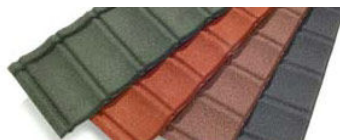
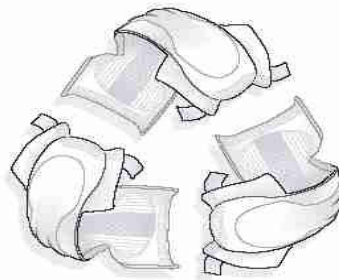


ONDERZOEK DUURZAAMHEID KNOWASTE-ROUTE



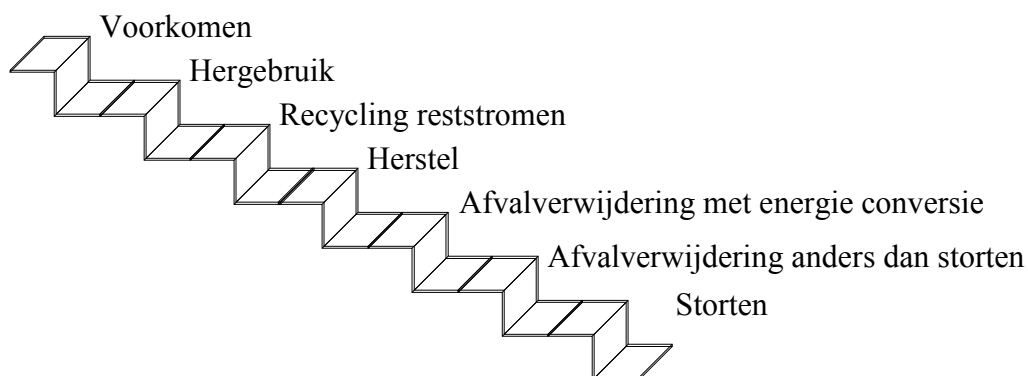
*Onderzoek naar de specifieke duurzaamheidsaspecten waardoor de Knowaste-route zich onderscheidt van de alternatieven. De plaats van het Knowaste-route in de hele verwerkingsketen en het duurzaam (her-)gebruik van grondstoffen.
De bijdrage van het Knowaste-route aan energiebesparing, (her-)gebruik van grondstoffen en de bestrijding van het broeikaseffect*

**BGP Engineers B.V.
September 2007**

Colofon

BGP Engineers BV is een jonge en innovatieve onderneming, die zich richt op projecten op het gebied van klimaatverandering, hernieuwbare energie en duurzame technologie. Sinds haar oprichting in 1996 ontwikkelt BGP duurzame oplossingen, die bijdragen aan de vermindering van het broeikaseffect. Daarnaast worden onderzoeken, studies en projecten uitgevoerd met betrekking tot duurzame technologie, recyclingoplossingen en innovatieve besparingsmethoden. BGP heeft zich in Nederland, in de EU en daarbuiten ontwikkeld tot een bekende speler op het terrein van het Kyoto Protocol en de klimaatproblematiek. Onder de opdrachtgevers en partners van BGP bevinden zich de landelijke Overheid (VROM, EZ, SenterNovem), de lokale Overheid (Gemeentes), energiebedrijven, recyclingbedrijven, multinationale ondernemingen en banken. BGP is adviseur voor de Europese Commissie, de Oost-Europa bank (EBRD) en de Europese Investeringsbank (EIB).

De missie van BGP is een bijdrage te leveren aan de verduurzaming van de samenleving. Voorkomen, hergebruik en herstel van de milieukwaliteit staan daarbij voorop (Ladder van Lansink, zie schema).



Verantwoording:

Ten behoeve van dit onderzoek zijn een groot aantal gepubliceerde en niet-gepubliceerde bronnen gebruikt. Daarnaast is gebruik gemaakt van nieuwe onderzoeksgegevens. De gegevens in dit rapport representeren de meest actuele stand van zaken en omvatten tevens resultaten van onderzoek bij Knowaste alsmede bij de verwerkingsbedrijven. De aanleiding voor dit onderzoek was de recente publicatie van onderzoek naar verschillende recyclingroutes voor incontinentiematerialen in Nederland. Het onderzoek is uitgevoerd in opdracht van Knowaste in de periode juli tot september 2007. Gegevens uit dit onderzoek zijn openbaar maar blijven eigendom van de auteurs en mogen niet zonder bronvermelding worden gebruikt en/of gepubliceerd. BGP Engineers B.V. - Loopkantstraat 45 - 5405 AC Uden - Nederland - t.0413-23800 - f.0413-243801 - e .info@bgp.nl - www.bgpengineers.com
Project no.: 7008A
Vrijgave: September 2007

Inhoudsopgave

1	Inleiding	4
2	Analyse CE-rapport	6
2.1	Inleiding	6
2.2	Toelichting op de bevindingen	8
3	De Knowaste-route	9
3.1	Proces Knowaste	9
3.2	Energieopwekking in WKC	9
4	De producten van Knowaste	11
4.1	Kunststof	12
4.1.1	Kunststof dakpannen	12
4.1.2	Dakpannen uit klei	15
4.1.3	Samenvatting van het energiegebruik dakpannen	17
4.2	Secundaire fractie	18
4.2.1	Vergisting/composterend	18
4.3	Pulp	20
4.3.1	Inlegzootjes	20
4.3.2	Anti-stuifmiddel / grondverbeteraar	22
4.3.3	Alternatief voor anti-stuifmiddel / grondverbeteraar	23
5	Resultaten	25
6	Conclusies en aanbevelingen	28
6.1	Conclusies	28
6.2	Aanbevelingen	29
7	Referenties	30

1 Inleiding

De directe aanleiding voor dit onderzoek naar de duurzaamheid van recycling van luiers- en incontinentieafval (“inco-materiaal”), volgens het proces zoals door Knowaste wordt toegepast, is gelegen in het rapport “Verwerking van luierafval”^[16], dat recentelijk door CE uit Delft is opgesteld in opdracht van de Nederlandse Vereniging van Papieren Luiersfabrikanten (NVPL) en de Verenigde Papierindustrie (VNP).

Dit rapport van CE is in mei 2007 beschikbaar gekomen en is opgesteld door onderzoekers welke ook reeds in 2003 een vergelijkbaar rapport hadden uitgebracht. Aangezien de in dit onderzoek gebruikte gegevens en daardoor ook de conclusies, onvolledig waren, ontstonden bij diverse deskundigen op het terrein van recycling vragen omtrent de duurzaamheid van de Knowaste-route in vergelijking tot andere routes.

Voorts is door BGP een analyse gemaakt van een aantal andere onderzoeksrapporten welke in de afgelopen jaren door diverse organisaties zijn opgesteld. Wij zijn dan ook van mening dat het uitgevoerde onderzoek niet alleen een actueel overzicht biedt van de Knowaste-route maar ook een goede vergelijking biedt met deze eerdere onderzoeken.

Het nu voorliggende onderzoeksrapport brengt de Knowaste-route zodanig in beeld dat een goede beoordeling gemaakt kan worden van de duurzaamheid van deze route ten opzichte van alternatieven. Het belangrijkste verschil is dat in het onderzoek niet alleen is gekeken naar het recyclingproces zoals dat in Arnhem wordt toegepast, maar dat de gehele keten van producten van Knowaste is meegenomen. Dit aspect is destijds (2000) weliswaar door het Fraunhofer Instituut^[20] meegenomen in de beoordeling, maar is in de onderzoeken door verschillende Nederlandse onderzoekers gedeeltelijk buiten beschouwing gebleven.

