

(Contract 021211)

**Energetische valorisatie van
hoogcalorische afvalstromen in Vlaanderen
Deel 1: Scenariostudie
Eindrapport**

J. Theunis, A. Van der Linden, R. Torfs, A. Vercalsteren, C. Spirinckx, A. Jacobs, K. Vrancken

Studie uitgevoerd in opdracht van OVAM

2003/IMS/R/050



Vito

Boeretang 200, 2400 Mol, België, Tel.: +32 14 33 55 11, vito@vito.be, www.vito.be

Maart 2003

INHOUDSTABEL

| | | |
|-------|--|----|
| 0 | MANAGEMENTSAMENVATTING..... | 1 |
| 1 | INLEIDING..... | 5 |
| 1.1 | Situering en context..... | 5 |
| 1.2 | Projectuitvoering..... | 6 |
| 1.2.1 | Projectteam..... | 6 |
| 1.2.2 | Begeleidingscomité..... | 7 |
| 2 | INSCHATTING VAN HET AANBOD VAN HOOGCALORISCHE AFVALSTROMEN VOOR THERMISCHE VALORISATIE..... | 8 |
| 2.1 | Algemeen..... | 8 |
| 2.2 | Prognoses voor specifieke stromen..... | 10 |
| 2.2.1 | RDF uit huishoudelijk en categorie-2-bedrijfsafval..... | 10 |
| 2.2.2 | Houtafval..... | 11 |
| 2.2.3 | Niet-selectief ingezameld hout- en kunststofafval..... | 11 |
| 2.2.4 | Dierlijk afval..... | 12 |
| 2.2.5 | Shredderafval..... | 12 |
| 2.2.6 | Overige stromen..... | 13 |
| 2.3 | Gemiddelde samenstelling van HCA-stromen..... | 13 |
| 2.4 | Import en export..... | 13 |
| 2.4.1 | Problematiek..... | 13 |
| 2.4.2 | Hoeveelheden..... | 14 |
| 3 | KEUZE VAN THERMISCHE VERWERKINGSOPTIES..... | 15 |
| 4 | OPTIMALISERING VAN DE VERWERKINGSINFRA-STRUCTUUR..... | 17 |
| 4.1 | Beschrijving model..... | 17 |
| 4.2 | Gebruikte gegevens en veronderstellingen..... | 18 |
| 4.2.1 | Kengetallen afvalstroom-technologiecombinaties..... | 18 |
| 4.2.2 | Kostenberekeningen..... | 18 |
| 4.2.3 | Energie..... | 21 |
| 4.2.4 | Emissieberekeningen..... | 22 |
| 4.2.5 | Winning van fossiele brandstoffen..... | 27 |
| 4.2.6 | Emissies van vermeden productie en van gebruik van energiedragers..... | 27 |
| 4.2.7 | Voorbehandeling..... | 29 |
| 4.2.8 | Verwerking van reststoffen..... | 30 |
| 5 | RESULTATEN ONAFHANKELIJK VAN OPTIMALISERING..... | 32 |
| 5.1 | Equivalent fossiele brandstof (uitgespaarde primaire brandstof)..... | 32 |
| 5.2 | Verwerkingskosten..... | 33 |
| 5.3 | Emissies..... | 37 |
| 5.3.1 | CO ₂ | 37 |
| 5.3.2 | SO ₂ , NO _x , stof, dioxines..... | 38 |

| | | |
|-------|---|----|
| 6 | RESULTATEN VAN DE OPTIMALISERING | 41 |
| 6.1 | Scenario's..... | 41 |
| 6.2 | Referentiescenario | 44 |
| 6.2.1 | Capaciteit | 44 |
| 6.2.2 | Uitgespaarde fossiele energie | 48 |
| 6.2.3 | Kosten | 49 |
| 6.2.4 | Emissies | 51 |
| 6.3 | Groene Stroom..... | 55 |
| 6.3.1 | Capaciteiten | 55 |
| 6.3.2 | Energie | 57 |
| 6.4 | Zelfvoorziening..... | 58 |
| 6.4.1 | Capaciteiten | 58 |
| 6.4.2 | Energie | 59 |
| 6.4.3 | Kosten | 60 |
| 6.5 | Overige scenario's : evolutie van de verwerkingsinfrastructuur | 60 |
| 6.5.1 | Minimale bijstookmogelijkheden in de elektriciteitssector..... | 60 |
| 6.5.2 | Grote bijstookmogelijkheden in de elektriciteitssector | 62 |
| 6.5.3 | Decentrale stookinstallaties | 62 |
| 6.6 | Vergelijking van de gemiddelde kosten voor de verschillende scenario's..... | 63 |
| 6.7 | Vergelijking van de vermeden fossiele energie voor de verschillende scenario's .. | 64 |
| 6.8 | Vergelijking van de emissies voor de verschillende scenario's | 66 |
| 6.9 | Vergelijking van het te storten residu voor de verschillende scenario's | 69 |
| 7 | SAMENVATTING EN BESLUITEN..... | 71 |

0 MANAGEMENTSAMENVATTING

Dit rapport is een onderdeel van het onderzoeksproject rond “Energetische valorisatie van hoogcalorische afvalstromen in Vlaanderen”. De volledige studie bestaat uit twee delen:

Deel 1: Scenariostudie

Deel 2: Afvalaanbod, procesbeschrijvingen en toepassingsmogelijkheden

In dit rapport wordt de vraag beantwoord welke verwerkingsinfrastructuur nodig is voor de thermische valorisatie van de stromen hoogcalorisch selectief ingezameld afval (HCSA) in Vlaanderen. Daartoe wordt nagegaan hoe thermische verwerkingsopties optimaal kunnen worden gecombineerd rekening houdend met kosten, energieproductie en emissies. Naar analogie met de huidige praktijk werd hoofdzakelijk uitgegaan van grootschalige, gecentraliseerde verwerking van het afval. Decentrale verwerking werd enkel als mogelijkheid opgenomen voor de verwerking van houtafval. Een afweging en evaluatie van decentrale versus grootschalige verwerking werd uitgevoerd in een afzonderlijke casestudie rond houtafval die Vito heeft uitgevoerd in opdracht van OVAM.¹

In deze studie werd de MARKAL (MARKet Allocation) software gebruikt voor het uitwerken van een model en de optimalisatie van de verwerkingsinfrastructuur over een periode van 2001 tot 2015. Daarbij werd gebruik gemaakt van de gegevens en de resultaten uit Deel 2 van deze studie. Met behulp van verschillende scenario's werd het effect van verschillende beleidsopties of mogelijke evoluties nagegaan.

Het vertrekpunt voor de optimalisatie van de verwerkingsinfrastructuur is het aanbod van HCSA voor energetische valorisatie. Dit aanbod bestaat uit de restfractie van verschillende stromen na preventie en recyclage. Er werd aangenomen dat alle selectief opgehaalde stromen HCSA in de toekomst nuttig worden toegepast. De basis hiervoor was de studie *Inventarisatie van hoogcalorisch en selectief ingezameld afval voor thermische valorisatie* die door Vito in opdracht van OVAM werd uitgevoerd, en die verder verfijnd werd (zie Deel 2 van deze studie).

De eindverwerkingsmatrix (stroom-technologie-combinaties) uit dezelfde inventarisatiestudie werd, op basis van de resultaten weergegeven in Deel 2 van deze studie, op een aantal punten aangepast. De matrix geeft een overzicht van thermische verwerkingsopties die voor elke HCSA-stroom potentieel kunnen worden ingezet (voor de periode 2001 – 2015).

| <i>thermische conversie</i> | <i>energetische conversie</i> | hout | | dierlijk | | | | | shredder | | | |
|--|--------------------------------------|----------|-------------|----------|----------|-------------------------------------|----------------|--------------|-------------------------|--------------|---------------|----------------|
| | | houtstof | houtzaagsel | resthout | diermeel | <i>dierlijk vet (zie opmerking)</i> | kunststofafval | papierresidu | textiel- en tapijtafval | rubberbanden | zware fractie | lichte fractie |
| <i>alleenstaande afval-tot-energie</i> | | | | | | | | | | | | |
| wervelbedoven | stoomketel (LTP) | | | | | | | | | | | |
| decentrale stookinstallatie | warmterecuperatie | | | | | | | | | | | |
| decentrale stookinstallatie | stoomketel (WKK) | | | | | | | | | | | |
| vastbedvergassing | gasmotor (WKK) | | | | | | | | | | | |
| vergassing + smeltreactor | stoomketel (LTP) | | | | | | | | | | | |
| <i>coverbranding in industriële processen</i> | | | | | | | | | | | | |
| | coverbranding cementoven | | | | | | | | | | | |
| <i>integratie in elektriciteitsinfrastructuur</i> | | | | | | | | | | | | |
| directe bijstook kolencentrale | stoomketel (HTP) | | | | | | | | | | | |
| CFB-vergassing | bijstook in stoomketel kolencentrale | | | | | | | | | | | |
| CFB-vergassing | bijstook in turbine STEG | | | | | | | | | | | |
| wervelbedoven | stoomintegratie kolencentrale (HTP) | | | | | | | | | | | |
| <i>productie van basischemicaliën</i> | | | | | | | | | | | | |
| vastbedvergassing | methanolsynthese | | | | | | | | | | | |

Voor elke eindverwerkingsoptie worden de kosten en de baten die specifiek verbonden zijn aan de verwerking van afvalstromen in rekening gebracht. Enerzijds zijn dit directe investerings- en werkingskosten. Anderzijds wordt door de inzet van afvalstoffen bijkomende energie geproduceerd, klassieke brand- of grondstoffen uitgespaard, en kunnen eventueel veranderingen optreden in gebruik van hulpstoffen of in de productie van reststoffen. Rekening houdend met al deze elementen werden voor de verschillende stroom-technologiecombinaties verwerkingskosten berekend.

Om de totale energetische recuperatie te kunnen inschatten werd voor elk verwerkingsproces nagegaan hoeveel fossiele brandstof uitgespaard wordt door toepassing van een extra eenheid afval met vorming van eenzelfde nuttig product (elektriciteit, stoom, cement). We noemen dit het “equivalent fossiele energie”. De referentie daarbij is steeds de wijze waarop het nuttig product zou worden geproduceerd als er geen afval beschikbaar zou zijn. Voor de energie-maximalisatie werd uitgegaan van de uitgespaarde fossiele brandstof.

De netto-emissies werden berekend door het verschil te maken tussen de *directe emissies ten gevolge van de verbranding* en de emissies die *vermeden* worden door vervanging van andere brandstoffen en/of grondstoffen.

Emissieberekeningen voor CO₂ gebeuren op basis van de C-balans bij de verbranding. Voor elk verwerkingsproces veronderstellen we een volledige omzetting van C in CO₂.

Omdat specifieke afvalgebonden emissiegegevens voor SO_x, NO_x, dioxines en stof over het algemeen niet voorhanden zijn en omdat niet voor alle beschouwde technologieën gegevens over reële emissies bekend zijn, werden als benadering de geldende emissiegrenswaarden gebruikt. De emissiegrenswaarden werden met behulp van de rookgasvolumes omgezet in *maximaal toegelaten emissies* per ton verwerkte afvalstof.

In een aantal scenario's werd nagegaan wat het effect is van een aantal specifieke evoluties op energie en emissies. Bovendien kon zo worden nagegaan wat het effect is van een aantal *onzekerheden*. Rond een aantal belangrijke, bepalende elementen bestaat immers een grote mate van onzekerheid:

- een aantal *technische aspecten*, i.h.b. voor bijstook in elektriciteitscentrales;
- de effecten van *Groene Stroomcertificaten*; een groot deel van het toepassingsgebied van het Groene Stroom-decreet valt immers buiten de grenzen van deze studie;
- de *internationale context* en de evolutie van de internationale markt;
- de tijdshorizon tot 2015.

Uit de verschillende scenario's konden de volgende *algemene besluiten* worden getrokken: Behalve in het Zelfvoorzieningsscenario neemt verwerking in de cementindustrie in alle scenario's een belangrijke rol in. De bijstookmogelijkheden in de elektriciteitssector zijn erg onzeker. Toch wijzen alle onderzochte scenario's erop dat er voor de verwerking van Vlaams HCSA, naast de bijstookmogelijkheden in de cementindustrie en de elektriciteitssector, en de geplande investeringen in co-verbranding van slib en hoogcalorisch afval, plaats is voor *minstens 200 kton bijkomende capaciteit* voor energetische valorisatie. In geval de bijstookcapaciteit in de elektriciteitscentrales niet of slechts deels gerealiseerd wordt, kan dit oplopen tot 400 kton. Of die bijkomende capaciteit effectief in Vlaanderen zal gerealiseerd worden hangt af van evoluties in de omringende landen. De internationale context is zodanig onzeker dat daar weinig uit kan besloten worden.

Daarnaast is er ongeveer *100 kton licht shredderafval* waarvoor als enige mogelijkheid een *vergassingsinstallatie met smeltreactor* werd weerhouden. Ook hiervoor is momenteel geen capaciteit voorhanden. De kostprijs ligt echter hoog.

Verwerking in het buitenland (naast het deel dat verwerkt wordt in de cementindustrie in Wallonië) is, zeker tijdelijk, een optie waarmee terdege rekening moet worden gehouden. Eventueel uitgespaard fossiel brandstofverbruik wordt in dat geval niet in Vlaanderen gerealiseerd. Voor CO₂ leidt dit tot de export van netto-emissies. Voor NO_x, SO₂ en stof leidt dit tot export van netto vermeden emissies. Dit wordt echter gerelativeerd door het feit dat heel wat van de vermeden emissies een gevolg zijn van de productie van de brandstoffen, en niet van de verbranding zelf. Een deel van de vermeden emissies zal dus in elk geval in het buitenland optreden.

Indien in de omringende landen echter dezelfde marktvoorwaarden gelden als in Vlaanderen (stortverbod, toename van het aanbod, beperkte beschikbaarheid van verwerkingscapaciteit), is export geen mogelijkheid en kunnen de kosten voor verwerking van HCSA sterk stijgen.

Om de *energierecuperatie* uit afval in Vlaanderen te optimaliseren moet in de eerste instantie gekeken worden naar het *realiseren van de nodige capaciteit voor thermische valorisatie in Vlaanderen*. Met welke van de hier beschouwde technologieën dat gebeurt, heeft geen groot effect op de gerealiseerde globale energierecuperatie. De resultaten tonen aan dat eventuele vroege investeringen in energetisch minder performante technologieën op middellange termijn tot slechts beperkte verschillen in totale energetische valorisatie leiden.

Op korte termijn komen hier enkel alleenstaande afval-tot-energie-installaties, i.c. *grootschalige wervelbedverbranding* of *decentrale verwerking*, voor in aanmerking.

Voor een eventuele uitbreiding van de verwerkingscapaciteit in Vlaanderen lijkt verbranding van HCSA in een wervelbedoven zonder co-verwerking van slib omwille van de hoge kostprijs een weinig aantrekkelijke optie. Deze optie komt enkel in beeld indien de verwerkingscapaciteit in de omringende landen ook volledig benut is (bv. als gevolg van stortverboden). *Co-verwerking van hoogcalorisch afval met slib* is een potentieel interessante piste die in het kader van deze studie echter niet in detail werd beschouwd. Rudimentaire inschattingen van kosten geven aan dat deze optie competitief is met co-verwerking (van niet-hout-afval) in de elektriciteitssector.

Decentrale verwerking is een ander mogelijk alternatief. Als gevolg van de Groene Stroomcertificaten wordt de decentrale verwerking voor hout echter uit de markt geprijsd. Eventueel zijn er mogelijkheden voor decentrale verwerking van andere afvalstromen (kunststoffen, RDF, ...). Dit werd in deze studie niet in detail onderzocht. In dat geval moeten de huidige beperkingen op decentrale verwerking echter kunnen worden opgeheven.

Bij alleenstaande afval-tot-energie-installaties ligt het *rendement* bij elektriciteitsproductie laag in vergelijking met elektriciteitsproductie o.b.v. fossiele brandstof. Voor *warmtelevering* kan het equivalent fossiele brandstof beduidend hoger liggen. In theorie biedt warmtelevering dus een mogelijkheid om meer fossiele brandstof uit te sparen. In de praktijk zal echter moeten gezocht worden naar voldoende (grootschalige) afname voor de geleverde warmte. Dit aspect werd in deze studie niet verder onderzocht. Ook de kosten van deze optie werden niet onderzocht.

Globaal nemen de hier onderzochte *emissies* af naarmate meer bijstook in elektriciteitscentrales kan worden gerealiseerd. De verschillen in emissies zijn in de meest relevante scenario's echter beperkt.

Tenslotte, de hierboven vermelde 200 kton houdt reeds rekening met *bijstook van afvalstoffen in elektriciteitscentrales*. Indien deze niet worden gerealiseerd kan de nood aan bijkomende verwerkingscapaciteit nog groter worden. Zowel om de verwerkingskosten binnen de perken te houden als om de energie-recuperatie te maximaliseren, is het opvangen van de technische beperkingen in de bijstookmogelijkheden in elektriciteitscentrales dan ook een cruciaal aandachtspunt. Vergassing als tussenstap kan een deel van de technische problemen opvangen. Naast de bestaande initiatieven voor vergassing van schone biomassa, lijken proeven met *vergassing en bijstook van behandeld houtafval en niet-hout afval* daarom aangewezen.

1 INLEIDING

1.1 Situering en context

Het Kabinet Leefmilieu van de Vlaamse Gemeenschap startte in 2000 het Strategisch Project Eindverwerking. Bedoeling van dit project is de verschillende knelpunten die zich stellen bij het beleid rond eindverwerking van afval te bekijken en indien mogelijk op te lossen. Eén van de gedetecteerde knelpunten was het beperkte inzicht in de productie en verwerking van afvalstoffen. Dit leidde tot een rapport opgesteld door OVAM, 'Aard en hoeveelheid van de in het Vlaamse gewest geproduceerde afvalstoffen en hun eindbestemming'. Dit rapport bracht een gestructureerd inzicht in de afvalstromen en toonde aan dat nog steeds meer brandbaar afval wordt gestort dan verbrand. Belangrijke stromen hierbij vormen de recyclageresidu's en de bedrijfsafvalstoffen.

Het planmatig beheer van afvalstoffen wordt vastgelegd in de uitvoeringsplannen, opgesteld door de OVAM. Uitvoeringsplannen bestaan, of zijn in aanmaak voor huishoudelijk afval, organisch-biologische afvalstoffen en slib. Verscheidene belangrijke stromen worden door deze plannen niet gedekt. Zo is er nood aan een plan van aanpak voor hoogcalorische selectief ingezamelde afvalstromen (HCSA). Het betreft die fracties die omwille van hun calorische waarde en/of hun aard bij voorkeur thermisch verwerkt moeten worden. Doorgaans gaat het om restfracties van een afvalstroom na selectie van het recycleerbaar afval.

Voor de onderbouwing van voorgenoemd uitvoeringsplan dient men te beschikken over informatie omtrent hoeveelheden en verwerkingsopties voor deze afvalstoffen. Bovendien is het van belang om de effecten van beleidskeuzes te kunnen inschatten.

De algemene aanpak van het beheer van afvalstromen gaat uit van de Ladder van Lansink. Deze studie behandelt enkel de infrastructuur voor thermische valorisatie in detail. Het thermisch te verwerken afval bestaat dus uit de restfractie van verschillende stromen na preventie en recyclage.

Een eerder door Vito in opdracht van OVAM uitgevoerde studie, *Inventarisatie van hoogcalorisch en selectief ingezameld afval voor thermische valorisatie*, was gericht op het verschaffen van een inzicht in de huidige stromen van hoogcalorische en selectief ingezamelde afvalstromen in de Vlaamse context, en in de verwerkingswijzen die potentieel kunnen ingezet worden voor de thermische verwerking van deze stromen. Dit leidde tot een eerste inventaris van afvalstromen en verwerkingstechnologieën.ⁱⁱ

Dit werd door OVAM gezien als een eerste stap in een onderzoek dat uiteindelijk moest leiden tot het optimaliseren van de infrastructuur voor thermische valorisatie van HCSA, rekening houdend met kosten, energieproductie en emissies. Daartoe was er verder nood aan een gedetailleerde analyse van de verschillende mogelijke thermische verwerkingstechnologieën die kunnen worden ingezet. Deze analyse van de thermische verwerkingsopties moest zowel kwantitatieve gegevens, die nodig zijn voor een modellering en optimalisatie van het verwerkingspark, als meer kwalitatieve inzichten, die nodig zijn voor een correcte interpretatie van de modelresultaten, het aangeven van onzekerheden, ed. opleveren.

Daar een dergelijke technologie-analyse nauw aansluit bij de activiteiten van het BBT-Kenniscentrum werd dit deel van het onderzoek uitgevoerd in kader van de referentieopdracht BBT/EMIS. De resultaten hiervan worden voorgesteld in Deel 2 van deze studie en zijn deels ook consulteerbaar via EMIS.

Doel van het hele onderzoek is de vraag te beantwoorden welke verwerkingsinfrastructuur nodig is voor de thermische valorisatie van de stromen hoogcalorisch selectief ingezameld afval in Vlaanderen. Daartoe wordt nagegaan hoe thermische verwerkingsopties optimaal kunnen worden gecombineerd. Het vertrekpunt is het aanbod van HCSA voor energetische valorisatie. Daarbij wordt rekening gehouden met kosten, energieproductie en emissies. Ook moeten randvoorwaarden worden aangegeven voor de uitbouw van de infrastructuur voor thermische valorisatie.

Het onderzoek gaat, naar analogie met de huidige praktijk, hoofdzakelijk uit van grootschalige, gecentraliseerde verwerking van het afval. Decentrale verwerking wordt enkel als mogelijkheid opgenomen voor de verwerking van houtafval. Een afweging en evaluatie van decentrale versus grootschalige verwerking wordt uitgevoerd in een afzonderlijke casestudie rond houtafval die Vito heeft uitgevoerd in opdracht van OVAM.¹

In deze studie wordt de MARKAL (MARket Allocation) software gebruikt voor het uitwerken van een model en de optimalisatie van de verwerkingsinfrastructuur.

In het model worden de verschillende deelstromen en verwerkingswijzen ingevuld en wordt rekening gehouden met opgegeven randvoorwaarden (specifieke recyclagedoelstellingen, optimalisatie van energie of kosten). Daarbij wordt gebruik gemaakt van de gegevens en de resultaten uit Deel 2 van deze studie. Met behulp van verschillende scenario's kan het effect van verschillende beleidsopties of mogelijke evoluties worden nagegaan.

Vertekpunt is de huidige praktijk, waarbij een deel van het afval reeds thermisch wordt verwerkt, maar ook nog een groot gedeelte wordt gestort. Dit laatste aandeel wordt progressief verminderd en vervangen door thermische verwerking.

De resultaten van de optimalisering moeten achteraf grondig geanalyseerd en geïnterpreteerd worden. Zij bieden geen absolute oplossingen, wel mogelijke richtingen en een denkkader waarbinnen mogelijkheden en beperkingen van verschillende oplossingen kunnen worden aangegeven. Door vergelijking van de resultaten van de verschillende scenario's wordt inzicht verworven in de effecten van bepaalde technologiekeuzes en investeringen. Dit inzicht kan de basis vormen voor maatregelen die ingeschreven worden in het op te stellen Uitvoeringsplan voor hoogcalorisch afval en selectief ingezamelde reststromen voor energetische valorisatie.

1.2 Projectuitvoering

1.2.1 Projectteam

De uitvoering van dit project lag in handen van een team van Vito-onderzoekers (in alfabetische volgorde):

Anne Jacobs (Kenniscentrum Beste Beschikbare Technieken);
 Carolin Spirinckx (Product- en Technologiestudies);
 Jan Theunis (Emissiereductiestrategieën);
 Rudi Torfs (Risico-evaluatie en Milieukosten);
 Ann Van der Linden (Afval en Secundaire Grondstoffen);
 An Vercalsteren (Product- en Technologiestudies);
 Karl Vrancken (Afval en Secundaire Grondstoffen).

1.2.2 Begeleidingscomité

Het verloop van de studie werd opgevolgd door een extern begeleidingscomité. Dit begeleidingscomité had als taak de gebruikte informatiebronnen te evalueren en aanvullende informatie aan te leveren. Ze dienden de gebruikte onderzoeksmethode op te volgen en te evalueren, advies te geven voor verfijning van de studie en suggesties of commentaar bij het opstellen van het eindrapport.

Het begeleidingscomité werd samengesteld met vertegenwoordigers van de uitvoerders, de overheid en de verwerkers.

| | |
|---------------------|--|
| Vito: | Jan Theunis Ann Van der Linden Karl Vrancken/Rudi Torfs |
| OVAM: | Peter Van Acker Luc Vanacker Anneleen De Wachter Danny Wille Hugo Geerts |
| Kabinet leefmilieu: | Werner Annaert; |
| Kabinet Energie: | Wim Buelens; |
| VVSG: | Christof Delatter; |
| MINA-raad: | Francis Noyen; Bart Martens; |
| SERV: | Peter Van Humbeeck; |
| Verwerkers: | Kamiel Janssens; André Meyfroots; Bert Straetmans; Jacques Soenens; Peter Norro; Paul De Bruycker; Henri Toté; Fred Popelier; Filip Robinet; Baudouin Nizet/Eric Waeyenbergh; Walter Tempst. |

2 INSCHATTING VAN HET AANBOD VAN HOOGCALORISCHE AFVALSTROMEN VOOR THERMISCHE VALORISATIE

2.1 Algemeen

Het vertrekpunt voor de optimalisatie van de verwerkingsinfrastructuur is het aanbod van HCSA voor energetische valorisatie.

Daartoe werd uitgegaan van de eerder vermelde studie *Inventarisatie van hoogcalorisch en selectief ingezameld afval voor thermische valorisatie* die door Vito in opdracht van OVAM werd uitgevoerd, en die verder verfijnd werd (zie Deel 2 van deze studie). Uit deze inventarisatie werd het aanbod van hoogcalorisch afval voor thermische valorisatie afgeleid. Dit aanbod bestaat uit de restfractie van verschillende stromen na preventie en recyclage.¹

Voor het aanbod van afvalstoffen voor thermische valorisatie (dus na preventie en recyclage) wordt aangenomen dat alle selectief opgehaalde stromen HCSA in de toekomst energetisch nuttig worden gevaloriseerd. Er wordt aangenomen dat de hoeveelheid die thermisch verwerkt zal worden geleidelijk aan toeneemt tussen nu en 2007, en bijgevolg de hoeveelheid die gestort wordt geleidelijk aan afneemt. Voor een aantal stromen is niet precies geweten hoe ze momenteel verwerkt worden, ze worden in het buitenland verwerkt of ze worden verwerkt met technologieën die niet in het model zijn opgenomen. Deze reststroom wordt ook geleidelijk op 0 gebracht tussen nu en 2007.

Op basis van het huidige aanbod en een aantal veronderstellingen werden inschattingen gemaakt van het verwachte toekomstige aanbod (zie §2.2).

Het resultaat van deze inschattingen wordt weergegeven in Tabel 2-1.

Voor alle stromen die selectief worden opgehaald en die niet worden gerecycleerd, wordt aangenomen dat ze in 2007 optimaal thermisch gevaloriseerd moeten worden. Een aantal stromen worden ook in 2007 niet selectief opgehaald en zijn dus niet als dusdanig beschikbaar voor thermische valorisering.

¹ Na afsluiten van de inventarisatie werden voor houtafval nog nieuwe cijfers gegeven in het Ontwerp Uitvoeringsplan Houtafval. Met deze cijfers werd rekening gehouden bij het inschatten van het aanbod voor thermische valorisatie.

Tabel 2-1: Aanbod van hoogcalorische afvalstromen voor thermische valorisatie (in kton)

| | 2001 | | 2007 | | 2015 | |
|--|--------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|
| | energetische valorisatie | verbranden/storten/andere | energetische valorisatie | niet selectief ingezameld | energetische valorisatie | niet selectief ingezameld |
| houtafval | 172 | 202 | 296 | 95 | 306 | 95 |
| houtsector | 70 | | 179 | | 179 | |
| eindgebruikers (selectief ingezamelde fractie) | 102 | 14 | 117 | | 127 | |
| huishoudens | 26 | 4 | 44 | | 44 | |
| industriële sectoren | 76 | 10 | 73 | | 83 | |
| eindgebruikers (niet selectief ingezamelde fractie) | | 188 | | 95 | | 95 |
| huishoudens | | 88 | | 50 | | 50 |
| industriële sectoren | | 100 | | 45 | | 45 |
| dierlijk afval | 210 | | 210 | | 210 | |
| diermeel | 180 | | 180 | | 180 | |
| dierlijk vet | 30 | | 30 | | 30 | |
| kunststofafval | 16 | 250 | 54 | 207 | 59 | 207 |
| verpakkingsafval | 16 | 81 | 21 | 76 | 21 | 76 |
| <i>selectief ingezameld</i> | <i>16</i> | <i>5</i> | <i>21</i> | | <i>21</i> | |
| <i>niet selectief ingezameld</i> | | <i>76</i> | | <i>76</i> | | <i>76</i> |
| ander dan verpakkingsafval | | 156 | 22 | 131 | 25 | 131 |
| <i>selectief ingezameld</i> | | <i>25</i> | <i>22</i> | | <i>25</i> | |
| <i>niet selectief ingezameld</i> | | <i>131</i> | | <i>131</i> | | <i>131</i> |
| kunststof uit bouw en sloopafval | | 8 | 2 | 4 | | 8 |
| <i>selectief ingezameld</i> | | | <i>2</i> | | | |
| <i>niet selectief ingezameld</i> | | <i>8</i> | | <i>4</i> | | <i>8</i> |
| land- en tuinbouwfolie | | 6 | 1 | 4 | 1 | 4 |
| <i>selectief ingezameld</i> | | <i>1</i> | <i>1</i> | | <i>1</i> | |
| <i>niet selectief ingezameld</i> | | <i>4</i> | | <i>4</i> | | <i>4</i> |
| papierresidu en restfractie | | 65 | 65 | | 65 | |
| recyclageresidu | | 50 | 50 | | 50 | |
| lichte restfractie | | 15 | 15 | | 15 | |
| textiel- en tapijtafval | 10 | 73 | 63 | | 65 | |
| textielafval | | 62 | 59 | | 60 | |
| industriëel | | 54 | 53 | | 55 | |
| huishoudelijk | | 8 | 6 | | 5 | |
| tapijtafval | 10 | 11 | 4 | | 5 | |
| rubberbanden | 32 | 8 | 46 | | 54 | |
| shredderafval | 10 | 97 | 107 | | 107 | |
| lichte fractie | | 97 | 97 | | 97 | |
| zware fractie | 10 | | 10 | | 10 | |
| RDF | | | 278 | | 278 | |
| huishoudelijk en vergelijkbaar bedrijfsafval | | | 278 | | 278 | |
| TOTAAL | 451 | 695 | 1.120 | 302 | 1.145 | 302 |

De inschatting voor 2001 geeft aan dat naar schatting 1146 kton HCSA (23,4 PJ) in theorie beschikbaar zou kunnen zijn op de markt voor energetische valorisatie. Ongeveer 39% daarvan (451 kton) werd in 2001 energetisch gevaloriseerd, hoofdzakelijk in de cementindustrie. 37% werd gestort (429 kton) en naar schatting 19% werd verbrand in afvalverbrandingsinstallaties voor huishoudelijk afval (217 kton). De rest werd op een andere manier dan voorvermeld verwerkt.

In 2007 neemt dit toe tot ongeveer 1420 kton. De toename is te wijten aan de hoeveelheid houtafval die niet meer binnen de sector zelf verwerkt wordt, en aan de productie van RDF uit huishoudelijk en categorie-2-bedrijfsafval. Het selectief opgehaalde deel is in 2007 goed voor 1120 kton. Dit neemt licht toe in 2015.

In energetische termen (Tabel 2-2) bedraagt het huidige theoretische potentieel voor thermische valorisatie 23,4 PJ. 38% hiervan (8,8 PJ) wordt momenteel reeds thermisch gevaloriseerd.

In 2007 wordt de totale hoeveelheid die effectief beschikbaar is voor thermische valorisatie geschat op 20,7 PJ. In 2015 blijft de totale hoeveelheid HCSA nagenoeg gelijk.

