaard is waarschijnlijk de enige mogelijkheid voor met name de kunststofindustrie om de in het Convenant neer te leggen afspraken t.a.v. hergebruik en nuttige toepassing van kunststoffen uit huishoudelijk afval te kunnen verwezenlijken.

De inschatting dat de perspectieven voor meestoken van niet-organische secundaire brandstoffen beperkt zullen zijn, wordt ook gedeeld door enkele van de geïnterviewde personen (zie Bijlage 0).

#### Duitsland

Het beschikbare vermogen in Duitsland is zo groot dat er volgens de geïnterviewde deskundigen voldoende afzetmogelijkheden zullen zijn voor secundaire brandstoffen uit Nederland, ook na het van kracht worden van een stortverbod voor brandbaar afval in 2005. Secundaire brandstoffen uit afval zullen kunnen concurreren met organische reststoffen omdat (anders dan in Nederland) secundaire brandstoffen uit afval ook onder de Duitse versie van de REB-regeling vallen (zie [75]).

Ook een grove eigen analyse laat zien dat er in principe in Duitsland voldoende afzetmogelijkheden voor Nederlandse secundaire brandstof zijn:

- 1 Op basis van ervaringen in Nederland verwachten wij dat van huishoudelijk afval en bedrijfsafval maximaal respectievelijk 20% en 50% aan secundaire brandstoffen kunnen worden geïsoleerd.
- 2 Het totale aanbod aan afval in Nederland en Duitsland samen bedraagt in 2011 respectievelijk 34,6 Mton huishoudelijk afval en 17,1 Mton bedrijfsafval.
- 3 Hieruit kan maximaal ruwweg 15,5 Mton aan secundaire brandstoffen met een geschatte energie-inhoud van 280 PJ/jaar (stookwaarde 17,9 MJ/kg) brandstof worden geïsoleerd.
- 4 De totale meestookcapaciteit in Duitsland bedraagt volgens OCFEB circa 27 Mton/jaar en volgens onze eigen inschatting maximaal 37 Mton/jaar (15% bijstook bij kolencentrales en 30% bij cementovens).

Resumerend; ruw geschat hebben alleen al de Duitse kolencentrales in principe al voldoende capaciteit om de maximale hoeveelheid secundaire brandstoffen uit Duits en Nederlands afval te kunnen verwerken. Verder is in theorie er nog 2 Mton capaciteit beschikbaar bij de Duitse staalindustrie.



In de praktijk zal de ruimte wellicht kleiner zijn vanwege concurrentie met bijvoorbeeld gevaarlijk afval en slib. De in Nederland en Duitsland vrijkomende hoeveelheid slib is echter beperkt (1 PJ/jaar). Daarnaast is het een kwestie van marktprijs of er wel of niet voldoende concurrentiemogelijkheden zijn voor secundaire brandstoffen uit afval.

#### België

De mogelijkheden voor de afzet van secundaire brandstoffen in België zullen waarschijnlijk beperkt zijn. Bij de Waalse cementindustrie zal voorrang worden verleend aan secundaire brandstoffen en met name gevaarlijk afval uit de eigen deelstaat. Er bestaat een convenant tussen de regering van Wallonië en de Waalse cementindustrie met dit uitgangspunt (zie bijvoorbeeld [8], [18]). Waarschijnlijk is daarom enkel afzet bij Vlaamse kolencentrales en bij de Belgische staalindustrie mogelijk. In Vlaanderen zal echter in 2005 een stortverbod van kracht worden, waardoor waarschijnlijk ook in Vlaanderen secundaire brandstoffen zullen gaan worden geproduceerd.

#### Scandinavië

In Zweden en Finland zal ook een stortverbod van kracht worden, waardoor de effectieve markt kleiner zal zijn dan de genoemde 1 Mton/jaar. Aan de andere kant wordt de in aanbouw zijnde scheidingsinstallatie van ICOPOWER in Moerdijk gebouwd met het oog op afzet van brandstof pellets in Scandinavië [77]. Er schijnt dus perspectief voor afzet te zijn. Dit is echter in deze studie niet verder onderzocht. Onder andere niet omdat een marktanalyse door bedrijven als BTC en ICOVA als concurrentiegevoelige informatie wordt beschouwd en niet aan derden wordt verstrekt.

#### Conclusie

Het is technisch in principe mogelijk grote hoeveelheden secundaire brandstoffen uit Nederlands afval in Duitsland en in mindere mate in Scandinavië af te zetten. Ook markttechnisch is afzet van grote hoeveelheden secundaire brandstoffen in met name Duitsland waarschijnlijk. Afzetmogelijkheden in Nederland en België lijken bescheiden te zijn en te blijven.

## BIJLAGE E; Uitwerking van interviews

Ter verificatie van de in de studie gehanteerde aannames en om inzicht te krijgen in de marktontwikkelingen en afzetmogelijkheden voor secundaire brandstoffen uit afval in Nederland en Duitsland zijn interviews gehouden met:

- 1 dhr. P. van Verseveld en dhr. Donkers van Waste to Energy (E3)
- 2 dhr. B. Gelijne van BTC Zoetermeer (E4)
- 3 dhr. Aalders van Rouwmaat (E5)
- 4 dhr. D. de Ouden van AVR Holding (E6)
- 5 dhr. Donkers van ICOVA (E7)
- 6 dhr. Wolting van Essent (E9)
- 7 dhr. E. Dijkgraaf van OCFEB (Erasmus Universiteit) (E11)
- 8 dhr. T. Kuiper van Twence

Daarnaast zijn twee medewerkers van SITA en een medewerker van VAR geïnterviewd. Deze personen hebben gevraagd niet te worden genoemd.