Het belang van de Knowaste-route voor de bijdrage aan energiebesparing en de bestrijding van het broeikas-effect zijn lange tijd onderschat. Wel is het zo dat enige tijd geleden SenterNovem een subsidie heeft toegekend aan Knowaste voor projecten in de fabriek te Arnhem. Deze subsidie genaamd Transport en Vervoer is toegekend aan Knowaste door significante vermindering aan transportvracht in de kunststof verhandelingen. Hierdoor is het energieverbruik van het transport aanzienlijk verminderd.

BGP Engineers heeft als doelstelling voor dit onderhavige onderzoek de volgende omschrijving gedefinieerd:

“Het onderzoeken en berekenen van de specifieke duurzaamheidsaspecten waarin de Knowaste-route zich onderscheidt van alternatieven. Dit heeft met name betrekking op de plaats van het Knowaste-proces in de hele verwerkingsketen en richt zich op het duurzaam gebruik en hergebruik van grondstoffen (elders). Verder wordt de bijdrage van het Knowaste-proces aan de bestrijding van het broeikas-effect uitgelicht.”

Het onderzoek dat door BGP Engineers is uitgevoerd, heeft zich vooral gericht op twee aspecten, te weten de energieaspecten en de bijdrage aan de vermindering van het broeikaseffect.

Als eerste stap is er een uitgebreide analyse gedaan van het CE-rapport^[16], dat in hoofdstuk 2 wordt toegelicht. De focus van het onderzoek is vooraleerst gericht op het werkelijke energieverbruik van het proces bij Knowaste te Arnhem (hoofdstuk 3). Ten tweede is een nader onderzoek gericht op de verwerking van de eindproducten van Knowaste (hoofdstuk 4).

In hoofdstuk 5 wordt er vervolgens nader ingegaan op de resultaten uit de vergelijking van de energiegetallen en de vermindering van het broeikaseffect. Tot slot in hoofdstuk 6, worden conclusies uit dit onderzoek getrokken en aanbevelingen gedaan.

2 Analyse CE-rapport

2.1 Inleiding

Het rapport van CE van mei 2007 is door BGP Engineers geanalyseerd op onduidelijkheden en mogelijke onjuistheden. De resultaten van deze analyse zijn beknopt weergegeven in Tabel 2-1. Vooruitlopend op de beschrijving van de inhoud van het nu voorliggende onderzoeksrapport voor de duurzaamheid van het Knowaste proces, zijn uit de constatering van het CE 2007 rapport twee onderzoekspunten naar voren gekomen:

1. Er is beperkte duidelijkheid gegeven over het energieverbruik en de klimaateffecten van de Knowaste-route (in Tabel 2-1, constatering 7);
2. Er is weinig tot geen aandacht geschonken aan het hergebruik van de eindproducten van Knowaste (in Tabel 2-1, constatering 5).

Beide constatering zijn in dit onderzoeksrapport voor de duurzaamheid van het Knowaste proces nader onder de loep genomen, enerzijds om meer inzicht te verkrijgen in het energieverbruik van het Knowaste proces (hoofdstuk 3), anderzijds om het hergebruik van de eindproducten meer aandacht te geven, door de systeemgrenzen te verruimen en het vermeden energieverbruik te waarderen (hoofdstuk 4). Dit laatste kan worden gezien als een vorm van recycling, hetgeen in alle opties voor het verwijderen van afvalstoffen (de ladder van Lansink) hoger staat gewaardeerd dan verwijdering met of zonder energieopwekking (uit AVI's).

Tabel 2-1: Constateringen n.a.v. de analyse van het rapport door CE van mei 2007.

Constatering	Bewijsvoering	Oordeel
1 Getallen van emissies in tabel 8* en 9, verbranding van plastics in AVI (234,7 tCO ₂ -equivalent) zijn niet te herleiden	Er is een verwijzing naar Bijlage A	Kan de onderzoeker aangeven waarop deze getallen zijn gebaseerd? Herleiding?
2 In figuur 6 wordt gesuggereerd dat pulp gedroogd wordt	Navraag in de fabriek toont aan dat dit in het geheel niet het geval is	Zie uitgebreide punt 1 in paragraaf 2.2
3 Figuren 4 en 5 over de systeemgrenzen, laten zien dat er een bewerking is van zeeffresten (vnl. kunststof) naar AVI	Aangenomen wordt dat dit transport betreft.	Waarom is er geen bijdrage verdisconteerd van emissies door transport?
4 Het pulp product afkomstig van Knowaste zou hygiënisch schadelijk zijn voor de mens. Waarop is dat gebaseerd?	CE claimt dat het groen wordt, en daarom slecht is voor de mens	Het eerste is evident. Nat organisch materiaal wordt altijd groen na verloop van tijd. Zo ook met brood en oud papier. Het product vereist een speciale behandeling. Een praktisch bewijs te vinden in een rol van dit materiaal die zich al meer dan 6 jaar onveranderd op kantoor te Arnhem bevindt.
5 De mogelijkheden tot afzet van eindproducten van Knowaste worden aanzienlijk onderschat.	Waar in CE 2003 rapport nog uitgebreid over is gedocumenteerd, is het in 2007 summier gebleven bij een halve A4. Dit komt door de nauw gekozen systeemgrenzen.	Verruiming van de systeemgrenzen laat een significante positief effect zien van vermeden energieverbruik elders, waardoor CO ₂ wordt bespaard.
6 In tabel 10 komt het getal 14,9 kg CO ₂ / ton inco-materiaal uit de lucht vallen.	T.o.v. de andere verwerkingsroutes wordt deze bijdrage groter bevonden.	Zie uitgebreide punt 2a in paragraaf 2.2
7 In tabel 10 van emissies uit de Knowaste route, komen de waarden voor energiegebruik in proces 191,2 en 121,3 kg CO ₂ / ton inco-materiaal uit de lucht vallen	Er wordt verwezen naar bijlage A	Er is gebruik gemaakt van verouderde data. Er wordt bijvoorbeeld helemaal geen gas verbruikt in de fabriek van Knowaste. Zie punt 3 in paragraaf 2.2
8 In tabel 7 van de emissies uit de AVI-route wordt een waarde gegeven voor vermeden emissie door energieopwekking: -/- 201,2 kg CO ₂ / ton inco-materiaal	Verwezen wordt naar bijlage A.	Het is niet duidelijk waarop deze waarde is gebaseerd. Verder zie punt 2b in paragraaf 2.2

 * Verwijzingen naar tabellen, figuren en bijlagen, vermeld in deze tabel, zijn te vinden in het CE rapport¹⁶⁾.