Tabel 2-2: Aanbod van hoogcalorische afvalstromen voor thermische valorisatie (in TJ)

| | 2001 | | 2007 | | 2015 | |
|---|--------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|
| | energetische valorisatie | verbranden/storten/andere | energetische valorisatie | niet selectief ingezameld | energetische valorisatie | niet selectief ingezameld |
| houtafval | 2.655 | 3.105 | 4.558 | 1.463 | 4.712 | 1.463 |
| houtsector | 1.078 | | 2.757 | | 2.757 | |
| eindegebruikers (selectief ingezamelde fractie) | 1.577 | 209 | 1.802 | | 1.956 | |
| huishoudens | 407 | 55 | 678 | | 678 | |
| industriële sectoren | 1.170 | 154 | 1.124 | | 1.278 | |
| eindegebruikers (niet selectief ingezamelde fractie) | | 2.895 | | 1.463 | | 1.463 |
| huishoudens | | 1.355 | | 770 | | 770 |
| industriële sectoren | | 1.540 | | 693 | | 693 |
| dierlijk afval | 4.230 | | 4.230 | | 4.230 | |
| diermeel | 3.060 | | 3.060 | | 3.060 | |
| dierlijk vet | 1.170 | | 1.170 | | 1.170 | |
| kunststofafval | 436 | 6.763 | 1.466 | 5.598 | 1.601 | 5.598 |
| verpakkingsafval | 436 | 2.181 | 562 | 2.055 | 562 | 2.055 |
| <i>selectief ingezameld</i> | <i>436</i> | <i>126</i> | <i>562</i> | | <i>562</i> | |
| <i>niet selectief ingezameld</i> | | <i>2.055</i> | | <i>2.055</i> | | <i>2.055</i> |
| ander dan verpakkingsafval | | 2.406 | 339 | 2.021 | 385 | 2.021 |
| <i>selectief ingezameld</i> | | <i>385</i> | <i>339</i> | | <i>385</i> | |
| <i>niet selectief ingezameld</i> | | <i>2.021</i> | | <i>2.021</i> | | <i>2.021</i> |
| kunststof uit bouw en sloopafval | | 216 | 54 | 108 | | 216 |
| <i>selectief ingezameld</i> | | | <i>54</i> | | | |
| <i>niet selectief ingezameld</i> | | <i>216</i> | | <i>108</i> | | <i>216</i> |
| land- en tuinbouwfolie | | 38 | 38 | | 38 | |
| <i>selectief ingezameld</i> | | <i>110</i> | | <i>110</i> | | <i>110</i> |
| <i>niet selectief ingezameld</i> | | <i>1.755</i> | <i>1.755</i> | | <i>1.755</i> | |
| papierresidu en restfractie | | 930 | 930 | | 930 | |
| recyclageresidu | | 750 | 750 | | 750 | |
| lichte restfractie | | 180 | 180 | | 180 | |
| textiel- en tapijtafval | 210 | 1.533 | 1.323 | | 1.365 | |
| <i>textielafval</i> | | <i>1.302</i> | <i>1.239</i> | | <i>1.260</i> | |
| <i>industriëel</i> | | <i>1.134</i> | <i>1.113</i> | | <i>1.155</i> | |
| <i>huishoudelijk</i> | | <i>168</i> | <i>126</i> | | <i>105</i> | |
| <i>tapijtafval</i> | <i>210</i> | <i>231</i> | <i>84</i> | | <i>105</i> | |
| rubberbanden | 1.128 | 285 | 1.623 | | 1.902 | |
| shredderafval | 170 | 1.940 | 2.110 | | 2.110 | |
| lichte fractie | | 1.940 | 1.940 | | 1.940 | |
| zware fractie | 170 | | 170 | | 170 | |
| RDF | | | 4.448 | | 4.448 | |
| huishoudelijk en vergelijkbaar bedrijfsafval | | | 4.448 | | 4.448 | |
| TOTAAL | 8.829 | 14.556 | 20.689 | 7.061 | 21.298 | 7.061 |

2.2 Prognoses voor specifieke stromen

2.2.1 RDF uit huishoudelijk en categorie-2-bedrijfsafval²

De inschatting van RDF uit huishoudelijk en categorie-2-bedrijfsafval is gebeurd op basis van de mechanisch-biologische voorbehandelingsinstallaties die momenteel gepland zijn. Daarvoor werden de cijfers overgenomen uit het Ontwerp-Uitvoeringsplan Huishoudelijke Afvalstoffen 2003-2007.ⁱⁱⁱ In het totaal wordt er in het Ontwerp-uitvoeringsplan voorzien dat er 600 kton huishoudelijk en gelijkgesteld bedrijfsafval wordt voorbehandeld. Deze voorbehandeling resulteert in 278 kton RDF.

² De benaming RDF (Refuse Derived Fuel) wordt ook voor andere tot brandstof opgewerkte afvalstoffen gebruikt. In deze studie wordt met RDF echter enkel het RDF uit mechanisch-biologische voorbehandelingsinstallaties voor huishoudelijk en categorie-2-bedrijfsafval bedoeld.

2.2.2 Houtafval

Enkel houtafval dat niet binnen de houtsector zelf verwerkt wordt, wordt hier beschouwd. De prognoses werden overgenomen uit het duurzaamheidsscenario in het ontwerp uitvoeringsplan houtafval. Voor dit scenario werd uitgegaan van volgende veronderstellingen:

- De selectieve inzameling van houtafval van huishoudens bereikt een inzamelpercentage van 75% in 2007;
- De productie van houtafvalafkomstig van huishoudens vermindert met 11% door preventiemaatregelen. Als basis werd het geplande cijfer van het Ontwerp Uitvoeringsplan Huishoudelijke Afvalstoffen 2003 – 2007 genomen;
- Voor de industrie wordt ervan uitgegaan dat deze qua preventie dezelfde resultaten haalt als de huishoudens, bij gebrek aan concrete streefcijfers voor deze sector;
- Er dient minder houtafval uit het grof vuil te worden gesorteerd door de doorgedreven selectieve inzameling;
- Intensieve sensibilisering van de burger zorgt er voor dat minder houtafval thuis wordt verbrand;
- Het (bij)stoken van houtafval buiten de houtsector wordt gemaximaliseerd omwille van hoge energie-efficiëntie.

Voor 2015 wordt een lichte stijging verondersteld van het selectief ingezameld industrieel houtafval.

Het hout van de houtsector dat in aanmerking komt voor thermische valorisatie (buiten de houtsector zelf) is enerzijds houtstof (ongeveer 30 kton) en anderzijds zaagsel (ongeveer 40 kton). Beide stromen zijn onbehandeld hout. Volgens de prognose van OVAM neemt de hoeveelheid hout van de houtsector die vrijkomt op de markt toe tot 150 kton ten koste van de hoeveelheid die intern thermisch wordt gevaloriseerd. Er wordt een stijging verwacht van MDF-stof productie door de toename van de markt voor vloerbedekking. Er wordt eveneens verwacht dat bij een ongewijzigd beleid met betrekking tot hernieuwbare energie en emissiereglementering, er meer houtafval door gespecialiseerde installaties zal worden verwerkt. We gaan ervan uit dat de hoeveelheid hout uit de houtsector zich gelijk verdeelt over houtstof en zaagsel.

Al het selectief opgehaald hout van eindgebruikers dat niet naar recyclage gaat, is behandeld hout. 10 % daarvan is gevaarlijk afval, en valt dus buiten het bestek van deze studie.

Momenteel wordt een aanzienlijk deel hout thermisch gevaloriseerd o.a. in gebouwenverwarming, in niet-vergunde installaties, ... (100 kton). De precieze verwerkingsroutes hiervan zijn niet gekend. Er wordt van uitgegaan dat deze hoeveelheid tegen 2007 mee verwerkt moet worden in de in deze studie beschouwde verwerkingsopties, m.a.w. dat dit hoort tot het thermisch te verwerken afvalaanbod waarvoor verwerkingscapaciteit moet voorzien worden.

2.2.3 Niet-selectief ingezameld hout- en kunststofafval

Een deel van het geïnventariseerde houtafval en kunststofafval wordt opgehaald als deel van een gemengde fractie. Bij de inventarisatie werden inschattingen gemaakt van niet-selectief

opgehaald hout- en kunststofafval, en dit zowel voor huishoudens als voor industriële sectoren. Dit is dus een inschatting van de hoeveelheden hout- en kunststofafval die in gemengd afgevoerde stromen terechtkomen. In totaal gaat het om 150 kton houtafval (waarvan 100 kton industrieel) en 207 kton kunststofafval (waarvan 130 kton industrieel).

In de prognose die OVAM voor houtafval heeft opgesteld worden inspanningen verondersteld voor een verhoogde selectieve ophaling (van zowel huishoudelijk als industrieel houtafval). Deze verhoging heeft tot gevolg dat er meer houtafval naar recyclage gaat, en dat er meer thermisch wordt gevaloriseerd. Deze thermische valorisatie dient volgens het houtafvalplan te worden gemaximaliseerd in elektriciteitscentrales, omwille van de hoge energie-efficiëntie van deze verwerkingswijze.

In de prognose die voor kunststofafval werd opgesteld, wordt uitgegaan van een verhoogde energetische valorisatie van kunststofafvalstromen, die momenteel nog als gemengde stromen worden opgehaald (echter enkel voor huishoudelijk afval). De financiële en milieukundige implicaties van eventuele bijkomende inspanningen om stromen selectief op te halen worden hier niet in rekening gebracht, zodat een afweging hiervan niet mogelijk is.

Een deel van het hout- en kunststofafval in het niet-selectief opgehaalde huishoudelijke en categorie-2-bedrijfsafval zal door verwerking in geplande mechanisch-biologische verwerkingsinstallaties via de RDF fractie beschikbaar worden voor energetische valorisering. Daardoor vermindert de hoeveelheid hoogcalorisch afval dat verbrand of gestort wordt met het huishoudelijk afval.

Een verhoogde selectieve ophaling kan de RDF opbrengst beïnvloeden, of leiden tot een gewijzigde RDF samenstelling (o.a. andere verbrandingswaarde). Met deze gewijzigde samenstelling en verbrandingswaarde wordt echter geen rekening gehouden.

2.2.4 Dierlijk afval

Voor dierlijk afval is de markt zeer onzeker. Aangezien Europa kannibalisme volledig wil bannen, zal de hele sector hertekend moeten worden om nog enigszins aan recuperatie van de melen in de veevoeding te kunnen doen. Zowel de veehouderijen, de slachthuizen, de verwerkers en de veevoederfabrikanten zullen een duidelijke scheiding moeten maken tussen verschillende diersoorten, wat in praktijk mogelijk zal leiden tot gescheiden bedrijven. De vraag blijft of de sector zulke inspanningen wil leveren, met het risico dat de publieke opinie het voederen van melen niet meer zal aanvaarden. Alles zal afhangen van de definitieve vorm van de nieuwe verordening en van de houding van de hele sector tegenover het gebruik van verwerkte dierlijke eiwitten in veevoeding na een verbod van 2 jaar op dit gebruik. Voor dierlijk afval werden gelijke hoeveelheden verondersteld voor de jaren 2001, 2007 en 2015.

2.2.5 Shredderafval

Totaal shredder residu wordt opgedeeld in 9% zware fractie en 91% lichte fractie. Momenteel wordt de totale hoeveelheid lichte fractie gestort in het Vlaamse gewest. In de studie wordt echter enkel rekening gehouden voor de thermische verwerking met de hoeveelheid shredderresidu die in Vlaanderen wordt geproduceerd.

2.2.6 Overige stromen

Voor de overige stromen wordt verondersteld, dat de toenemende hoeveelheid hoogcalorisch afval, ten gevolge van de economische groei, niet beschikbaar zal komen op de markt voor thermische valorisatie. Er wordt verondersteld dat deze hoeveelheden worden gerecycleerd, of voorkomen worden door preventie.

2.3 Gemiddelde samenstelling van HCA-stromen

In de studie werd onderstaande samenstelling, calorische waarde en asgehalten van de afvalstromen gebruikt³.

Tabel 2-3: Samenstelling, calorische waarde en asgehalte van de afvalstromen

| samenstelling in gew% | hout | dierlijk afval | | kunststofafval | papier | | textiel en tar rubberbanden | ASR | | RDF | |
|--------------------------|------|----------------|--------------|----------------|--------|--------------|--------------------------------|-------|---------|------|---------------|
| | | diermeel | dierlijk vet | | residu | restfractie* | | zware | lichte* | | huishoudelijk |
| C | 49,1 | 43,0 | 76,6 | 72,2 | 60,7 | | 45,1 | 79,8 | 38,3 | 46,7 | |
| H | 5,8 | | 12,3 | 7,8 | 10,7 | | 5,8 | 7,5 | 5,3 | 6,2 | |
| O | 44,1 | | 11,1 | | 12,5 | | 30,1 | 1,2 | 11,7 | 29,9 | |
| N | 0,1 | 9,5 | | | 0,2 | | 2,8 | 0,4 | 2,0 | 0,7 | |
| s | 0,1 | 0,6 | | 0,0 | 0,1 | | 0,1 | 1,3 | 0,3 | 0,3 | |
| Cl | 0,1 | 0,6 | | 0,2 | 0,2 | | 0,4 | | 0,6 | | |
| DS% | 90,0 | 95,0 | | 89,3 | 56,0 | | 86,5 | 99,3 | | 67,7 | |
| As (op droge basis) | 6,5 | 17,0 | | 3,7 | 14,3 | | 16,2 | 8,0 | | 16,0 | |
| calorische waarde | | | | | | | | | | | |
| Mj/kg | 15,4 | 17,0 | 39,0 | 27,0 | 15,0 | 12,0 | 21,0 | 35,0 | 17,0 | 20,0 | 16,0 |

* geen samenstelling beschikbaar

2.4 Import en export

2.4.1 Problematiek

Import en export buiten de landsgrenzen maken dat de verwerkingsinfrastructuur voor HCSA niet eenvoudig vast te leggen is. Indien nuttig toegepast geldt voor de hier beschouwde afvalstromen vrij verkeer binnen de Europese Unie.

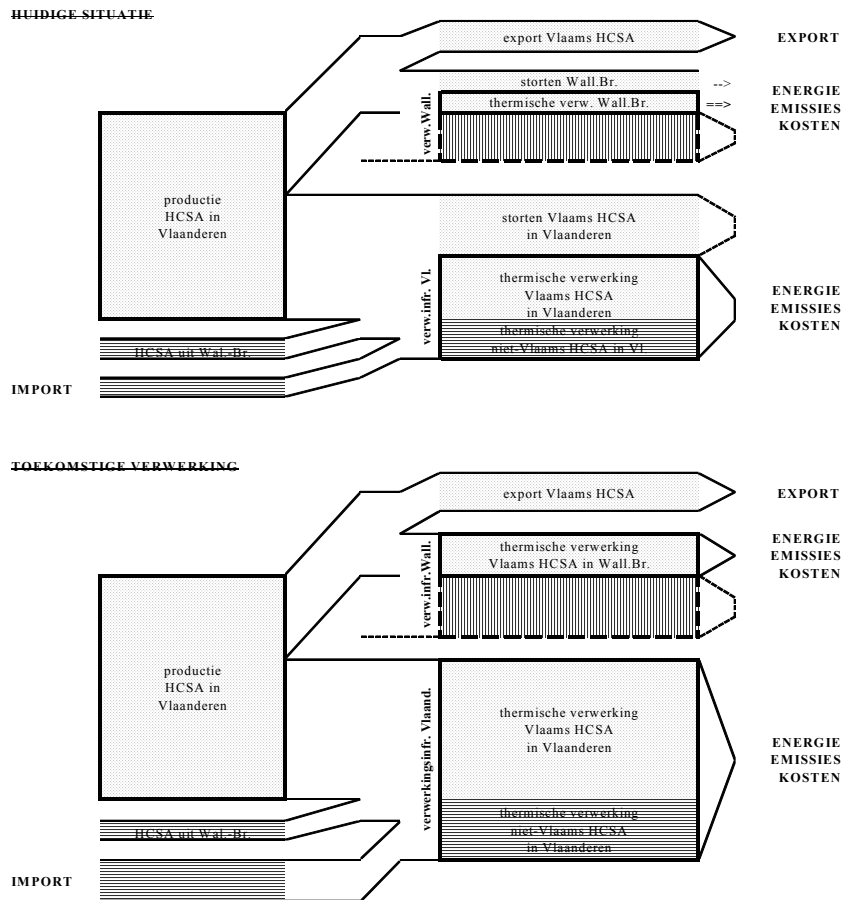
De regionale structuur van België zorgt voor een bijkomende moeilijkheid bij het afbakenen van de grenzen voor de studie. Voor verwerking bestaat er immers een vrije markt binnen de landsgrens. Er zijn dus geen beperkingen op de verwerking van afval over de gewestelijke grenzen. Een deel van het Vlaamse HCSA wordt verwerkt in Wallonië (bv. in de cementindustrie in Wallonië). Met andere woorden, een deel van de verwerkingsinfrastructuur voor HCSA bevindt zich buiten Vlaanderen.

Anderzijds wordt de Vlaamse verwerkingsinfrastructuur deels aangewend voor verwerking van HCSA van Vlaamse herkomst, deels voor verwerking van HCSA dat niet van Vlaamse herkomst is. Dit laatste is op zijn beurt deels afkomstig uit Wallonië en Brussel en deels afkomstig uit regio's buiten België (import).

De situatie wordt in Figuur 2-1 geschetst voor een fictieve HCSA-stroom.

³ phyllis database (<http://www.ecn.nl/phyllis/>)

voor RDF werd gebruik gemaakt van de studie :Vrancken K. Et al., Vergelijking van verwerkingsscenario's voor restfractie van HHA en niet-specifiek categorie II bedrijfsafval.



Figuur 2-1: Overzicht van de huidige en toekomstige situatie rond import en export van afvalstromen

2.4.2 Hoeveelheden

Voor afgevoerde afvalstoffen geldt een jaarlijkse meldingsplicht. Dit wil zeggen dat enkel de afvalstoffen die door de ophalers vanuit hun exploitatiezetels (sorteercentra) werden afgevoerd gemeld dienen te worden. De afvalstoffen die rechtstreeks afgevoerd worden van het bedrijf (producent) naar een derde verwerker dienen niet gemeld te worden door de ophaler. De door de afvalophalers gemelde hoeveelheden zijn dan ook veel lager dan de werkelijke hoeveelheden brandbare bedrijfsafvalstoffen die in Vlaanderen geproduceerd werden.

Vergelijking van gemelde hoeveelheden met de cijfers uit de inventarisatie toont aan dat het hier gaat om zeer gedeeltelijke gegevens. Er kunnen dan ook weinig conclusies uit worden getrokken.

In §6.1 wordt verder uitgelegd hoe met export wordt rekening gehouden in de verschillende scenario's.

3 KEUZE VAN THERMISCHE VERWERKINGSOPTIES

In Deel 2 van deze studie wordt de mogelijke verwerkingsinfrastructuur geïnventariseerd en geanalyseerd. Dit bestond uit het onderzoeken van de huidige verwerkingsinfrastructuur en van een aantal mogelijk inzetbare technologieën.

De eindverwerkingsmatrix (stroom-technologie-combinaties) uit de eerder door Vito voor OVAM uitgevoerde inventarisatieⁱⁱ, werd op basis van de resultaten weergegeven in Deel 2, op een aantal punten aangepast (Figuur 3-1). De matrix geeft een overzicht van thermische verwerkingsopties die voor elke HCSA-stroom potentieel kunnen worden ingezet (voor de periode 2001 – 2015). Deze matrix werd gebruikt als uitgangspunt voor de optimalisering.⁴

| thermische conversie | energetische conversie | hout | | dierlijk | kunststofafval | papierresidu | textiel- en tapijtafval | rubberbanden | shredder | | RDF (huish. + cat.2-bedrijfsafval) |
|---|-------------------------------------|----------|-------------|----------|----------------|--------------|-------------------------|--------------|----------|------------------------------|------------------------------------|
| | | houtstof | houtzaagsel | resthout | | | | | diermeel | dierlijk vet (zie opmerking) | |
| alleenstaande afval-tot-energie | | | | | | | | | | | |
| wervelbedoven | stoomketel (LTP) | | | | | | | | | | |
| decentrale stookinstallatie | warmterecuperatie | | | | | | | | | | |
| decentrale stookinstallatie | stoomketel (WKK) | | | | | | | | | | |
| vastbedvergassing | gasmotor (WKK) | | | | | | | | | | |
| vergassing + smeltreactor | stoomketel (LTP) | | | | | | | | | | |
| coverbranding in industriële processen | | | | | | | | | | | |
| | coverbranding cementoven | | | | | | | | | | |
| integratie in elektriciteitsinfrastructuur | | | | | | | | | | | |
| | directe bijstook kolencentrale | | | | | | | | | | |
| | CFB-vergassing | | | | | | | | | | |
| | CFB-vergassing | | | | | | | | | | |
| | wervelbedoven | | | | | | | | | | |
| | stoomintegratie kolencentrale (HTP) | | | | | | | | | | |
| productie van basischemicaliën | | | | | | | | | | | |
| | vastbedvergassing | | | | | | | | | | |
| | methanolsynthese | | | | | | | | | | |

Figuur 3-1: Eindverwerkingsmatrix: afval-technologiecombinaties voor verwerking van HCSA

⁴ Opmerking: dierlijk vet:

In de optimalisatie werd de cementindustrie als enige optie voor de verwerking van dierlijk vet meegenomen. Dit moet echter worden genuanceerd. Dierlijk vet is een nobele brandstof die o.a. door de cementindustrie tegen positieve prijzen wordt ingekocht. Tijdens de studie bleek dat er meer verwerkingsmogelijkheden zijn waarin dierlijk vet kan worden ingezet (bv. wervelbedverbranding, oleochemie).

O.w.v. het weinig problematische karakter van de verwerking van dierlijk vet werd er in de studie verder weinig aandacht aan besteed. De invloed van het dierlijk vet op de resultaten en zeker op de besluiten is beperkt. Het feit dat in deze studie verder enkel de cementindustrie als mogelijke verwerker wordt weerhouden, is een louter pragmatische keuze en mag niet worden geïnterpreteerd als een beperking op de verwerkingsmogelijkheden of als een impliciete aanbeveling.

Enkele technologieën uit de eindverwerkingsmatrix werden niet mee opgenomen in de optimalisatie:

- Vergassing gevolgd door methanolsynthese werd niet weerhouden aangezien uit contacten met de industrie bleek dat er weinig tot geen interesse is om in deze technologie te investeren, zeker niet wanneer het gaat over de verwerking van afvalstoffen, afkomstig van eindgebruikers. Er bestaat wel interesse voor dergelijke projecten wanneer het gaat over de verwerking van eigen afvalstromen (meestal vloeibare reststromen).
- Integratie van stoom uit een wervelbed in een steenkoolcentrale werd als dusdanig niet opgenomen in de optimalisering. Op basis van de analyse van de wervelbedverbranding afzonderlijk kan een vrij goede inschatting van deze laatste optie gemaakt worden, omdat het overgrote deel van de kosten te wijten zullen zijn aan de investeringen in de wervelbedoven.
- Kleinschalige vergassing van houtafval werd niet opgenomen omdat gegevens ontbreken aangezien deze techniek nog volop in ontwikkeling is. De bestaande installaties zijn dan ook slechts pilootinstallaties. Een degelijke vergelijking met andere technieken maken is dus vrijwel onmogelijk.

Voor elke verwerkingstechnologie werd een beschrijving opgesteld (Deel 2 van deze studie), waarin volgende aspecten zijn opgenomen:

- een korte beschrijving van de technologie;
- de actuele en potentiële toepassing, randvoorwaarden;
- technische kengetallen: in- en output van energie en materialen, emissies;
- kosten: investeringskosten, vaste en variabele kosten, technische levensduur.

Voor de inschattingen van kosten en emissies werden een aantal veronderstellingen gemaakt. Deze worden verder verduidelijkt in § 4.2.

De nodige voorbehandeling van het te verwerken materiaal en de kosten van deze voorbehandeling worden besproken in § 4.2.7.

De gegevens uit deze technologiebeschrijvingen werden gebruikt als basis voor de modellering van de verschillende eindverwerkingsopties.

In de loop van de studie werden andere mogelijkheden voor de verwerking van hoogcalorische afvalstromen naar voor geschoven. Zo werd o.a. gewezen op de mogelijke verwerking van hoog-calorisch afval in non-ferrosmelter of in hoogovens. Ook hierop wordt kort ingegaan in Deel 2, § 4.2. Deze mogelijkheden werden niet opgenomen in de modellering van de eindverwerkingsopties.

4 OPTIMALISERING VAN DE VERWERKINGSINFRA-STRUCTUUR

4.1 Beschrijving model

MARKAL is een techno-economisch lineair programmeringsmodel. Het zoekt de combinatie van technieken met de laagste kost, die voldoet aan de extern opgelegde vraag voor eindproducten en/of diensten, in dit geval de vraag naar verwerkingscapaciteit voor specifieke hoeveelheden van stromen van specifiek hoogcalorisch afval.

Het model vertrekt van het bestaande verwerkingsysteem en houdt tegelijkertijd rekening met meerdere stromen en meerdere verwerkingstechnologieën. Daarbij kunnen mogelijke interacties in rekening worden gebracht. Tenslotte wordt rekening gehouden met toekomstige evoluties zowel in de vraag als in het aanbod van technologieën.

De oplossing die MARKAL geeft, is de optimale oplossing over de volledige beschouwde periode (2001 – 2015). Voor het verrekenen van toekomstige kosten en baten wordt een discontovoet gebruikt (m.a.w. toekomstige kosten en baten worden verdisconteerd, en hebben dus een minder grote invloed op de totale systeemkost dan huidige kosten en baten).

De gebruiker van het model geeft zelf volgende gegevens op:

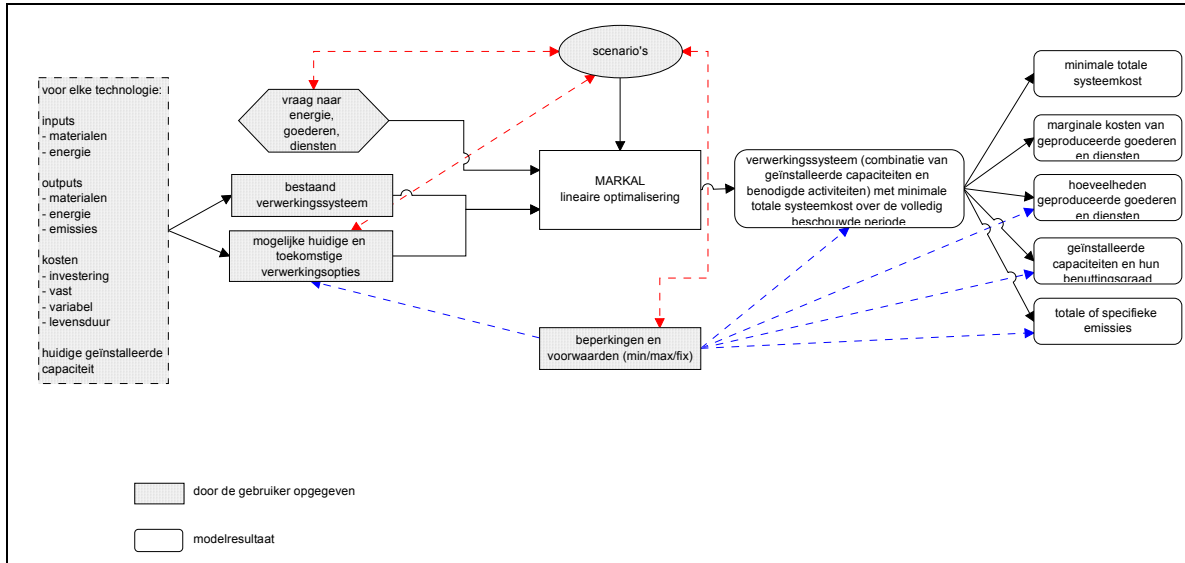
- de vraag naar verwerkingscapaciteit (= het aanbod van HCSA voor thermische verwerking);
- het bestaande verwerkingsysteem;
- de mogelijke huidige en toekomstige verwerkingsopties;
- eventuele beperkingen en voorwaarden;
- voor elke technologie die wordt gedefinieerd inputs (energie, grondstoffen, hulpstoffen, ...), outputs (energie, producten, reststoffen, afvalstoffen, emissies), kosten (investeringen, vaste kosten, variabele kosten), technische levensduur en reeds beschikbare capaciteit.

MARKAL berekent vervolgens:

- totale systeemkost;
- schaduwrijzen van geproduceerde goederen en diensten;
- geproduceerde energie, goederen en diensten;
- geïnstalleerde verwerkingscapaciteiten en hun benuttingsgraad;
- totale of specifieke emissies.

In verschillende scenario's kan het effect van verschillende beleidsopties of evoluties worden nagegaan.

Keuze van technologieën gebeurt in eerste instantie zuiver op basis van kostenminimalisatie. De energie-productie en emissies worden niet geoptimaliseerd. Door het wijzigen van specifieke uitgangspunten of parameters kan wel worden nagegaan hoe energie-productie en emissies kunnen evolueren.



Figuur 4-1: Structuur van het Markal-model

De resultaten van het model zijn uiteraard afhankelijk van de kwaliteit van de ingevoerde gegevens en van de vooropgestelde scenario's. Technisch gezien kan een zeer gedetailleerd model worden uitgewerkt, maar de beperkende factoren zijn tijd- en gegevensbeschikbaarheid. Vandaar dat betrouwbaarheid en precisie van de gegevens moeten worden afgewogen tegen een grotere mate van detail.

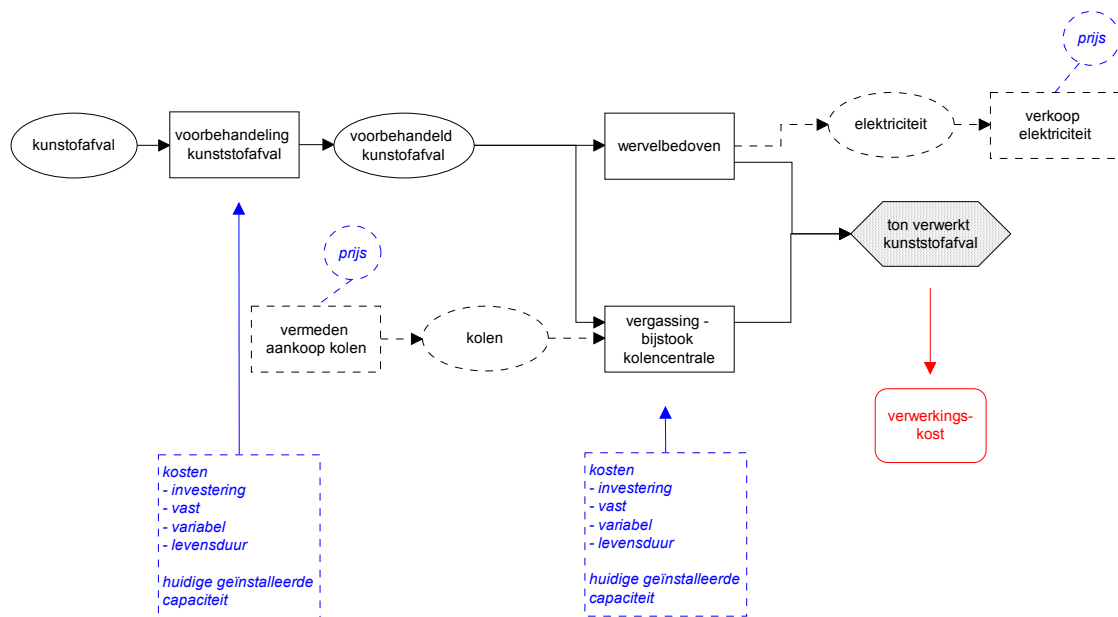
4.2 Gebruikte gegevens en veronderstellingen

4.2.1 Kengetallen afvalstroom-technologiecombinaties

Alle inputgegevens voor de verschillende afvalstroom-technologiecombinaties die gebruikt werden in het optimalisatiemodel, zijn gebaseerd op de technologiebeschrijvingen en de gegevens uit Deel 2 van deze studie en op de hierna volgende methoden en veronderstellingen.

4.2.2 Kostenberekeningen

Voor elke eindverwerkingsoptie worden de kosten en de baten die specifiek verbonden zijn aan de verwerking van afvalstromen in rekening gebracht. Enerzijds zijn dit directe investerings- en werkingskosten. Anderzijds wordt door de inzet van afvalstoffen bijkomende energie geproduceerd, klassieke brand- of grondstoffen uitgespaard, en kunnen eventueel veranderingen optreden in gebruik van hulpstoffen of in de productie van reststoffen.



Figuur 4-2: Schematische voorstelling van de kostenberekeningen

Hierbij wordt een onderscheid gemaakt tussen technologieën die als primair doel hebben afval te verwerken (alleenstaande afval-tot-energie technologieën, zie eindverwerkingsmatrix), en technologieën die een ander primair doel hebben maar waarbij afvalverwerking een bijkomende optie is (bv. cementoven, elektriciteitscentrales) (Figuur 4-2).

Bij alleenstaande afval-tot-energie technologieën gebeurt de volledige basisinvestering in functie van het te verwerken afval. Teruggewonnen energie is een bijproduct. Voor de afvalverbrandingsinstallaties wordt de verkoop van elektriciteit of warmte bijgevolg mee opgenomen in de baten. Ook de volledige “productieprijs” van de elektriciteit (warmte) wordt immers mee opgenomen in het model, de installatie draait immers enkel op afval.

Dit is niet het geval voor de elektriciteitscentrale. De basisinvestering en de basiswerkingskosten van de centrale zelf worden niet in het model opgenomen, enkel de bijkomende kosten van het gebruik van afval in vergelijking met het gebruik van de vervangen normale brandstof. Ook de verkoop van elektriciteit wordt bijgevolg niet volledig als een opbrengst in rekening gebracht. Zo ook wordt bij de cementoven de verkoop van de cement zelf niet in rekening wordt gebracht maar wel de vervanging van brandstoffen of grondstoffen. In het geval van verwerking van afvalstoffen in elektriciteitscentrales of cementovens wordt dus enkel de kost van de vervangen brandstof in rekening gebracht.

Ook de kosten voor voorbehandeling en de kosten of opbrengsten van de verwerking van restproducten worden in rekening gebracht.

Ook voor restproducten geldt dat voor alleenstaande afval-tot-energie-technologieën de volledige kosten (opbrengsten) in rekening worden gebracht, terwijl voor de andere verwerkingsopties het verschil wordt gemaakt met de reststofproductie op basis van de vervangen brandstof.

MARKAL optimaliseert de kosten voor het ganse systeem. Daarbij worden toekomstige kosten en baten verdisconteerd naar het basisjaar. Daarbij werd een discontovoet van 8 % gebruikt.

Voor investeringen worden de totale investeringsuitgaven voor een installatie van een bepaalde omvang opgegeven en een technische levensduur. Voor alle investeringen in elektriciteitsinfrastructuur en in grootschalige alleenstaande afval-tot-energie-installaties werd een technische levensduur van 20 jaar aangenomen. Voor de decentrale installaties en voor de investeringen voor afvalverwerking in de cementindustrie werd een technische levensduur van 15 jaar verondersteld.

Onder de investeringsuitgaven wordt in principe verstaan: de aanschaffingsprijs plus alle bijkomende kosten. De aanschaffingsprijs is de prijs die aan de leverancier moet worden betaald. Bijkomende kosten zijn kosten die gemaakt worden om de voorziening operationeel te maken, zoals voorbereidingskosten, opstartkosten, installatiekosten, ... Deze bijkomende kosten kunnen aanzienlijk zijn, variërend van 30 tot 250 procent van de aanschaffingsprijs. In de praktijk zijn gegevens echter schaars voorhanden, en dikwijls is het niet duidelijk wat er allemaal in de prijs inbegrepen is.

De operationele kosten zijn alle overige kosten die naast kapitaalkosten worden gemaakt om de installatie operationeel te maken en te houden. In de meeste gevallen resulteert de exploitatie ook in opbrengsten en/of besparingen die als negatieve kosten worden beschouwd.