Voor extra informatie over het TrockenStabilat proces is contact opgenomen met de heer De Ruyter van MTM, de Nederlandse vertegenwoordiger van Herbold (E10). De heer G. Timmer van VVAV is geïnterviewd om inzicht te krijgen in de mogelijkheden om AVI's aan te passen aan afval met een hogere stookwaarde (E8).

De interviewresultaten zijn in onderstaande twee paragrafen (E1 en E2) samengevat. Verslagen van de interviews zijn als E3 t/m E11 bij deze bijlage toegevoegd.

### E1. Perspectieven voor Nederlandse secundaire brandstoffen in Nederland en Duitsland

In totaal hebben 9 personen zich over deze kwestie uitgelaten. Tabel 54 geeft een samenvatting van de antwoorden van de geïnterviewden op de gestelde vragen.

**Tabel 54**      **Overzicht meningen geïnterviewden**

	export van sec. brandstoffen?	Omvang markt in BRD	Omvang markt in NL	exportkansen voor sec. brandstof bij stortverbod in BRD	Invloed stortverbod BRD op markt NL
Aalders (Rouwmaat)	ja	voldoende	beperkt (BLA, BEES onduidelijk)	nemen toe	
medewerker Sita	nee			nemen af	toename vraag
medewerker VAR		voldoende?	beperkt	nemen af	toename vraag
Wolting (Essent)	ja	voldoende		blijft voldoende	
Verseveld / Schouten (Waste to Energy)	ja	voldoende	n.b.	geen	n.b.
Dijkgraaf (OCFEB)	nee	voldoende	n.b.	blijft voldoende	n.b.
Donkers (ICOVA)	ja	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
Gelijne (BTC)	ja	voldoende	beperkt	nemen toe	geen

Volgens geen van deze personen is de markt in Duitsland te klein. Wel zijn er verschillen in de verwachtingen omtrent de uitwerking van een stortverbod in Duitsland op de exportmogelijkheden voor Nederlandse secundaire brandstoffen. Verrassend is dat volgens sommige geïnterviewden een stortverbod in Duitsland de markt voor secundaire brandstoffen in Nederland zal laten stijgen.

Mogelijk heeft een stortverbod in Frankrijk wel grote consequenties voor afzetmogelijkheden in Duitsland. De kans bestaat dat Frans afval in grote hoeveelheden in Duitsland als secundaire brandstof worden aangeboden. Hoe groot die consequenties zijn is echter niet aangegeven. Handhaving van een stookwaardegrens voor het al dan niet toestaan van de export van afval lijkt problematisch.

Productie van secundaire brandstoffen is voornamelijk een activiteit van kleinere afvalinzamelende of -verwerkende bedrijven, zoals BTC of ICOVA. Grote afvalverwerkers als SITA en AVR zetten juist niet (SITA) of hooguit deels (AVR) in op de productie van secundaire brandstoffen. In plaats daarvan of daarnaast wordt gewerkt aan scheidingsinstallaties voor de productie van RDF en aan ovens om de RDF mee te verwerken. Reden voor grote afvalverwerkende bedrijven is om eigen outlets te creëren voor brandbaar afval is het beheersen van de gehele afvalketen waarin de eindverwerking de grootste kostenpost is. Door de gehele keten te beheren is men niet meer afhankelijk van de grootste concurrenten en kan men zelf invloed uitoefenen op de prijs. De grootste afvalverwerkers kunnen beter en goedkoper verwerken en zijn beter in staat om stromen te optimaliseren en te storten hoeveelheden te minimaliseren.

## **E2. Mogelijkheden voor aanpassing bestaande AVI's aan afval met een hogere stookwaarde**

Voor verbranding van afvalstoffen in een AVI is de thermische capaciteit van de AVI bepalend. In de maximale thermische capaciteit zit nog circa 10% speelruimte, die je met enkele maatregelen zou kunnen benutten. Daarbij moet men wel rekening houden met het gegeven dat bij het bestaande afval enige speelruimte nodig is om de fluctuaties in de samenstelling en daarmee de stookwaarde van het aangeboden afval op te kunnen vangen.

Omdat de thermische capaciteit bepalend is, betekent een hogere stookwaarde van het afval een lagere doorzet. Bij een te hoge stookwaarde van het afval wordt het afvalpakket op het rooster te dun, waardoor er problemen ontstaan met de uitbranding van het afval en de luchtverdeling.

Afval met een stookwaarde van circa 12,5 MJ/kg kan in de bestaande AVI's wel worden verbrand bij gelijkblijvende thermische capaciteit en dus lagere doorzet. Voor een goede beheersbaarheid van de vuurhaard en de uitbranding is het dan eigenlijk wel noodzakelijk een watergekoeld rooster toe te passen. De daarnaast vereiste luchtverdeling over het rooster kan relatief eenvoudig worden aangepast.