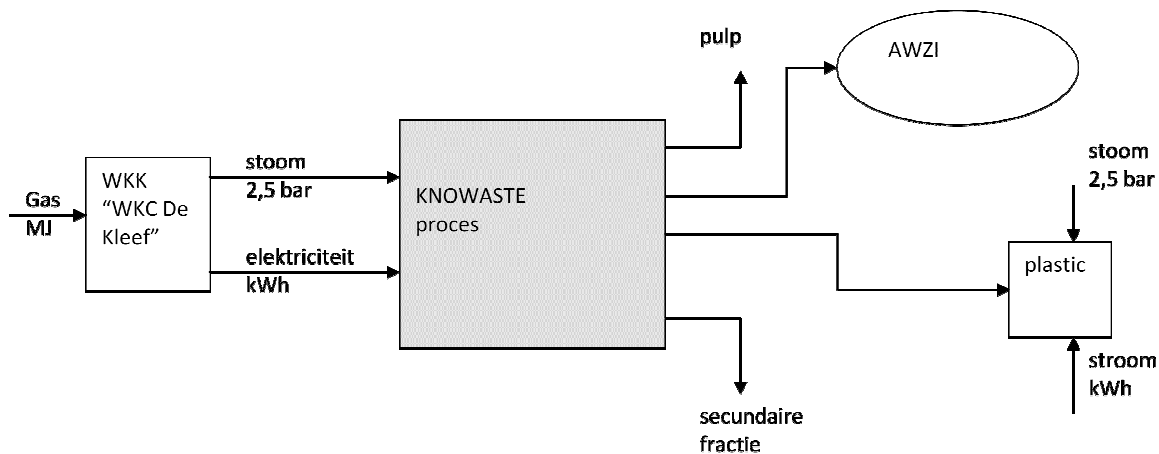
2.2 Toelichting op de bevindingen

1. De door CE aangenomen pulpdroging is niet correct; BGP heeft geconstateerd dat Knowaste geen pulpdroger heeft en nooit heeft gehad. Het verwijzen naar een citaat uit het interview met de commerciële manager van Knowaste in de Gelderlander d.d. 23 februari 2007^[21], wordt gezien als “niet verder willen of kunnen onderzoeken van de werkelijkheid.”
2. Met betrekking tot de verbranding van inco-materiaal in AVI's kan het volgende worden opgemerkt:
 - a. Het transport van inzamelpunten naar AVI is gemiddeld korter genomen dan naar Knowaste locatie in Arnhem. Dit vindt Knowaste een onjuiste vergelijking. Reden hiervoor is de verder gevorderde inburgering van AVI's dan de Knowaste-route (ook wel “KDR” genaamd, “Knowaste Diaper Recycling”). De KDR is namelijk ook op aanzienlijk kleinere schaalgrootte te realiseren, waardoor een veel betere lokale spreiding mogelijk is;
 - b. Verbrandingscondities: de aanname in het CE rapport dat resterend inco materiaal in pure vorm voldoende stookwaarde heeft om in een AVI te kunnen branden zonder dat bijstook met hoogcalorisch materiaal vereist is, is strikt genomen niet correct. Er zit relatief veel vocht in de luiers waardoor de verbranding in de AVI suboptimaal is bij verbranding van inco-materiaal; Er mag, ons inziens, dus niet worden uitgegaan van de aanname dat de verbranding van 1 ton inco-materiaal in een AVI, overeenkomt met de vermeden emissie door vervanging van 1 ton conventioneel verbrandingsmateriaal c.q huishoudelijk afval;
 - c. Eindproducten van AVI, zoals vlieggas, zijn niet meegenomen in de berekening van de milieuprestatie, terwijl algemeen bekend is dat de verwerking van vlieggas relatief hoge maatschappelijke en milieukosten met zich meebrengt.
3. De energie welke wordt gebruikt in het proces van Knowaste, te weten elektriciteit 323 kWh_e / ton inco-materiaal en gas 31,7 m³ / ton inco-materiaal zijn in het rapport niet duidelijk te herleiden en lijken gebaseerd te zijn op verouderde informatie. Onderzoek door BGP Engineers^[10] geeft de volgende cijfers als uitgangspunt voor dit rapport:
 - a. elektriciteit: 287 kWh_e / ton inco-materiaal;
 - b. reststoom: 0,3 ton stoom / ton inco-materiaal.De energie wordt opgewekt door een Warmte Kracht Centrale (WKC) welke zich op het terrein naast de fabriek bevindt, de “WKC De Kleef” (zie verder hoofdstuk 3).

3 De Knowaste-route

3.1 Proces Knowaste

Het verwerkingsproces voor inco-materiaal zoals dat door Knowaste^[10] wordt toegepast, wordt schematisch als volgt weergegeven:



Onder de Knowaste route wordt verstaan het proces in de fabriek van Knowaste te Arnhem: vanaf het storten in de ontvangsthal tot de verzending van de eindproducten.

Alle energie welke in de Knowaste fabriek wordt gebruikt, wordt opgewekt in de WKC De Kleef. Dit gegeven is in de meest recente onderzoeken waarbij het Knowaste proces nader werd onderzocht (CE mei 2007^[16] en TNO mei 2007^[11]), in het geheel buiten beschouwing gebleven. Dit aspect wordt nader uitgewerkt in paragraaf 3.2.

3.2 Energieopwekking in WKC

Warmte/kracht-koppeling is een techniek waarbij elektrische en thermische energie gecombineerd worden opgewekt. Ten opzichte van een conventionele krachtcentrale, met een rendement van 40 à 45 %, heeft warmte/kracht-koppeling, met een nuttig rendement van ca. 90 %, een belangrijk energetisch voordeel. Deze energiebesparende techniek leidt ook tot een aanzienlijke besparing van de bedrijfskosten.

Een (aardgas)verbrandingsmotor wekt het mechanische vermogen op dat vervolgens via een aangekoppelde generator in elektrische energie wordt omgezet. De afvalwarmte, die aanwezig is in het koelwater, de smeerolie en de rookgassen van de motor, worden door middel van warmtewisselaars optimaal gerecupereerd. Op basis van een jarenlange ervaring in Nederland en elders, blijken warmte/kracht-installaties de meest optimale vorm van energieopwekking wat betreft bedrijfszekerheid, rendement en technologie.

Door het lagere brandstofverbruik ten opzichte van gescheiden energieopwekking betekent minder milieu belastende uitlaatgassen waardoor de negatieve effecten op het milieu, zoals het broeikaseffect, aanzienlijk worden verminderd. Deze economische en ecologische eigenschappen maken warmte/kracht-koppeling sinds begin jaren 80 een belangrijk alternatief bij decentrale energieopwekking.

Stroom voor Knowaste wordt opgewekt door “WKC De Kleef”, met gas als brandstof. BGP heeft onderzocht^[19] dat WKC De Kleef een elektrisch rendement realiseert van 38%. Uit onderzoek dat is samengevat in Tabel 3-1^[1], is op te maken dat het thermisch rendement van WKC De Kleef op 49% mag worden gesteld.

Tabel 3-1: HABO Leveringsprogramma
Levering HABO (ISO 3046/1; toleranties +5%, thermisch +/- 5% van energieverbruik)