Onder de *vaste operationele kosten* zijn begrepen:

- personeelskosten;
- onderhoud: ingeschat als 3 % van de investeringen;
- verzekeringen en diversen: ingeschat als 2 % van de investeringen.

Onder de *variabele operationele kosten* zijn begrepen:

- verbruik van hulpstoffen;
- verwijderingskosten voor restproducten;

In de technische beschrijvingen werden deze laatste post in fysische termen begroot. Daaraan werd een eenheidsprijs toegekend (zie §4.2.8).

Opbrengsten bestaan ofwel uit de verkoop van nevenproducten (bv. elektriciteit) ofwel uit besparingen door vervanging van conventionele grondstoffen en brandstoffen.

Belastingen, heffingen, fiscale voordelen of subsidies worden niet in rekening gebracht. Er wordt ook geen kapitaals- en/of risicovergoeding in de berekeningen opgenomen. Er wordt m.a.w. geen commerciële marktprijs voor de verschillende systemen berekend, wel de kostprijs in enge zin, die dus lager zal liggen dan de marktprijs. Ook wordt geen rekening gehouden met overheadkosten (administratieve ondersteuning, management, ...). Deze worden geschat op minstens 15 % op de kapitaals- en operationele kosten. Ook hierdoor zal de kostprijs dus lager liggen dan de marktprijs.

Uit het voorgaande is het duidelijk dat er op kostengegevens over het algemeen een grote onzekerheid zit. Bij de interpretatie van de resultaten moet daar dan ook rekening mee worden gehouden. Kleine verschillen in kostprijzen tussen verschillende verwerkingstechnologieën moeten als onbestaande worden beschouwd.

In Tabel 4-1 worden de eenheidsprijzen voor de belangrijkste energiedragers weergegeven. Voor de verkoop van netto geproduceerde elektriciteit wordt de prijs voor levering aan het elektriciteitsnet gebruikt (0.03 €/kWh). Voor elektriciteitsverbruik voor voorbehandeling wordt een aankoopprijs van 0.065 €/kWh aangenomen.

Bij de kostenberekening voor WKK werd aangenomen dat aankopen van het elektriciteitsnet worden vermeden (d.w.z. een opbrengst van 0.065 €/kWh). Stoomproductie wordt verrekend a.h.v. de kosten voor stoomproductie in een klassieke stookinstallatie. Deze worden geschat op 7 €/GJ (bij een aardgasprijs van 5 €/GJ).

Tabel 4-1: Kosten van elektriciteit en brandstoffen

| | |
|-----------------------|-------|
| | €/kWh |
| elektriciteit-verkoop | 0.03 |
| elektriciteit-aankoop | 0.065 |
| | €/GJ |
| steenkool | 2 |
| aardgas | 5 |
| aardolie | 4 |
| petcoke | 1.67 |

4.2.3 Energie

Om de totale energetische recuperatie te kunnen inschatten moet een gemeenschappelijke noemer worden vastgelegd voor de verschillende toepassingen. De ingesloten energie uit de afvalstromen kan immers op verschillende manieren worden gerecupereerd:

- door transformatie tot een energiedrager die in andere processen kan toegepast worden (elektriciteit, stoom);
- door directe toepassing van de energie in een productieproces (cement);
- door het bewaren van (een deel van) de ingesloten energie in producttoepassingen (op de grens met materiaalrecyclage).

Maximalisatie van de recuperatie van energie in enge zin kijkt enkel naar de eerste vorm van energie-recuperatie. In bredere zin en meer logisch worden ook de tweede en derde vorm van toepassing meegerekend.⁵ Dit kan gebeuren door voor elk proces na te gaan hoeveel fossiele brandstof uitgespaard wordt door toepassing van een extra eenheid afval met vorming van eenzelfde nuttig product (elektriciteit, stoom, cement). We noemen dit het “equivalent fossiele energie”. De referentie daarbij is steeds de wijze waarop het nuttig product zou worden geproduceerd als er geen afval beschikbaar zou zijn. Voor de energie-maximalisatie gaan we uit van de vervangen fossiele brandstof.

⁵ Eigenlijk is de productie van elektriciteit een specifieke vorm van toepassing in een productieproces.

Bij de directe bijstook in kolencentrales en vergassing en bijstook van het syngas in kolencentrales gaan we er van uit dat de referentie elektriciteitsproductie op basis van steenkool is aan een rendement van 37%. Voor de afvalverbrandingsinstallaties speelt de vraag of we moeten vergelijken met een gemiddeld fossiel park, dan wel met een kolentrale, dan wel met een STEG. Er wordt aangenomen dat de referentie ook hier steenkool is.

Voor vergassing met bijstook van het syngas in een STEG wordt elektriciteitsproductie in een STEG aan een rendement van 50% als referentie genomen.

Voor decentrale verwerking (WKK – proceswarmte) geldt ook de redenering dat de referentie de wijze is waarop het nuttig product (in dit geval elektriciteit en/of warmte) zou worden geproduceerd als er geen afval beschikbaar zou zijn. Decentrale WKK of productie van proceswarmte hangt niet noodzakelijk samen met de beschikbaarheid van afval. WKK is een optie bij decentrale verwerking van afval, net zoals het dat is bij gebruik van conventionele brandstoffen.

In die logica wordt er dus van uitgegaan dat de warmte en de elektriciteit die de afvalverbrandingsinstallatie levert anders door een WKK (gasturbine) van een gelijkaardig thermisch vermogen zou worden geleverd. Er wordt bijgevolg niet vergeleken met gescheiden opwekking van elektriciteit en warmte.

Nochtans is het in de praktijk, mee onder impuls van de toekenning van Groene Stroom- en WKK-certificaten, dikwijls zo dat een WKK op basis van hout rendabel kan zijn, waar een WKK op basis van fossiele brandstof dat niet zou zijn. In dat geval is een vergelijking met gescheiden opwekking van elektriciteit en warmte eerder aangewezen.

In de verdere scenarioberekeningen voor uitgespaarde energie en emissies (hoofdstuk 6) zal uitgegaan worden van de eerste optie. In § 5.1 wordt echter ook de uitgespaarde primaire brandstof aangegeven in geval van vergelijking met gescheiden opwekking. Deze laatste optie wordt ook aangehouden in de detailstudie rond houtafval.¹

In het geval van levering van proceswarmte vervangt warmte van de afvalverbrandingsinstallatie warmte die anders door een gewone ketel van een gelijkaardig thermisch vermogen zou worden geleverd.

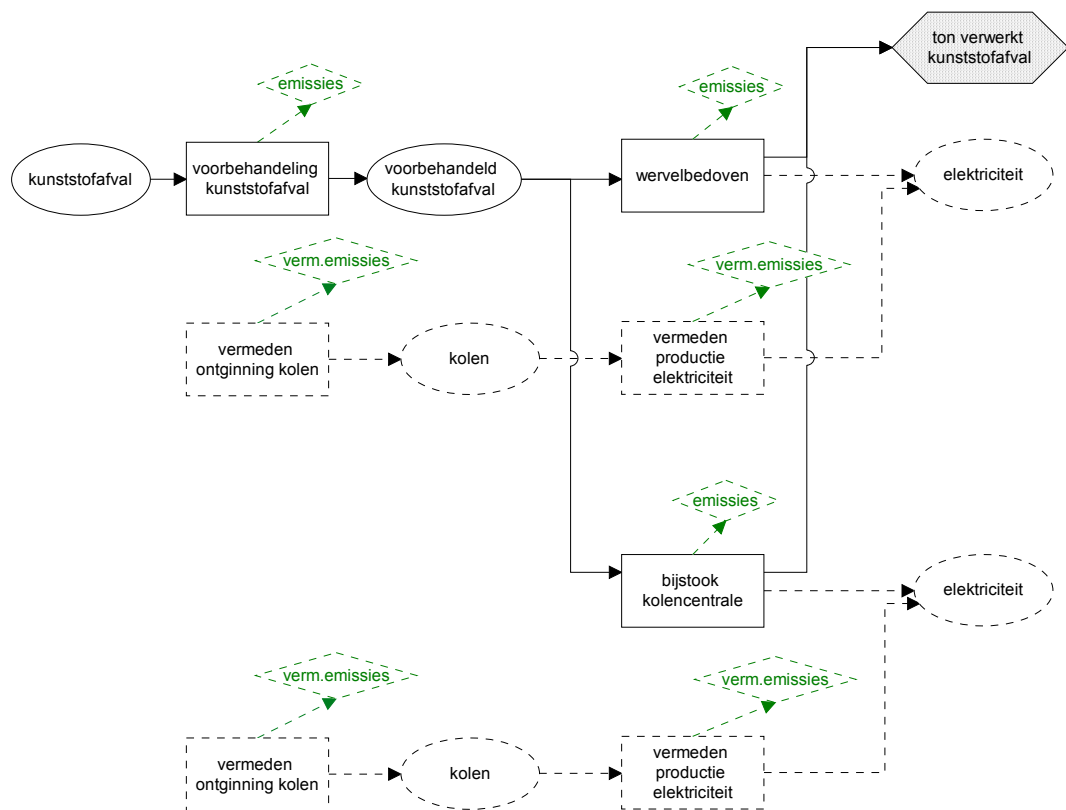
Voor verwerking van hoogcalorisch afval in de cementindustrie wordt ervan uitgegaan dat 1 GJ afval equivalent is met 1 GJ fossiele brandstof (zie Deel 2, § 5.5.).

Voor een inschatting van potentieel uitgespaarde fossiele brandstof voor geëxporteerde afvalstoffen werd uitgegaan van het equivalent fossiele energie van verwerking in een wervelbedoven. In de resultaten wordt dit apart weergegeven.

4.2.4 Emissieberekeningen

- *Algemeen principe*

Figuur 4-3 illustreert de wijze waarop emissies in rekening worden gebracht aan de hand van een (willekeurig) voorbeeld.



Figuur 4-3: Schematische voorstelling van de emissieberekeningen

De systeemgrenzen voor de emissieberekeningen worden bepaald door het afval dat naar thermische verwerking gaat. Belangrijk is de vergelijking tussen verschillende opties voor thermische verwerking. De *volledige directe emissies ten gevolge van de verbranding* worden dus in rekening gebracht. Deze emissies per ton afvalstof kunnen verschillen naargelang de verwerkingsoptie.

Een tweede verschilpunt tussen de verschillende verwerkingsopties is de mate van substitutie van andere brandstoffen en/of grondstoffen. De emissies die zo *vermeden* worden, worden volledig *in mindering gebracht van de totale systeememissies*.

Zo worden, om rekening te houden met de nuttige toepassing (energie-productie, vervanging van grondstof, cementproductie), de emissies afkomstig van de thermische processen op basis van afval verminderd met de emissies die afkomstig zouden zijn van eenzelfde productie van cement, elektriciteit, ... op basis van conventionele grond- en brandstoffen (referentietoestand). Ook de emissies voor winning van uitgespaarde brandstoffen - grondstoffen worden in mindering gebracht. Emissies als gevolg van het eventuele energieverbruik van de voorbehandelingen worden in rekening gebracht, maar niet de emissies t.g.v. eventuele transporten.

Emissies verbonden aan een specifieke afvalstroom-technologie-combinatie zijn steeds de netto-emissies in vergelijking met een referentietoestand. Deze kunnen bijgevolg positief of negatief zijn.

Deze manier van werken laat toe het globale verschil in emissies tussen de verschillende model-oplossingen te berekenen.

Verschillen in emissies van CO₂, SO_x, NO_x, dioxines en stof worden ingeschat. Ook het te storten residu wordt ingeschat.

▪ *CO₂ emissies*

Emissieberekeningen voor CO₂ gebeuren op basis van de C-balans bij de verbranding. Voor elk verwerkingsproces veronderstellen we een volledige omzetting van C in CO₂. Bijgevolg zijn de directe CO₂ emissies enkel afhankelijk van de afvalstof, en niet van de verwerkingstechniek. Volgende tabel geeft een overzicht van de berekende CO₂ emissies op basis van de afvalsamenstellingen in Tabel 4-2. (Ter vergelijking worden de CO₂ emissies bij verbranding van steenkool aangegeven.) Alle hout wordt beschouwd als CO₂-neutraal.

Tabel 4-2: CO₂-emissies o.b.v. de C-balans van afvalstromen

| emissies CO ₂ | dierlijk afval | | kunststofafval | papier | | lel en tapijta | rubberbanden | ASR | | RDF | steenkool |
|-----------------------------|----------------|--------------|----------------|--------|--------------|----------------|--------------|-------|---------|---------------|-----------|
| | diermeel | dierlijk vet | | residu | restfractie* | | | zware | lichte* | huishoudelijk | |
| kg/ton | 1578 | 2809 | 2648 | 2226 | | 1654 | 2926 | 1404 | | 1712 | |
| kg/GJ | 93 | 72 | 98 | 148 | | 79 | 84 | 83 | | 107 | 92 |

* geen samenstelling beschikbaar

▪ *SO_x, NO_x, dioxines en stof*

Voor SO_x, NO_x, dioxines en stof treden bij de praktische uitwerking twee problemen op:

1) *Specifieke afvalgebonden emissiegegevens zijn over het algemeen niet voorhanden.* Bovendien wordt zowel bij de coverbranding van afval in elektriciteitscentrales als in cementovens geen verschillen in emissies in de rookgassen vastgesteld.

Hiervoor zijn drie verklaringen:

- het eventuele effect van het meeverbranden van afval ‘verdunt’ in de totale hoeveelheid brandstoffen;
- emissies van bv. NO_x zijn niet rechtstreeks brandstofgebonden;
- door het effect van de rookgasreiniging is er ook voor brandstofgebonden emissies geen eenduidige relatie tussen afvalsamenstelling en emissies na rookgasreiniging.

Het gevolg is dat we geen specifieke toewijzing van emissies aan specifieke afvalstoffen kunnen doen op basis van empirische gegevens. Omwille van de niet-brandstofgebonden emissies en door de aanwezigheid van rookgasreiniging is een berekening van emissies op basis van de elementaire samenstelling van de afvalstoffen ook niet mogelijk.

2) *Niet voor alle beschouwde technologieën zijn gegevens over reële emissies bekend.* Dit geldt dan vooral voor de emissies van die technologieën waarvan slechts weinig bedrijfservaring voorhanden is (bv. voor vergassing).

Daarom wordt als benadering van de emissies verbonden aan een specifieke afvalstof-technologie-combinatie de daarvoor geldende emissiegrenswaarden gebruikt. De

emissiegrenswaarden worden met behulp van de rookgasvolumes omgezet in maximaal toegelaten emissies per ton verwerkte afvalstof.

Ook de vermeden emissies van elektriciteitsproductie (zie verder) worden dan berekend op basis van de emissiegrenswaarden. Emissies verbonden aan het verbruik van elektriciteit voor voorbehandelingen worden op eenzelfde wijze verrekend als de vermeden emissies van elektriciteitsproductie.

Emissies verbonden aan de extractie van vervangen grond- of brandstoffen worden echter reëel ingeschat op basis van LCA-waarden uit literatuur of databanken.

- *Emissiegrenswaarden*

De emissiegrenswaarden werden bepaald op basis van de geldende wetgeving. In 2001 dienen de installaties te voldoen aan de huidig geldende wetgeving zijnde VLAREM II voor afvalverbrandingsinstallaties, elektriciteitscentrales en decentrale verbrandingsinstallaties. De cementovens dienen te voldoen aan de geldende Waalse wetgeving.

Voor de evolutie van emissiegrenswaarden wordt voor 2007 gekeken naar wat er in de Europese pipeline zit, en wordt ervan uitgegaan dat dat op dat moment in de wetgeving vertaald is.

Dit wil zeggen dat voor de verbanding van afval richtlijn 2000/76/EC wordt toegepast om de emissiegrenswaarden te berekenen. De cementovens vallen eveneens onder deze richtlijn. Voor deze installaties gelden evenwel specifieke voorwaarden.

Voor het meeverbranden van afval in grootschalige stookinstallaties (elektriciteitscentrales) wordt eveneens richtlijn 2001/80/EC in rekening gebracht.

Voor het bijstoken van afval in een installatie welke niet in hoofdzaak wordt gebruikt voor de verbranding van afvalstoffen, moeten de emissiegrenswaarden voor de ganse installatie worden berekend volgens de mengregel zoals vermeld in VLAREM II § 5.2.3.1.5 en richtlijn 2000/76/EC, voor de verbranding van afval. Voor een correcte allocatie volstaat het echter dat op het bijgestookte afvaldeel de emissiegrenswaarden van afvalverbranding worden toegepast. Dit wordt verder toegelicht in bijlage C van Deel 2. Daar wordt ook verder ingegaan op het feit dat er in de mengregel rekening moet worden gehouden met een minimum bijstook percentage van 10%. In het geval slechts 5% wordt bijgestookt, moet toch de mengregel op basis van 10 % bijstook worden toegepast. In Bijlage C wordt aangegeven hoe dit correct kan worden gealloceerd.

Voor 2015 wordt een verdere vermindering t.o.v. 2007 vondersteld van 20% voor alle emissiegrenswaarden.

Indien de emissiegrenswaarden in de nieuwe wetgeving minder streng zijn dan in de huidig geldende wetgeving, worden de strengste normen gehanteerd. Voor de gehanteerde normen wordt verwezen naar bijlage C van Deel 2.

Houtstof en zaagsel in decentrale installaties kan enkel verwerkt worden samen met stukhout (zie Deel 2 § 5.4.). Dit laatste wordt verondersteld steeds behandeld te zijn. Bijgevolg moeten steeds de emissiegrenswaarden van behandeld hout worden toegepast. Dit heeft ook als gevolg dat voor verwerking van houtstof en zaagsel in decentrale installaties

de kosten voor onbehandeld hout (dus met uitgebreide rookgasreiniging) in rekening moeten worden gebracht.

- *Rookgasvolumes*

Voor de rookgasvolumes werden vaste volumes verondersteld, afhankelijk van de calorische inhoud van de afvalstoffen. Deze rookgasvolumes verschillen afhankelijk van het zuurstofoverschot dat vermeld staat bij de te respecteren emissiegrenswaarden in VLAREM.

Wanneer het zuurstofoverschot 6% bedraagt, werd gerekend met een rookgasvolume van 0,4 m³/Mj, bij een zuurstofoverschot van 11%, werd een rookgasvolume van 0,6 m³/MJ gehanteerd.

Voor STEG's dient een zuurstofoverschot van 15% in rekening gebracht te worden. Er werd voor deze installaties gerekend met een rookgasvolume van 0,84 m³/MJ input.

Voor verdere onderbouwing van deze veronderstelling wordt verwezen naar bijlage C van Deel 2.

- *Gevolgen*

Er wordt in de berekeningen geen rekening gehouden met een eventuele toename, noch met een eventuele afname van maximaal toegelaten (MT) emissies als gevolg van een *specifieke afvalstof*. Enkel de *technologiekeuze* kan een invloed hebben. De enige uitzondering hierop is de verbranding van onbehandeld hout waarvoor andere emissiegrenswaarden gelden dan voor behandeld hout of andere afvalstoffen.

Indien de emissiegrenswaarde voor het (co)verbranden van afval niet verschilt van die voor het conventionele proces is het praktische gevolg dat het verschil in directe maximaal toegelaten emissie ten gevolge van het verbranden van afvalstoffen t.o.v. de conventionele brandstof nul is. M.a.w. de vermeden emissies zijn altijd even groot als de directe emissies. (Dit zou trouwens ook zo zijn als we zouden werken met reële niet aan een specifieke brandstof of afvalstof toegewezen emissies i.p.v. met emissiegrenswaarden.) Dit is het geval voor co-verbranding in cementovens, waar we er van uitgaan dat bijstook van afvalstoffen tot de normale, huidige praktijk behoort, of in elektriciteitscentrales in zoverre er geen wijziging in emissiegrenswaarde optreedt bij co-verbranding van afvalstoffen.

Resultaten van deze inschattingen geven niet aan welke verschillen in reële emissies er te verwachten zijn. De gegevensbasis hiervoor is onvoldoende. Mogelijk worden de uiteindelijke reële emissies overschat omdat actoren beter kunnen presteren dan de opgelegde emissiegrenswaarden. De ervaring met afvalverbranding in roosterovens toont aan dat de werkelijke emissies voor een aantal pollutanten ruim beneden de wettelijk bepaalde emissiegrenswaarden liggen.

Tabel 4-3: Voorbeeld van effectieve emissies van een roosteroven, vergeleken met de emissiegrenswaarden voor een afvalverbrandingsinstallatie met een verwerkingscapaciteit tussen 3 en 30 ton/u^{iv}

| | per Nm ³ | emissies | norm |
|----------|---------------------|----------|------|
| stof | g | 0,003 | 0,03 |
| NOx | g | 0,119 | 0,4 |
| SOx | g | 0,042 | 0,3 |
| dioxinen | ngTEQ | 0,027 | 0,1 |

Ook zullen bv. de stofemissies van verbranding van onbehandeld hout hoger ingeschat worden dan die van behandeld hout, omdat de emissiegrenswaarde voor verbranding van onbehandeld hout hoger ligt.

De maximaal toegelaten (MT) emissies geven wel aan hoe de emissies kunnen evolueren indien elke actor zich strikt aan de emissiegrenswaarden houdt (bv. rekening houdend met de wettelijk afdwingbare emissiegrenswaarden, kan een verhoging van de energie-output leiden tot een vermeerdering van emissies, indien meer processen worden ingezet met een relatief hogere emissiegrenswaarde). Eventueel biedt dit de mogelijkheid om in te spelen op emissiegrenswaarden om potentiële negatieve effecten van thermische valorisatie van afvalstoffen te vermijden, of om de eventuele positieve effecten te optimaliseren.

4.2.5 Winning van fossiele brandstoffen

Bij de berekening van de emissies wordt ook rekening gehouden met de (vermeden) emissies van de winning van fossiele brandstoffen. In Tabel 4-4 wordt hiervan een overzicht gegeven.^v

Tabel 4-4: Emissies van winning van fossiele brandstoffen

| | | steenkool | aardgas | aardolie |
|------|-------|-----------|---------|----------|
| CO2 | kg/GJ | 6.3 | 8.5 | 16.0 |
| NO2 | g/GJ | 44.6 | 21.6 | 77.5 |
| SO2 | g/GJ | 63.6 | 44.2 | 102.5 |
| stof | g/GJ | 83.2 | 4.0 | 10.0 |

4.2.6 Emissies van vermeden productie en van gebruik van energiedragers

- *Elektriciteit*

Bij de bijstookconcepten (direct of na vergassing) gaan we er van uit dat de vermeden elektriciteitsproductie op basis van steenkool (resp. gas) is. Voor de afvalverbrandingsinstallaties aangenomen dat alle vermeden elektriciteitsproductie op basis van steenkool is.

De (vermeden) maximaal toegelaten emissies van elektriciteitsproductie worden berekend op basis van emissiegrenswaarden zoals beschreven in paragraaf 4.2.4. De gebruikte emissiegrenswaarden en rookgasvolumes zijn weergegeven in bijlage C van Deel 2. Het

resultaat is weergegeven in Tabel 4-5 voor elektriciteitsproductie op basis van steenkool en in Tabel 4-6 voor elektriciteitsproductie in een STEG. Bij de berekeningen werd uitgegaan van een rookgasvolume van 400 m³/GJ voor steenkool bij 6% O₂-overmaat en van 840 m³/GJ voor aardgas bij 15% O₂-overmaat.

Tabel 4-5: Maximaal toegelaten emissies van elektriciteitsproductie op basis van steenkool (berekend op basis van emissiegrenswaarden)

| | | 2001 | 2007 | 2015 |
|-----------------|--------|------|------|------|
| CO ₂ | kg/GJe | 250 | 250 | 250 |
| NO _x | g/GJe | 703 | 216 | 173 |
| SO ₂ | g/GJe | 270 | 216 | 173 |
| stof | g/GJe | 54 | 54 | 43 |

Bij de berekening van de vermeden emissies blijkt dat voor SO_x en stof de emissies die optreden vóór de eigenlijke elektriciteitsproductie een belangrijke fractie zijn van de totale vermeden emissies (. In het geval van stof zijn deze zelfs vier maal hoger dan de emissies van de kolencentrale zelf. In het geval van SO_x zijn ze van dezelfde grootteorde.

Tabel 4-6: Maximaal toegelaten emissies van elektriciteitsproductie in een STEG-centrale (berekend op basis van emissiegrenswaarden)

| | | 2001 | 2007 | 2015 |
|-----------------|--------|------|------|------|
| CO ₂ | kg/Gje | 112 | 112 | 112 |
| NO _x | g/Gje | 503 | 336 | 268 |
| SO ₂ | g/Gje | 59 | 59 | 47 |
| stof | g/Gje | | 8.4 | 6.7 |

Voor verbruik van elektriciteit (buiten de eigenlijke afvalverwerkingsprocessen, bv. voor voorbehandeling) worden de emissies van elektriciteitsproductie (incl. extractie grondstoffen) in rekening gebracht. Voor emissies worden dezelfde veronderstellingen gehanteerd als voor de vermeden elektriciteitsproductie voor afvalverbrandingsinstallaties.

- *Decentrale verwerking: warmte-kracht-koppeling - proceswarmte*

Bij decentrale verwerking wordt elektriciteit en/of warmte geproduceerd.

Zoals eerder gesteld wordt ervan uitgegaan dat de warmte en de elektriciteit die de WKK-afvalverbrandingsinstallatie levert anders door een WKK (gasturbine) van een gelijkaardig thermisch vermogen zou worden geleverd. In het geval van levering van proceswarmte vervangt warmte van de afvalverbrandingsinstallatie warmte die anders door een gewone ketel van een gelijkaardig thermisch vermogen zou worden geleverd.

Vermeden emissies worden in beide gevallen berekend op basis van de emissiegrenswaarden die van toepassing zijn op kleinschalige stookinstallaties (zie Bijlage C van Deel 2). Vermeden emissies in Tabel 4-7 worden uitgedrukt per GJ brandstof.

Tabel 4-7: Maximaal toegelaten emissies voor decentrale gasturbine (berekend op basis van emissiegrenswaarden)

| | | 2001 | 2007 | 2015 |
|-----------------|---------|------|------|------|
| CO ₂ | kg/GJth | 56 | 56 | 56 |
| NO _x | g/GJth | 125 | 125 | 100 |
| SO ₂ | g/GJth | 29 | 29 | 23 |
| stof | g/GJth | 4.2 | 4.2 | 3.4 |
| dioxinen | mg/GJth | 50 | 50 | 40 |

- *Eigenschappen van gebruikte fossiele brandstoffen*

Voor alle berekeningen met fossiele brandstoffen werd gebruik gemaakt van de verbrandingswaarden en asgehalten in Tabel 4-8.

Tabel 4-8: Verbrandingswaarden en asgehalten van fossiele brandstoffen

| | steenkool | aardgas |
|-----------------------------|-----------|---------|
| verbrandingswaarde (GJ/ton) | 25.3 | 48 |
| asgehalte (gew%) | 15 | 0 |

- *Emissies van export*

Voor geëxporteerde afvalstoffen werden de emissies ingeschat op basis van de maximaal toegelaten emissies voor een wervelbedoven volgens de hierboven beschreven werkwijze (zowel de directe emissies als de vermeden emissies). De “geëxporteerde emissies” worden in de resultaten apart weergegeven.

4.2.7 Voorbehandeling

- *Algemeen*

Een aantal aangeboden afvalstoffen zijn reeds verkleind in voorafgaande processen. Dit is het geval voor houtstof, zaagsel, dierlijk afval, papierresidu, RDF, shredderafval. Zij kunnen zonder verdere voorbehandeling ingezet worden in thermische processen.

Voor stukhout (hout van eindgebruikers), kunststoffen en tapijtafval wordt aangenomen dat ze eerst verder verkleind moeten worden. Rubberbanden kunnen in sommige gevallen in hun geheel worden verwerkt in cementovens. In andere gevallen moeten zij echter ook worden verkleind.

- *Kostprijzen*

Kosten en energiecijfers voor verkleining worden weergegeven in de volgende tabel^{vi}.

Tabel 4-9: kosten en energieverbruik voor verkleining

| | kost | energieverbruik |
|------------|-----------|-----------------|
| verkleinen | 9 EUR/ton | 0.054 GJe/ton |

Hout van eindverwerkers voor directe bijstook in kolencentrales moet verpoederd worden. Kosten en energie daarvoor worden gegeven in het deel rond directe bijstook in kolencentrales.

4.2.8 Verwerking van reststoffen

- *Algemeen*

Bij de meeste thermische verwerkingsprocessen ontstaan asresten en een rookgasreinigingsresidu. Enkel bij de verwerking van afvalstoffen in een klinkeroven is dit niet het geval. Daar worden de asresten integraal in de klinker opgenomen.

De gebruikelijke toepassingen van deze asresten en rookgasreinigingsresidu's worden weergegeven in deel 2 van de studie.

Bij verwerking van afvalstoffen in een wervelbedoven wordt ervan uitgegaan dat de bodemassen kunnen worden hergebruikt als secundair bouw materiaal, terwijl de vliegassen en het rookgasreinigingsresidu moeten worden gestort op een categorie-1-stortplaats (na immobilisatie in het geval van rookgasreinigingsresidu).

De assen van een steenkoolcentrale kunnen normaal integraal worden hergebruikt. De bodemassen kunnen worden gebruikt als secundair bouw materiaal, de vliegassen kunnen worden gebruikt als toeslagstof in de klinkerproductie. Ook gips van de ontzwavelingsinstallatie kan worden hergebruikt. Zowel voor directe bijstook in een kolencentrale als voor de combinatie vergasser-bijstook kolencentrale wordt ervan uitgegaan dat de assen van de afvalstoffen zich volgens dezelfde verhouding verdelen als voor de steenkoolcentrale (zie Deel 2, § 5.7.).

Voor de combinatie vergasser-bijstook STEG wordt uitgegaan van dezelfde verdeling en toepassingsmogelijkheden van bodemassen, vliegassen en rookgasreinigingsresidu als bij een wervelbedoven.

Het te storten residu zal, voor eenzelfde afvalstof, omwille van de grotere mogelijkheden voor hergebruik lager liggen bij co-incineratie van afvalstoffen in de elektriciteitscentrale dan bij verbranding in een wervelbedoven. Dit gaat er echter wel van uit dat de kwaliteit van de vliegassen van de elektriciteitscentrales niet wordt aangetast door de meeverbranding van afval, zodat ze dezelfde afzetmogelijkheden behouden (zie echter ook 6.5.1).

Door het hergebruik van asresten wordt het gebruik van primaire grondstoffen vermeden. Vermeden emissies of energieverbruik hiervoor werden echter niet in rekening gebracht, daar dit een grondige studie vergt van de hergebruiksmodaliteiten. Dit valt buiten de mogelijkheden voor deze studie. Enkel in het geval van de verwerking van afvalstoffen in een klinkeroven werd rekening gehouden met vermeden gebruik van primaire grondstoffen.

De asrest bij elektriciteitsproductie op basis van steenkool ligt een heel stuk hoger dan deze voor een aantal van de beschouwde afvalstromen, bv. hout, kunststof, diermeel. Indien een deel van de steenkool voor elektriciteitsproductie vervangen wordt door afval zal het aanbod van de (herbruikbare) assen zal verminderen. Bijgevolg zal dan een deel van deze secundaire grondstoffen opnieuw door primaire grondstoffen moeten worden vervangen. Deze secundaire effecten worden hier echter niet mee opgenomen.

Uiteraard zal het te storten residu in alle gevallen vele malen lager zijn dan bij een volledig storten van de beschouwde afvalstroom.

▪ *Kostprijzen*

Kostprijzen voor de verwerking van vliegassen van steenkoolcentrales worden weergegeven in het Deel 2 van deze studie. Bodem- en ketelassen worden verwerkt in de wegebouw. Hieraan worden geen kosten of opbrengsten toegekend.

Voor de te storten fractie worden de kosten van het storten in rekening gebracht.

- vliegas: storten op categorie I stortplaats aan 107,50 €/ton
- rookgasreinigingsresidu: immobilisatie en storten op categorie I stortplaats; totale kost: 157 €/ton

5 RESULTATEN ONAFHANKELIJK VAN OPTIMALISERING

Een aantal resultaten staan los van de modelering en van de scenario's die daar worden doorgerekend. Zij worden hier eerst weergegeven omdat zij deels de resultaten van de optimalisering kunnen verklaren.

5.1 Equivalent fossiele brandstof (uitgespaarde primaire brandstof)

Het equivalent fossiele brandstof (zie §4.2.3) wordt voor de verschillende verwerkingstechnologieën weergegeven in Tabel 5-1.

In de tabel wordt telkens het energetisch rendement aangegeven voor productie van het betrokken nuttig product met afval als energiebron enerzijds en met fossiele brandstof anderzijds. De verhouding van beide is het equivalent fossiele brandstof (GJ/GJ). Dit komt overeen met de uitgespaarde primaire energie.

Tabel 5-1: Equivalent fossiele brandstof (uitgespaarde primaire brandstof)

| | | nuttig product | rendement afval | rendement fossiel | equivalent fossiele brandstof (GJ/GJ) |
|---|--------------------------------------|------------------------|-----------------|-------------------|---------------------------------------|
| <i>alleenstaande afval-tot-energie</i> | | | | | |
| wervelbedoven | stoomketel (LTP) | elektriciteit | 22,5% | 37% | 0,61 |
| decentrale stookinstallatie | warmterecuperatie | warm water | 80% | 90% | 0,89 |
| decentrale stookinstallatie | stoomketel (WKK) | stoom | 55% | 55% | 0,69 |
| | | elektriciteit | 15% | 35% | |
| | | stoom elektriciteit | 55% 15% | 85% 50% | 0,95 |
| <i>coverbranding in industriële processen</i> | | | | | |
| coverbranding cementoven | | klinker | 42% | 42% | 1,00 |
| <i>integratie in elektriciteitsinfrastructuur</i> | | | | | |
| directe bijstook kolencentrale | stoomketel (HTP) | elektriciteit | 37% | 37% | 1,00 |
| CFB-vergassing | bijstook in stoomketel kolencentrale | elektriciteit | 31,5% | 37% | 0,85 |
| CFB-vergassing | bijstook in turbine STEG | elektriciteit | 41% | 50% | 0,82 |

Voor directe bijstook in kolencentrales en voor verwerking in de cementindustrie wordt 1 GJ primaire brandstof uitgespaard per GJ hoogcalorisch afval. Voor vergassing en bijstook in kolencentrales of STEG's ligt dit tussen 0,80 en 0,85 GJ/GJ. Voor decentrale stookinstallaties is er een vrij groot verschil tussen enkel warmterecuperatie enerzijds (ongeveer 0,9 GJ/GJ) en WKK anderzijds (ongeveer 0,7 GJ/GJ). Dit is een gevolg van de vrij lage elektriciteitsproductie in vergelijking met WKK op basis van fossiele brandstof (gasturbine). Ter vergelijking is in de tabel ook het equivalent fossiele brandstof opgenomen bij vergelijking met gescheiden opwekking. In dat geval ligt dit iets hoger dan dat voor enkel warmteproductie.