Aanpassing van een AVI tot verwerking van afval met een stookwaarde van 14 à 15 MJ/kg is zonder zeer hoge investeringen niet mogelijk. In dat geval dient het warmte opnemend oppervlak van de ketel te worden vergroot. Dit betekent in de praktijk bouw van een andere ketel. Dit is erg kostbaar.

Bij een stookwaarde van 14 MJ/kg tot 15 MJ/kg is bovendien meer lucht nodig ten behoeve van de zuurstofvoorziening van de brandhaard. Dit betekent echter dat ook de rookgasreiniging een groter volume krijgt te verwerken, waardoor deze groter gedimensioneerd zou moeten worden.

### **E3. Aantekeningen gesprek met Peter van Verseveld en Dick Schouten van Waste to Energy BV d.d. 10 juli 2001**

Waste to Energy vertegenwoordigt Trienekens in Nederland.

In de komende jaren gaat Waste to Energy op 5 lokaties in Nederland soft pellets produceren. Ze gaan niet zelf scheiden, maar kopen gescheiden materiaal in. De soft pellets gaan via Trienekens naar energiecentrales in Duitsland. Trienekens heeft reeds bij enkele kolencentrales in Duitsland afname overeenkomsten en is bezig dit uit te breiden. Bij Trienekens wordt het materiaal gezeefd op specificatie van de afnemer.

De 5 productielocaties hebben alle vijf een capaciteit van 60 à 70 kton output per jaar. De input is gescheiden bedrijfsafvalstoffen al dan niet met gescheiden grof huishoudelijk afval. 5% van de input valt uit. De locaties zijn:

- 1 Albra Groenlo; de vergunningaanvraag loopt; in gebruik name is gepland in het voorjaar van 2002; input wordt geleverd door Twence en Rouwmaat. Eigendomsverhoudingen 1/3 Trienekens, 1/3 Twence en 1/3 Rouwmaat.
- 2 Albra Winschoten; vergunningaanvraag loopt; in gebruik name is gepland voorjaar 2002.
- 3 Albra in Zuid Nederland; planning eind 2002.
- 4 Albra ZW Nederland; planning eind 2002.
- 5 Albra Midden Nederland; planning in 2003.

In Duitsland worden onder andere door Trienekens de kolen- en bruinkoolcentrales actief benaderd om hoogcalorisch afval als subcoal in te zetten. Een aantal is reeds overgegaan tot inzet en andere zullen volgens Waste to Energy volgen. De subcoal pellets immers zijn goedkoper dan kolen terwijl de milieueffecten in veel gevallen lager zijn. De totale omschakeling zal echter wel zo'n 10 jaar duren. De capaciteit bij kolencentrales in Duitsland is voldoende groot om hoogcalorisch afval uit Nederland op te nemen.

Momenteel gaat er bedrijfsafval van Nederland naar Duitsland waar een groot deel van het afval na een beperkte scheiding wordt gestort. De stortkosten zijn in Duitsland immers laag. Bij de ingang van het stortverbod in Duitsland vanaf 2005, kan dit fenomeen wel eens omdraaien, dus stort van Duits afval na beperkte scheiding in Nederland. In Duitsland zal immers in 2005 een gebrek zijn aan AVI-capaciteit van zo'n 7 miljoen ton. Bij een strenge handhaving van het stortverbod in Duitsland zal het voor verschillende afvalaanbieders de enige oplossing zijn om van hun afval af te komen.

Bij het ingaan van het stortverbod in Duitsland is het niet uit te sluiten dat afvalstromen zich gaan verleggen naar Frankrijk. Daar wordt nu nog veel gestort en is de AVI-capaciteit sterk verouderd. Transport naar Groot Brittanië is duur door de havengelden die betaald moeten worden.

Volgens Waste to Energy raakt BTC zijn pellets momenteel maar moeilijk kwijt.

#### **E4. Verslag telefonisch interview met dhr. B. Gelijmse van BTC Zoetermeer, d.d. 11 juli 2001**

De productie-eenheid van BTC Zoetermeer is ongeveer als volgt opgebouwd:

- verkleining met hamermolen;
- zeven, verwijdering grove (> 150 mm) en fijne fracties (< 10 mm);
- ballistische scheiding;
- ontijzering;
- pelletiseren.

De scheidingsrendementen bedragen voor de verschillende afvalcomponenten naar schatting:

- papier = 75%;
- folie = 50% tot 60% (een hamermolen krijgt folie niet goed klein; bijgevolg komt het als overmaat uit de trommelzeef);
- ov. kunststoffen = 80%;
- hout en ov. brandbaar = 50%;
- organisch = 5%;
- steenachtig, glas en overig = 5%.

BTC Zoetermeer is uitgelegd op een verwerkingscapaciteit van 100 kton afval per jaar. De verwachte productie is 55 kton pellets per jaar. De installatie is feitelijk nog in de opstartfase, momenteel (juli 2001) wordt wekelijks 200 ton verwerkt. De pellets worden grotendeels in Duitsland en op bescheidener schaal in België afgezet. Het opstarten is een leerproces waarbij ervaring wordt opgedaan met afval uit verschillende bronnen, de instelling van het apparaat en andere bedrijfsvoeringsaspecten.