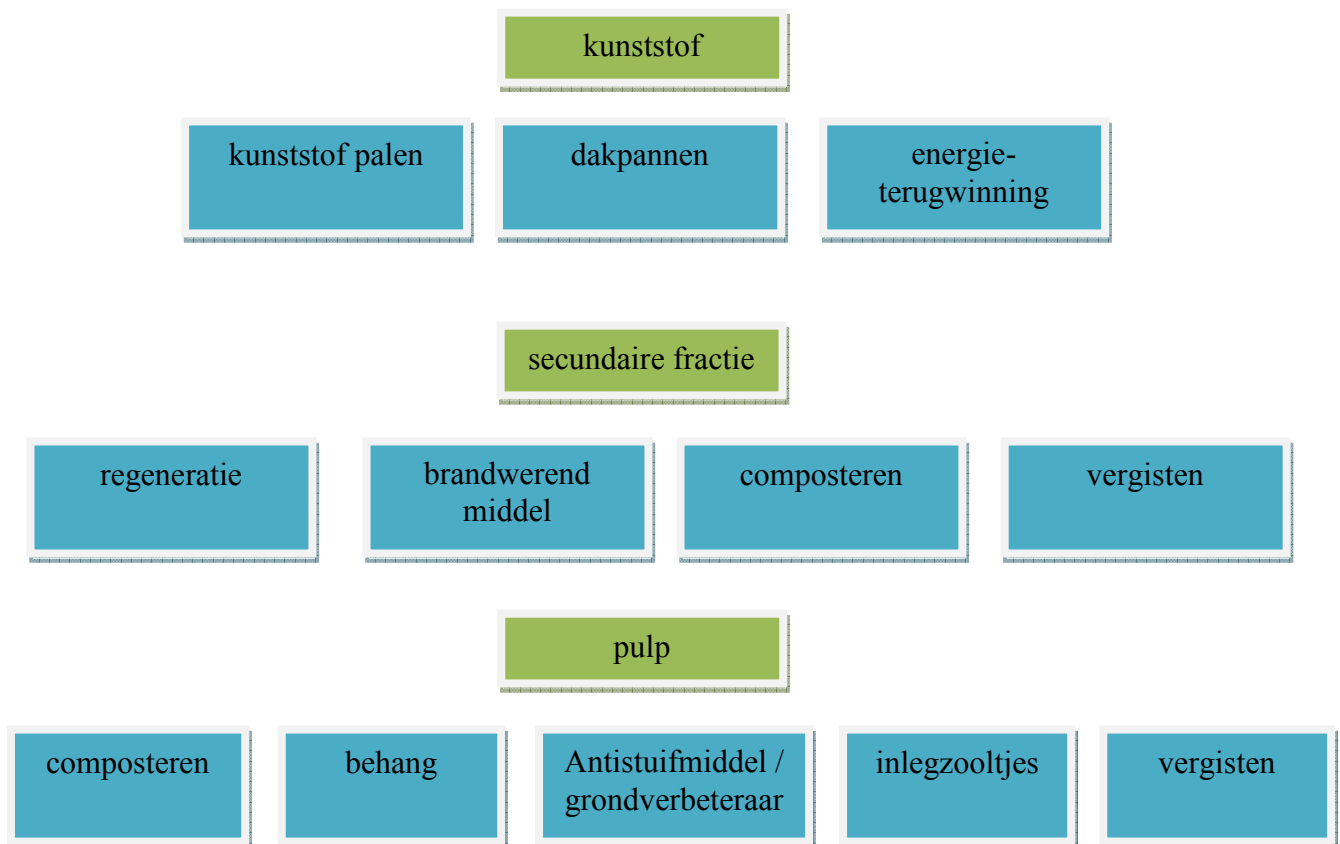
kW Vermogen	kWe elektrisch	WKK De Kleef rendement	kWth thermisch	rendement	verlies	
3592	1365	38%	1804	50%	423	12%
4029	1531	38%	1995	50%	503	12%
4105	1560	38%	2010	49%	535	13%
4584	1742	38%	2227	49%	615	13%
2568	976	38%	1518	59%	74	3%
2447	930	38%	1306	53%	211	9%

Dit onderzoek wijst uit dat de WKK 12% verlies heeft, waarmee dus in totaal ca. 88% rendement wordt behaald.

Voor de omrekening naar stoom is het generieke stoommodel van SenterNovem gebruikt. Hieruit is af te leiden dat bij een gerapporteerd thermisch rendement van 77,13 % er 1 ton stoom met 87,36 m³ gas wordt opgewekt. Wat betreft het energieverbruik is vermeld dat dit overeenkomt met 2.417 MJ gas / ton stoom. Voor de opwekking van stoom bij het rendement van 49% kan derhalve worden aangenomen dat er 138 m³ gas / ton stoom benodigd zal zijn, ofwel 3.805 MJ gas / ton stoom.

4 De producten van Knowaste

Voor de bepaling van de energiebalans en het vermeden energieverbruik van de Knowaste-route is onderzoek gedaan naar de eindproducten uit het Knowaste proces^[10]. Hieruit is gebleken dat de eindproducten kunststof, secundaire fractie - product bestaat uit o.a. het absorptiekorrel en composteerbaar product - en pulp uit de fabriek in Arnhem elders kunnen worden ingezet als grondstof voor een groot scala aan andere producten. Met de eindproducten van Knowaste zijn er diverse mogelijkheden van afzet. Het onderstaande schema geeft een overzicht van de mogelijkheden.



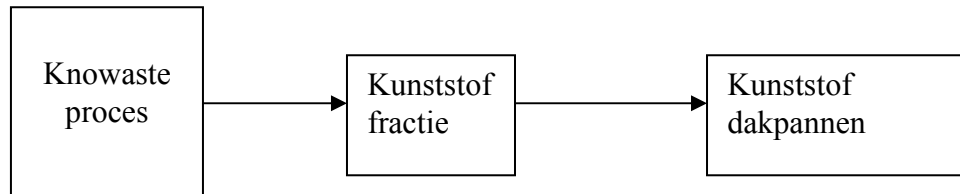
Binnen de Knowaste-route vindt de huidige verwerking hoofdzakelijk op de volgende wijze plaats:

1. Kunststof wordt verwerkt tot dakpannen;
2. Secundaire fractie wordt verwerkt in installaties voor vergisting en compostering (biologische route);
3. Pulp wordt door de schoenindustrie verwerkt in inlegzooltjes (90% van de afzet);
4. Pulp wordt verder verwerkt als anti-stuifmiddel/grondverbeteraar (10% van de afzet).

In dit hoofdstuk zullen deze vier verwerkingsroutes nader worden toegelicht en uitgewerkt. Voor elk van de vier stromen wordt daarbij een analyse van het energiegebruik gemaakt.

4.1 Kunststof

Verwerkingsroute:



Er is in de berekeningen uitgegaan dat de kunststof dakpannen dienen ter vervanging van dakpannen die worden vervaardigd uit klei.

4.1.1 Kunststof dakpannen

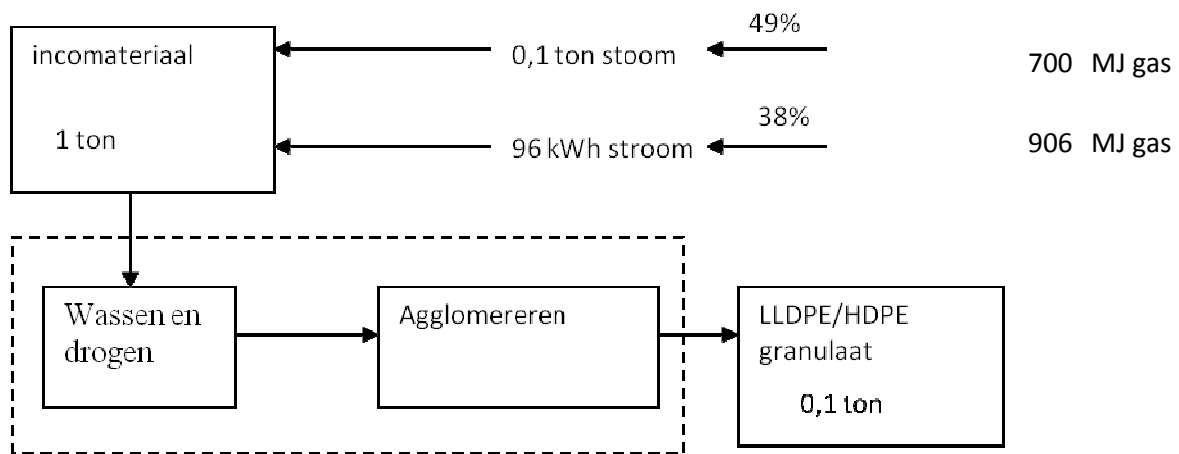
De kunststoffractie afkomstig uit de fabriek van Knowaste kan als kunststof *re-granulaat* worden hergebruikt^[3]. Sinds ongeveer een jaar wordt het gebruikt als grondstof voor de fabricage van dakpannen. De kunststof wordt ge-extrudeerd (zie onderstaande figuur) en vervolgens verwerkt tot een innovatief product dat bestaat uit dakelementen.