Voor wervelbedverbranding tenslotte ligt dit rond 0,6.⁶

De hier beschouwde wervelbedoven verbrandt hoogcalorische afvalstromen zonder bijmenging van slib. Bij de gemengde verwerking van slib en hoogcalorisch afval zoals voorzien in de wervelbedoven van Indaver in Beveren, wordt 1 GJ slib verwerkt per 15 GJ afval. In vergelijking met gescheiden verbranding van hoogcalorisch afval enerzijds en van slib anderzijds (volgens BBT-uitgangspunt, en dus zonder verbruik van bijkomende steunbrandstoffen^{vii}) is er een lichte winst in de vorm van de elektriciteit die in geval van co-incineratie gewonnen wordt uit het verbrande slib. Anderzijds wordt voor co-verwerking van hoogcalorisch afval en slib de voorkeur gegeven aan RFB, waarvoor het rendement iets lager ligt dan voor CFB (zie Deel 2, § 5.3.). De totale elektriciteitsproductie blijft daardoor nagenoeg ongewijzigd. Voor verdere berekeningen van de uitgespaarde fossiele brandstof werd uitgegaan van het cijfer voor gescheiden verbranding van hoogcalorische afval.

5.2 Verwerkingskosten

De verwerkingskost in een bepaalde installatie wordt berekend in de veronderstelling dat de installatie op haar volle capaciteit gebruikt wordt gedurende haar volledige levensduur. Voor de berekening van de verwerkingskosten in onderstaande tabellen werd rekening gehouden met alle kostengegevens en uitgangspunten in §4.2.2 en de kostengegevens in de technologie-analysen in Deel 2. De baten van de afvalverwerking (verkoop van nuttig product, uitgespaarde energie- of materiaalkosten) zijn dus meegerekend in deze verwerkingskost. De investeringskosten werden geannualiseerd, rekening houdend met een interestvoet van 8%. Eventuele kosten voor voorbehandeling (verkleinen) zijn mee opgenomen in de verwerkingskosten.

Een **positieve** verwerkingskost wil zeggen dat de eventuele baten uit afvalverwerking (bv. energie-opbrengsten, uitgespaarde energiekosten) lager zijn dan de kosten. Deze verwerkingskost komt dus neer op de prijs die de aanbieder van het afval minimaal zou moeten betalen opdat de verwerker uit de kosten zou geraken. Een **negatieve** verwerkingskost geeft aan dat de baten uit de afvalverwerking de kosten overtreffen. In principe kan een afvalverwerker dus bereid zijn aan de aanbieder een prijs te betalen voor het te verwerken afval.

Deze verwerkingskost mag niet zomaar geïnterpreteerd worden als een marktprijs. De marktprijs komt normaal tot stand op het niveau van de marginale technologie. Deze kan dus hoger liggen dan de prijs van een individuele verwerkingsoptie.

In § 4.2.2 werd ook reeds aangegeven dat o.w.v. verschillende redenen de hier weergegeven werkingskosten een onderschatting kunnen zijn van de werkelijke kosten. Bovendien wordt de verwerkingskost hier berekend rekening houdend met de ganse technische levensduur van de installatie. In werkelijkheid zal de afschrijftermijn voor de installatie lager liggen. Deze termijn zal korter zijn naarmate de toekomstige kosten en baten van de investering moeilijker in te schatten zijn.

Tabel 5-2 geeft de verwerkingskosten in EUR/ton.

⁶ Indien we er van uitgaan dat elektriciteitsproductie in een STEG wordt vervangen, daalt het equivalent fossiele brandstof voor wervelbedverbranding tot 0,45 GJ per GJ afval die wordt verwerkt.

Tabel 5-3 geeft de kosten in EUR/GJ. Verwerking in de cementindustrie is over het algemeen de goedkoopste optie. De verwerkingskosten zijn licht negatief tot licht positief. Daarna volgt de bijstook in steenkoolcentrales. Bijstook in een STEG is duurder omwille van de syngasreiniging. Wervelbedverbranding is, met uitzondering van de verwerking van shredderafval (of rubberbanden) in een vergasser met smeltreactor, de duurste optie.

Er werd bij de kostenberekening voor wervelbedverbranding uitgegaan van de verbranding van uitsluitend hoogcalorische afvalstromen, en niet van de co-verbranding van hoogcalorisch afval en slib. Voor co-verbranding van slib en hoogcalorisch afval (in een verhouding van 1 ton slib (aan 1 GJ/ton) per ton hoogcalorisch afval (aan 15 GJ/ton), zie Deel 2, § 5.3) wordt de meerkost van de verwerking geschat op 20 tot 30 % (+0,8 tot +1,2 EUR/GJ). Anderzijds moeten dan ook de opbrengsten van de slibverwerking (“gate fee”) in rekening worden gebracht. Deze kan ingeschat worden op basis van de kost voor mono-incineratie van slib: 60 tot 75 EUR/ton slib of 3,5 tot 4,5 EUR/GJ afval. De netto verwerkingskost ligt dan rond 0,5 tot 1,5 EUR/GJ. Deze optie is dus competitief met de verwerking in elektriciteitscentrales, maar hangt af van de beschikbaarheid van slib, en van eventuele andere slibverwerkingstechnieken. In het kader van deze studie werd hierop niet verder ingegaan. In de modelberekeningen wordt voor eventuele bijkomende investeringen in wervelbedverbranding uitgegaan van de optie enkel verbranding van hoogcalorische afvalstromen zonder bijmenging van slib.

Tabel 5-2: Verwerkingskosten voor de verschillende stroom-technologiecombinaties (EUR/ton)⁷

| thermische conversie | energetische conversie | hout | | | dierlijk | | kunststofafval | papierresidu | textiel- en tapijtafval | rubberbanden heel | rubberbanden verkleind | shredder | | RDF (huish.-+cat.2-bedrijfsafval) | |
|---|--------------------------------------|----------|-------------|----------|----------|--------------|----------------|--------------|-------------------------|-------------------|------------------------|---------------|----------------|-----------------------------------|----|
| | | houtstof | houtzaagsel | resthout | diermeel | dierlijk vet | | | | | | zware fractie | lichte fractie | | |
| alleenstaande afval-tot-energie | | | | | | | | | | | | | | | |
| wervelbedoven | stoomketel (LTP) | | 54 | 67 | 68 | | 101 | 52 | 89 | | | | | | 62 |
| kleinschalige stookinstallatie | warmterecuperatie | 2 | 2 | 52 | | | | | | | | | | | |
| kleinschalige stookinstallatie | stoomketel (WKK) | -13 | -13 | 35 | | | | | | | | | | | |
| vergassing + smeltreactor | stoomketel (LTP) | | | | | | | | | | 256 | 176 | 206 | | |
| coverbranding in industriële processen | | | | | | | | | | | | | | | |
| | coverbranding cementoven | | -10 | | 13 | | -1 | | 10 | 14 | 2 | 0 | | | |
| integratie in elektriciteitsinfrastructuur | | | | | | | | | | | | | | | |
| directe bijstook kolencentrale | stoomketel (HTP) | -23 | | 31 | | | | | | | | | | | |
| CFB-vergassing | bijstook in stoomketel kolencentrale | | 20 | 30 | | | 45 | 18 | 24 | | | | | 21 | |
| CFB-vergassing | bijstook in turbine STEG | | 37 | 50 | | | 71 | 37 | 61 | | | | | 44 | |

⁷ Voor dierlijk vet: zie opmerking hoofdstuk 3.

Tabel 5-3: Verwerkingskosten voor de verschillende stroom-technologiecombinaties (EUR/GJ)

| thermische conversie | energetische conversie | hout | | dierlijk | | kunststofafval | papierresidu | textiel- en tapijtafval | rubberbanden | rubberbanden verkleind | shredder | | RDF (huish.+cat.2-bedrijfsafval) |
|---|--------------------------------|----------|-------------|----------|----------|----------------|--------------|-------------------------|--------------|------------------------|--------------|---------------|----------------------------------|
| | | houtstof | houtzaagsel | resthout | diermeel | | | | | | dierlijk vet | zware fractie | |
| alleenstaande afval-tot-energie | | | | | | | | | | | | | |
| wervelbedoven | stoomketel (LTP) | 3.5 | 4.3 | 4.0 | | 3.7 | 3.9 | 4.2 | | | | | 3.9 |
| kleinschalige stookinstallatie | warmterecuperatie | 0.2 | 3.3 | | | | | | | | | | |
| kleinschalige stookinstallatie | stoomketel (WKK) | -0.8 | 2.3 | | | | | | | | | | |
| vergassing + smeltreactor | stoomketel (LTP) | | | | | | | | | 10.3 | 10.3 | 10.3 | |
| coverbranding in industriële processen | | | | | | | | | | | | | |
| | coverbranding cementoven | -0.7 | | 0.8 | | 0.0 | | 0.5 | 0.6 | 0.1 | 0.0 | | |
| integratie in elektriciteitsinfrastructuur | | | | | | | | | | | | | |
| | directe bijstook kolencentrale | 0 | | 2.0 | | | | | | | | | |
| | CFB-vergassing | | 1.3 | 2.0 | | 1.7 | 1.3 | 1.1 | | | | | 1.3 |
| | CFB-vergassing | | 2.4 | 3.2 | | 2.6 | 2.8 | 2.9 | | | | | 2.7 |

In de berekeningen is verbranding in de decentrale WKK door de hogere energie-opbrengsten goedkoper dan in de decentrale stookinstallatie met enkel warmterecuperatie. Deze cijfers moeten echter genuanceerd worden. Uit de resultaten van de detailstudie rond houtafval¹ blijkt WKK eerder de duurdere optie te zijn. De resultaten van deze laatste studie waren echter pas beschikbaar op het moment dat de berekeningen voor deze studie reeds gedaan waren, en niet meer konden herwerkt worden. Voor behandeld hout is de verwerkingskost in een decentrale WKK vergelijkbaar met bijstook in kolencentrales.

In de tabellen worden de kosten voor behandeld en onbehandeld hout weergegeven. Er is een groot prijsverschil tussen decentrale verwerking van onbehandeld en behandeld hout, enerzijds o.w.v. de verschillende vereisten op vlak van rookgasreiniging, anderzijds door de kosten voor voorbehandeling van behandeld hout. Het hier beschouwd onbehandeld hout is houtstof of zaagsel dat geen verdere verkleining nodig heeft. Het behandeld hout is hout van eindgebruikers (stukhout). In de praktijk kan zoals eerder gezegd het houtstof en het zaagsel echter enkel samen met stukhout in eenzelfde installatie worden verbrand. Bijgevolg zijn de verwerkingskosten voor behandeld hout ook van toepassing op onbehandeld hout (met een kleine correctie voor voorbehandeling).

Het verschil in kosten voor rookgasreiniging is niet doorgetrokken naar de grootschalige verwerking in kolencentrales vermits er daar van uitgegaan wordt dat enkel die kolencentrales die reeds voorzien zijn van deSO_x en deNO_x in aanmerking komen voor bijstook. Het prijsverschil tussen behandeld en onbehandeld hout is daar dus louter te wijten aan de kostprijs voor het verkleinen (ong. 10 EUR/ton).

Het verschil in kosten tussen verwerking van behandeld hout in decentrale WKK en in bijstook in steenkoolcentrales is klein. In de modelresultaten zal dit kleine verschil er toe leiden dat waar mogelijk de voorkeur wordt gegeven aan bijstook in steenkoolcentrales.

In geval van vergassing en bijstook in een STEG is er een bijkomende kost voor de syngasreiniging en voor de verwerking van reststoffen.

Thermische valorisering van shredderafval en/of rubberbanden in een vergasser met smeltreactor tenslotte valt in vergelijking met de andere afvalstromen erg duur uit. In het geval van de lichte fractie van het shredderafval is er echter geen alternatief voorhanden.

De **elektriciteitsopbrengsten** hebben een grote invloed op de verwerkingskost. Zo is het kostenvoordeel van de vergasser-STEg t.o.v. wervelbedverbranding grotendeels te wijten aan de hogere elektriciteitsopbrengsten.

Anderzijds zullen kleine verschillen in rendementen weinig doorslaggevend zijn. In Figuur 5-1 wordt aangegeven wat het effect is van een verondersteld rendement van 34% (i.p.v. 31,5%) voor de vergasser met bijstook in een kolencentrale, en 45% (i.p.v. van 41%) voor de vergasser-STEg-combinatie. Hoewel niet helemaal verwaarloosbaar, is dit toch niet doorslaggevend in een onderlinge kostenvergelijking van de verschillende technologieën.

De **elektriciteitsprijs** heeft een doorslaggevende invloed. In de figuur wordt weergegeven wat het effect is van een vergoeding voor “groene stroom” van 0,025 EUR/kWh, toegekend aan de productie van elektriciteit uit hout. De onderlinge kostenverhoudingen tussen de verwerkingstechnologieën wordt hierdoor grondig dooreengeschud. De grootschalige verwerking in de elektriciteitssector wordt nu duidelijk goedkoper dan de decentrale WKK. Dit effect zal nog sterker zijn als de vergoeding voor groene stroom nog hoger wordt. De “groene stroom”-effect wordt verder geanalyseerd in het Groene Stroomscenario (§ 6.3).



“rendement”: rendement van 34% (i.p.v. 31,5%) voor de vergasser met bijstook in een kolencentrale, en 45% (i.p.v. van 41%) voor de vergasser-STEg-combinatie

“groene stroom”: vergoeding voor “groene stroom” van 0,025 EUR/kWh, toegekend aan de productie van elektriciteit uit hout

Figuur 5-1: Gevoeligheid van de verwerkingskost aan het energetisch rendement en de elektriciteitsprijs

Tenslotte kunnen ook de **hoeveelheid assen** die worden geproduceerd, en de **hergebruikmogelijkheden** van die assen een belangrijke invloed hebben op de

verwerkingskost. De grootste onzekerheden zitten daar in de hoeveelheid bodem- en vliegassen die in de vergassingsopties worden geproduceerd, en hoe deze kunnen worden aangewend (zie § 4.2.8).

5.3 Emissies

5.3.1 CO₂

De CO₂-emissies bij verbranding van de verschillende afvalstoffen werden eerder weergegeven in Tabel 4-2. In Figuur 5-2 worden voor de verschillende afvalstromen de CO₂-emissies weergegeven per GJe die eruit geproduceerd wordt bij verschillende typische rendementen. De CO₂-emissies per GJe nemen toe naarmate het energetisch rendement afneemt. Voor hout werd aangenomen dat er geen CO₂-emissies zijn.

Daarnaast werden de CO₂-emissies aangegeven bij productie van elektriciteit uit steenkool (ongeveer 270 kg/GJe⁸, rode lijn) en bij productie van elektriciteit in een STEG (ongeveer 130 kg/GJe⁸, blauwe lijn). Dit zijn dus de emissies die vermeden worden bij productie van elektriciteit uit afval.

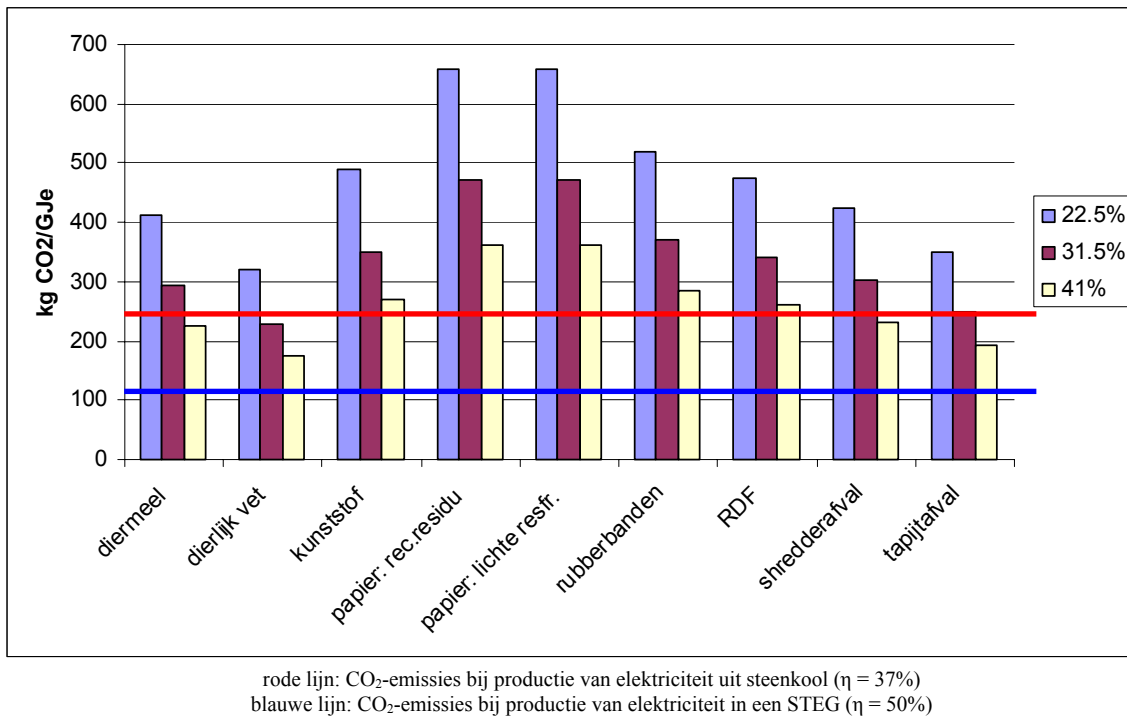
Bij een rendement van 22,5 % liggen de effectieve CO₂-emissies hoger dan de vermeden CO₂-emissies voor elektriciteitsproductie uit steenkool. Verbranding met energierecuperatie leidt dus niet noodzakelijk tot het vermijden van CO₂-emissies. In grote lijnen kan gesteld worden dat de emissies bij hogere rendementen (35%) vergelijkbaar zijn met elektriciteitsproductie uit steenkool.⁹

Bij vergassing van afval en bijstook in een STEG worden de vermeden emissies van de STEG-centrale in rekening gebracht. Die zijn in alle gevallen lager dan de effectieve emissies. De vermeden CO₂-emissies bij bijstook in een STEG-centrale zijn lager dan de vermeden emissies bij bijstook in een steenkoolcentrale of verbranding in een wervelbedoven (waar verondersteld werd dat elektriciteitsproductie in een steenkoolcentrale vervangen wordt).

Globaal kan dus verwacht worden dat de thermische valorisering van de hier beschouwde afvalstoffen (m.u.v. hout) leidt tot netto-CO₂-emissies.

⁸ inclusief emissies vóór verbranding (winning en transport)

⁹ Een gelijkaardige redenering is van toepassing op de productie van warmte of stoom uit afval, of op directe toepassing in productieprocessen (klinkerproductie). Ook in dat geval hangen de vermeden CO₂-emissies af van het vermeden equivalent fossiele brandstof, en zullen de effectieve emissies in het beste geval vergelijkbaar zijn met de vermeden emissies.

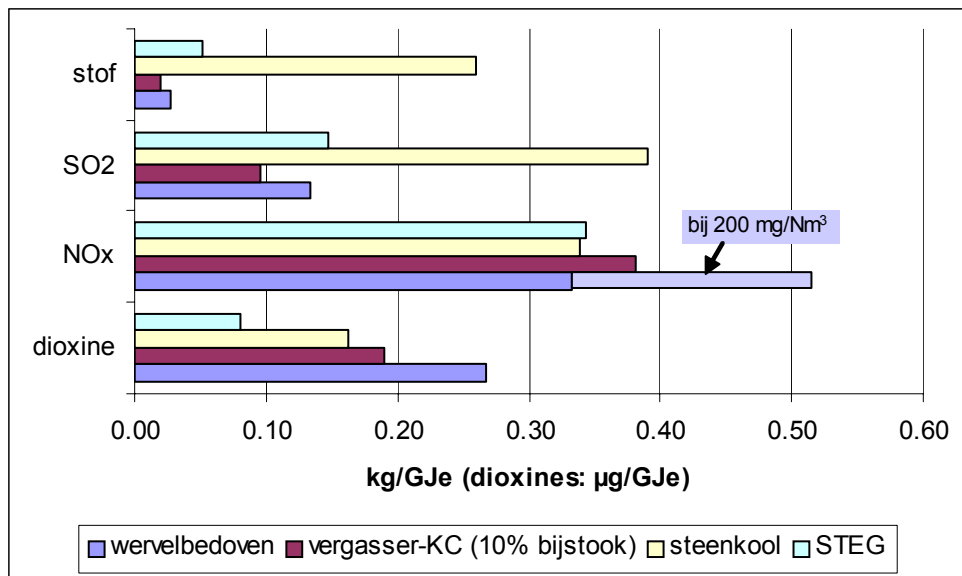


Figuur 5-2: CO₂-emissies per eenheid geproduceerde elektriciteit voor afvalstoffen bij drie typische rendementen, vergeleken met steenkool en aardgas (STEG)

5.3.2 SO₂, NO_x, stof, dioxines

In de onderstaande figuur (Figuur 5-3) worden de maximaal toegelaten (MT) emissies op basis van emissiegrenswaarden vergeleken voor een werfelbedoven met een energetisch rendement van 22,5 %, een vergasser-bijstook KC (rendement 31,5%), een steenkoolcentrale en een STEG. Ook voor de steenkoolcentrale en de STEG werd uitgegaan van emissiegrenswaarden (zie § 4.2.6). Daarbij werden inschattingen van effectieve emissies vóór verbranding (winning en transport) bijgeteld.

Zoals eerder uitgelegd, leidt de berekening op basis van emissiegrenswaarden ertoe dat er in het geval van co-incineratie in een klinkeroven geen verschil is in emissies met en zonder inzet van de hier beschouwde afvalstoffen.



Figuur 5-3: berekende maximaal toegelaten emissievracht per GJe voor productie van elektriciteit uit afval vergeleken met elektriciteit uit een steenkool- en een STEG-centrale

Voor stof en SO₂ is de maximaal toegelaten emissievracht van de wervelbedoven of van de vergasser per GJe lager dan voor de productie van elektriciteit uit steenkool. De netto-maximaal toegelaten emissies (directe – vermeden) zijn dus negatief. Zoals eerder gesteld (§ 4.2.5) hebben de emissies voor productie van de brandstoffen hierin een belangrijk aandeel.

Voor NO_x zijn de maximaal toegelaten directe emissies nagenoeg gelijk aan de vermeden emissies. Voor NO_x-emissies van een wervelbedoven werd uitgegaan van 125 mg/Nm³ (op basis van de vergunning voor de wervelbedoven van Indaver in Beveren). Voor de mengregel voor bijstook daarentegen werd uitgegaan van 200 mg/ Nm³. Daardoor liggen de NO_x-emissies voor vergassing en bijstook in een kolencentrale hoger dan deze voor een wervelbedoven ondanks het hogere rendement van deze laatste. Op de figuur zijn ook de maximaal toegelaten NO_x-emissies voor een wervelbedoven bij een emissiegrenswaarde van 200 mg/Nm³ aangegeven.

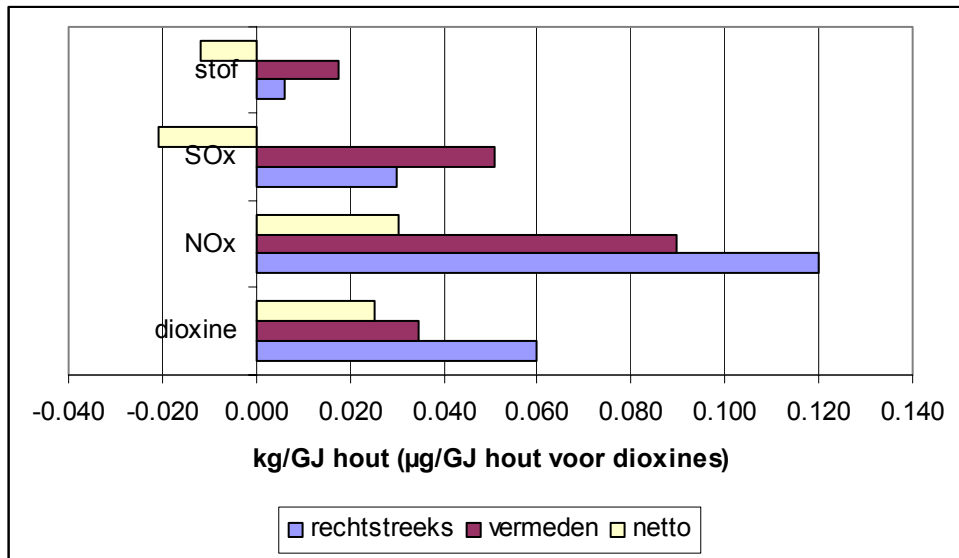
Voor een STEG zijn de maximaal toegelaten stof- en SO₂-emissies een heel stuk lager dan voor de kolencentrale. De vermeden emissies voor de combinatie vergasser-STEG zullen dan ook een heel stuk lager liggen.

De maximaal toegelaten dioxine-emissies per GJe liggen hoger bij de wervelbedoven of de vergasser dan voor productie van elektriciteit uit steenkool of in een STEG-centrale. Dit is zuiver een effect van het rendement. Daar dioxines in elektriciteitscentrales niet genormeerd zijn, werd een emissiegrenswaarde aangenomen die gelijk is aan die voor afvalverbranding.

Voor decentrale installaties met WKK zijn de vermeden MT emissies voor NO_x lager dan de directe MT emissies (Figuur 5-4). Oorzaken hiervan zijn dat de MT emissies bij de vermeden productie ook laag liggen (gasturbine) en dat de productie van energie in vergelijking met een WKK-gasturbine (het uitgespaard fossiel equivalent) relatief laag ligt.

In de modelresultaten zal dit als effect hebben dat naarmate er meer decentrale WKK wordt geplaatst en bv. minder hout wordt verbrand in een wervelbedoven, de netto-MT NOx emissies zullen toenemen.

Voor dioxines speelt hier ook weer zuiver een effect van het rendement dat hoger ligt bij de vermeden productie.



Figuur 5-4: berekende maximaal toegelaten directe, vermeden en netto-emissies per GJ hout voor productie van elektriciteit en warmte uit hout in decentrale installaties

Zowel de maximaal toegelaten emissievracht van de afval(co-)verbranding als die van de vermeden elektriciteits- en warmteproductie zijn gebaseerd op emissiegrenswaarden. De werkelijke emissies kunnen in beide gevallen een stuk lager liggen. In Deel 2 zijn voor een aantal verwerkingstechnieken naast de toepasbare emissiegrenswaarden ook de effectieve emissies weergegeven.

6 RESULTATEN VAN DE OPTIMALISERING

6.1 Scenario's

In Deel 2 van deze studie werd voor de verschillende verwerkingstechnieken ingeschat hoe groot de maximale potentiële inzet is. Zowel voor de cementindustrie als voor verwerking in de elektriciteitssector wordt deze in de eerste plaats bepaald door de bestaande installaties. Voor de elektriciteitssector werd bovendien rekening gehouden met een beperkte draaitijd van een aantal kolencentrales in de toekomst, en met de aanwezigheid van een rookgasreiniging die toelaat de eisen voor co-incineratie van afval te behalen.

In het referentiescenario worden echter nog een aantal bijkomende veronderstellingen gemaakt die rekening houden met een aantal bijkomende randvoorwaarden en gevoeligheden, en met het feit dat nieuwe technologieën slechts langzaam voet aan de grond krijgen.

In Tabel 6-1 worden de gemaakte veronderstellingen voor het **referentiescenario** ("ref") weergegeven.

- Er wordt van uitgegaan dat er in 2007 potentieel ruimte is voor één vergasser voor afval met bijstook van het syngas in een kolencentrale. Rekening houdend met het feit dat de technologie momenteel nog nergens op grote schaal is toegepast, wordt voor de vergasser-STEG-combinatie aangenomen dat grootschalige investeringen ten vroegste in 2009 plaatsvinden.
- Er wordt rekening gehouden met de geplande wervelbedverbrandingsinstallatie in Beveren (co-verbranding van hoogcalorisch afval en slib). Deze wordt als vaste capaciteit in rekening gebracht.
- Theoretisch is er een groot potentieel voor decentrale houtverbrandingsinstallaties buiten de houtsector. Ze hebben momenteel buiten de houtsector echter te kampen met een zwakke acceptatiegraad. Een belangrijke factor daarin is het feit dat heel wat bedrijven niet willen gezien worden als een afvalverwerker. Ze worden ook afgeschrikt door de, in vergelijking met een installatie op fossiele brandstof, strenge emissie-eisen. Tenslotte speelt er momenteel een sterke onzekerheid op de houtmarkt. Er wordt een sterke concurrentie verwacht van het project in Ruien dat mogelijk een deel van het afvalhout uit de markt zal wegzuigen.^{viii} In die omstandigheden valt het niet te verwachten dat veel bedrijven zich zullen wagen op een markt die niet tot hun kernactiviteiten behoort. Er wordt daarom van uitgegaan dat er tegen 2007 slechts plaats is voor een viertal van dergelijke installaties. Daarna kan dit aantal geleidelijk toenemen. In het "decentraal" scenario wordt deze veronderstelling opgeheven en wordt er dus van uitgegaan dat er meer decentrale verwerkingsinstallaties kunnen worden geplaatst.

Naast beperkingen op de verwerkingstechnologieën wordt ook een exportprijs van 4,5 EUR/GJ verondersteld. Deze prijs ligt net boven de verwerkingskost van enkel hoogcalorische afvalstromen in een wervelbedoven (dus zonder co-verwerking van slib).

Als de marginale kost voor een afval-technologie-combinatie in een gegeven jaar hoger ligt dan deze exportprijs, dan zal het model er voor kiezen te exporteren eerder dan in die technologie te investeren.

Tabel 6-1: Uitgangspunten referentiescenario

| SCENARIO | REF |
|-------------------------------------|---|
| vergasser - kolencentrale | tegen 2007 één installatie (50 MWth input) voor de vergassing van afval Na 2007: bijkomende vergassers mogelijk; enkel beperkt door bijstookmogelijkheden kolencentrales |
| vergasser - STEG | eerste grootschalig project (50 MWth input) in 2009; vanaf 2011 tot 2015 bijkomende vergassers mogelijk tot maximale bijstookmogelijkheid gascentrales |
| wervelbedoven | verwerkingscapaciteit minimaal vastgelegd op 3780 TJ/jaar (ong. 233.000 ton/jaar of 150 MWth input) |
| decentrale stookinstallaties | tegen 2007 maximaal vier installaties van 10 MWth input (16,4 kton hout); daarna is verdere uitbreiding mogelijk met 10% per jaar |
| export | exportprijs vastgelegd juist boven verwerkingskost in wervelbedoven (zonder slib): 4,5 EUR/GJ |

In het **Groene Stroomscenario** wordt een vergoeding voorzien van 0,062 EUR/kWh voor stroom geproduceerd uit houtafval. Dit is de helft van de voorzien boete bij het niet-nakomen van de verplichting tot levering van Groene Stroom. De uiteindelijke prijs voor Groene Stroomcertificaten kan in theorie echter oplopen tot het bedrag van de boete zelf (0,125 EUR/kWh). Daarom werd ook nagegaan wat het effect zou zijn van een vergoeding van 0,125 EUR/kWh.

In het **zelfvoorzieningsscenario** (“zelf”) wordt er van uitgegaan dat al het hoogcalorisch afval in Vlaanderen wordt verwerkt. De exportmogelijkheid en de mogelijkheid tot verwerking in de cementnijverheid vervallen. Op dit laatste wordt een uitzondering gemaakt voor zaagsel en dierlijk vet, die beide door de cementindustrie worden ingekocht aan positieve prijzen. Het zaagsel is voor de cementindustrie een noodzakelijke grondstof bij de verwerking van een aantal vloeibare en/of gevaarlijke afvalstoffen.

Rond de verwerkingsmogelijkheden in de **elektriciteitssector** is nogal wat onzekerheid. Daarom worden drie scenario's voorzien die de verschillende mogelijkheden onderzoeken. In een optimistisch scenario wordt uitgegaan van grotere bijstookmogelijkheden dan in het referentiescenario (“elc-max”).

Een tweede scenario houdt rekening met de mogelijkheid dat de bijstookmogelijkheden in de kolencentrales beperkt worden o.w.v. mogelijke vervuiling van de vliegassen, waardoor de afzet daarvan in het gedrang komt (“elc-va”). In dat geval kan enkel onbehandeld hout worden bijgestookt in kolencentrales. Op termijn is, zoals in het referentiescenario, de optie vergasser-STEG echter wel mogelijk.

In een derde scenario (“elc-min”) tenslotte zijn de bijstookmogelijkheden minimaal. Enkel onbehandeld hout kan worden bijgestookt in kolencentrales. De vergasser-STEG combinatie breekt niet door en wordt niet toegepast. De drie scenario's worden samengevat in Tabel 6-2. Enkel de verschillen t.o.v. het referentiescenario zijn aangegeven.

Tabel 6-2: Minimale en maximale scenario's voor bijstook in de elektriciteitssector

| SCENARIO → | ELC-MAX | ELC-VA | ELC-MIN |
|--------------------------------|--|--|-------------------------------------|
| directe bijstook kolencentrale | | enkel bijstook van onbehandeld hout | enkel bijstook van onbehandeld hout |
| vergasser - kolencentrale | één vergasser (50 MWth input) beschikbaar voor afval vanaf 2003; Na 2007: geleidelijk bijkomende vergassers mogelijk; enkel beperkt door bijstookmogelijkheden | enkel bijstook van onbehandeld hout | enkel bijstook van onbehandeld hout |
| vergasser - STEG | kolencentrales beschikbaar vanaf 2009; geleidelijk bijkomende vergassers mogelijk tussen 2009 en 2015 tot maximale bijstookmogelijkheid gascentrales | eerste grootschalig project (50 MWth input) in 2009; vanaf 2011 tot 2015 bijkomende vergassers mogelijk tot maximale bijstookmogelijkheid gascentrales | geen doorbraak van deze technologie |

In het decentraal scenario (“decentraal”) ligt er in tegenstelling tot het referentiescenario geen beperking op de investeringen in **decentrale stookinstallaties**.