De invoer bestaat momenteel grotendeels uit

- droog kantoorafval;
- met de kraan uitgesorteerde deelfracties van overig bedrijfsafval en BSA;
- met windzifters afgescheiden materiaal (o.a. geleverd door De Groot).

Globaal worden bij BTC Zoetermeer de volgende inputspecs gehanteerd:

- papier minimaal 60%;
- organisch maximaal 15%;
- kunststoffen minimaal 15%;
- overige materialen minimaal 10%.

Men houdt streng de hand aan de specs omdat er voldoende materiaal op de markt is dat nu zijn weg vindt via AVI en Stort.

Combinatie van inputspecs en scheidingsrendementen geeft een opbrengst aan te pelletiseren materiaal van 55% tot 60%. Bij pelletiseren zal een gedeelte van het in het materiaal aanwezig vocht verdampen (ca 2 %).

Inname van afval met lagere percentages aan waardevolle componenten (papier en kunststoffen) is mogelijk.

Het aanbod aan afval, dat in principe interessant is voor BTC bedraagt 2 Mton/jaar. Onduidelijk is of al dit afval 55% aan pellets zou opleveren. Het aanbod zou mogelijk zelfs 3 Mton bedragen als ook reststromen uit BSA beschikbaar zouden zijn.

Afzet in Duitsland zal in de toekomst geen probleem zijn, ook niet bij een stortverbod voor Duits afval. Er wordt weliswaar zeer veel afval gestort, maar slechts een deel van het in Duitsland be-

schikbare afval is geschikt voor de productie van pellets voor energiecentrales en cementovens. Die hoeveelheid is kleiner dan de (in principe) beschikbare en vergunbare verwerkingscapaciteit in Duitsland. Bovendien vergt pelletproductie een zekere inspanning en leerperiode. Het feit dat afzet bij cementovens en energiecentrales in Duitsland in principe mogelijk is tegen nultarief of een kleine bijdrage van de aanbieder en het feit dat er nog niet zoveel producenten van secundaire brandstoffen zijn, geeft aan dat secundaire brandstof van de gewenste samenstelling en kwaliteit nog niet zo eenvoudig is.

Door het stortverbod in Duitsland zal er meer afval op de Nederlandse markt overblijven, dat geschikt is voor pelletproductie. Nu wordt veel productfracties van Nederlandse scheidingsinstallaties geëxporteerd naar Duitse scheidingsinstallaties, die vervolgens de krenten eruit halen en de rest storten (noot BTC: weliswaar een gewaagde uitspraak, toch zijn we er van overtuigd dat dit het geval is.)

### **E5. Telefonisch interview met dhr. Aalders van Rouwmaat, d.d. 7 juli 2001**

De Albra-holding heeft concrete plannen om 5 productielocaties voor secundaire brandstoffen neer te zetten. De vijf productielocaties hebben een capaciteit van 65 kton op jaarbasis (output). Twee installaties worden in mei 2002 gerealiseerd, namelijk in Winschoten en in Groenlo. De overige installaties komen in Zuid Nederland en Zuid-West Nederland en zijn vergelijkbaar. De vergunning in Winschoten staat toe om de capaciteit te verdubbelen.

Naast de bestaande sorteerlijnen van Rouwmaat, wordt in Hengelo een extra sorteerlijn gerealiseerd (mei 2002) voor BA en BSA. Deze sorteerinstallatie levert de input voor Albra-Groenlo. De sorteerinstallatie is gericht op het scheiden van hoogcalorische stromen en heeft een capaciteit van 120 kton/jaarbasis. Hiervoor is reeds een milieuvergunning verleend.

De sorteerinstallaties in Hengelo en Groenlo scheiden te verwerken afval hoofdzakelijk in hoogcalorisch afval en midden/laagcalorisch afval. De hoogcalorische productstromen gaan, na opwerking tot pellets naar Duitse kolengestookte energiecentrales (Trienekens). De overblijvende middel/laagcalorische fracties gaan naar een AVI, in het geval van de sorteerlijn in Hengelo is dat AVI-Twente. Aangezien AVI's thermisch begrensd zijn, kan sortering leiden tot een snellere doorzet van brandbaar afval in de AVI's (als calorische waarde afneemt kunnen er meer tonnen doorheen).

De verwachte verdeling van BA/BSA naar productfracties is:

hoogcalorisch afval:	15-20% (is nog wat onzeker);
zeefzand:	15-20%;
hout:	10-15%;
middel/laagcalorisch residu:	25-35%;
puin:	10%;
schroot:	4%

De uit de hoogcalorische productstroom geproduceerde secundaire brandstof voldoet (bijvoorbeeld qua voor concentraties van zware metalen, chloor, etc.) aan de specificaties van de Duitse SBS (Secundär Brennstoff Substitut). Het SBS is een kwaliteitswaarborgingsstelsel voor secundaire brandstoffen. SBS wordt nu reeds op redelijk grote schaal meegestookt in diverse Duitse kolengestookte energiecentrales (2% tot 3% meestook).