Voor extrusie van de kunststof zijn de volgende stappen benodigd^[3] om HDPE (High Density Polyethylene) / LLDPE (Lineair Low Density Polyethylene) te vervaardigen:

1. Wassen en drogen
2. Agglomereren
3. Productie van HDPE/LLDPE –product

Het energieverbruik van deze bewerkingen worden schematisch als volgt weergegeven:



Voor het wassen, drogen en agglomereren in de fabriek van Knowaste wordt zowel stoom als elektriciteit gebruikt.

Onderzoek van BGP heeft uitgewezen^[4] dat 0,1 ton stoom per 1 ton inco-materiaal benodigd is voor 8-13% agglomeraat als output. Met andere woorden: er is dus ongeveer 0,1 ton stoom benodigd om 0,1 ton agglomeraat te verkrijgen uit 1 ton inco-materiaal. Bij een thermisch rendement van 49% is het opgewekte vermogen om agglomeraat te maken ca. 0,2 ton stoom per ton inco-materiaal. Op basis van het gerapporteerde rendement van de energieopwekking is het gasverbruik hiermee ongeveer 700 MJ/ ton inco-materiaal.

De agglomerator verbruikt hiernaast aan elektriciteit 1/3 deel van het totaal verbruik aan elektriciteit in de fabriek van Knowaste. Dit komt overeen met 96 kWh/ton inco-materiaal. Op basis van het gerapporteerde elektrisch rendement van WKC (38%), is het benodigde gasverbruik hiervoor 252 kWh. Per ton inco-materiaal is er dan 906 MJ gasverbruik om 0,1 ton agglomeraat te vervaardigen.

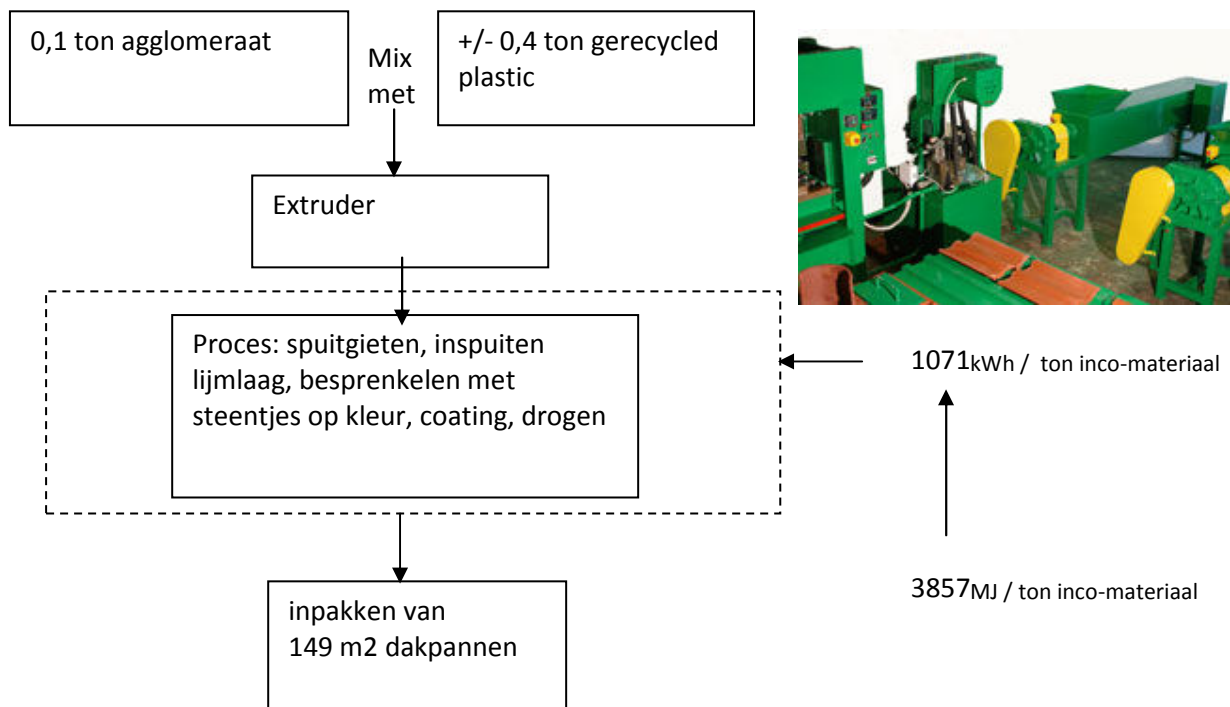
Het totale energieverbruik (in de vorm van stoom en elektriciteit) dat is benodigd om 0,1 ton agglomeraat te produceren, bedraagt hiermee 1.606 MJ per ton inco-materiaal.



Voor de productie van dakpannen vervaardigd uit LLDPE of HDPE regranulaat, heeft BGP onderzocht dat, bij een jaarproductie van 500.000 dakpannen, het totale energieverbruik

1.500.000 kWh per jaar bedraagt^[5]. Uit onderzoek van het productieproces blijkt dat dit cijfer als volgt^[6] kan worden berekend:

Plastic wordt opgemengd met andere soorten plastic met als doel om de materiaalspecificaties op het vereiste niveau te brengen. Het mengsel bestaat uit 75-80% plastic en 20-25% Knowaste plastic. Het mengsel wordt vervolgens via een *extruder* of spuitgietmachine in een mal gespoot. Uit deze mal komt een volledig gevormde dakpan welke is vervaardigd uit gerecycled plastic. Een dakpan weegt 1,4 kg en er gaan 2,4 dakpannen in een m². Hieruit volgt dat de specifieke massa van kunststof dakpannen ongeveer 3,4 kg/m² is. Deze dakpan wordt hierna ingespoot met een lijmlaag en vervolgens besprenkeld met steentjes en op kleur gebracht. Na deze stap wordt er een *coating* over de steentjes gespoot en wordt de dakpan gedroogd en ingepakt voor transport en verkoop. Dit gehele proces (zie onderstaand schema) heeft, vanaf het spuitgieten tot en met het inpakken, een energieverbruik van 3 kWh per dakpan.

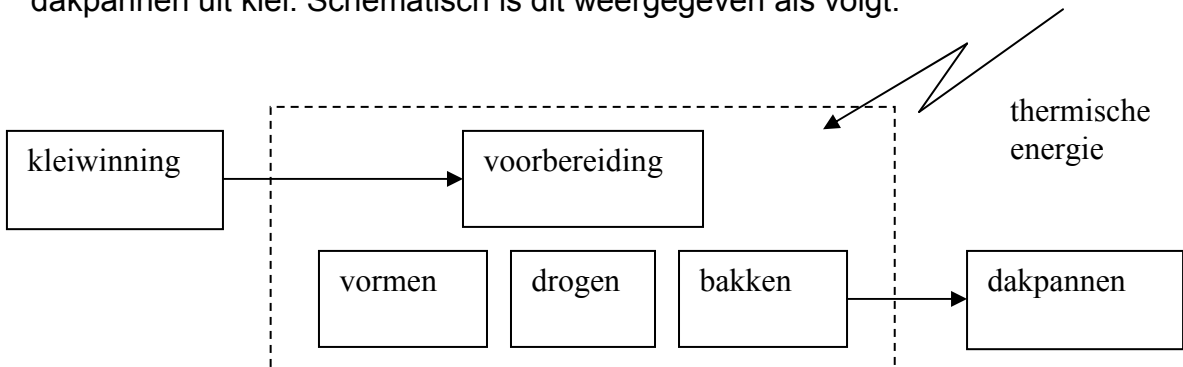


Uitgaande van een input van 0,1 ton Knowaste plastic (overeenkomend met 1 ton inco-materiaal) wordt er 0,5 ton dakpannen geproduceerd, c.q. 149 m² ofwel 447 dakpannen. Uitgaande van 3 kWh per dakpan is het energieverbruik 7,2 kWh per m² dakpan. Teruggerekend per ton inco-materiaal is dit dus 1.071 kWh, oftewel 3.857 MJ per ton inco-materiaal.