Tenslotte wordt in het “maxene” scenario door combinatie van technieken met een hoog uitgespaard equivalent fossiele brandstof gezocht naar de theoretisch maximale uitgespaarde fossiele **energie** (Tabel 6-3). Dit scenario dient voornamelijk om een referentie aan te geven van wat maximaal mogelijk is.

Tabel 6-3: Uitgangspunten scenario met maximale uitsparing van fossiele energie

| SCENARIO → | MAXENE |
|------------------------------|---|
| vergasser - kolencentrale | één vergasser (50 MWth input) beschikbaar voor afval vanaf 2003; Na 2007: geleidelijk bijkomende vergassers mogelijk; enkel beperkt door bijstookmogelijkheden kolencentrales |
| vergasser - STEG | beschikbaar vanaf 2009; geleidelijk bijkomende vergassers mogelijk tussen 2009 en 2015 tot maximale bijstookmogelijkheid gascentrales |
| decentrale stookinstallaties | geen WKK; geen beperking op decentrale warmte/stoomproductie |

Op een aantal andere randvoorwaarden die voor alle scenario's geldig zijn, werd reeds eerder ingegaan:

- voor bijkomende investeringen in wervelbedverbranding wordt uitgegaan van verwerking van hoogcalorisch afval zonder bijmenging van slib;
- er wordt enkel in het Groene Stroomscenario rekening gehouden met eventuele vergoedingen voor Groene Stroom.

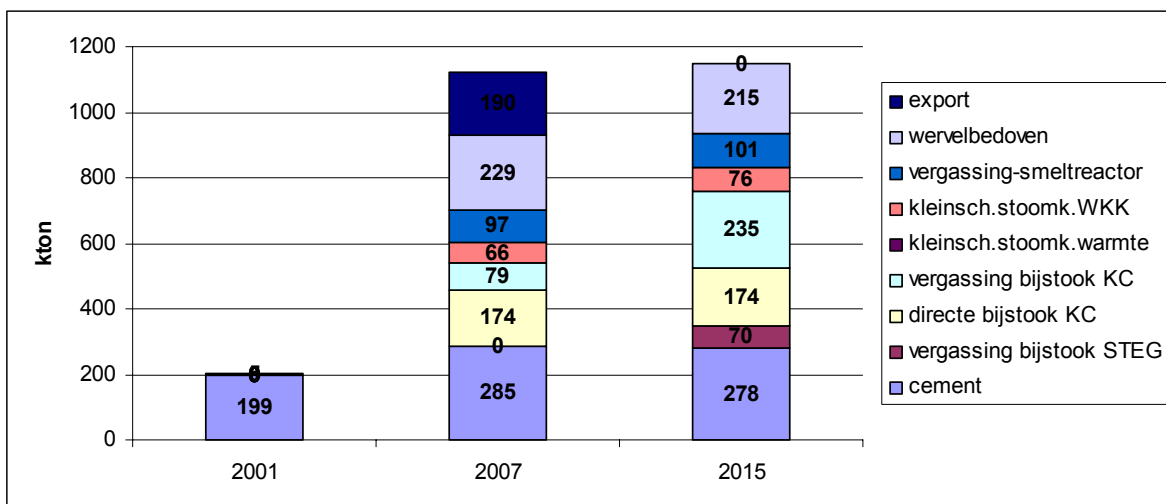
Deze randvoorwaarden kunnen een belangrijke invloed hebben op de modelresultaten. Zoals eerder gesteld is de optie coverwerking van slib en hoogcalorisch afval competitief met de meeste andere verwerkingsopties. Indien er vraag is naar bijkomende slibverwerkingscapaciteit in Vlaanderen dan biedt coverwerking van slib en hoogcalorisch afval een mogelijke bijkomende piste.

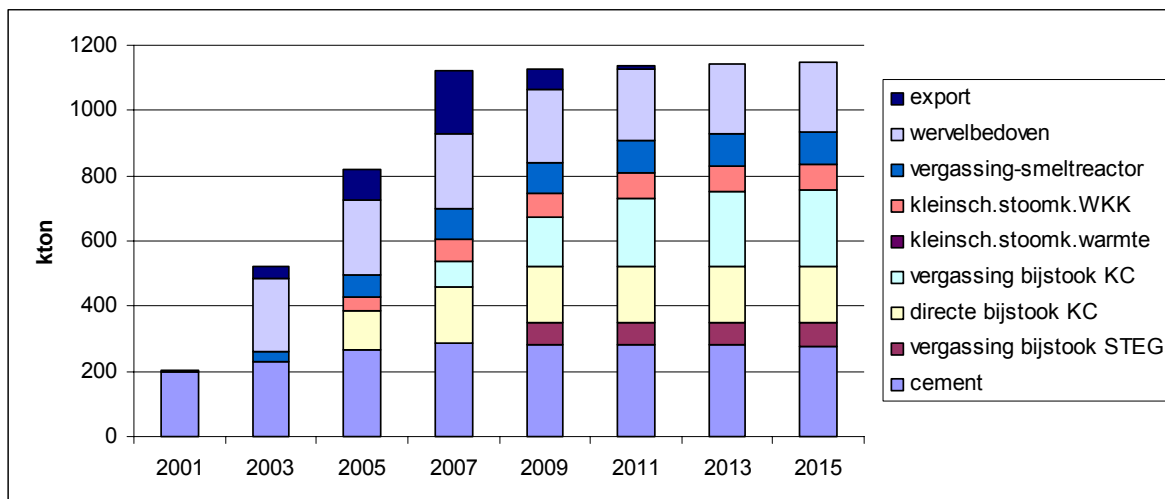
De vergoeding voor Groene Stroom heeft een bepalende invloed op de verwerkingskost in de elektriciteitssector. Meer algemeen beperkt de analyse zich tot een kostenoptimale verwerking van afvalstoffen. Idealiter zou parallel hiermee de kosten-evolutie in de elektriciteitssector moeten worden geanalyseerd. Het is immers niet noodzakelijk zo dat oplossingen die voor afvalverwerking als goedkoopste uit de bus komen ook de meest rendabele of goedkoopste oplossingen zijn voor de elektriciteitssector.

6.2 Referentiescenario

6.2.1 Capaciteit

Naar 2007 toe wordt enkel de bestaande wervelbedverbrandingsinstallatie gebruikt. Mogelijkheden voor bijstook in cementovens, directe bijstook, vergassing en bijstook in elektriciteitscentrales en voor decentrale installaties worden volledig benut. Hoewel de exportprijs (marktprijs) lichtjes hoger ligt dan de gemiddelde verwerkingskost voor verbranding in een wervelbedoven, wordt er toch voor geopteerd om te exporteren. Dit heeft te maken met het feit dat in de volgende jaren goedkopere opties beschikbaar worden. Globaal gezien is het goedkoper om op dat moment tijdelijk te exporteren en later te investeren in goedkopere technologie (Figuur 6-1).





Figuur 6-1: Evolutie van de verwerkingsinfrastructuur - referentiescenario

Naar 2015 toe neemt export geleidelijk af naarmate er nieuwe mogelijkheden ontstaan voor bijstook.

De mogelijkheden voor bijstook in steenkoolcentrales worden deels benut. In 2007 wordt bijna 50 % van het bijstookpotentieel in kolencentrales benut; in 2015 is dat ongeveer 90 %.¹⁰ Vanaf 2009 wordt geïnvesteerd in vergassing-bijstook STEG.

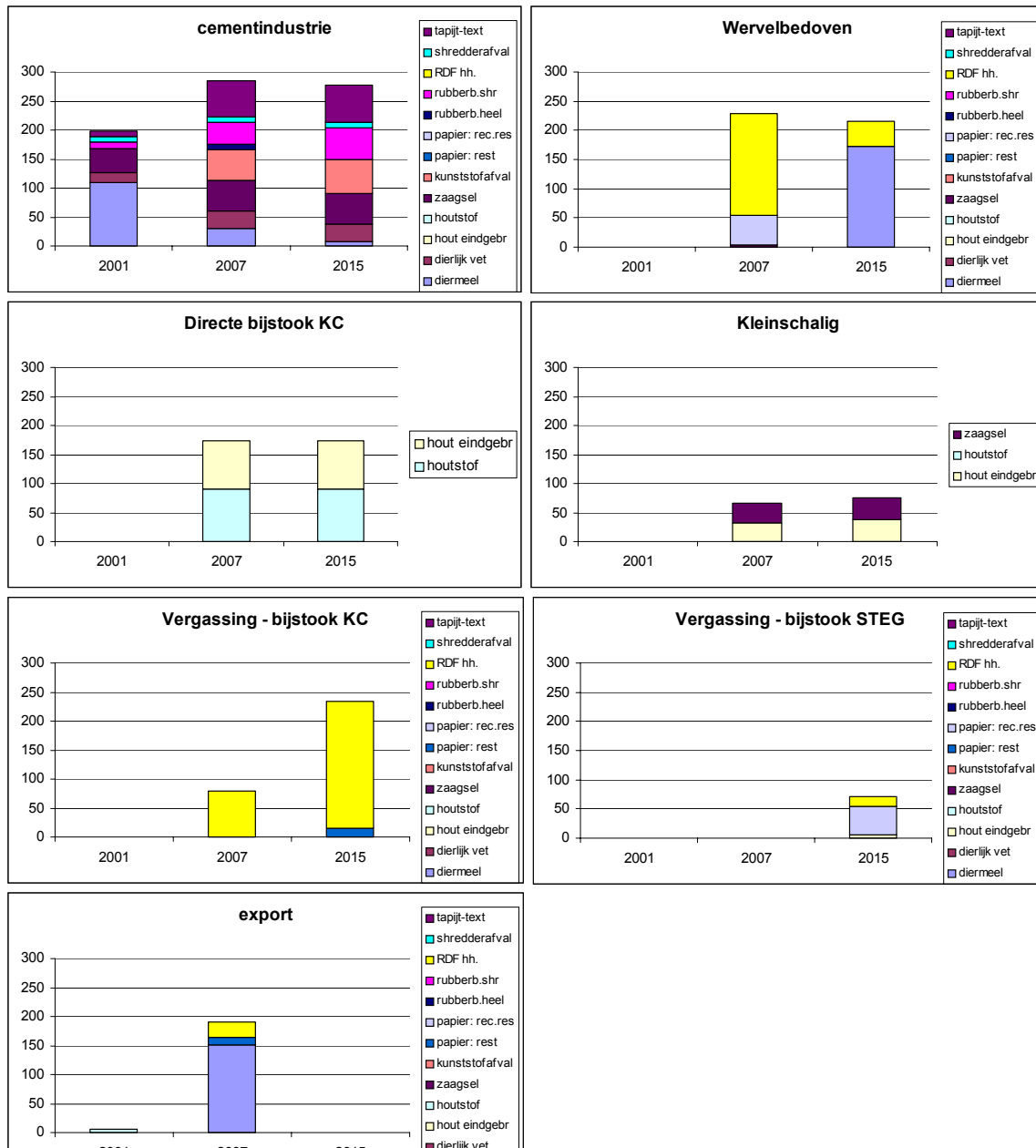
De mogelijkheden voor decentrale verwerking worden volledig ingevuld met decentrale WKK. Het verschil in verwerkingskosten met de bijstook in de kolencentrale is beperkt (zie § 5.2) zodat kleine prijsverschillen in het model zullen leiden tot een verschuiving van grootschalig naar decentraal en vice versa.

In Figuur 6-2 wordt de verdeling van de verschillende stromen over de verschillende verwerkingstechnologieën weergegeven. De cementindustrie trekt stromen aan met een hogere verbrandingswaarde (gemiddeld 23 GJ/ton) dan de andere technologieën (gemiddeld 16 GJ/ton).

Houtstof gaat volledig naar directe bijstook in kolencentrales. Ondanks de hoge kosten voor verpoedering van stukhout, gaat ook meer dan 2/3 van het hout van eindgebruikers naar directe bijstook. De rest gaat naar decentrale verwerking. Zaagsel gaat naar de cementindustrie en naar decentrale verwerking.¹¹

¹⁰ Concreet wil dit zeggen dat de “kleine” kolencentrales met beperkte draaitijd in dit scenario in 2007 niet moeten worden ingezet. Ze vertegenwoordigen immers maar 15 % van het totale bijstookpotentieel. In 2015 werd in elk geval van de veronderstelling uitgegaan dat ze niet meer beschikbaar zijn.

¹¹ Verwerking van onbehandeld hout (zaagsel) in een decentrale WKK is iets goedkoper dan in de cementnijverheid. We gaan er echter van uit dat de cementnijverheid bereid zal zijn een hogere prijs te betalen voor het zaagsel omdat dit voor hen de mogelijkheid biedt om andere (o.a. gevaarlijke afvalstoffen) te verwerken. Een gedetailleerde kosten- en batenanalyse hiervan is echter in het kader van deze studie niet mogelijk.



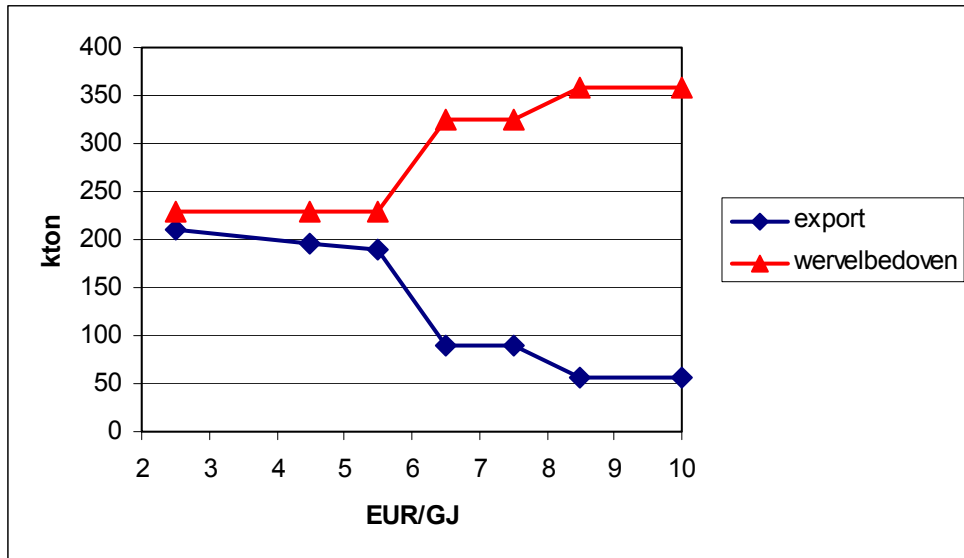
Figuur 6-2: Verdeling van de afvalstromen over de verschillende verwerkingstechnologieën (referentiescenario)

Gevoeligheid: marktprijs

Een belangrijke aanname in het referentiescenario is de veronderstelde exportprijs. Daarom werd het referentiescenario opnieuw berekend voor verschillende exportprijzen. In Figuur 6-3 wordt de invloed van de exportprijs op de export en op de marginale technologie, de wervelbedoven, weergegeven voor het jaar 2007.

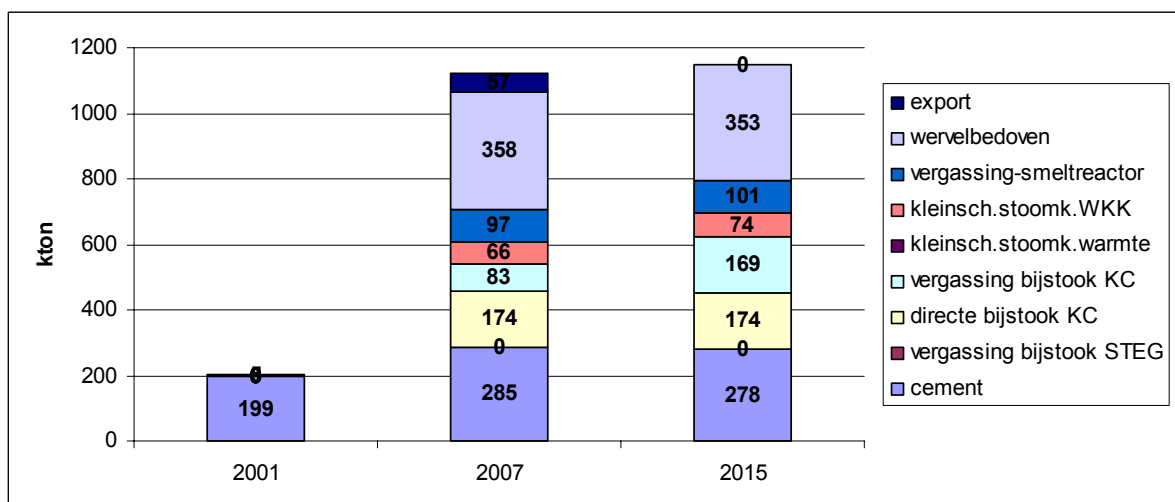
Pas vanaf vrij hoge marktprijzen (exportprijzen) (>6 EUR/GJ of >100 EUR/ton) zal geïnvesteerd worden in bijkomende wervelbedverbrandingscapaciteit. Door het feit dat een vaste wervelbedverbrandingscapaciteit gegeven is, treden er bij exportprijzen lager dan 4,5

EUR/GJ geen veranderingen op in de wervelbedcapaciteit. De vaste wervelbedverbrandingscapaciteit heeft echter betrekking op de geplande wervelbedoven in Beveren. Deze is voorzien voor co-verbranding van hoogcalorisch afval met slib, en niet voor uitsluitend verbranding van hoogcalorisch afval. Co-verbranding van slib heeft een beslissende invloed op de verwerkingskost van het hoogcalorisch afval (zie § 5.2).



Figuur 6-3: Invloed van de exportprijs op de investeringen in wervelbedverbranding (referentiescenario 2007)

Figuur 6-4 geeft de evolutie weer van de verschillende technologieën bij een exportprijs van 8,5 EUR/GJ. Hierop is te zien dat er meer geïnvesteerd wordt in wervelbedverbranding en bijgevolg minder in vergassing-bijstook.



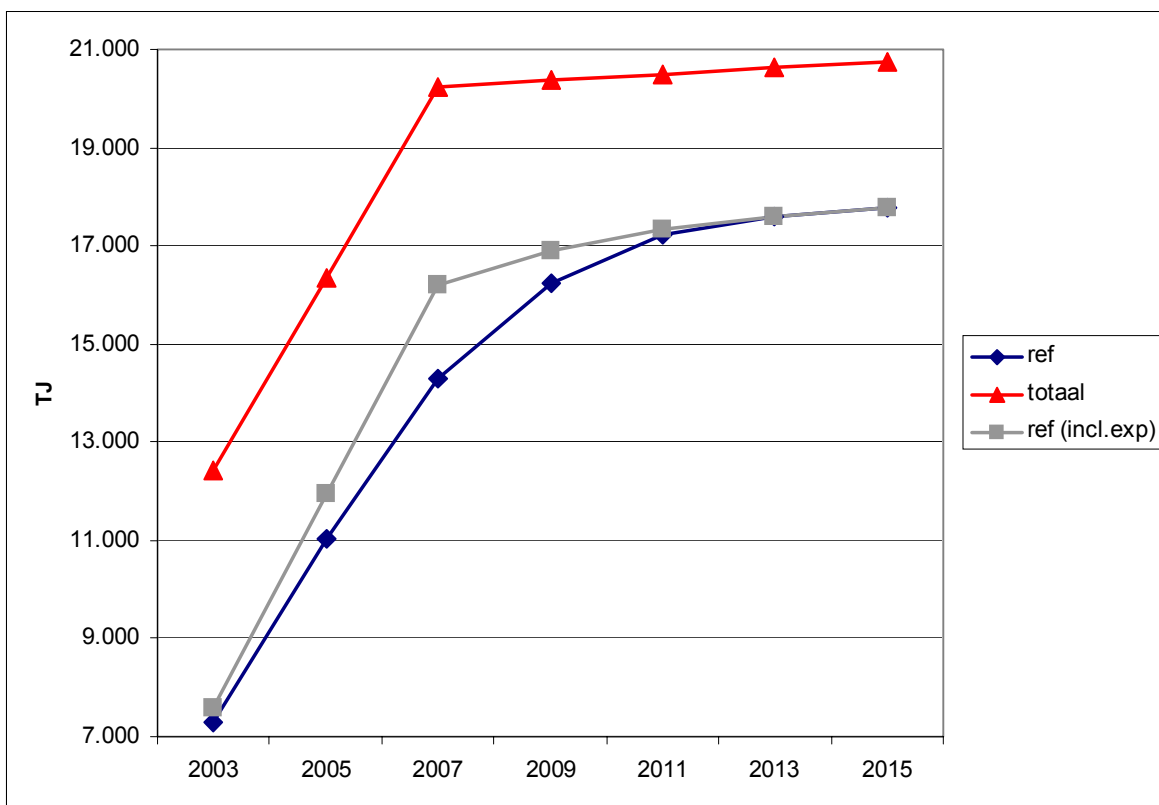
Figuur 6-4: Evolutie van de verwerkingsinfrastructuur bij een exportprijs van 8,5 EUR/GJ

De aanname van een exportprijs van 4,5 EUR/GJ is min of meer arbitrair. Dit gaat ervan uit dat er in het buitenland op dat moment wel investeringen in wervelbedverbranding

gebeuren, of in andere op dat moment competitieve technologieën. Indien echter aangenomen wordt dat in het buitenland gelijkaardige tendenzen spelen (nl. stortverbod, toename van het aanbod, beperkte beschikbaarheid van competitieve technologieën) dan kan besloten worden dat de marktprijs toch zal stijgen totdat wervelbedverbranding competitief wordt. Bij zeer hoge afvalverwerkingsprijzen wordt het echter ook aannemelijk dat competitieve technologieën sneller ontwikkeld en/of aanvaard worden, en dat dus de uitgangspunten van het referentiescenario niet meer gelden.

6.2.2 Uitgespaarde fossiele energie

In 2007 wordt 14,3 PJ fossiele energie uitgespaard. Dit is ongeveer 70% van de energie-input via het hoogcalorisch afval (Figuur 6-5). Indien we rekening houden met uitgespaarde fossiele energie van geëxporteerde afvalstoffen (en we veronderstellen dat deze verwerkt worden in een wervelbedoven) dan stijgt dit tot 16,2 PJ (80 %). In 2015 neemt dit verder toe tot 17,8 PJ of 84% van de energie-input.

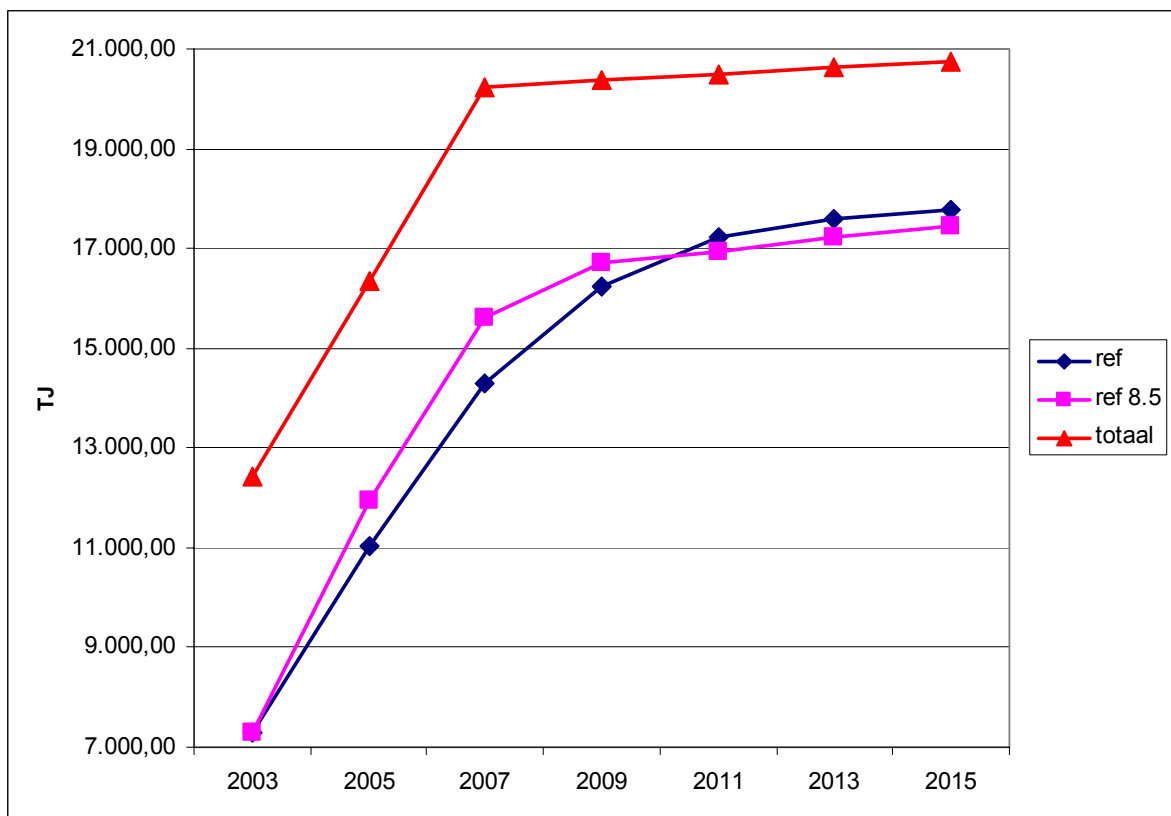


Figuur 6-5: Evolutie van de uitgespaarde fossiele brandstof - referentiescenario

Ter vergelijking: het bruto primair energieverbruik in Vlaanderen bedroeg 1612 PJ in 2000^{ix}. Het gaat dus om ongeveer 0,9 – 1,1% van het primair energieverbruik in Vlaanderen. Een deel van het uitgespaard fossiel energieverbruik (6,6 PJ) wordt gerealiseerd door co-incineratie in klinkerovens in Wallonië. Indien dit er wordt van afgetrokken, kan worden besloten dat de verwerking van de hier beschouwde afvalstromen in Vlaanderen kan instaan voor 0,5 – 0,7% van het primair energieverbruik in Vlaanderen.

De totale elektriciteitsproductie uit afval bedraagt 2,7 PJ in 2007 en 4,1 PJ in 2015. Ter vergelijking: het totale elektriciteitsverbruik in Vlaanderen bedroeg 172 PJ in 2000; het elektriciteitsverbruik van de huishoudens bedroeg 36 PJ.

In de volgende figuur (Figuur 6-6) wordt de uitgespaarde fossiele brandstof bij een hogere exportprijs (8,5 EUR/GJ) weergegeven. Er wordt minder geëxporteerd en meer geïnvesteerd in wervelbedverbranding. Daardoor ligt de energierecuperatie hoger in 2007. In 2015 echter ligt de energierecuperatie in het referentiescenario iets hoger omdat er geïnvesteerd wordt in technologieën met een hoger energetisch rendement (vergassing-bijstook in elektriciteitscentrales). Het verschil is echter niet groot (zie ook verder § 6.7).



Figuur 6-6: Evolutie van de uitgespaarde fossiele brandstof bij een exportprijs van 8,5 EUR/GJ

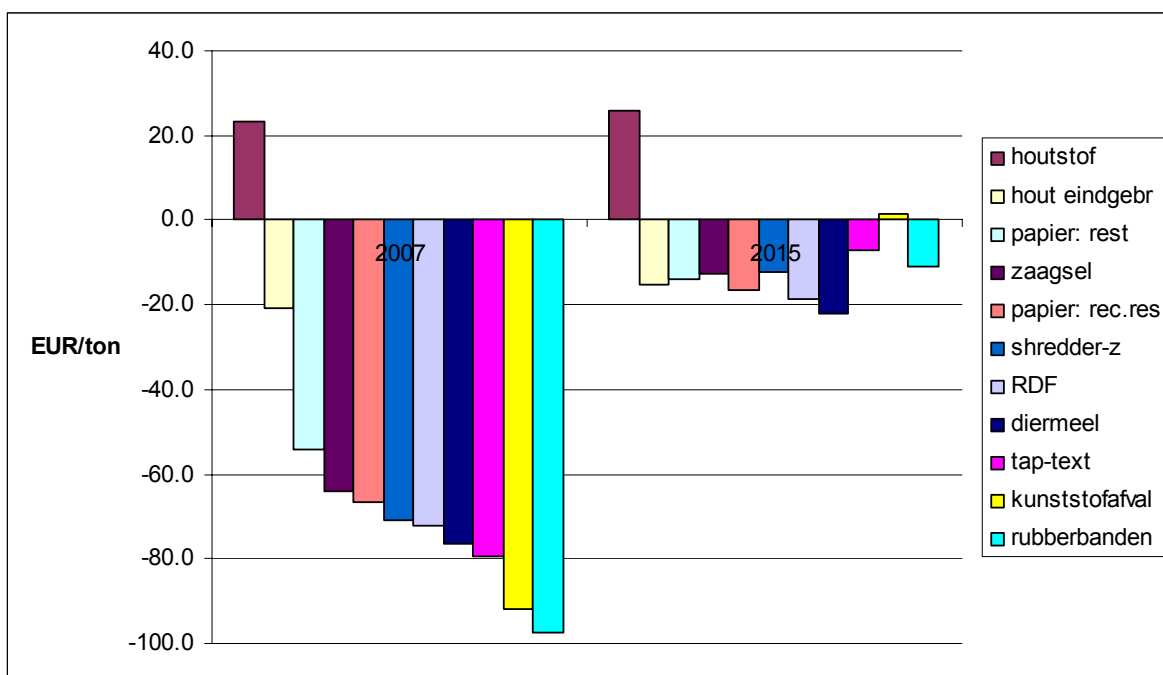
6.2.3 Kosten

Figuur 6-7 geeft de marginale kosten weer voor de verschillende beschouwde afvalstromen (uitz. dierlijk vet, licht shredderresidu) in 2007 en 2015. In de periode 2005 – 2011 worden voor de meeste stromen de marginale kosten bepaald door de exportprijs. Vanaf 2013 neemt de bijstook-capaciteit zodanig toe dat de bijstookopties de marginale technologie zullen worden. Daardoor dalen de marginale kosten op dat moment een heel stuk. Voor de meeste stromen neemt de marginale kost per ton toe met de verbrandingswaarde. De marginale kost per GJ neemt echter af naarmate de verbrandingswaarde hoger is.

In theorie bepalen de marginale kosten de marktprijs. Deze kunnen een stuk hoger liggen dan de verwerkingskosten voor individuele verwerkers. Zolang een marginale technologie noodzakelijk blijft, omdat er elders geen goedkopere oplossingen zijn, zal de marginale kost, en dus ook de marktprijs niet dalen.

Zoals reeds kon worden verwacht op basis van de kostenberekeningen in Tabel 5-3 is de prijs voor **houtstof** positief.

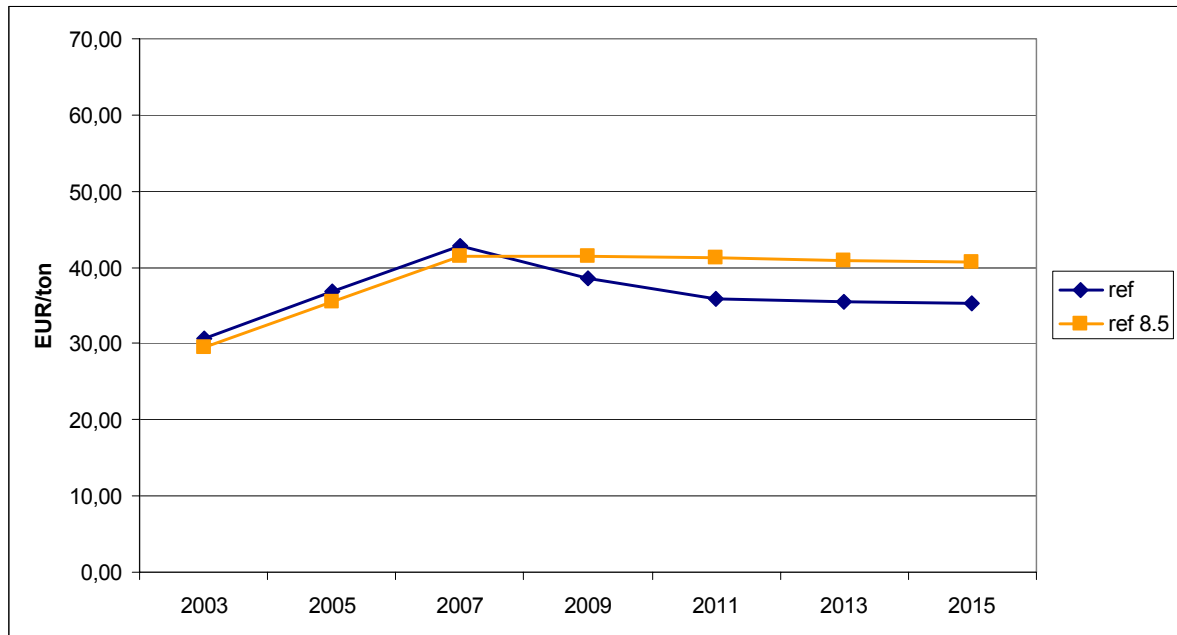
Voor **licht shredderresidu** is de prijs sterk negatief: ongeveer -190 EUR/ton.



Figuur 6-7: Marginale kosten voor de verwerking van de verschillende HCSA stromen - referentiescenario

Figuur 6-8 geeft de gemiddelde verwerkingskost per ton HCSA weer.¹² Deze kosten werden geannualiseerd. De piek in 2007 wordt verklaard door de export aan een vaste prijs. Het scenario met hogere exportprijs (8,5 EUR/ton, ref 8.5) valt op lange termijn duurder uit. Er wordt immers geïnvesteerd in wervelbedovens, waardoor er later geen plaats is voor bijkomende goedkopere technologie. Globaal genomen blijft dit echter voor dit scenario wel de goedkoopste oplossing (laagste totale systeemkost).