De heer Aalders verwacht voor de komende tijd voldoende vraag naar h-cal secundaire brandstoffen vanuit Duitsland. Centrales streven naar 10% meestook, terwijl zelfs wettelijk volgens de vergunning 24,9% mag. Deze potentiële vraag zal niet alleen vanuit Duitsland gedekt kunnen worden.

Export ligt voor de hand. Meestoken in cementovens zal naar verwachting door de conjunctuur op een lager pitje komen.

Er zijn twee cruciale momenten 2003 en 2005. In 2003 gaan stortplaatsen in Oost-Duitsland dicht, waardoor meer druk op de stortcapaciteit in het westen komt. Hierdoor kan de export wat afnemen vanuit Nederland. In 2005 wordt de invoering van stortverboden van kracht, waardoor de AVI-capaciteit vol komt te zitten. Hierdoor zal er meer druk op scheiden in Duitsland komen, waar Nederland ook van kan profiteren.

De afzetmogelijkheden in Nederland van secundaire brandstoffen zullen op korte termijn beperkt blijven, aangezien het milieubeleid (BLA en BEES) tav van meestoken van secundaire brandstoffen in kolengestookte energiecentrales onhelder is.

## **E6. Telefonisch interview met dhr. Den Ouden van AVR-holding**

Op het gebied van 'verbranding met energierugwinning' is AVR marktleider in Nederland. AVR beschikt over diverse verwerkingsfaciliteiten, waaronder verbrandingsinstallaties in de stad Rotterdam en in het industriegebied Rotterdam/ Botlek. AVR heeft 7 roosterovens in Rozenburg (stoomproducent), vier in Rotterdam (elektriciteitsopwekking), en drie in Duiven (warmtelevering/electriciteit). De gezamenlijke verwerkingscapaciteit bedraagt ruim 1,5 miljoen ton per jaar.

Los van het beleid gebeurt er al veel aan het verbeteren/optimaliseren van het rendement van de roosterovens. In Rozenburg is de bedrijfsstrategie gericht op het maximaliseren van de afzet van stoom aan omliggende bedrijven. In Rotterdam is een stadsverwarmingproject op het laatste moment niet door gegaan vanwege de financiële haalbaarheid. Het optimaliseren is een continu proces van verbeteren van de roosterovens, waarbij er ten opzichte van 5 jaar geleden al veel veranderd is.

AVR heeft nu voor zo'n 200 kton aan scheidingsinstallaties staan en verwacht binnen vijf jaar deze capaciteit minstens te verdubbelen. Daarnaast lopen contracten om sorteercapaciteit in te huren.

Scheidingsproducten zijn:

- monomaterialen (hout, tapijt);
- pellets, bestaande uit papier en kunststof.

De producten zullen worden verwerkt in stand alone of stoomzijdig met een energiecentrale geïntegreerde RDF-ovens. Laagcalorisch restfracties van afvalscheiding zullen bij een roosteroven van AVR worden verwerkt.

Dhr. Den Ouden durft nog geen uitspraak over het percentage afval dat als secundaire brandstof kan worden afgescheiden. De techniekoptimalisatie is sterk in ontwikkeling. Dhr. Den Ouden nuanceert de verschillen in rendement tussen een voor verwerking van RDF ontworpen wervelbedoven of roosteroven enerzijds en een bestaande AVI anderzijds. Het zijn allemaal installaties die qua energetisch rendement dicht tegen elkaar aan liggen. Het rendement wordt eerder bepaald door de mogelijkheden om warmte af te zetten dan door de gebruikte thermische techniek of de eigenschappen van de verwerkte brandstof. De grote winst zit in maximalisering van stoomafzet in de directe omgeving van de verbrandingsinstallatie.

De heer Den Ouden stipt de discussie aan over het produceren van groene elektriciteit o.b.v. verbranding van afval. Alleen papierslib zou daar in aanmerking voor komen.

## E7. Telefonisch interview met dhr. Donkers van ICOVA

ICOVA heeft een scheidingsinstallatie voor bedrijfsafval waaruit harde pellets (RDF-pellets) worden geproduceerd ('de fluffpellets is meer in zwang'). ICOVA wil geen afvalverwerker zijn, maar zich profileren als een producent van secundaire brandstoffen.

De uitgangscapaciteit is 50 kton aan pellets op jaarbasis. Het scheidingsrendement is 42-45%. Op niet al te lange termijn wordt een tweede vergelijkbare installatie op de Moerdijk gebouwd. De milieuvergunning is hiervoor verleend. De uitgangscapaciteit van Moerdijk is 60 kton, met een vergelijkbaar rendement.

De input van ICOVA Amsterdam is alleen gesorteerd bedrijfsafval. BSA bijvoorbeeld komt niet aanmerking vanwege te hoge concentraties verontreinigingen als koper, zink en andere zware metalen.

Restfracties van het scheidingsproces zijn ferro, non-ferro, organisch materiaal (ONF) en waterdamp (18-19%). Het scheidingsproces bestaat uit de stappen: verkleinen, ontijzeren (met magneten), ONF uitzeven, nogmaals uitzeven, opnieuw ontijzeren, non-ferro scheiding, drogen en pelletiseren. Het resultaat is een harde pellet met een stookwaarde van tussen de 18 en 21 MJ/kg. De pellet wordt afgezet in Zweden en daar gebruikt in een stadsverwarmingplant. Onderstaande tabel geeft een globale massabalans over de scheidingsinstallatie.