Het totale energieverbruik per ton inco-materiaal is dus opgebouwd uit 3.857 MJ plus 1.606 MJ bij Knowaste, is 5.463 MJ per ton inco-materiaal.

4.1.2 Dakpannen uit klei

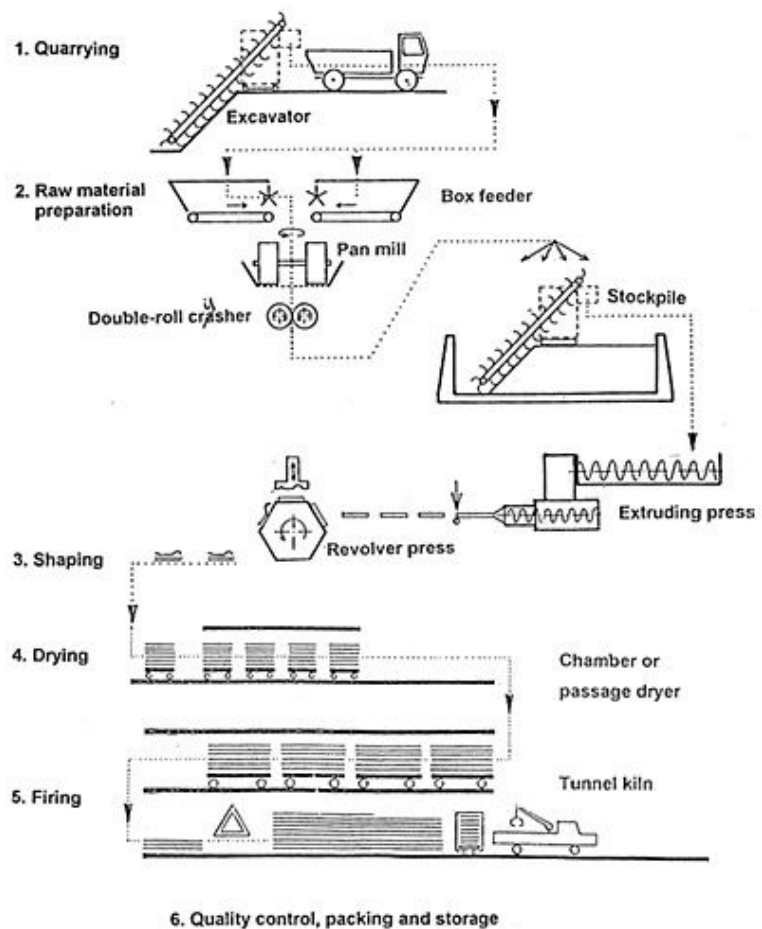
Alternatief voor de kunststof dakpannen is de conventionele vervaardiging van dakpannen uit klei. Schematisch is dit weergegeven als volgt.



De verwerkingsroute voor de productie van traditionele dakpannen wordt als volgt beschreven:

Stap 1. De kleiwinning

Elke baksteenfabrikant wil beschikken over een breed gamma aan kleuren, texturen en formaten. Als antwoord op hierop worden kleisoorten van verschillende herkomst gemengd met de lokale klei. Dit vraagt om het spaarzaam omgaan met de schaars wordende voorraden aan primaire grondstoffen. Het grote voordeel van baksteen is, dat het geheel van de ontgonnen hoeveelheid primaire grondstof terug te vinden is in het eindproduct. Uit 1 m³ klei maakt men 1 m³ baksteen.



Stap 2. De voorbereiding van de klei

De voorbereiding van de primaire grondstof bestaat uit de volgende bewerkingen:

- doseren en mengen van klei, water en eventuele natuurlijke toevoegstoffen, bijvoorbeeld zand om de klei 'af te mageren', metaaloxiden die een specifieke kleur geven aan de baksteen, etc.;
- kneden en malen.

Stap 3. Het vormen van de dakpannen

In de grof- ofwel bouwkeramiek (baksteen, dakpannen en tegels) gebeurt de vormgeving nagenoeg machinaal. Er kan onderscheid gemaakt worden tussen vormgeving in een mal (handvorm- en vormbakstenen) en vormgeving door extrusie (strengpersstenen).

Stap 4. Drogen van de vormelingen

Het drogen van de gevormde stenen (vormelingen genaamd) vindt plaats in droogkamers. De temperatuur en de vochtigheidsgraad worden met precisie geregeld in elk stadium van het droogproces. Tijdens het droogproces verdampt het water uit de stenen, soms wel 0,3 liter per steen. Het energieverbruik is in dit stadium gering doordat de warme lucht, afkomstig van de afkoelingszone van de tunneloven, intern wordt hergebruikt.

Stap 5. Het bakken van dakpannen

Het bakken gebeurt in drie fasen volgens een bakcurve specifiek voor het type klei en het beoogde resultaat. De eerste fase is het doorlopen van een opwarmingszone tot ongeveer 800°C. Deze wordt gevolgd door de sinteringsfase, de eigenlijke bakfase; de kleimassa ondergaat een reeks van chemische en fysische veranderingen die ervoor zorgt dat de keramische verbindingen gevormd worden. Als laatste volgt de afkoelingsfase. Een bakcyclus duurt gemiddeld 2 tot 3 dagen.

De energie die tijdens de productie van keramische producten wordt gebruikt, zit voornamelijk in het vormen, drogen en bakken. Hierin is niet meegenomen de energie gebruikt voor de winning en het vervoer van de klei.

BGP heeft onderzocht dat bij vervaardiging van 1 ton dakpannen uit klei er 2,7 GJ thermische energie wordt verbruikt^[7]. De energiekosten vormen een belangrijk onderdeel van de totale productiekosten, in het algemeen tot wel 30% van het totale verbruik. In de fabrieken wordt steeds vaker aardgas gebruikt. Deze fossiele brandstof produceert relatief minder koolstofdioxide (CO₂) (57 kg CO₂/GJ vergeleken met stookolie (75 kg CO₂/GJ).

Voor de vergelijking van de energiebalans van traditionele dakpannen met kunststof dakpannen dient het benodigde energieverbruik voor beide opties te worden berekend (per m²). Gegevens over gewicht en afmetingen van standaard klei dakpannen^[8] laten zien dat een dakpan met een specifieke massa van 38 kg/m² resulteert in een productie van gemiddeld 26 m² dakpannen uit 1 ton klei. De thermische energie welke hiermee is gemoeid bedraagt 104 MJ per m² klei dakpan.

Berekend op een oppervlak van 149 m² dakpannen bedraagt het energieverbruik voor de productie van dakpannen uit klei dan 15.428 MJ.

