

**Energetische valorisatie van
hoogcalorische afvalstromen in Vlaanderen**
Deel 2: Afvalaanbod, procesbeschrijvingen
en toepassingsmogelijkheden
Eindrapport

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

Studie uitgevoerd in het kader van de BBT/EMIS referentieopdracht

2003/IMS/R/051



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.....	6
2	WERKWIJZE.....	8
2.1	Inventarisatie en verkenning.....	8
2.2	Analyse van de thermische verwerkingsopties.....	8
3	AANBOD VAN AFVALSTROMEN.....	10
4	AFVALSTROOM-TECHNOLOGIECOMBINATIES.....	12
4.1	Oorspronkelijke selectie van afvalstroom-technologie-combinaties.....	12
4.2	Actualisering op basis van de nieuwe onderzoeksresultaten.....	13
5	TECHNOLOGIEBESCHRIJVINGEN.....	16
5.1	Algemeen.....	16
5.2	Overzicht van verbrandings- en vergassingstechnologieën.....	17
5.2.1	Schema van de bestudeerde verbrandings- en vergassingsroutes.....	17
5.2.2	Algemene beschrijving van de verbrandings- en vergassingstechnologieën.....	19
5.3	Wervelbedoven.....	22
5.3.1	Procesbeschrijving.....	22
5.3.2	Terugwinning van energie uit afval.....	25
5.3.3	Emissiegrenswaarden, effectieve emissies en rookgasreiniging.....	25
5.3.4	Rest- en afvalstoffen.....	27
5.3.5	Kosten.....	28
5.4	Decentrale stookinstallaties.....	29
5.4.1	Procesbeschrijving.....	29
5.4.2	Actueel bestaande toepassingen.....	30
5.4.3	Mogelijke verwerking van de in deze studie beschouwde hoogcalorische afvalstromen.....	30
5.4.4	Terugwinning van energie uit afval.....	31
5.4.5	Emissiegrenswaarden, effectieve emissies en rookgasreiniging.....	31
5.4.6	Rest- en afvalstoffen.....	34
5.4.7	Kosten.....	34
5.4.8	Toepassing.....	35
5.5	Cementindustrie.....	36
5.5.1	Procesbeschrijving.....	36
5.5.2	Terugwinning van energie uit afval.....	43
5.5.3	Verbruik van grondstoffen.....	46
5.5.4	Emissiegrenswaarden, effectieve emissies en rookgasreiniging.....	47
5.5.5	Rest- en afvalstoffen.....	50
5.5.6	Kosten.....	50

5.5.7	Actuele en potentiële toepassing	52
5.6	Co-combustion (Directe bijstook kolencentrale).....	56
5.6.1	Procesbeschrijving.....	56
5.6.2	Terugwinning van energie uit afval.....	58
5.6.3	Verbruik van grondstoffen.....	59
5.6.4	Emissiegrenswaarden, effectieve emissies en rookgasreiniging	59
5.6.5	Rest- en afvalstoffen	61
5.6.6	Kosten	62
5.6.7	Toepassing	62
5.7	Co-gasification (CFB-vergasser - bijstook in kolencentrale).....	65
5.7.1	Procesbeschrijving.....	65
5.7.2	Terugwinning van energie uit afval.....	68
5.7.3	Verbruik van grondstoffen.....	69
5.7.4	Emissiegrenswaarden, effectieve emissies en rookgasreiniging	70
5.7.5	Rest- en afvalstoffen	72
5.7.6	Kosten	73
5.7.7	Toepassing	74
5.8	CFB-vergassing – bijstook in STEG (Integrated Gasification Combined Cycle - IGCC).....	75
5.8.1	Procesbeschrijving.....	75
5.8.2	Terugwinning van energie uit afval.....	79
5.8.3	Verbruik van grondstoffen.....	80
5.8.4	Emissiegrenswaarden, effectieve emissies en rookgasreiniging	80
5.8.5	Rest- en afvalstoffen	82
5.8.6	Kosten	82
5.8.7	Toepassing	83
5.9	Stoomintegratie.....	83
5.9.1	Procesbeschrijving.....	83
5.9.2	Terugwinning van energie uit afval.....	84
5.9.3	Emissiegrenswaarden, effectieve emissies en rookgasreiniging	84
5.9.4	Rest- en afvalstoffen	84
5.9.5	Kosten	84
5.9.6	Toepassing	85
5.10	Vergassing – smeltreactor.....	85
5.10.1	Procesbeschrijving.....	85
5.10.2	Terugwinning van energie uit afval.....	90
5.10.3	Emissiegrenswaarden, effectieve emissies en rookgasreiniging	90
5.10.4	Rest- en afvalstoffen	91
5.10.5	Kosten	93
5.11	Vergassing en methanolsynthese.....	94
5.11.1	Procesbeschrijving.....	94
5.11.2	Terugwinnen van energie uit afval.....	101
5.11.3	Rest- en afvalstoffen	101
5.11.4	Kosten	101
5.11.5	Toepassing en toekoms perspectieven.....	101
6	CONCLUSIES EN SAMENVATTING.....	104