**Tabel 55** Massabalans (input = 100%, geselecteerd BA)

Fractie	%	w.v.	%	w.v.	%
Metaal	3,5 %				
Residu (non-ferro)	7-10%				
Organisch	20-25%				
totaal	35 à 40%				
Restant	65-60%	Waterdamp	19%		
		Restant	81%	Plastic	10%
				Hout	5%
				Textiel	5%
				Papier en karton	80%

De heer Donkers verwacht dat de vergassing van hout de markt gaat veroveren (de pellets worden bij de centrale vergast). Een eerste vergassingsinstallatie is gebouwd bij Delta in Geertruidenberg. De verwachting is dat per centrale zo'n 300 kton per centrale op jaarbasis aan vergassing haalbaar is.

## E8. Aantekeningen gesprek met Gerben Timmer van de VVAV d.d. 12 juli 2001 over aanpassingen aan AVI's.

Voor verbranding van afvalstoffen in een AVI is de thermische capaciteit van de AVI bepalend. In de maximale thermische capaciteit zit nog circa 10% speelruimte, die je met enkele maatregelen zou kunnen benutten. Daarbij moet men wel rekening houden met het gegeven dat bij het bestaande afval enige speelruimte nodig is om de fluctuaties in de samenstelling en daarmee de stookwaarde van het aangeboden afval op te kunnen vangen.

Omdat de thermische capaciteit bepalend is, betekent een hogere stookwaarde van het afval een lagere doorzet. Bij een te hoge stookwaarde van het afval wordt het afvalpakket op het rooster te dun, waardoor er problemen ontstaan met de uitbranding van het afval en de luchtverdeling.



De luchtverdeling over het rooster kan relatief eenvoudig worden aangepast. Het warmte opnemend oppervlak van de ketel behoeft te worden vergroot, dit betekent een andere ketel. Dit is erg kostbaar.

- Meer lucht is nodig ten behoeve van de zuurstofvoorziening van de brandhaard. Dit betekent echter dat ook de rookgasreiniging een groter volume krijgt te verwerken, waardoor deze groter gedimensioneerd zou moeten worden.
- Roosterproblemen door een grotere hitte op het rooster kunnen worden opgelost door waterkoeling.

Afval met een stookwaarde van circa 12,5 MJ/kg kan in de bestaande AVI's wel worden verbrand bij gelijkblijvende thermische capaciteit en dus lagere doorzet. Voor een goede beheersbaarheid van de vuurhaard en de uitbranding is het dan eigenlijk wel noodzakelijk een watergekoeld rooster toe te passen.

Aanpassing van een AVI tot verwerking van afval met een stookwaarde van 14 à 15 MJ/kg is zonder zeer hoge investeringen niet mogelijk.

### **E9. Aantekeningen gesprek met Jannes Wolting van Essent d.d. 11 juli 2001**

#### Duitse markt.

De capaciteit van de Duitse markt (kolencentrales, bruinkoolcentrales, cementindustrie) voor hoogcalorische afvalstromen is zeer groot. Momenteel worden en vrijwel alleen procesmatig vrijkomende afvalstromen (eenduidige samenstelling) ingezet. Er is een duidelijke beweging dat dit gaat toenemen. Door het toekomstige stortverbod in Duitsland valt te verwachten dat het aanbod aan hoogcalorische stromen sterk zal toenemen. Tevens zal de vraag voor deze goedkopere brandstof toenemen. De potentiële ruimte voor inzet van hoogcalorische stromen in Duitsland (tot 205 of zelfs 30% van de huidige inzet aan kolen) is zo groot, dat de kleine hoeveelheid uit Nederland naar stellige verwachting zonder problemen kan worden opgenomen. De bruinkoolcentrales behoeven enige aanpassing omdat de stookwaarde van de bruinkool circa 14 MJ/kg is terwijl de subcoalpellets een stookwaarde hebben van circa 20 MJ/kg. Gezien de beperking van de emissies zullen zij dit waarschijnlijk ook doen.

Bij het van kracht worden van het stortverbod in Duitsland, zullen ook daar scheidingsinstallaties worden gebouwd. Allereerst voor bedrijfsafvalstromen en later voor huishoudelijk afval.

Over enkele jaren mag worden verwacht dat alle interessante bedrijfsafval (dus niet afval van horeca en groothuishoudens) gescheiden zal worden. Van het hoogcalorische deel zullen energiepellets worden gemaakt conform specificaties die de afnemers vragen.

#### De Franse markt

De Franse markt is erg onduidelijk en zou mogelijk roet in de ontwikkeling van de scheiding kunnen gooien. In Frankrijk wordt nog veel gestort en de verbrandingsmarkt is nog slecht ontwikkeld. Omdat in Frankrijk het grootste deel van de energie wordt opgewekt in kernenergiecentrales is er weinig inzetmogelijkheid van hoogcalorisch afval in Frankrijk. Indien stortbelastingen of stortverboden in Frankrijk worden afgekondigd, is er een gerede mogelijkheid dat veel hoogcalorisch afval vanuit Frankrijk naar Duitsland gaat stromen. Dit kan effect hebben op de marktruimte voor Nederlands hoogcalorisch afval.