Voor de berekeningen van het energieverbruik in de totale keten van de productie van dakpannen uit klei is gebruik gemaakt van informatie afkomstig uit de branche van Producten uit keramiek en klei^[9].

4.1.3 Samenvatting van het energiegebruik dakpannen

De kunststof dakpannen worden in een gespecialiseerd bedrijf geproduceerd en worden ingezet als een relatief nieuwe en innovatieve vervanger van traditionele dakpannen. Bij het vervaardigen van kunststof dakpannen wordt per ton inco-materiaal 5.463 MJ energie verbruikt. Dit komt overeen met een omzetting van 100 kg plastic in 149 m² dakpannen. In dit cijfer zijn zowel het energieverbruik (per ton inco-materiaal) bij Knowaste als het energieverbruik bij het fabricageproces van de kunststof dakpannen meegenomen.

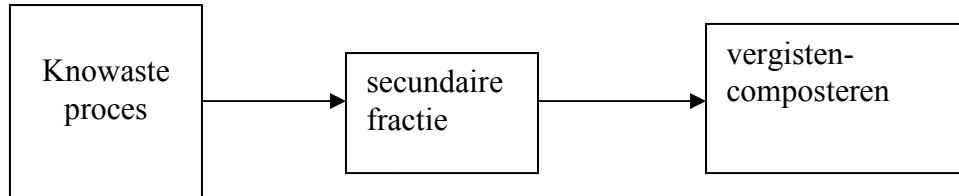
Bij het conventionele alternatief om dakpannen te vervaardigen uit klei is 2,7 GJ energie benodigd voor de productie van een ton dakpannen. Om dezelfde oppervlakte aan dakpannen (149 m²) te maken is een energieverbruik benodigd van 15.428 MJ.

Ter vergelijking tussen kunststof dakpannen en dakpannen van klei is er voor de kunststof route 9.965 MJ per ton inco-materiaal minder energie nodig, om dezelfde oppervlakte aan dakpannen (149 m²) te kunnen produceren.

Bij vervaardiging van kunststof dakpannen uit gerecycled plastic is het energievoordeel naar alle waarschijnlijkheid zelfs hoger, omdat virgin plastic een aanzienlijk hoger energieverbruik kent bij de fabricage ervan (voor PE/PP 82-95 MJ/kg^[2]).

4.2 Secundaire fractie

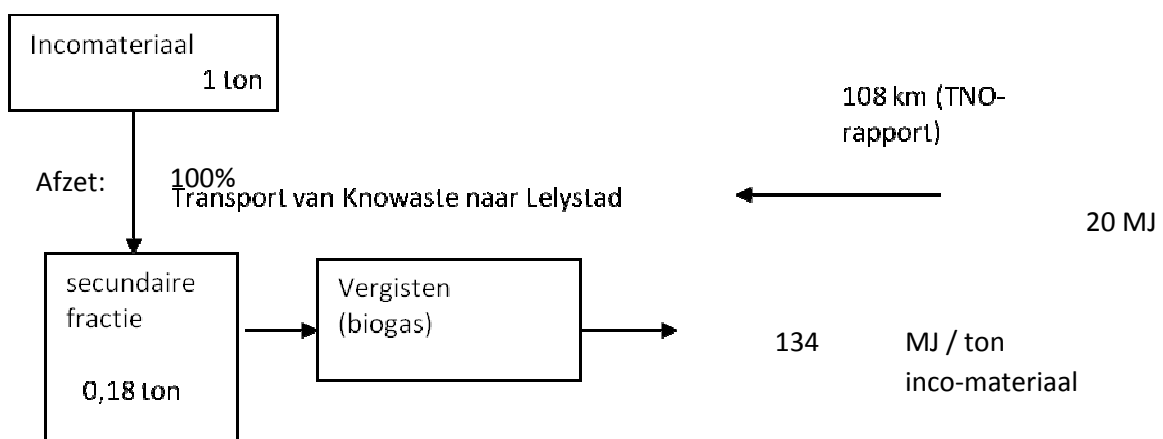
Verwerkingsroute:



De secundaire fractie is een product dat bestaat uit diverse materialen. Het bevat hoofdzakelijk resten van het absorberend polymeer, vezelresten en organische resten. Hoewel de biologische afbreekbaarheid van de secundaire fractie niet bijzonder hoog is, kan dit onder huidige wetgeving toch als biologisch materiaal worden verwerkt in de compostings-en/of vergistingsroute. Enige tijd geleden zijn er zelfs initiatieven ontwikkeld in een van de grotere steden in Nederland waarbij het gehele inco-materiaal volgens deze route is verwerkt.

4.2.1 Vergisting/composteren

Het secundaire fractie residu uit het Knowaste proces kan worden vergist (momenteel gebeurt dat bij een verwerker in Lelystad) en gecomposteerd. Uit ons onderzoek blijkt dat de secundaire fractie ongeveer 180 kg droge stofopbrengst oplevert^[10], met een calorische waarde van 16 MJ/kg, op basis van cellulose^[11]. De verwerkingsroute en de berekening van het energieverbruik per ton inco-materiaal wordt hieronder schematisch weergegeven.



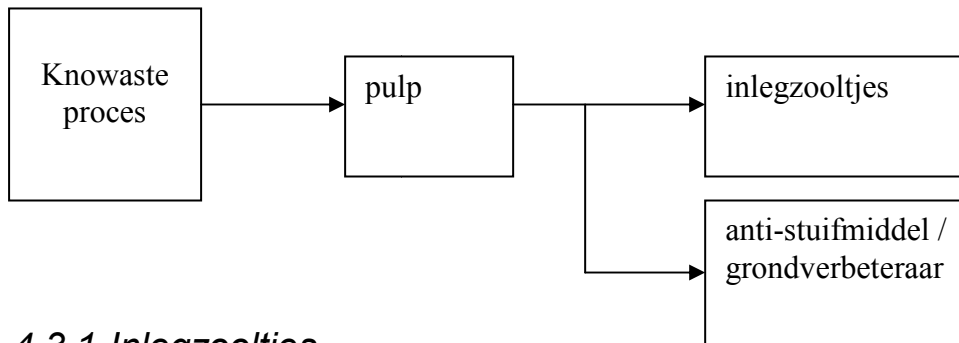
In het geanalyseerde TNO rapport^[11] wordt voor de verwerking van secundaire fractie gerekend met 0,236 ton slib per ton inco-materiaal. Dat komt goed overeen met de bovenstaande 0,18 ton. De calorische waarde is gesteld op 16 MJ/kg, uitgaande van cellulose.

Op basis van gegevens dat GFT een calorische waarde heeft van 11,3 MJ/kg (lager dan cellulose dus, doordat GFT natuurlijk een hoog vochtgehalte heeft), waaruit 146 kWh per ton GFT elektriciteit wordt opgewekt, is er in analogie met het TNO-rapport voor de secundaire fractie mengsel geëxtrapoleerd. Uitgaande van een energieverbruik van 37 kWh per ton inco-materiaal, vertegenwoordigt de secundaire fractie een vermeden energie elders van **134 MJ** per ton inco-materiaal.

Bij dit proces wordt 134 MJ per ton inco-materiaal als grondstof vermeden aan energie elders.