De verschillende verwerkingstechnologieën uit de eindverwerkingsmatrix werden verder in detail geanalyseerd. Voor elke verwerkingstechnologie werd een beschrijving opgemaakt, 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, emissies¹;
- kosten: investeringskosten, vaste en variabele kosten, technische levensduur;

Deze analyse en beschrijving vormt de basis voor het optimaliseren van de infrastructuur voor thermische valorisatie van HCSA, rekening houdend met kosten, energieproductie en emissies, zoals beschreven in Deel 1 van deze studie. Het doel is dus om 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, e.d.m. aan te geven.

Een **wervelbedoven** komt in aanmerking voor het verwerken van bijna alle geïnventariseerde hoogcalorische stromen, en is dus flexibel wat verwerking van verschillende typen stromen betreft. Voor de verwerking van hoogcalorische afvalstromen, zonder bijmenging van slib, is de inzet van een extern circulerend wervelbed het meest aangewezen. Momenteel wordt de bouw van een wervelbedverbrandingsinstallatie voor co-verbranding van slib en hoogcalorisch afval in Beveren gepland. Bijmenging van slib bij het hoogcalorisch afval heeft een belangrijke invloed op de kostprijs. Het gaat om een intern roterend wervelbed. Het rendement daarvan ligt iets lager dan het rendement voor een extern circulerend wervelbed.

Decentrale verbrandingsinstallaties werden enkel in aanmerking genomen voor de verwerking van houtafval. Binnen de houtsector wordt vrij veel gebruik gemaakt van decentrale installaties voor de thermische verwerking van houtafval. Buiten de sector zijn slechts enkele installaties bekend waarin afvalstoffen thermisch worden gevaloriseerd. Theoretisch is er ook buiten de houtsector een groot potentieel voor decentrale houtverbrandingsinstallaties. Ze hebben momenteel echter te kampen met een zwakke acceptatiegraad.

Momenteel wordt vooral gebruik gemaakt van een watergekoeld bewegend rooster. Naast hout kunnen technisch gezien ook andere afvalstoffen in aanmerking komen voor decentrale verwerking. Zo is er momenteel één voorbeeld van een installatie die pellets uit productieafval bestaande uit o.a. kunststof, papier en cellulose verwerkt.

Om de emissiegrenswaarden van Vlarem II, en op termijn van de afvalverbrandingsrichtlijn, te halen moeten de decentrale installaties die behandeld houtafval verwerken, uitgerust zijn met een uitgebreide rookgasreiniging.

Zaagsel, diermeel, dierlijk vet, kunststofafval, tapijtafval, zwaar shredderresidu en rubberbanden worden momenteel reeds op regelmatige basis ingezet in de verschillende **klinkerovens** in Wallonië. Naar schatting 70% van deze afvalstromen komt uit Vlaanderen. De verwerkingscapaciteit die potentieel beschikbaar is voor de inzet van de in deze studie beschouwde uit Vlaanderen afkomstige afvalstromen wordt geschat op ongeveer 5 PJ (exclusief dierlijk vet).

¹ Enkel de emissies van CO₂, NO_x, SO₂, stof en dioxines.

Bij de inzet van afvalstoffen in de klinkeroven worden klassieke brandstoffen (vooral petcoke en steenkool) vervangen a rato van 1 GJ per GJ afvalstof. Het grootste deel van de minerale bestanddelen van de afvalstof wordt opgenomen in de klinker. Dit is echter niet het geval voor een aantal vluchtige bestanddelen (Hg, Tl).

Vanaf 28 december 2005 moeten bestaande cementovens die afval meeverbranden voldoen aan de emissiegrenswaarden van de afvalverbrandingsrichtlijn 2000/76/EG. Deze zijn voor stof, NO_x, SO₂ en voor een aantal zware metalen een stuk strenger dan de huidige vergunningsvoorwaarden, en dan de gemiddelde gemeten waarden.

Voor de inzet van afvalstoffen in de **elektriciteitssector** werden 4 technieken in detail bestudeerd: directe bijstook in poederkoolcentrales, vergassing gevolgd door bijstook van het syngas in poederkoolcentrales, vergassing gevolgd door bijstook van het syngas in een STEG-centrale en stoomintegratie.

De elektriciteitssector komt in aanmerking voor het inzetten van houtafval (zowel onbehandeld als behandeld hout) via directe bijstook in poederkoolcentrales. Door inzet van een vergassingsstap komen echter ook andere afvalstoffen in principe in aanmerking voor inzet in een elektriciteitscentrale.