¹² Voor de kostenberekening werd uitgegaan van verwerking van hoogcalorisch afval in een wervelbedoven zonder bijmenging van slib. Dezelfde kosten werden gebruikt voor het gedeelte dat verwerkt wordt in de geplande wervelbedoven in Beveren, hoewel daar wel slib wordt bijgemengd. De totale verwerkingskosten worden dus overschat. Rekening houdend met de ingeschatte verwerkingskost voor co-verwerking van hoogcalorisch afval en slib daalt de gemiddelde verwerkingskost met ongeveer 0,5 EUR/GJ of 10 EUR/ton. De fout die zo gemaakt wordt is echter voor alle scenario's gelijk, zodat dit onderlinge vergelijkingen niet scheeftrekt.



Figuur 6-8: Gemiddelde verwerkingskost voor HCSA - referentiescenario

6.2.4 Emissies

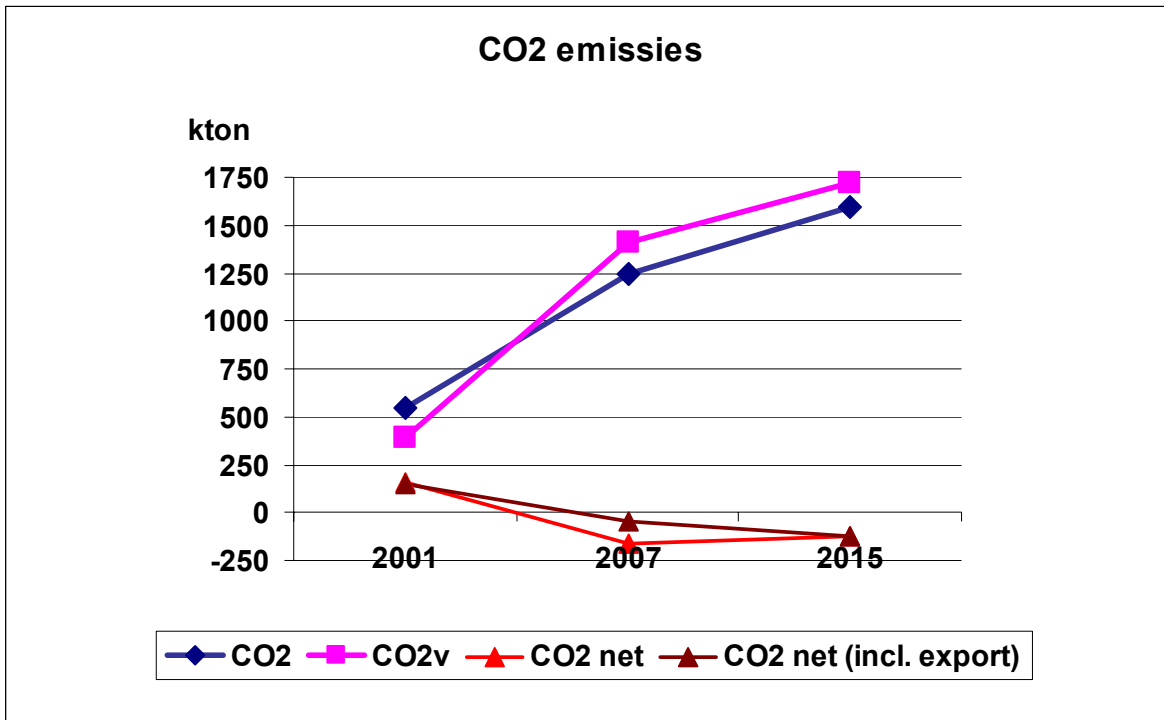
6.2.4.1 CO₂

Figuur 6-9 toont de effectieve CO₂-emissies, de vermeden CO₂-emissies en de netto-CO₂-emissies die het verschil zijn tussen beide. In §5.3.1. werd gesteld dat de effectieve CO₂-emissies per eenheid geproduceerde elektriciteit uit afval in de meeste gevallen hoger zijn dan de (vermeden) emissies indien de elektriciteit geproduceerd wordt in een kolencentrale. Toch zijn de totale vermeden CO₂-emissies hier lichtjes hoger dan de effectieve emissies. Dit is te wijten aan het feit dat hier ook rekening wordt gehouden met hout. Aan verbranding van hout werden geen effectieve emissies toegekend. De vermeden emissies van elektriciteits- en stoomproductie uit hout zijn echter goed voor ongeveer 400 kton. Zonder deze vermeden emissies liggen de effectieve emissies uit thermische valorisering van afval hoger dan de vermeden emissies (Figuur 6-10).

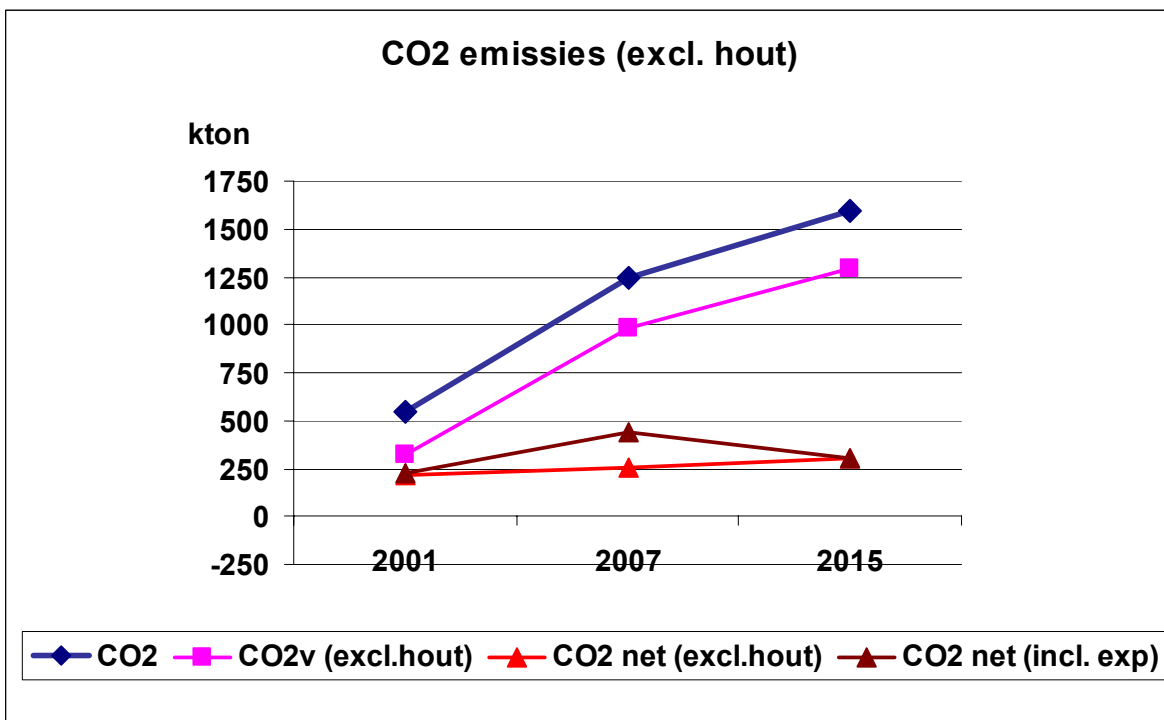
De netto-CO₂-emissies exclusief hout bedragen ongeveer 250 kton in 2007 en ongeveer 300 kton in 2015.

Ter vergelijking: de totale CO₂-emissies in Vlaanderen bedroegen 76,3 Mton in 2000.

De lagere emissies in 2007 zijn grotendeels te wijten aan export. Op de figuren werd een inschatting gegeven van de netto emissies te wijten aan de verwerking van de geëxporteerde afvalstoffen (veronderstelde verwerking in wervelbedoven).



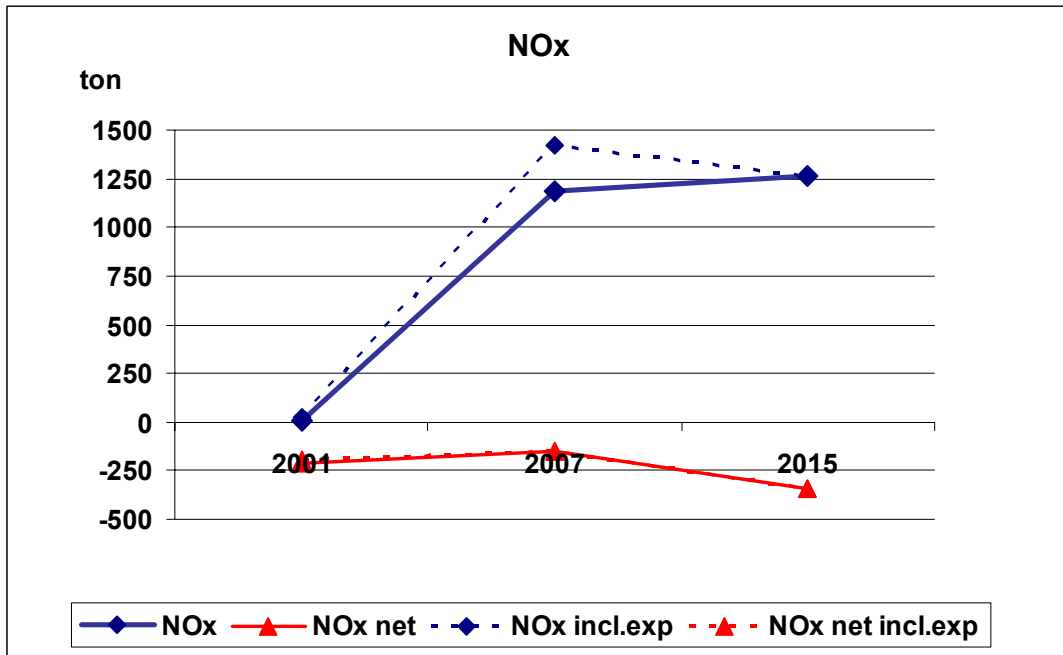
Figuur 6-9: effectieve-, vermeden- en netto CO₂-emissies



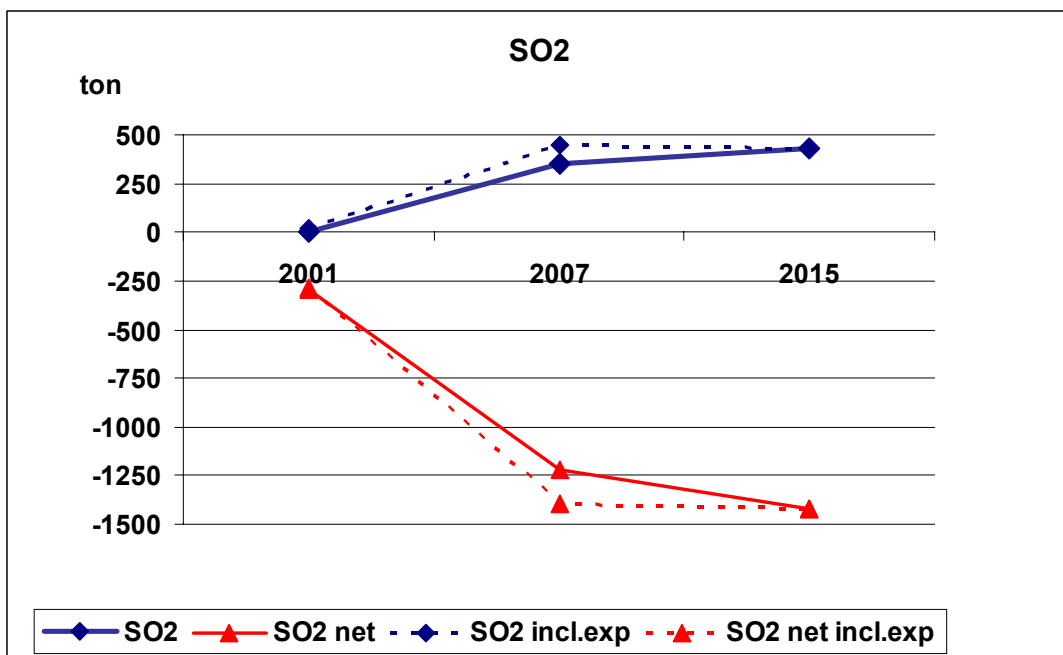
Figuur 6-10: effectieve-, vermeden- en netto CO₂-emissies, exclusief hout

6.2.4.2 NO_x – SO₂ – stof - dioxines

De ingeschatte emissies voor CO₂ zijn effectieve verwachte emissies. De resultaten voor de andere pollutanten zijn gebaseerd op omrekeningen van emissiegrenswaarden, zoals beschreven in § 4.2.4. Ze zijn dus te interpreteren als emissies die zouden optreden als alle actoren zich strikt aan de opgelegde emissie-voorwaarden zouden houden. In de praktijk kunnen echter zowel de effectieve directe emissies als de vermeden emissies een stuk lager liggen dan het toegelaten maximum.



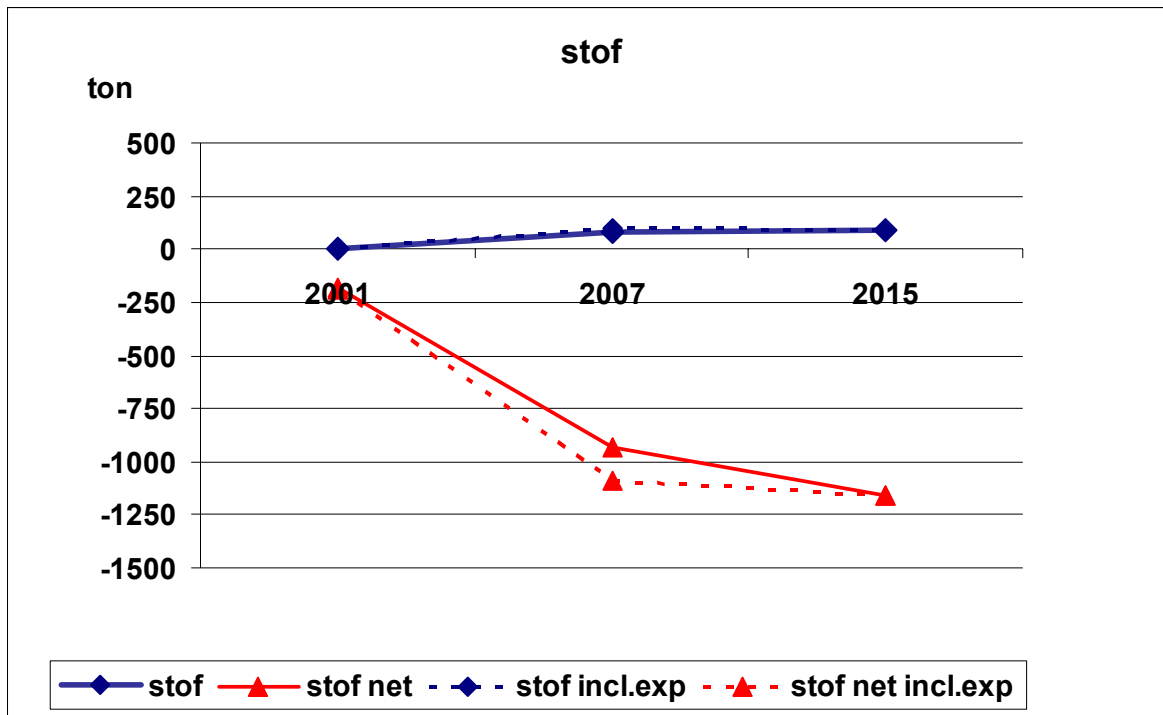
Figuur 6-11: directe, vermeden en netto MT NO_x-emissies



Figuur 6-12: directe, vermeden en netto MT SO₂-emissies

Zoals verwacht op basis van de vergelijking van MT directe en vermeden emissies zijn de netto NO_x-emissies en in grotere mate de netto SO₂- en de stofemissies negatief. Tot 300 ton NO_x, tot 1400 ton SO₂ en tot 1200 ton stof kan uitgespaard worden. Een groot deel hiervan heeft echter betrekking op de emissies voor de productie van brandstoffen.

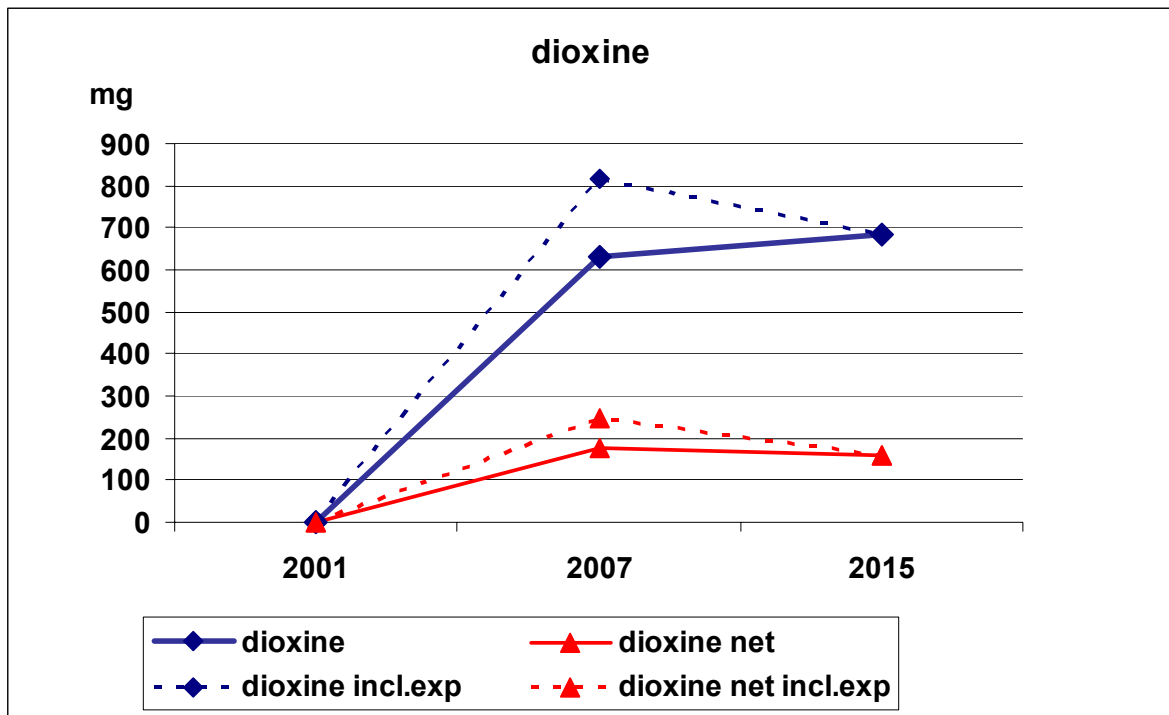
Ter vergelijking: de totale NO_x-emissies in Vlaanderen bedroegen 184.000 ton in 2000. De SO₂-emissies bedroegen 128.000 ton.



Figuur 6-13: directe, vermeden en netto MT stofemissies

MT netto-dioxine-emissies zijn positief (Figuur 6-14). Dioxine-emissies zijn voor elektriciteitscentrales niet genormeerd. Eenzelfde dioxine-emissienorm werd op alle verbrandingsinstallaties toegepast. Als gevolg van deze veronderstellingen is vooral het rendement bepalend voor de verhouding tussen directe en vermeden emissies (zie § 5.3.2). Dit leidt tot een inschatting van 150 tot 200 mg netto-dioxine-emissies.

Ter vergelijking: de totale dioxine-emissies in Vlaanderen bedroegen 190.000 mg TEQ in 2000.

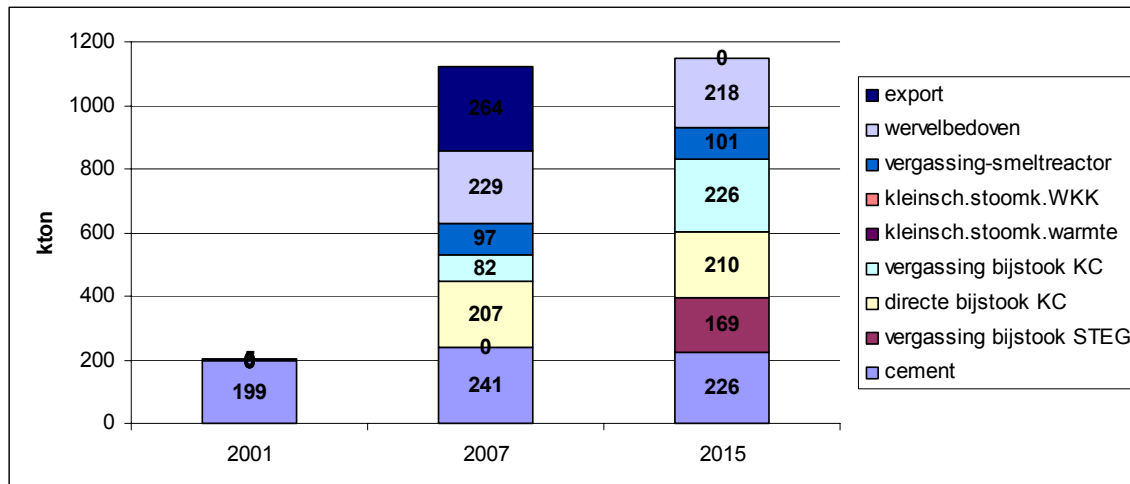


Figuur 6-14: directe, vermeden en netto MT dioxine-emissies

6.3 Groene Stroom

6.3.1 Capaciteiten

In een scenario waarbij rekening wordt gehouden met een vergoeding voor Groene Stroomcertificaten van 0,062 EUR/kWh, worden in de eerste plaats verwerkingsopties met een hoog elektrisch rendement ingezet voor de verwerking van houtafval. Decentrale verwerking van houtafval is in dit geval niet concurrentieel. Ook de verwerking van houtzaagsel verschuift deels van de cementindustrie naar bijstook in elektriciteitscentrales. Het aandeel van directe bijstook in kolencentrales neemt toe in vergelijking met het referentiescenario. Al het houtafval van eindgebruikers wordt op die wijze verwerkt (Figuur 6-16).



Figuur 6-15 Evolutie van de verwerkingsinfrastructuur – Groene Stroomscenario

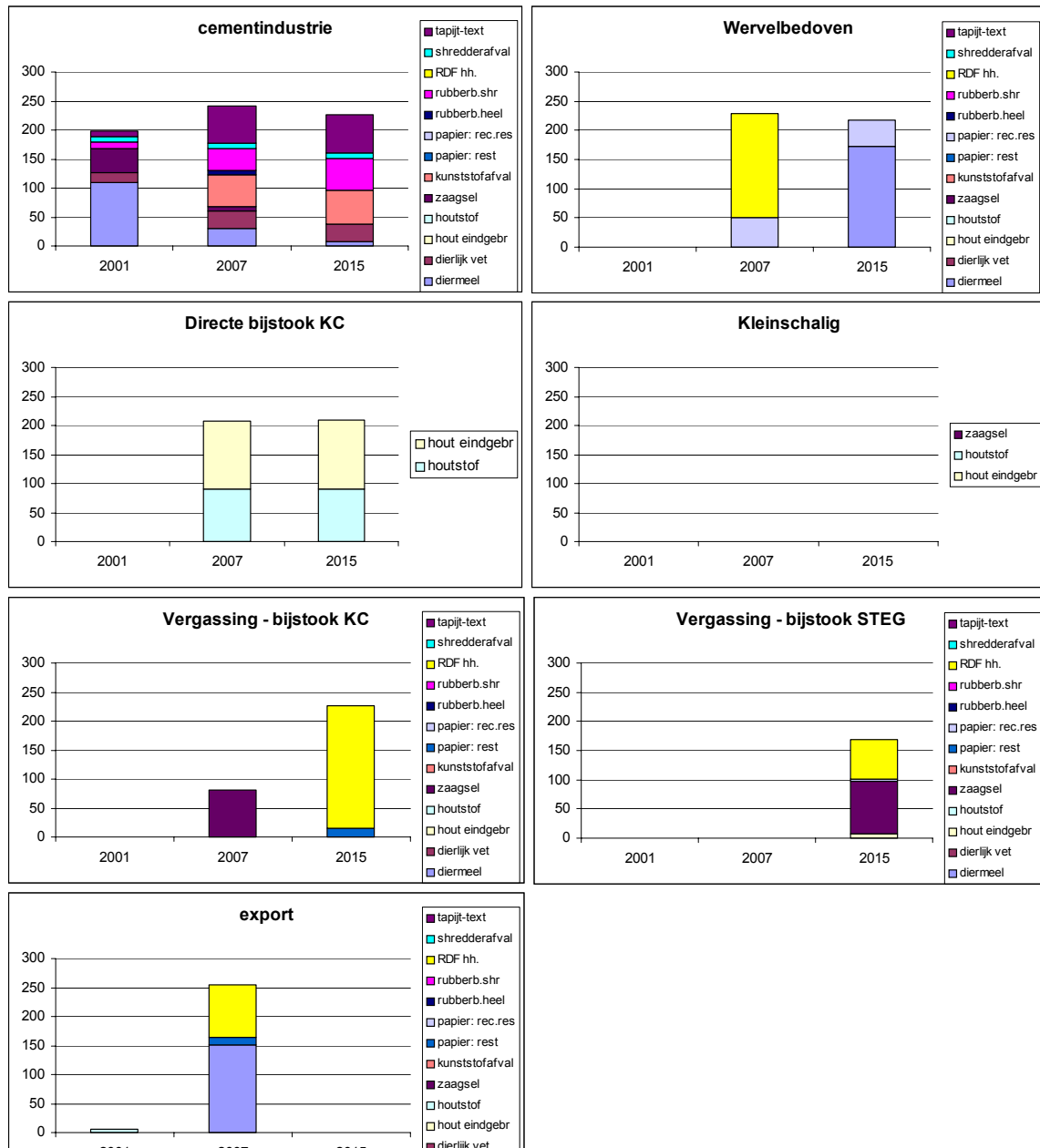
In vergelijking met het referentiescenario verschuift een deel van het houtzaagsel van de cementindustrie naar de elektriciteitssector. Daardoor moet een deel van het niet-hout HCSA dat in het referentiescenario verwerkt werd in de elektriciteitssector en dat ook niet in de cementindustrie kan worden verwerkt, nu geëxporteerd worden. Op termijn wordt dit opgevangen door de verwerkingsmogelijkheden in de elektriciteitssector. De optie is hier tijdelijk exporteren in afwachting van verwerkingsmogelijkheden in de elektriciteitssector.

Door de opgelegde beperkingen in bijkomende investeringen (zie Tabel 6-1) wordt in 2007 slechts 54% van de maximale potentiële bijstookcapaciteit benut.

Figuur 6-16 geeft de verdeling van de verschillende stromen over de verwerkingsmogelijkheden weer. De beschikbare capaciteit voor vergassing en bijstook overtreft in 2015 het resterende aanbod van houtafval. Daardoor wordt dit deels ingevuld met de verwerking van RDF.

De maximaal te verwachten vergoeding voor Groene Stroomcertificaten ligt op 0,125 EUR/kWh. Het verschil met een Groene Stroomvergoeding van 0.062 EUR/kWh is beperkt. Omdat ook aan verwerking van hout in een wervelbedoven een Groene Stroom-vergoeding werd toegekend, wordt er bij deze hoge vergoedingen voor Groene Stroom geïnvesteerd in (een beperkt deel) bijkomende wervelbedverbrandingscapaciteit.

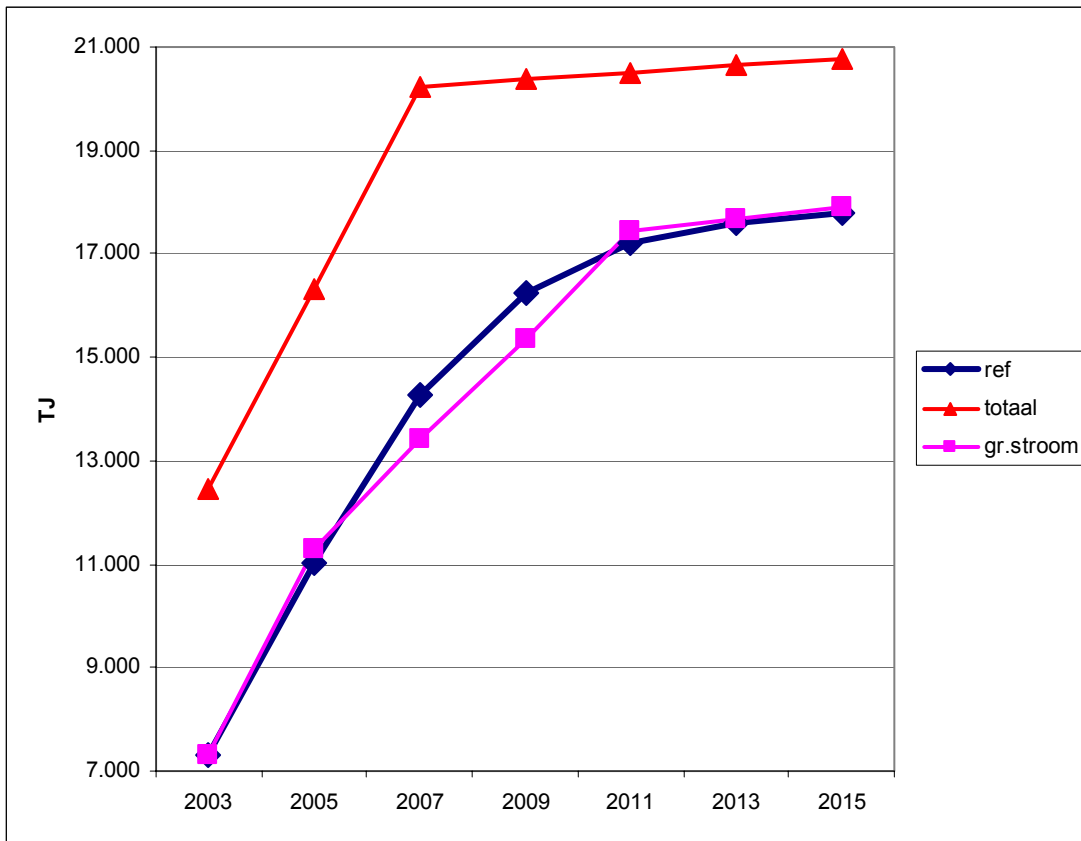
Anderzijds werd reeds in §5.2 aangegeven dat ook bij een vrij lage vergoeding voor Groene Stroom de decentrale verwerkingsopties niet meer concurrentieel zijn. In dat geval zou de verwerking van houtzaagsel in de cementnijverheid wel concurrentieel blijven. Houtzaagsel wordt in de cementnijverheid gebruikt om het bijstoken van andere afvalstoffen mogelijk te maken. Hiervan werd geen volledige kostenanalyse gemaakt, zodat ook geen volledige inschatting van de effecten van een Groene Stroomvergoeding kan worden gemaakt (zie Deel 2, § 5.5.6.1).



Figuur 6-16: Verdeling van de afvalstromen over de verschillende verwerkingstechnologieën (Groene Stroomscenario)

6.3.2 Energie

Aanvankelijk ligt de hoeveelheid energie die in het Groene Stroomscenario wordt gehaald uit het afval lager dan in het referentiescenario. Dit wordt verklaard door de hogere uitvoer. Op termijn wordt in het Groene Stroomscenario iets meer fossiele brandstof uitgespaard. Het verschil is echter beperkt.



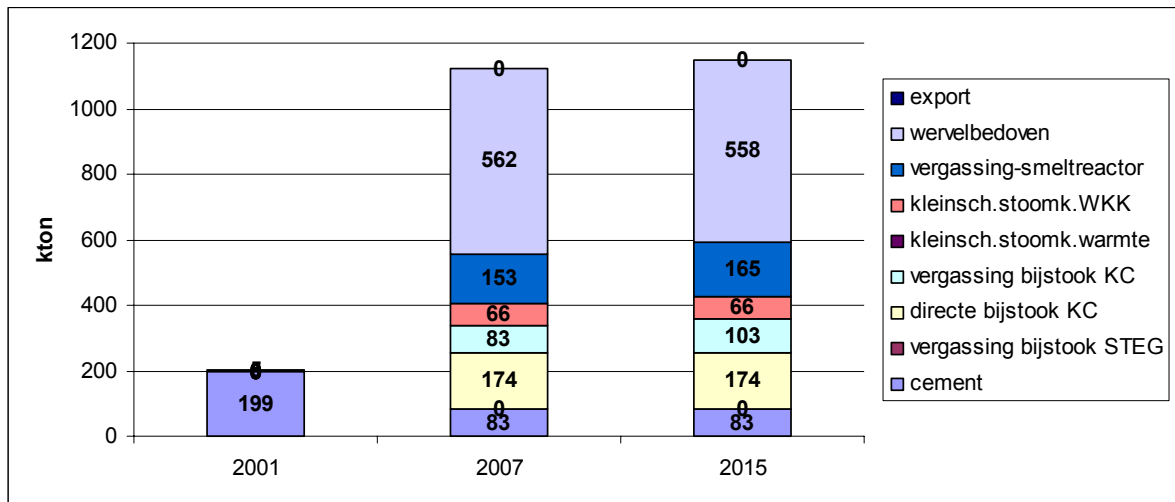
Figuur 6-17: Evolutie van de uitgespaarde fossiele brandstof – Groene Stroomscenario

6.4 Zelfvoorziening

6.4.1 Capaciteiten

In het zelfvoorzieningsscenario (“zelf”) wordt geïnvesteerd in wervelbedovens. Daardoor wordt er daarna niet meer geïnvesteerd in de elektriciteitssector. Vergassing en bijstook in een STEG-centrale komt helemaal niet meer aan bod.

Bovendien wordt ook meer geïnvesteerd in vergassing met smeltreactor, omdat er voor rubberbanden en zwaar shredderresidu geen afzet mogelijk is in de cementnijverheid.