### Installatie van Essent in Born

De input in de installatie bestaat uit procesmatige afvalstromen en is hoofdzakelijk kunststof. Bij de scheiding valt circa 10% uit. Dit zijn metalen, residu voor stortplaats of AVI. Momenteel is de output 20 kton per jaar. In de komende jaren wordt gestreefd naar uitbreiding tot een output van 40 kton per jaar. De stookwaarde van de pellets is 24 à 25 MJ/kg. Momenteel gaan de pellets naar cementovens en kalkovens. In de komende jaren wordt de afzetmarkt bewerkt om afzet ook bij energiecentrales en eventueel bij de staalindustrie mogelijk te maken.

### Installatie van Essent voor bedrijfsafval in Wijster

De PPF van het huishoudelijke afval van de GAVI (circa 100 kton/jr) gaat momenteel naar de cementindustrie in Duitsland en over enkele jaren wellicht naar de kolencentrales in Nederland (zie subcoalproject) en Duitsland.

Essent heeft momenteel nog geen plannen voor de bouw van meer scheidingsinstallaties en pellet-fabrieken voor huishoudelijk afval en bedrijfsafval.

## **E10. Aantekeningen gesprek met Dhr. De Ruyter van MTM over het Trockenstabilat proces d.d. 10 juli 2001**

MTM in MunsterGeleen is de Nederlandse vertegenwoordiger van Herhold, aanbieder van ondermeer het TrockenStabilat proces voor de voorbereiding en opwerking van afval tot een secundaire brandstof. Dhr. De Ruyter geeft voor het TrockenStabilat proces onderstaande massabalans:

Input	output		
1000 kg huishoudelijk restafval	500 - 550 kg	brandstof van 16-18 MJ/kg	65% biomassa (incl. papier) 1% inert 34% kunststof + textiel vochtgehalte ca 10% Chloorgehalte < 0,5%
	300 kg	Water	Verdampt
	150 kg	Inert	70% stenen, zand, keramiek 30% glas
	50 kg	metalen	80 % ferro 20% non-ferro
	5 kg	Batterijen	

Vooraf de afscheiding van non-ferrometalen heeft een groot milieuvoordeel ten opzichte van de AVI. Daarin immers gaat een groot deel van het aluminium verloren.

Circa 25% van de energie aan brandstof die wordt geproduceerd wordt door het proces zelf gebruikt. Het proces voldoet aan de BLA-normen. Van de organische stoffen in de input wordt ongeveer 3% door het composteerproces afgebroken. Er wordt geen gebruik gemaakt van biofilters maar van naverbranders die de vrijkomende geurstoffen en biogassen bij 850°C verbranden. De processtemperatuur van het biologische afbraakproces is 55°C.

Het composteersysteem is een batchproces. Het bestaat (bij een capaciteit van 50 kton/jaar?) uit 6 aparte units of boxen. Elke dag wordt een nieuwe unit gevuld met afval. Aan het eind van de dag wordt deze afgesloten en na 6 dagen composteren wordt het gecomposteerde materiaal uit de boxen gehaald en wordt het in een scheidingsinstallatie gescheiden in 'brandstof' en inert materiaal.

De kosten bedragen 60 euro per ton input in het proces. De brandstof kan op de markt worden verkocht als. De prijs ervan is momenteel in Duitsland ongeveer minus 25 euro per ton. De waarde ervan is echter hoger; potentieel kan zelfs een positieve poortprijs worden verkregen.

#### **E11. Aantekeningen gesprek met E. Dijkgraaf van OCFEB (9 juli 2001)**

Over de mogelijke effecten van het Duitse stortverbod in 2005 zijn de meningen sterk verdeeld. Het effect zal afhangen van:

- 1 Of ontheffingen op het stortverbod worden toegestaan.
- 2 Of, in geval ontheffingen mogelijk zijn, een stortbelasting zoals in Nederland wordt ingevoerd.
- 3 Of voldoende AVI-capaciteit zal worden bijgebouwd.

Het is eigenlijk onmogelijk om in enkele jaren tijd zoveel AVI-capaciteit bij te bouwen dat in 2005 niets meer gestort behoeft te worden. Duitsland ontkomt er dan eigenlijk niet aan om ontheffingen te verlenen voor het storten van afval. Indien dit echter goedkoper zal zijn dan verbranden, zullen diverse gemeenten er op aan sturen dat voor hun afval ontheffing zal worden verleend, door het vertragen van de bouw van verbrandingscapaciteit.

In Duitsland is er momenteel bij energiecentrales en cementovens een bijstookcapaciteit van 28 Mton. Dit is gebaseerd op het vervangen van 10% van de huidige energiedragers. Ook bij verdere scheiding van afval als gevolg van het stortverbod blijft er in Duitsland veel bijstookcapaciteit voor hoogcalorisch afval uit Nederland beschikbaar.

#### Enkele aanvullende opmerkingen

Op langere termijn (2012) kan de verbrandingscapaciteit voldoende zijn.