Een belangrijke voorwaarde voor het inzetten van afval in elektriciteitscentrales is de kwaliteit van het vlieggas. Dit vlieggas vindt momenteel immers zijn afzetmarkt in de cementindustrie, onder strikte kwaliteitsvoorwaarden. De ingezette afvalstroom mag geen afwijkingen aan de vliegaskwaliteit veroorzaken. Een andere beperking is het risico op corrosie. Dit legt beperkingen op aan het Cl-gehalte van de in te zetten afvalstromen.

Hoewel sommige studies uitgaan van veel hogere cijfers, werd er hier van uitgegaan dat (op termijn) tot maximaal 10% van de benodigde brandstof kan vervangen worden door afvalstoffen (al dan niet na een vergassingsstap).

Een vergelijking van de realistische emissiefactoren van een alleenstaande kolencentrale met deSO_x en deNO_x installatie leert dat dergelijke centrale zonder veel bijkomende inspanningen aan de nieuwe normen gerelateerd aan bijstoken van afval kan voldoen.

Directe bijstook in een poederkoolcentrale vereist slechts kleine investeringen (aanpassingen aan bestaande centrale) en kan voor onbehandeld hout in de meeste bestaande centrales toegepast worden (althans tot 2007).

Bijstook na vergassing vraagt een grote investering (bouwen van een CFB-vergasser nabij de poederkoolcentrale), waardoor enkel de grotere centrales voor deze technologie in aanmerking komen. Ook in dit geval wordt aangenomen dat enkel de centrales met voldoende rookgasreiniging hiervoor kunnen worden ingezet.

Bijstook in een STEG na vergassing vergt een bijkomende dure syngaszuiveringsstap. Waarschijnlijk zal het pas op langere termijn in België kunnen toegepast worden.

De uiteindelijke netto elektrische rendementen van directe bijstook en bijstook na vergassing zijn gebaseerd op enerzijds literatuurgegevens en anderzijds expertise van Vito- en Electrabel experts.

De capaciteit voor stoomintegratie wordt bepaald door de beschikbare reservecapaciteit op het stoomcircuit van de centrale. Retrofit van bestaande elektriciteitscentrales en inplanting

van afvalverbrandingsinstallaties naast bestaande elektriciteitscentrales is echter zowel technisch als economisch niet evident.

De optie **vergasser met smeltreactor** werd geselecteerd voor de verwerking van het HCSA met een hoog gehalte aan metalen. Voor dit type afval (i.h.b. licht shredderafval) bestaat bijna geen alternatief, en deze installaties vormen dus een belangrijk potentieel voor dit type afval. De investeringen zijn echter een stuk hoger dan voor een gewone wervelbedoven of –vergasser. Kostprijs is dus een bepalend element voor dit type installatie.

Na **vergassing** kan het gevormde syngas worden gebruikt voor de synthese van **methanolsynthese**. De inzet van het gevormde syngas in producttoepassingen vormt een alternatief voor het gebruik van het syngas in energetische toepassingen. De keuze valt daarbij op methanol o.w.v. de opslagmogelijkheid en de mogelijke opvang van kwaliteitsverschillen. Bij andere producttoepassingen is een constante syngaskwaliteit en -toelevering noodzakelijk. Verder levert de methanolsynthese geen meerwaarde ten opzichte van de onmiddellijke omzetting van het syngas in elektriciteit of warmte. De omweg via methanolsynthese beïnvloedt factoren als kostprijs, efficiëntie en technische uitvoerbaarheid eerder in negatieve zin. In Vlaanderen lijkt bij de industrie weinig interesse voor deze mogelijkheid. Methanol wordt niet geproduceerd in Vlaanderen.

Algemeen kan besloten worden dat voor verwerking van de in deze studie beschouwde hoogcalorische afvalstoffen een aantal direct inzetbare alleenstaande afvalverwerkingsinstallaties bestaan. Daarnaast bestaan er echter belangrijke mogelijkheden voor het bijstoken van afvalstoffen in elektriciteitscentrales of in klinkerovens. Het maximale (technische) potentieel hiervoor werd ingeschat. In de meeste gevallen halen deze laatste een hoger energetisch rendement.

Vooraf de beschikbaarheid en de kwaliteit van de kostengegevens is soms problematisch. Dikwijls worden inschattingen gegeven waarvan niet steeds duidelijk is wat wel en niet inbegrepen is. Precieze inschattingen van investerings- en werkingskosten zijn sterk afhankelijk van talrijke randvoorwaarden. Daarom zijn de kostengegevens te beschouwen als grootte-orde, niet als exacte inschattingen.

Ondanks deze onzekerheid op de kostengegevens laat de combinatie van kostprijs, energierecuperatie en emissies toch toe om na te gaan hoe de mogelijke inzet van de verschillende verwerkingstechnologieën optimaal kan worden gecombineerd. De resultaten van deze analyse worden weergegeven in Deel 1 van deze studie.