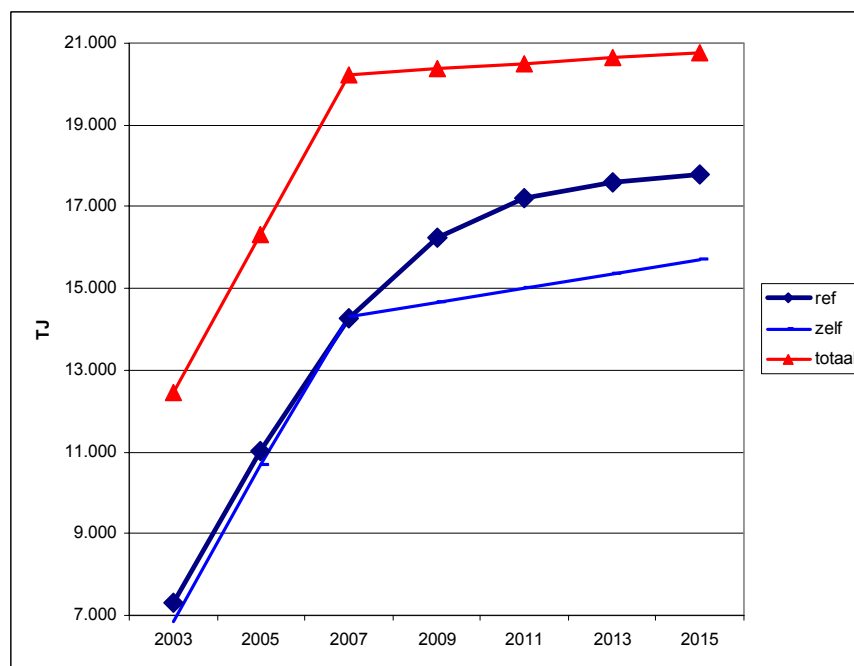


Figuur 6-18: Evolutie van de verwerkingsinfrastructuur - zelfvoorzieningsscenario

6.4.2 Energie

Hoewel er in het zelfvoorzieningsscenario geen export is, is de totale vermeden primaire energie toch niet hoger dan in het referentiescenario. De extra energie die gehaald wordt uit extra wervelbedverbranding gaat weer verloren door het feit dat de verwerking in de cementnijverheid (hoog equivalent uitgespaarde fossiele energie) wegvalt.

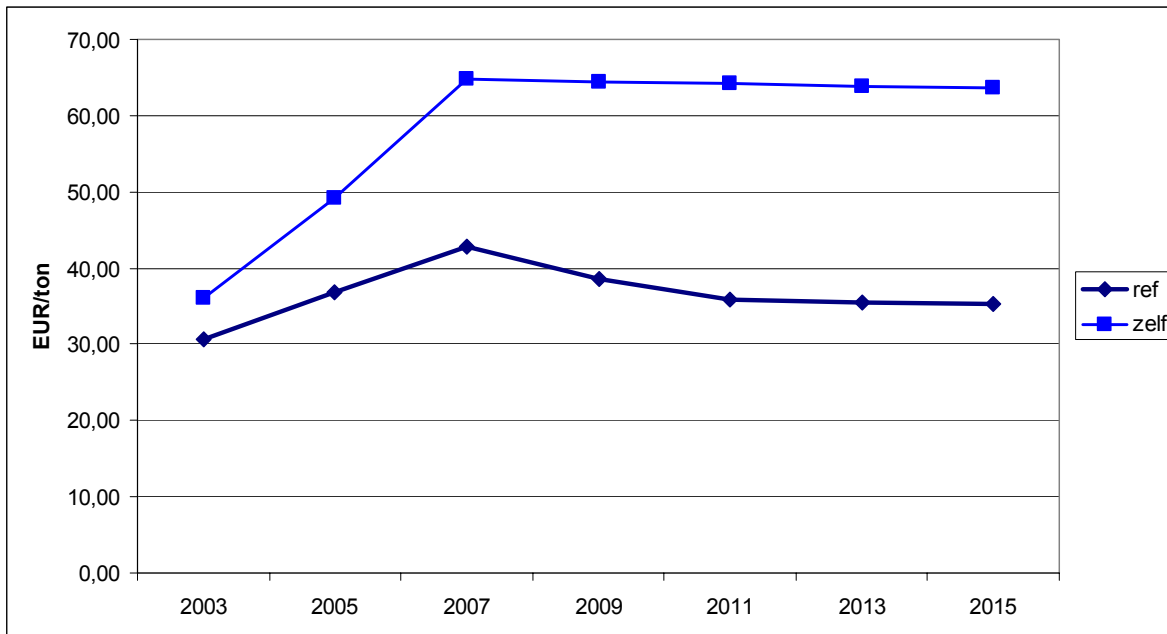
In 2015 speelt export ook in het referentiescenario geen rol meer. De hogere vermeden primaire energie in vergelijking met het zelfvoorzieningsscenario is daar volledig toe te schrijven aan de inzet van technologieën met een hoger energetisch rendement.



Figuur 6-19: Evolutie van de uitgespaarde fossiele brandstof - zelfvoorzieningsscenario

6.4.3 Kosten

Zoals op basis van het voorgaande reeds kan worden verwacht leidt dit tot zeer hoge kosten (Figuur 6-20). Om de zelfvoorziening te kunnen verzekeren moet immers in duurdere wervelbedverbranding worden geïnvesteerd, en kan later geen gebruik meer worden gemaakt van goedkopere technologieën. Bovendien valt de verwerkingsmogelijkheid van rubberbanden in de cementnijverheid weg, waardoor wordt teruggevallen op de in verhouding zeer dure vergassing met smeltreactor.



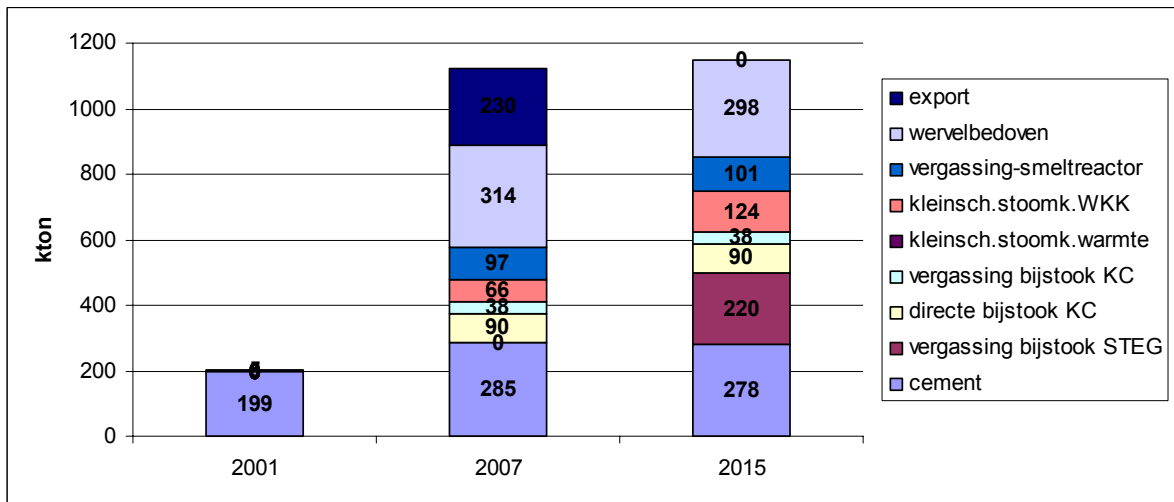
Figuur 6-20: Gemiddelde verwerkingskost voor HCSA - zelfvoorzieningsscenario

6.5 Overige scenario's : evolutie van de verwerkingsinfrastructuur

6.5.1 Minimale bijstookmogelijkheden in de elektriciteitssector

In geval er omwille van mogelijke contaminatie van de **vliegassen** enkel bijstook van onbehandeld hout in kolencentrales mogelijk is, maar wel van andere afvalstoffen in vergassing-STEAG, dan wordt in 2007 het deel dat niet in kolencentrales kan worden bijgestookt, deels geëxporteerd in afwachting van investeringen in vergassing-STEAG. Er wordt echter ook bijgeïnvesteerd in wervelbedverbrandingscapaciteit. De export neemt geleidelijk af naar 2015, naarmate de decentrale capaciteit toeneemt en vergassing-STEAG gerealiseerd wordt. Vergassing-STEAG neemt de rol van bijstook in kolencentrales over, maar met vertraging. In dit scenario is de capaciteit vergasser-STEAG in 2015 drie maal groter dan in het referentiescenario.

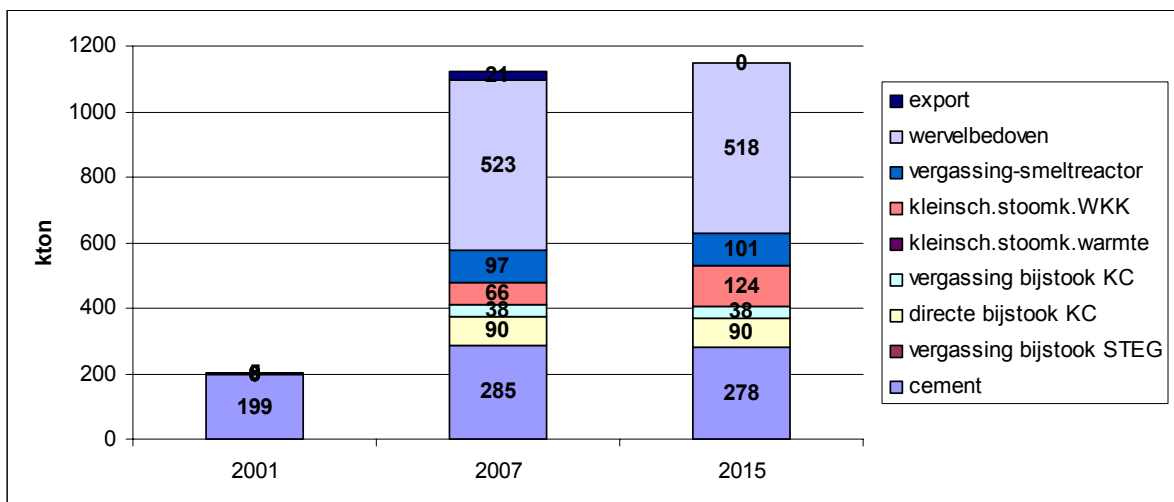
Hier wordt ook meer geïnvesteerd in decentrale verwerking. Decentrale verwerking in een WKK is immers goedkoper dan vergassing-STEAG.



Figuur 6-21: Evolutie van de verwerkingsinfrastructuur – scenario “elc-va”

In geval de bijstookopties in de elektriciteitscentrales **minimaal** zijn (“elc-min”) wordt er veel meer geïnvesteerd in wervelbedverbranding. Een klein deel wordt geëxporteerd in afwachting van toekomstige uitbreidingen van de decentrale verwerkingscapaciteit. De exportprijs werd vastgelegd net boven de verwerkingskost in een wervelbedoven. In dit geval zal een verlaging van de exportprijs tot beneden de verwerkingskost leiden tot export van de volledige hoeveelheid waarvoor niet reeds een vaste wervelbedverbrandingscapaciteit voorzien is. De impliciete veronderstelling is dan dat er in het buitenland wel goedkopere verwerkingsopties beschikbaar zijn.

Uit beide scenario’s met beperkte bijstookmogelijkheden in de elektriciteitssector blijkt dat de rol van decentrale verwerking in die situatie belangrijker wordt.

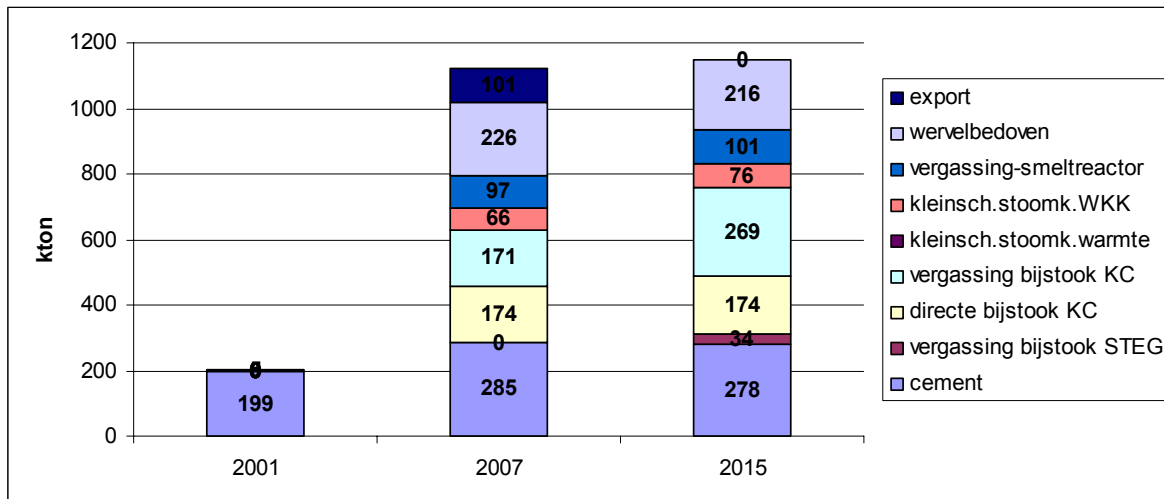


Figuur 6-22: Evolutie van de verwerkingsinfrastructuur – scenario minimale bijstookmogelijkheid

6.5.2 Grote bijstookmogelijkheden in de elektriciteitssector

In het scenario met grote bijstookmogelijkheid (“elc-max”) ligt het verschil in het feit dat in 2007 minder geëxporteerd wordt. Er kan immers meer worden bijgestookt in de steenkoolcentrales. In het referentiescenario worden de mogelijke investeringen in vergassing-bijstook kolencentrale beperkt tot een stuk beneden de technische limiet voor bijstook.

In 2007 wordt 2/3 van de bijstookcapaciteit in steenkoolcentrales gebruikt; in 2015 100 %.¹³



Figuur 6-23: Evolutie van de verwerkingsinfrastructuur – scenario grote bijstookmogelijkheid

6.5.3 Decentrale stookinstallaties

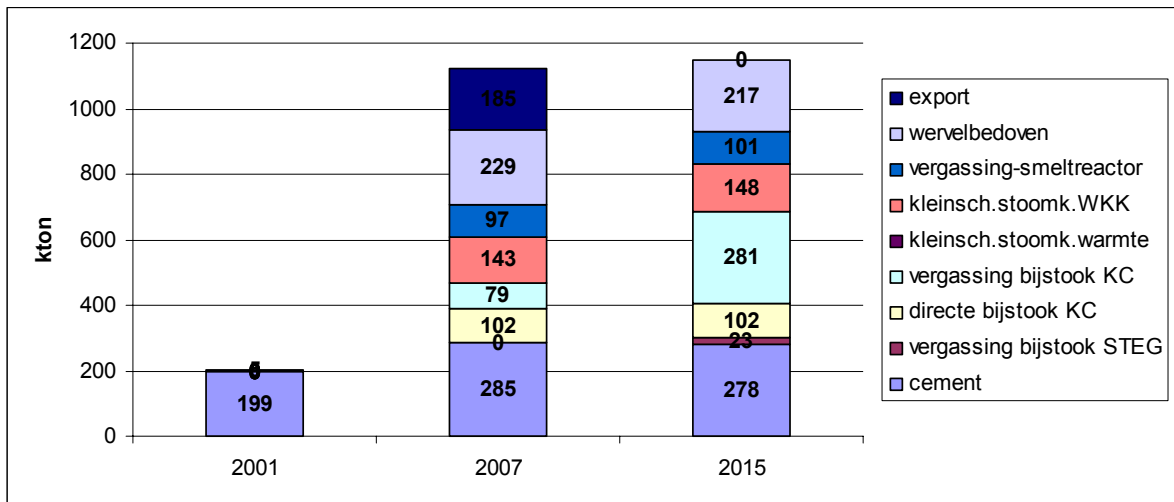
Wanneer de beperkingen op verwachte investeringen in decentrale stookinstallaties worden opgeheven, neemt de verwerkingscapaciteit in decentrale installaties toe tot bijna 150 kton/jaar (ongeveer 2,3 PJ of 15 MWe bij een elektrisch rendement van 15 %, en 6500 uren per jaar). Zo goed als de volledige hoeveelheid hout van eindgebruikers gaat naar decentrale verwerking. Op het deel na dat naar de cementnijverheid gaat, gaat het zaagsel naar decentrale verwerking.

In het Verslag van de commissie Ampere wordt het nog aan te boren WKK-marktpotentieel ingeschat op 500 – 1500 GWe. Daarvan ligt 75% in Vlaanderen. Ongeveer de helft daarvan zijn gasturbines (stoomproductie), dus: ongeveer 375 MWe.

In de komende jaren zou daarvan dus bijna 5 % gerealiseerd worden via verbranding van houtafval.

De toename van kleinschalige WKK in vergelijking met het referentiescenario gaat ten koste van directe bijstook in kolencentrales.

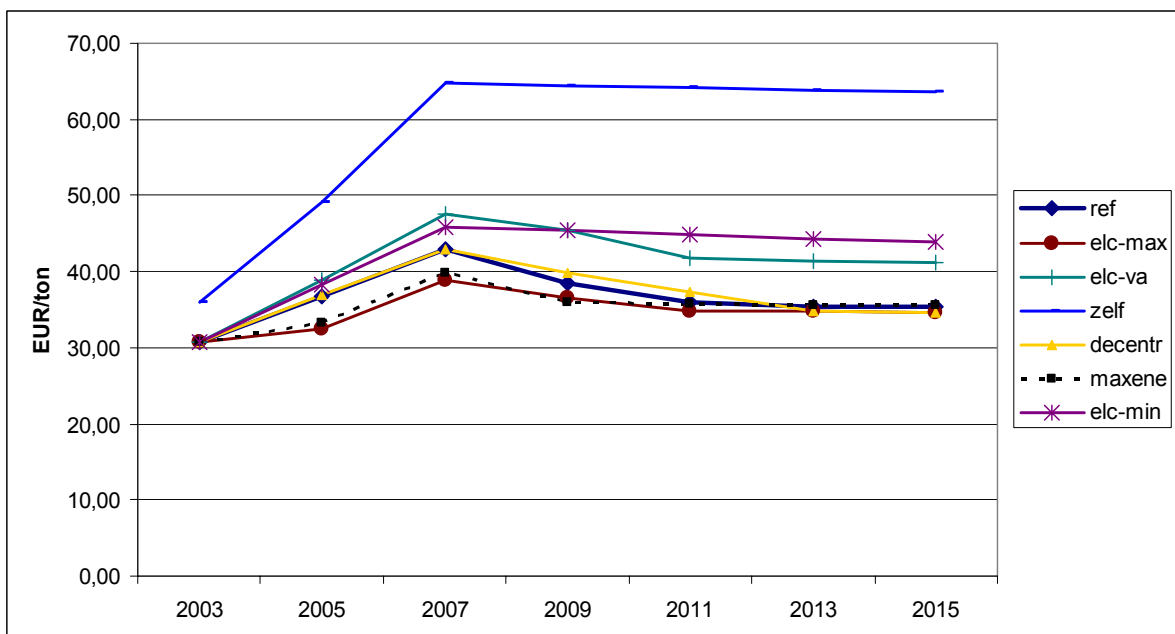
¹³ Ook in dit scenario moeten de “kleine” kolencentrales dus niet worden ingezet.



Figuur 6-24: Evolutie van de verwerkingsinfrastructuur – scenario decentrale verwerking

6.6 Vergelijking van de gemiddelde kosten voor de verschillende scenario's

In Figuur 6-25 worden de gemiddelde verwerkingskosten voor de verschillende scenario's vergeleken. Het groene stroomscenario is hier niet weergegeven. In het groene stroomscenario is de vergoeding voor de groene stroomcertificaten als een opbrengst meegerekend zodat het in dat geval niet meer gaat om een zuivere verwerkingskost.



Figuur 6-25: Gemiddelde verwerkingskost voor HCSA – vergelijking van de scenario's

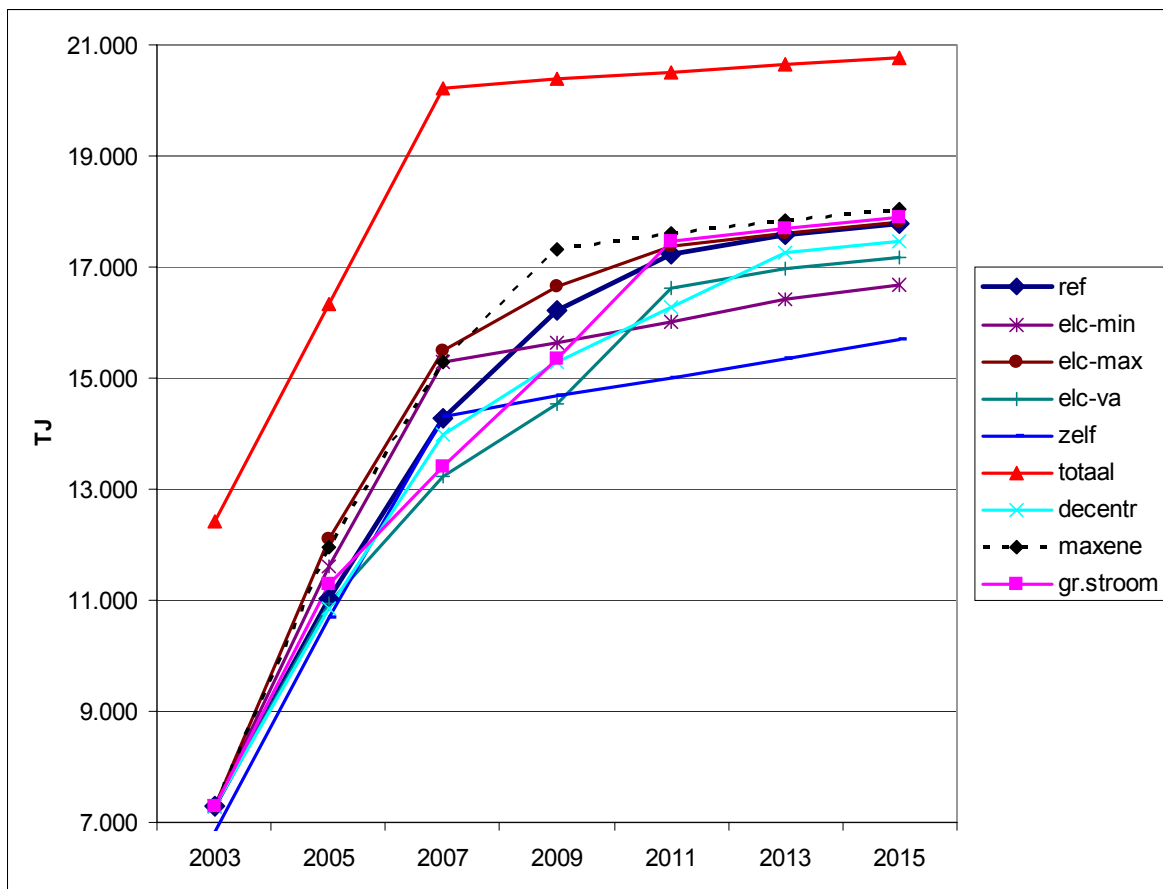
De gemiddelde kosten voor het zelfvoorzieningsscenario vallen een heel stuk hoger uit dan voor alle andere scenario's. In de andere scenario's vallen de kosten goedkoper uit naarmate er meer bijstookmogelijkheden zijn in de elektriciteitscentrales. Beide scenario's met beperkte bijstookmogelijkheden in de elektriciteitssector zijn duurder dan de overige scenario's.

Het zelfvoorzieningsscenario kost per jaar 25 tot 30 miljoen EUR meer dan het referentiescenario (+50-80% t.o.v. referentie). De scenario's met beperkte of geen bijstookmogelijkheden in de elektriciteitssector kosten per jaar 5 tot 10 miljoen EUR meer dan het referentiescenario (+10-25% t.o.v. referentie).

De andere scenario's zijn allemaal vergelijkbaar.

6.7 Vergelijking van de vermeden fossiele energie voor de verschillende scenario's

In § 6.2.2 werd reeds berekend dat de verwerking van de hier beschouwde afvalstromen in Vlaanderen in het referentiescenario kan instaan voor 0,5 tot 0,7% van het primair energieverbruik in Vlaanderen. In deze paragraaf worden de andere scenario's vergeleken met het referentiescenario en wordt de vraag gesteld of er nog een groot bijkomend potentieel is voor vervanging van fossiele brandstoffen door energie uit afvalstoffen.



Figuur 6-26: Evolutie van de uitgespaarde fossiele brandstof – vergelijking van de scenario's

In Figuur 6-26 wordt de vermeden fossiele energie vergeleken voor de verschillende scenario's. Het aandeel export werd op deze figuur niet aangegeven. De weergegeven hoeveelheid vermeden fossiele energie is daarom hoger naarmate er minder geëxporteerd wordt. Dit is zichtbaar in de resultaten voor het jaar 2007.

De hoeveelheid fossiele brandstof die kan worden uitgespaard, kan vergeleken worden voor een referentiejaar. Indien geen rekening wordt gehouden met eventuele energierecuperatie uit geëxporteerde afvalstoffen, dan wordt 70 tot 75% van de energie uit de beschouwde afvalstromen op fossiele brandstoffen gespaard. In de jaren 2011-2015 kan voor het "maxene" scenario 87% van de energie uit de beschouwde afvalstromen op fossiele brandstoffen gespaard worden. In diezelfde periode komen het referentiescenario en het groene stroomscenario dicht in die buurt (84 – 86 %).

In het scenario met minimale bijstook in elektriciteitscentrales is de energierecuperatie aanvankelijk vrij hoog (76%). Dit is echter voor een groot deel te wijten aan het feit dat nagenoeg geen afvalstoffen worden geëxporteerd. In 2015 blijft de recuperatie hangen op 80%.

Als er geen beperking wordt gelegd op decentrale stookinstallaties (decentraal), wordt er meer WKK geplaatst ten koste van directe bijstook. Bij directe bijstook wordt meer fossiele brandstof uitgespaard dan bij WKK. Bijgevolg wordt er in het decentraal scenario minder energie uitgespaard dan in het referentiescenario.¹⁴

Als we kijken naar de verschillen in cumulatieve uitgespaarde fossiele energie (over de periode 2003 – 2015), dan zijn die eerder klein (Tabel 6-4). Het verschil tussen het referentiescenario en het (optimistische) scenario met maximale bijstook bedraagt slechts 2%.

In vergelijking met het totaal primair energieverbruik in Vlaanderen is het verschil in jaarlijkse hoeveelheid uitgespaarde fossiele energie tussen het referentiescenario en het scenario met maximale bijstook verwaarloosbaar. Hierbij mag echter niet uit het oog verloren worden dat in het referentiescenario werd uitgegaan van een aantal uitgangspunten die niet zomaar voor zeker kunnen worden aangenomen.

Het verschil met het elc-min scenario bedraagt echter ook niet meer dan 5%. Globaal kan gesteld worden dat er een variatie van ongeveer 1 PJ/jaar ligt tussen de verschillende scenario's. Enkel voor het zelfvoorzieningsscenario ligt de gerealiseerde energiebesparing lager (2 PJ).

In Tabel 6-4 wordt ook de globale meer- of minkost voor de verschillende scenario's t.o.v. het referentiescenario vergeleken met het verschil in uitgespaarde fossiele energie t.o.v. het referentiescenario.

In het "elc-max" scenario wordt meer fossiele energie uitgespaard, en bovendien tegen een lagere prijs. Dit is dus in alle geval een na te streven scenario. Uit wat eerder werd gezegd kan echter worden besloten dat het weinig waarschijnlijk is.

Alle scenario's met een lagere energierecuperatie hebben tegelijk ook een hogere kostprijs.

¹⁴ Bij vergelijking van WKK met gescheiden opwekking van stoom en elektriciteit zal het verschil in uitgespaarde fossiele brandstof tussen WKK en directe bijstook minder groot zijn.

Tabel 6-4: Cumulatieve uitgespaarde fossiele energie (2003-2015)

| totale energie-inhoud afval | | | | | |
|-------------------------------|---------|------------------|---------|-------------------------|----------------------|
| | TJ | | | | |
| | 243.813 | 100% | | | |
| Uitgespaarde fossiele energie | | inclusief export | | Verschil met referentie | |
| scenario | TJ | | TJ | | TJ/jaar kEUR/jaar |
| maxene | 195.634 | 80% | 199.554 | 82% | 559 -1.293 |
| elc-max | 193.715 | 79% | 197.256 | 81% | 412 -1.918 |
| ref | 188.365 | 77% | 195.618 | 80% | 0 |
| gr.stroom | 186.369 | 76% | 196.137 | 80% | -154 |
| decentr | 182.775 | 75% | 191.621 | 79% | -430 248 |
| elc-min | 183.739 | 75% | 185.249 | 76% | -356 6.073 |
| elc-va | 179.662 | 74% | 188.769 | 77% | -669 4.993 |
| zelf | 171.822 | 70% | 172.358 | 71% | -1273 23.572 |

De verschillen tussen de verschillende scenario's zijn dus vrij beperkt. De belangrijkste factor is de mogelijkheid tot bijstook van afvalstoffen in elektriciteitscentrales. Op termijn kan dit leiden tot een maximaal verschil in energierecuperatie van 5%. Afwezigheid van bijstookcapaciteit in elektriciteitscentrales in Vlaanderen kan, afhankelijk van de aanwezigheid van goedkope verwerkingsmogelijkheden in de omliggende landen, leiden tot export van een deel van de afvalstoffen. Eventuele energie-recuperatie wordt dan ook gerealiseerd in het buitenland. Om de energierecuperatie uit afval in Vlaanderen te optimaliseren moet dus in de eerste instantie gekeken worden naar het realiseren van de nodige capaciteit voor thermische valorisatie in Vlaanderen. Met welke technologie dat gebeurt, heeft geen groot effect op de gerealiseerde energierecuperatie, maar wel op de kostprijs.

Gevoeligheid: vermeden elektriciteitsproductie in een STEG

Voor de inschatting van de vermeden fossiele brandstof voor een wervelbedoven werd er van uitgegaan dat elektriciteit geproduceerd in een steenkoolcentrale wordt vervangen. Indien we er echter van uitgaan dat **elektriciteitsproductie in een STEG** wordt vervangen, daalt het equivalent fossiele brandstof tot 0,45 GJ per GJ afval die wordt verwerkt. In het referentiescenario's (en in elk scenario waarin wervelbedverbranding een gelijkaardig aandeel inneemt) daalt in dat geval de totale uitgespaarde hoeveelheid fossiele brandstof met 0,6 PJ.

In scenario's waar wervelbedverbranding instaat voor nog een groter deel zal het verschil dus ook groter worden (bv. 1,3 PJ in het elc-min scenario, een totaal verschil van 1,1 PJ t.o.v. het referentiescenario). Het maximale verschil tussen de meeste scenario's bedraagt in dit geval ongeveer 1,5 PJ (2,5 PJ voor het zelfvoorzieningsscenario).

6.8 Vergelijking van de emissies voor de verschillende scenario's

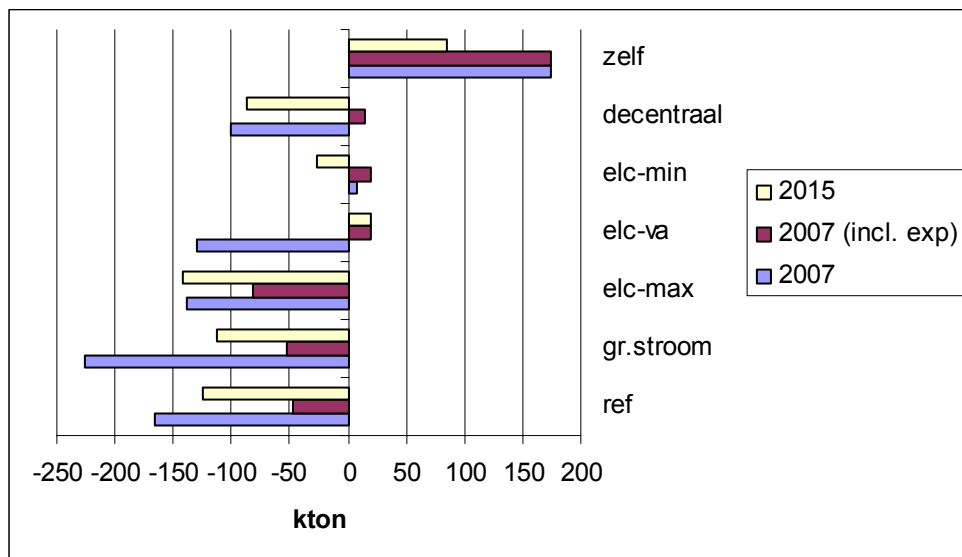
In Figuur 6-27 worden de netto CO₂-emissies (directe emissies - vermeden emissies) in de verschillende scenario's weergegeven voor 2007 en 2015. Voor 2007 werden de emissies weergegeven zonder en met inschatting van netto-emissies van de verwerking van

geëxporteerde afvalstoffen. Zoals eerder uitgelegd voor het referentiescenario (§ 6.2.4) zijn de netto CO₂-emissies negatief omdat aan hout geen directe CO₂-emissies werden toegekend, maar wel de vermeden emissies van energieproductie uit hout (ongeveer 400 kton). De netto-emissies van de geëxporteerde afvalstoffen zijn positief. Samen met de afvalstoffen worden dus CO₂-emissies geëxporteerd.

De netto emissies van het referentiescenario, het groene stroomscenario, het “elc-max” scenario en het decentraal scenario zijn negatief. Voor de scenario's met beperkte bijstookmogelijkheden in de elektriciteitssector (“elc-va”, “elc-min”) zijn ze licht negatief tot licht positief. Export leidt tot een groot verschil in emissies met en zonder export in 2007 in het “elc-va” scenario.

Het zelfvoorzieningsscenario heeft hoge netto CO₂-emissies.