In de jaren tot 2005 overigens zal een deel van het bedrijfsafval met een hogere stookwaarde dan 11,5 MJ/kg (binnenkort wellicht >13 MJ/kg), al dan niet na een beperkte scheiding, naar Duitsland worden geëxporteerd waar een verdere scheiding plaatsvindt en het vervuilde en/of laagcalorische deel goedkoop wordt gestort. Dit afval komt dan niet in Nederlandse scheidingsinstallaties terecht omdat het storten van het scheidingsresidu kostbaar is. Dit veroorzaakt tot 2005 wellicht een vertraging in de bouw van scheidingscapaciteit in Nederland.

De handhaving van de grens van 11,5 MJ/kg of 13 MJ/kg voor het toestaan van export van afvalstoffen is naar verwachting problematisch. Het valt niet uit te sluiten dat na enkele jaren van pogingen tot handhaving en controle besloten wordt dat de EU-grenzen open gaan voor transport van alle afvalstoffen.

## BIJLAGE F; Uitgebreide massabalans per model

**Tabel F1; scenario maximaal PPF**

Massabalansen (kton/jaar) nascheiding		Integrale verwerking			Output scheiding								som		
		stort	AVI	nieuwe oven	schroot	inert	broei-verlies	biogas	afval water	RDF	hout	PPF		stort	AVI
HHA	integraal														4.653
	zeven/ziften/vergisten				188	453	140	211	491			566		1.993	
	zeven/ziften/composteren				28	47	124					86		326	
	shredde/zeven														
	composteren/scheiden														
GHA	integraal				84	90					202	94		827	
	scheiding													357	
Droog KWD-A en IA	integraal													1.038	
	productie sec. brandstof				52							611		374	
Overig KWD-A	integraal													828	
	productie sec. brandstof				79							295			
	productie RDF													455	
HHA KWD-A	integraal														
	zeven/ziften/vergisten				6	32	16	26	17			58		265	
	zeven/ziften/composteren				2	7	18					19		92	
	shredde/zeven														
	composteren/scheiden														
PA en BSA	integraal													954	
	scheiding										489	75		390	
					440	630	298	237	507		691	1.804		4.251	8.859

**Tabel F2; scenario maximaal RDF**

Massabalansen (kton/jaar) nascheiding		Integrale verwerking			Output scheiding								som		
		stort	AVI	nieuwe oven	schroot	inert	broei-verlies	biogas	afval water	RDF	hout	PPF		stort	AVI
HHA	integraal														4.653
	zeven/ziften/vergisten														
	zeven/ziften/composteren														
	shredde/zeven														
	composteren/scheiden				242	448	1.442			2.522					4.653
GHA	integraal				84	90					202	94		827	
	scheiding													357	
Droog KWD-A en IA	integraal			1.038										1.038	
	productie sec. brandstof														
Overig KWD-A	integraal													828	
	productie sec. brandstof														
	productie RDF				79					489				260	
HHA KWD-A	integraal														
	zeven/ziften/vergisten													559	
	zeven/ziften/composteren														
	shredde/zeven														
	composteren/scheiden				9	35	98			417					
PA en BSA	integraal													954	
	scheiding										489	75		390	
					1.038	414	573	1.540		3.428	691	169		1.006	8.859

**Tabel F3; scenario integraal verbranden**

Massabalansen (kton/jaar) nascheiding		Integrale verwerking			Output scheiding								som		
		stort	AVI	nieuwe oven	schroot	inert	broei-verlies	biogas	afval water	RDF	hout	PPF		stort	AVI
HHA	integraal		3.811												4.653
	zeven/ziften/vergisten														
	zeven/ziften/composteren				26	43	112					77		294	
	shredde/zeven				13	21	55							200	
	composteren/scheiden														
GHA	integraal			827											827
	scheiding														
Droog KWD-A en IA	integraal			1.038											1.038
	productie sec. brandstof														
Overig KWD-A	integraal			828											828
	productie sec. brandstof														
	productie RDF														
HHA KWD-A	integraal			421											
	zeven/ziften/vergisten														559
	zeven/ziften/composteren				2	7	18					19		92	
	shredde/zeven														
	composteren/scheiden														
PA en BSA	integraal			954											954
	scheiding														
			4.232	3.647	41	71	185					96		586	8.859

**Tabel F4; scenario status quo**

Massabalansen (kton/jaar) nascheiding		Integrale verwerking			Output scheiding								som		
		stort	AVI	nieuwe oven	schroot	inert	broei-verlies	biogas	afval water	RDF	hout	PPF		stort	AVI
HHA	integraal		3.631												4.653
	zeven/ziften/vergisten				8	20	6	9	22			25	9	80	
	zeven/ziften/composteren				26							77	207	242	
	shredde/zeven				13								114	162	
	composteren/scheiden														
GHA	integraal	827													827
	scheiding														
Droog KWD-A en IA	integraal	823													1.038
	productie sec. brandstof				11							127	78		
Overig KWD-A	integraal	488													828
	productie sec. brandstof				32							121	187		
	productie RDF														
HHA KWD-A	integraal		375												
	zeven/ziften/vergisten				1	4	2	3	2			6	3	26	559
	zeven/ziften/composteren				2							19	39	78	
	shredde/zeven														
	composteren/scheiden														
PA en BSA	integraal	684													954
	scheiding											138	21	110	
		2.822	4.006		93	24	8	12	24			138	397	746	589