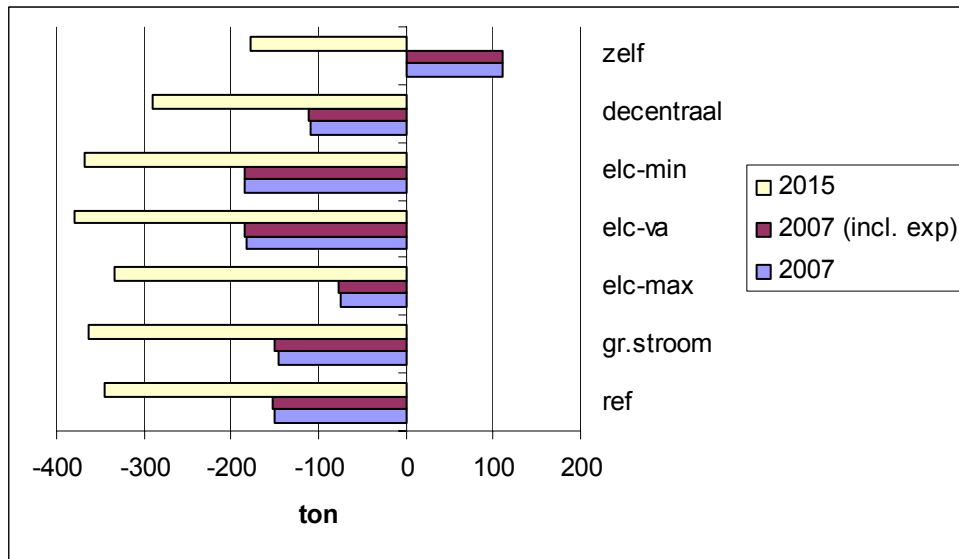
Dalingen in CO₂-emissies tussen 2007 en 2015 hebben te maken met een verhoogd rendement van de ingezette verwerkingstechnologieën.



Figuur 6-27: Netto CO₂-emissies in de verschillende scenario's

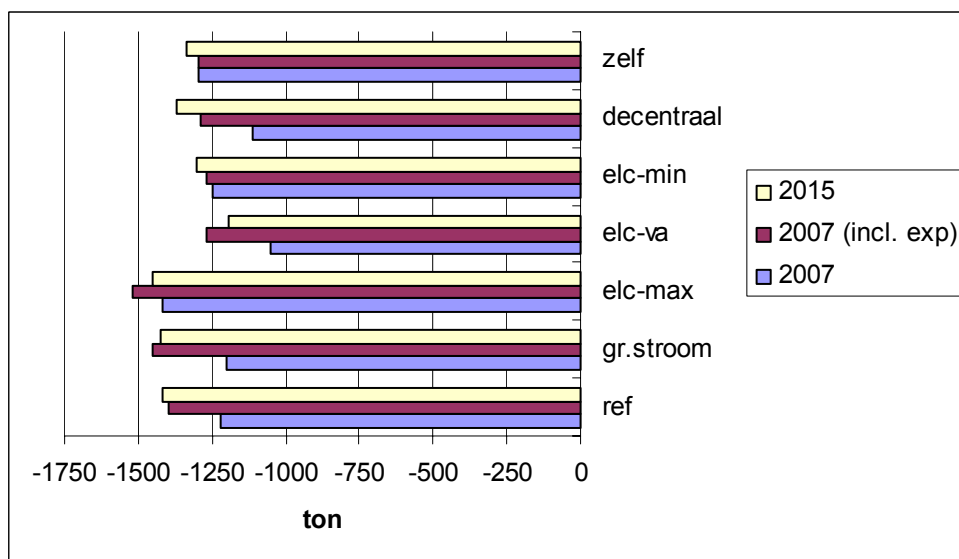
De volgende figuren hebben betrekking op de emissies van NO_x, SO_x, stof en dioxinen. Zoals eerder uitgelegd gaat het hier niet om werkelijke emissies, maar om inschattingen van te verwachten emissieniveaus als alle actoren zich strikt houden aan de opgelegde emissienormen (maximaal toegelaten emissies).

Energetische valorisering van de hier beschouwde afvalstoffen leidt in alle scenario's (m.u.v. het zelfvoorzieningsscenario in 2007) tot het uitsparen van NO_x-emissies (Figuur 6-28). Het verschil in maximaal toegelaten (MT) emissies met en zonder export is minimaal omdat de vermeden emissies van wervelbedverbranding ongeveer gelijk zijn aan de directe emissies (zie § 5.3.2). Meer bijstook in elektriciteitscentrales leidt tot lagere vermeden emissies. Het verschil is echter minimaal.

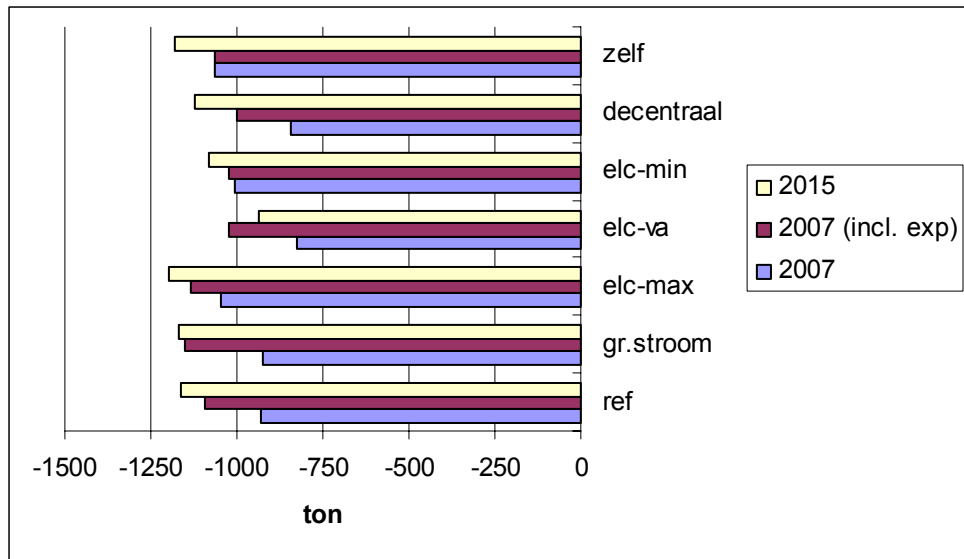


Figuur 6-28: Netto maximaal toegelaten NO_x -emissies in de verschillende scenario's

De netto MT SO_2 - en stofemissies volgen vergelijkbare patronen (Figuur 6-29, Figuur 6-30). De onderlinge verschillen tussen de scenario's zijn beperkt (250 ton voor SO_2 , 130 tot 260 ton voor stof). Vermeden emissies zijn hoger naarmate meer wordt bijgestookt in elektriciteitscentrales.

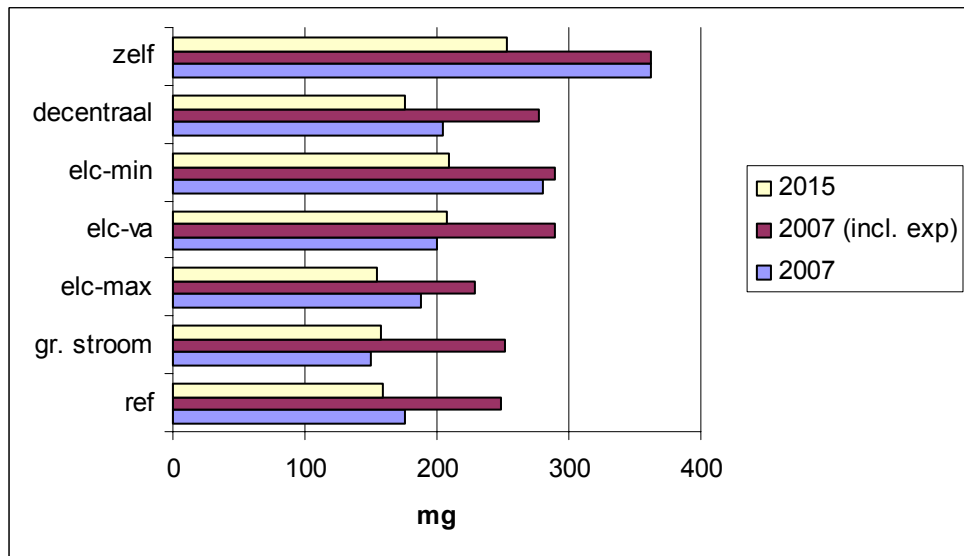


Figuur 6-29: Netto maximaal toegelaten SO_2 -emissies in de verschillende scenario's



Figuur 6-30: Netto maximaal toegelaten stof-emissies in de verschillende scenario's

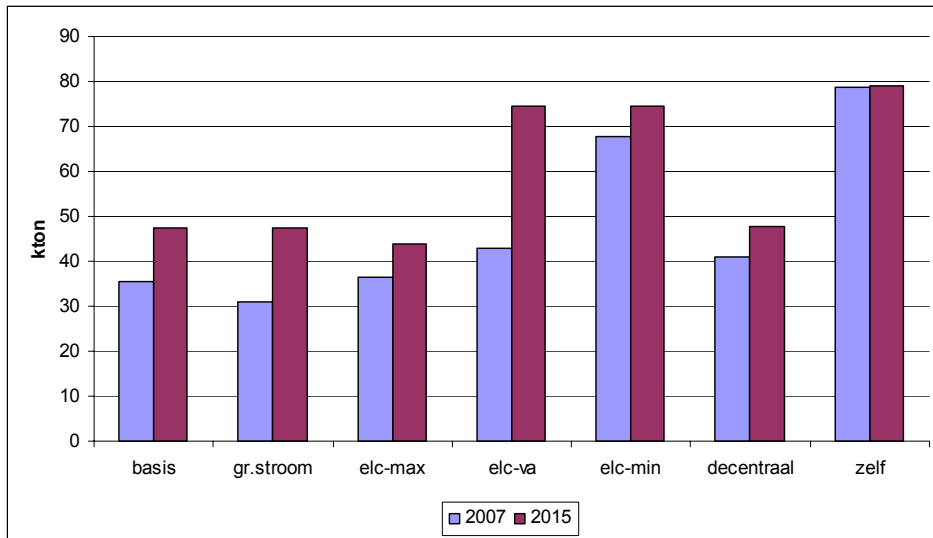
De MT dioxine-emissies hangen uitsluitend af van het rendement van de ingezette technologieën (Figuur 6-31) (zie § 5.3.2).



Figuur 6-31: Netto maximaal toegelaten dioxine-emissies in de verschillende scenario's

6.9 Vergelijking van het te storten residu voor de verschillende scenario's

Figuur 6-32 geeft het te storten residu weer in de verschillende scenario's.



Figuur 6-32: Te storten residu in de verschillende scenario's

7 SAMENVATTING EN BESLUITEN

Doelstellingen, aanpak en randvoorwaarden

Deze studie is een brede analyse van de verwerkingsmogelijkheden voor een aantal selectief ingezamelde stromen hoogcalorisch afval (HCSA). Doel was om na te gaan welke energetische valorisatiemogelijkheden potentieel in aanmerking komen, welke verwerkingscapaciteit potentieel beschikbaar is of kan zijn voor het Vlaams HCSA en tegen welke kosten, hoe de recuperatie van energie uit afval kan worden geoptimaliseerd, en tenslotte welke verwachte emissies van CO₂, NO_x, SO₂, stof en dioxines daarmee gepaard gaan.

Het gekozen model optimaliseert het verwerkingsstelsel op basis van kosten. Dit sluit aan bij het feit dat energetische valorisatie (nuttige toepassing) van HCSA in de eerste plaats wordt bepaald door de werking van de vrije markt. Een capaciteitsplanning is hier bijgevolg ook niet aan de orde.

De scenario's laten wel toe na te gaan wat het effect is van specifieke evoluties op energie en emissies. Daaruit kan worden afgeleid of het wenselijk is of er, met het oog op een verhoging van de energierecuperatie en/of een vermindering van emissies, correcties worden aangebracht op de marktwerking, en tegen welke kost dit kan.

Bovendien kan worden nagegaan wat het effect is van een aantal *onzekerheden*. Rond een aantal belangrijke, bepalende elementen bestaat immers een grote mate van onzekerheid:

1. Onzekerheid rond een aantal *technische aspecten*, i.h.b. voor bijstook in elektriciteitscentrales. Deze worden aangehaald in Deel 2 van deze studie.
2. Eén van de in deze studie beschouwde afvalstromen is niet-gevaarlijk houtafval, dat niet binnen de houtsector zelf verwerkt wordt. Dit houtafval geeft aanleiding tot het verwerven van *Groene Stroomcertificaten*. Een groot deel van het toepassingsgebied van het Groene Stroom-decreet valt echter buiten de grenzen van deze studie:
 - De uiteindelijke kostprijs van de Groene Stroomcertificaten zal bepaald worden door de verschillende mogelijkheden voor Groene Stroomproductie en hun kostprijs. Een volledige studie van de elektriciteitsmarkt en van de mogelijkheden en de kosten voor het opwekken van Groene Stroom ligt echter buiten het bestek van deze studie.
 - Ook kan de beschikbare capaciteit voor bijstook in kolencentrales (deels) aangewend worden voor het bijstoken van biomassa-stromen die hier niet worden bestudeerd. Dit maakt de inschatting van de voor het HCSA beschikbare verwerkingscapaciteit een stuk onzekerder.
3. Voor nuttige toepassing van de hier beschouwde afvalstromen gelden de regels van de interne Europese markt. Een analyse van een beperkt systeem, zoals in deze studie, laat echter niet toe om deze *internationale context* te simuleren. Eerder dan te trachten deze internationale context en de overeenkomstige exportprijs te simuleren, werd daarom gezocht naar de invloed van de exportprijs (internationale marktprijs) op de

verwerkingscapaciteit, op de export en op de marginaal beschikbare technologie (verbranding in een wervelbedoven zonder co-verbranding van hoogcalorisch afval).

Hoe de internationale markt zal evolueren, is hoogst onvoorspelbaar. Momenteel zijn er in het buitenland een aantal relatief goedkope verwerkingsopties. Wanneer er in de omliggende landen echter stortverboden in werking treden, kan deze situatie snel omkeren, en kan een relatief tekort aan verwerkingscapaciteit ontstaan. Dit zou de prijzen omhoog jagen.

De veronderstellingen die werden gemaakt voor 2015 bevatten uiteraard een hoge mate van onzekerheid. Zo werd bv. voor de cementindustrie een status-quo in de productie in België verondersteld. Ook voor het afvalaanbod werd aangenomen dat dit nagenoeg ongewijzigd blijft in de periode 2007-2015. De tijdshorizon tot 2015 laat vnl. toe om de mogelijke gevolgen te zien van investeringsbeslissingen die worden genomen in de voorgaande periode (i.h.b. de periode tot 2007).

Bij de inschattingen van *vermeden emissies* wordt een globale benadering gehanteerd die uitgaat van bestaande installaties, regelgeving, vergunningen en emissiegrenswaarden, en verwachtingen i.v.m. toekomstige regelgeving, als *referentiesituatie*. Deze referentiesituatie wordt als een gegeven beschouwd en is niet het onderwerp van deze studie. De vermeden emissies geven aan welke verschillen kunnen worden verwacht t.o.v. de referentiesituatie. (Daarbij werd in de referentiesituatie geen rekening gehouden met eventuele emissies van de afvalstromen indien ze zouden worden gestort.)

Tenslotte, door de brede opzet van de studie was het niet mogelijk elke HCSA-stroom in detail te analyseren. De te verwerken afvalstromen werden vrij breed afgelijnd, en de verwerkingsmogelijkheden werden vastgelegd op basis van de voornaamste karakteristieken van de afvalstromen. Hun precieze (elementaire) samenstelling werd niet onderzocht.

Daardoor was het niet mogelijk een inschatting te maken van bv. emissies van *zware metalen*, die in geval van sommige verwerkingstechnieken rechtstreeks gebonden zijn aan de samenstelling van de afvalstromen. Zo wordt o.a. bij de verwerking van afval in klinkerovens soms gewezen op het feit dat vluchtige zware metalen (vnl. Hg) in de rookgassen terecht komen. Zelfs indien de emissiegrenswaarden niet worden overschreden, zou dit toch kunnen leiden tot een verhoogde uitstoot van zware metalen.

De algemene aanpak die hier werd gehanteerd, biedt echter niet voldoende elementen om mogelijke risicostromen aan te duiden en de effecten te kwantificeren. De identificatie van risicostromen en het kwantificeren van de mogelijke risico's kan daarom een nuttige aanvulling zijn bij deze studie.

Ook omwille van de brede opzet viel een analyse van *transport*, transportkosten en transportemissies buiten de mogelijkheden van deze studie. Zeer algemeen kan uiteraard worden gesteld dat er zowel economische als ecologische argumenten zijn om het transport van afval te beperken door het te verwerken in de nabijheid van de productie. Decentrale verwerking kan daar een bijdrage aan leveren. (In deze studie gaat het echter niet om bedrijfsinterne verwerking). Deze bijdrage moet dan afgewogen worden t.o.v. andere verschillen in kosten, energieverbruik en -opbrengsten en emissies. Dit kan beter gebeuren a.h.v. concrete, gedetailleerde gevalstudies.

Aanbod

Voor 2001 werd een totale hoeveelheid van 1146 kton HCSA geïnventariseerd, die in theorie beschikbaar zou kunnen zijn voor energetische valorisering. Ongeveer 39% daarvan wordt energetisch gevaloriseerd. In 2007 neemt dit toe tot 1420 kton. De toename is te wijten aan het RDF uit huishoudelijk en categorie-2-bedrijfsafval. Daarvan wordt 1120 kton of 20,7 PJ selectief ingezameld.

Het houtafvalaanbod betreft enkel het deel dat naar verwachting vrij komt voor verwerking *buiten de houtsector zelf*.

Kosten en verwerkingscapaciteit

Er zijn *grote verschillen in verwerkingskost* voor de verschillende thermische verwerkingstechnieken. Verwerking in klinkerovens is over het algemeen de goedkoopste optie. Verbranding in een wervelbedoven (zonder bijmenging van slib) is de duurste optie. Bijstook in kolencentrales, verwerking in decentrale stookinstallaties en bijstook in STEG-centrales liggen daartussen.

De verwerkingskosten voor shredderafval in een vergasser met smeltreactor lopen zeer hoog op (200 EUR/ton).

De verwerkingskosten worden beïnvloed door de *rendementsverschillen* tussen verschillende technologieën, de *elektriciteitsprijs* en de *hergebruiksmogelijkheden* van reststoffen. Door de toekenning van *Groene Stroomcertificaten* voor elektriciteit uit biomassa (i.c. hout) worden de onderlinge kostenverhoudingen tussen de verschillende verwerkingstechnologieën grondig dooreengeschied. Grootschalige verwerking in de elektriciteitssector is in dat geval duidelijk goedkoper dan verwerking in decentrale stookinstallaties, en, afhankelijk van de prijs van de Groene Stroomcertificaten, goedkoper dan de verwerking in de cementindustrie (in het geval van houtzaagsel).

De potentieel beschikbare bijstookcapaciteit in klinkerovens en in elektriciteitscentrales is technisch beperkt (zie Deel 2). Investerings in decentrale verwerkingscapaciteit voor hout worden beperkt door een zwakke acceptatiegraad en door onzekerheid op de houtmarkt.

In het *referentiescenario* werden naast de technische beperkingen een aantal bijkomende veronderstellingen gemaakt die rekening houden met een aantal bijkomende randvoorwaarden, en met het feit dat nieuwe technologieën slechts langzaam voet aan de grond krijgen.

Daardoor volstaat de verwachte potentieel beschikbare capaciteit voor bijstook in klinkerovens en elektriciteitscentrales, en voor decentrale stookinstallaties, en de reeds geplande wervelbedverbrandingscapaciteit, in 2007 niet om het volledige aanbod HCSA te verwerken. Een deel van het HCSA zal, afhankelijk van de geldende marktprijzen, geëxporteerd worden of verwerkt moeten worden in bijkomende wervelbedovens. Deze laatste optie is tot 30% duurder dan de duurste van de overige opties.

Naar 2015 toe is de verwachting dat de potentieel beschikbare capaciteit voor bijstook in klinkerovens en elektriciteitscentrales, en voor decentrale stookinstallaties, samen met de reeds geplande wervelbedverbrandingscapaciteit, groot genoeg is om het volledige HCSA-aanbod te verwerken.

In het *Groene Stroomscenario* verschuift de verwerking van houtafval van decentrale verwerking en van verwerking in de cementindustrie naar bijstook in elektriciteitscentrales. Maar, zelfs in dat geval wordt mogelijk een deel van de bijstookmogelijkheden in de elektriciteitssector aangewend voor het bijstoken van niet-houtafval.

Nastreven van een *zelfvoorzieningsscenario* blijkt zeer duur. O.a. het wegvallen van de verwerkingsmogelijkheden in de cementindustrie leidt tot een hoge meerkost. Maar zelfs indien de verwerkingsmogelijkheden in de cementindustrie ten volle worden benut, kan een deel export de goedkoopste optie blijven. Dit hangt af van de marktprijs, en dus ook van de verwerkingsmogelijkheden in de omliggende landen.

Indien de *bijstookopties in de elektriciteitssector* gerealiseerd worden, wordt Vlaanderen op termijn wel zelfvoorzienend voor een groot deel van zijn afval. Voor het overige deel zijn er verwerkingsmogelijkheden binnen België, meer bepaald in de cementindustrie in Wallonië.

De bijstookmogelijkheden in de elektriciteitssector zijn cruciaal en tegelijk erg onzeker. Afhankelijk van de gehanteerde veronderstellingen varieert de bijstookmogelijkheid in 2007 van 180 kton tot 345 kton (in een erg optimistisch scenario). In de eerste plaats zijn er een aantal technische onzekerheden. Bijstoken van afvalstromen (na vergassing) in elektriciteitscentrales is slechts in beperkte mate gedemonstreerd, en bijgevolg onderhevig aan heel wat onzekerheid. Voor bijstook in steenkoolcentrales is een grote onzekerheid het risico op aantasting van de kwaliteit van de vliegassen. Ook corrosie kan problemen stellen. Voor vergassing en bijstook in een STEG is de vraag of deze technologie wel tot rijpheid zal komen.

Bovendien kan het toekennen van Groene Stroomcertificaten ertoe leiden dat de beperkte bijstookmogelijkheden in de elektriciteitssector worden aangewend voor het realiseren van deze hernieuwbare energie.

Het wegvallen van de bijstookmogelijkheden in de elektriciteitssector leidt tot een meerkost van 10 tot 25% t.o.v. het uitgetekende referentiescenario (tenzij er mogelijkheden voor decentrale verwerking of co-incineratie van slib en HCA in de plaats zouden komen, zie verder).

In de loop van de studie werden andere mogelijkheden voor de verwerking van hoogcalorische afvalstromen naar voor geschoven. Zo werd o.a. gewezen op de mogelijke verwerking van hoog-calorisch afval in *non-ferrosmelter* of in *hoogovens*. Deze zouden mogelijk kunnen instaan voor de verwerking van 20 tot 40 kton HCA.

Energie

De *uitgespaarde primaire brandstof* voor de verschillende verwerkingstechnologieën varieert *tussen 0,6 en 1 GJ per GJ verwerkt HCSA*. De verwerkingsmogelijkheden met de hoogste substitutie van primaire brandstoffen (klinkeroven, directe bijstook in kolencentrales) zijn echter beperkt door de beschikbare capaciteit (zie hierboven).

Door verwerking van de hier beschouwde afvalstromen kan *14 tot 20 PJ primaire energie* worden uitgespaard (*0,9 – 1,1% van het primair energieverbruik in Vlaanderen*). Een deel van het uitgespaard fossiel energieverbruik (6,6 PJ) wordt gerealiseerd door co-incineratie in klinkerovens in Wallonië. Het deel van de hier beschouwde afvalstromen dat in

Vlaanderen wordt verwerkt, kan dus instaan voor *0,5 – 0,7% van het primair energieverbruik in Vlaanderen.*

In het meest optimistische scenario lijkt substitutie van 0,85 GJ fossiele brandstof per GJ afval op termijn het maximaal haalbare. Het uitgetekende referentiescenario komt op termijn dicht in de buurt daarvan. Het Groene Stroomscenario wijkt weinig van af van het referentiescenario. De marge voor (kosten-efficiënte) verbetering t.o.v. het referentiescenario is beperkt.

De scenario's met minimale bijstookmogelijkheden in de elektriciteitssector blijven hangen op 80%. Al bij al zijn de *verschillen in uitgespaarde fossiele energie* tussen de verschillende scenario's *vrij beperkt*. Globaal kan gesteld worden dat er een variatie van 1 tot 1,5 PJ/jaar ligt tussen de verschillende scenario's. Enkel voor het zelfvoorzieningsscenario ligt de gerealiseerde energiebesparing lager (2 tot 2,5 PJ).

Emissies

Voor alle scenario's werden de globale netto-CO₂-emissies berekend. De netto-emissies zijn het verschil tussen de directe emissies en de vermeden emissies als gevolg van vermeden verbruik van primaire fossiele energie.

Verwerking van de hier beschouwde afvalstromen leidt tot licht negatieve netto-CO₂-emissies, m.a.w. tot een daling van de CO₂-emissies. Dit is echter volledig toe te schrijven aan het aandeel hout, waarvoor geen directe CO₂-emissies werden aangerekend, maar wel vermeden emissies. De netto CO₂-emissies exclusief hout bedragen *250 tot 300 kton/jaar* (0,3 tot 0,4% van de totale Vlaamse CO₂-emissies).

Inschattingen voor de andere pollutanten zijn deels gebaseerd op omrekeningen van emissiegrenswaarden. Zij geven aan welke emissies kunnen worden verwacht indien alle actoren zich strikt houden aan de opgelegde emissiegrenswaarden. De emissiegrenswaarden werden progressief ingeschat. Zo werd rekening gehouden met de toepassing van de Europese richtlijnen rond afvalverbranding en rond emissies van grote stookinstallaties (tenzij er op Vlaams niveau strengere voorwaarden gelden). In het laatste geval werd uitgegaan van de regelgeving voor nieuwe stookinstallaties.

In het geval van co-verbranding in klinkerovens werd ervan uitgegaan dat deze zich in alle geval zullen conformeren aan de emissiegrenswaarden in de afvalverbrandingsrichtlijn. Bijgevolg zijn de directe emissies als gevolg van het bijstoken van de hier beschouwde afvalstromen en de vermeden emissies even groot.

Ook hier zijn de netto-emissies het verschil tussen de directe emissies en de vermeden emissies als gevolg van vermeden verbruik van primaire fossiele energie.

De zo ingeschatte netto NO_x-emissies en in grotere mate de netto SO₂- en de stofemissies zijn negatief. Tot *300 ton NO_x*, (0,2% van de totale NO_x-emissies in Vlaanderen) tot *1400 ton SO₂* (1,1% van de totale SO₂-emissies in Vlaanderen) en tot *1200 ton stof* kan jaarlijks uitgespaard worden. Een groot deel hiervan heeft echter betrekking op de emissies voor de productie van brandstoffen.

Eenzelfde dioxine-norm werd toegepast op alle verbrandingsinstallaties. Als gevolg daarvan is vooral het rendement bepalend voor de verhouding tussen rechtstreekse en vermeden

emissies, en zijn de ingeschatte netto-emissies positief (ongeveer 0,1% van de totale dioxine-emissies in Vlaanderen).

Als de bijstookmogelijkheden in de elektriciteitssector wegvallen, zullen de CO₂-emissies met 100 tot 150 kton/jaar toenemen in vergelijking met het referentiescenario. Ook de SO₂- en de stofemissies zullen in beperkte mate toenemen. In het zelfvoorzieningsscenario nemen de CO₂-emissies sterk toe.

Er zijn slechts zeer minieme verschillen in emissies tussen het referentiescenario en het Groene Stroomscenario.

Algemeen besluit

Behalve in het Zelfvoorzieningsscenario neemt verwerking in de cementindustrie in alle scenario's een belangrijke rol in. De bijstookmogelijkheden in de elektriciteitssector zijn erg onzeker. Toch wijzen alle onderzochte scenario's erop dat er voor de verwerking van Vlaams HCSA, naast de bijstookmogelijkheden in de cementindustrie en de elektriciteitssector, en de geplande investeringen in co-verbranding van slib en hoogcalorisch afval, plaats is voor *minstens 200 kton bijkomende capaciteit* voor energetische valorisatie. In geval de bijstookcapaciteit in de elektriciteitscentrales niet of slechts deels gerealiseerd wordt, kan dit oplopen tot 400 kton.

Of die bijkomende capaciteit effectief in Vlaanderen zal gerealiseerd worden hangt af van evoluties in de omringende landen. De internationale context is zodanig onzeker dat daar weinig uit kan besloten worden.

Daarnaast is er ongeveer *100 kton licht shredderafval* waarvoor als enige mogelijkheid een *vergassingsinstallatie met smeltreactor* werd weerhouden. Ook hiervoor is momenteel geen capaciteit voorhanden. De kostprijs ligt echter hoog.

Verwerking in het buitenland (naast het deel dat verwerkt wordt in de cementindustrie in Wallonië) is, zeker tijdelijk, een optie waarmee terdege rekening moet worden gehouden. Eventueel uitgespaard fossiel brandstofverbruik wordt in dat geval niet in Vlaanderen gerealiseerd. Voor CO₂ leidt dit tot de export van netto-emissies. Voor NO_x, SO₂ en stof leidt dit tot export van netto vermeden emissies. Dit wordt echter gerelativeerd door het feit dat heel wat van de vermeden emissies een gevolg zijn van de productie van de brandstoffen, en niet van de verbranding zelf. Een deel van de vermeden emissies zal dus in elk geval in het buitenland optreden.

Indien in de omringende landen echter dezelfde marktvoorwaarden gelden als in Vlaanderen (stortverbod, toename van het aanbod, beperkte beschikbaarheid van verwerkingscapaciteit), is export geen mogelijkheid en kunnen de kosten voor verwerking van HCSA sterk stijgen.

Om de *energierecuperatie* uit afval in Vlaanderen te optimaliseren moet in de eerste instantie gekeken worden naar het *realiseren van de nodige capaciteit voor thermische valorisatie in Vlaanderen*. Met welke van de hier beschouwde technologieën dat gebeurt, heeft geen groot effect op de gerealiseerde globale energierecuperatie. De resultaten tonen

aan dat eventuele vroege investeringen in energetisch minder performante technologieën op middellange termijn tot slechts beperkte verschillen in totale energetische valorisatie leiden.

Op korte termijn komen hier enkel alleenstaande afval-tot-energie-installaties, i.c. *grootschalige wervelbedverbranding* of *decentrale verwerking*, voor in aanmerking.

Voor een eventuele uitbreiding van de verwerkingscapaciteit in Vlaanderen lijkt verbranding van HCSA in een wervelbedoven zonder co-verwerking van slib omwille van de hoge kostprijs een weinig aantrekkelijke optie. Deze optie komt enkel in beeld indien de verwerkingscapaciteit in de omringende landen ook volledig benut is (bv. als gevolg van stortverboden). *Co-verwerking van hoogcalorisch afval met slib* is een potentieel interessante piste die in het kader van deze studie echter niet in detail werd beschouwd. Rudimentaire inschattingen van kosten geven aan dat deze optie competitief is met co-verwerking (van niet-hout-afval) in de elektriciteitssector.

Decentrale verwerking is een ander mogelijk alternatief. Als gevolg van de Groene Stroomcertificaten wordt de decentrale verwerking voor hout echter uit de markt geprijsd. Eventueel zijn er mogelijkheden voor decentrale verwerking van andere afvalstromen (kunststoffen, RDF, ...). Dit werd in deze studie niet in detail onderzocht. In dat geval moeten de huidige beperkingen op decentrale verwerking echter kunnen worden opgeheven.

Bij alleenstaande afval-tot-energie-installaties ligt het *rendement* bij elektriciteitsproductie laag in vergelijking met elektriciteitsproductie o.b.v. fossiele brandstof. Voor *warmtelevering* kan het equivalent fossiele brandstof beduidend hoger liggen. In theorie biedt warmtelevering dus een mogelijkheid om meer fossiele brandstof uit te sparen. In de praktijk zal echter moeten gezocht worden naar voldoende (grootschalige) afname voor de geleverde warmte. Dit aspect werd in deze studie niet verder onderzocht. Ook de kosten van deze optie werden niet onderzocht.

Globaal nemen de hier onderzochte *emissies* af naarmate meer bijstook in elektriciteitscentrales kan worden gerealiseerd. De verschillen in emissies zijn in de meest relevante scenario's echter beperkt.

Tenslotte, de hierboven vermelde 200 kton houdt reeds rekening met *bijstook van afvalstoffen in elektriciteitscentrales*. Indien deze niet worden gerealiseerd kan de nood aan bijkomende verwerkingscapaciteit nog groter worden. Zowel om de verwerkingskosten binnen de perken te houden als om de energie-recuperatie te maximaliseren, is het opvangen van de technische beperkingen in de bijstookmogelijkheden in elektriciteitscentrales dan ook een cruciaal aandachtspunt. Vergassing als tussenstap kan een deel van de technische problemen opvangen. Naast de bestaande initiatieven voor vergassing van schone biomassa, lijken proeven met *vergassing en bijstook van behandeld houtafval en niet-hout afval* daarom aangewezen.

REFERENTIES

-
- ⁱ Vanderstraeten P., Devriendt N. (2003) Case-study: houtafval in Vlaanderen, Vito, Mol.
- ⁱⁱ Van der Linden A., Vrancken K. (2001) Inventarisatie van hoogcalorisch en selectief ingezameld afval voor thermische valorisatie, Vito, Mol.
- ⁱⁱⁱ OVAM (2002) Ontwerp Uitvoeringsplan Huishoudelijke Afvalstoffen 2003-2007.
- ^{iv} Vrancken et al. (2001) vergelijking van verwerkingsscenario's voor restfractie van HHA en nit-specifiek categorie II bedrijfsafval, Vito, Mol.
- ^v Ökoinventare für Verpackungen, BUWAL 300 (EMPA study, based on the BUWAL 250 study and ETH/ESU study), Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern, Zwitserland, 3rd edition July 1996
- ^{vi} C.J.G van Halen et al. (2000) Marsroutes voor elektriciteit- en warmteopwekking uit afval en biomassa, op weg naar een implementatieplan met de elektriciteitsproductiesector voor de periode 2000-2003
- ^{vii} Huybrechts D., Dijkmans R. (2001) Beste Beschikbare Technieken voor de verwerking van RWZI- en gelijkaardig afvalwaterzuiveringsslib, Vito – BBT-Kenniscentrum.
- ^{viii} Mededeling Hendrik Duyvejonck en Hans Fastenaekels, Vyncke, 31/01/2002
- ^{ix} Vito (2000) Energiebalans Vlaanderen 2000