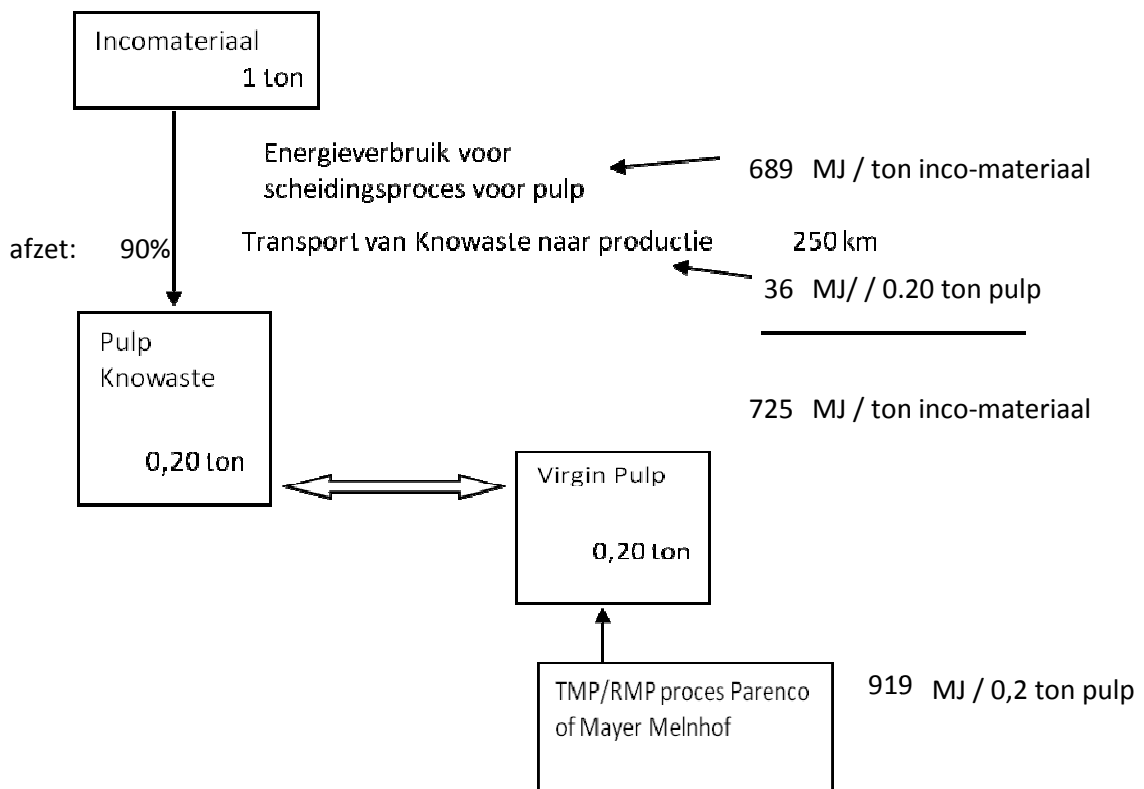
4.3 Pulp

Voor de verwerking van pulp van Knowaste kunnen twee routes worden toegepast. Voor 90% van de afzet wordt de pulp van Knowaste ingezet voor de verwerking tot inlegzooltjes. De overige 10% gaat naar de verwerking tot anti-stuifmiddel of grondverbeteraar.



4.3.1 Inlegzooltjes

De verwerkingsroute en de berekening van het energieverbruik per ton inco-materiaal wordt in de volgende figuur schematisch weergegeven.



Onderzoek omtrent het energieverbruik van inlegzooltjes wordt hier beperkt tot de vermijding van de vervaardiging van *virgin* pulp door het zogenaamde TMP/RMP chemisch-mechanische pulpproductieproces, dat in Nederland bij slechts twee fabrieken (Parenco en Mayer Melnhof) wordt gedaan^[12].

Het elektriciteitsverbruik benodigd om met dit proces 1 ton houtpulp te vervaardigen is gemiddeld 1.289 kWh / ton pulp. Voor een gewicht van 200 kg pulp is met het TMP/RMP proces hiermee 255 kWh elektriciteit benodigd, ofwel 919 MJ energie.

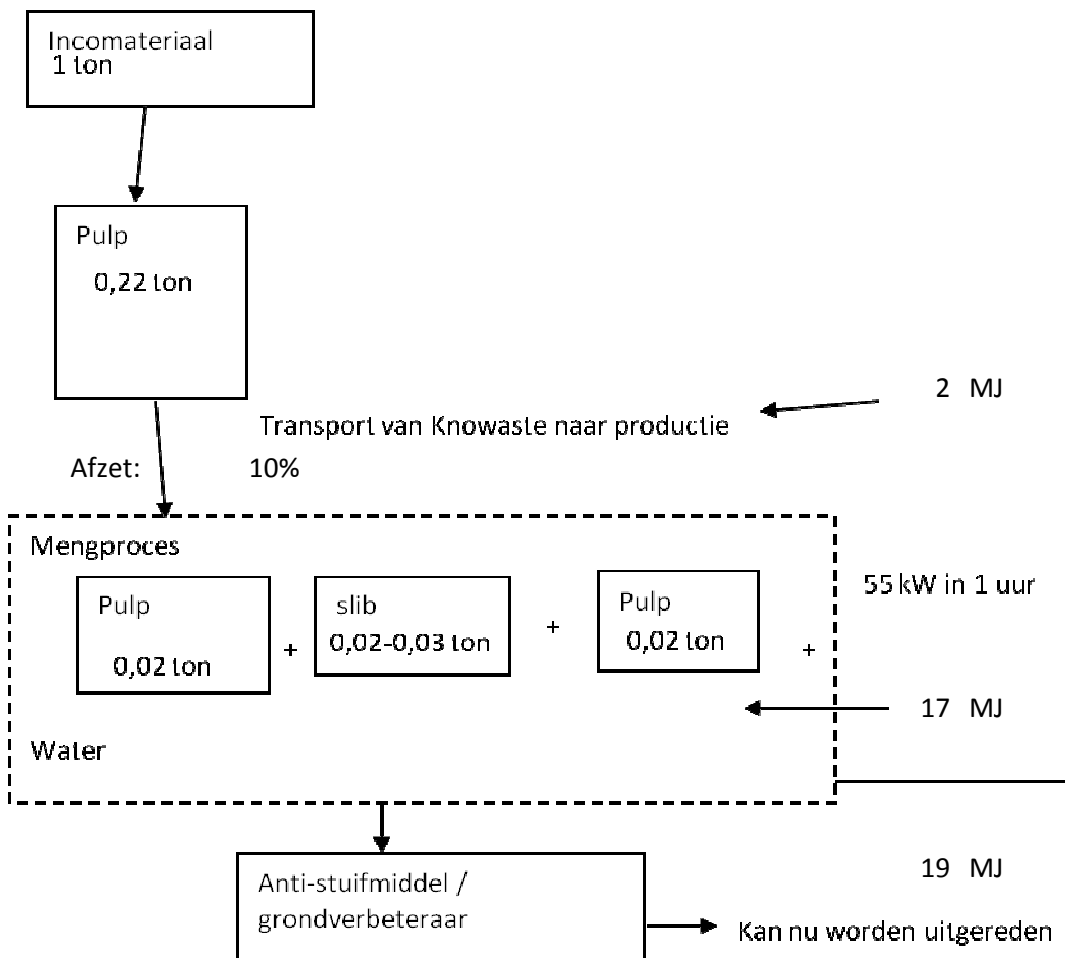
Van het pulp dat uit het Knowaste proces wordt vervaardigd, is onderzocht hoeveel elektriciteit er benodigd is om 220 kg pulp te scheiden uit 1 ton inco-materiaal^[13]. Het blijkt dat dit 2/3 deel is van het totale elektriciteitsverbruik in de Knowaste fabriek. Dus van 287 kWh elektriciteit per ton inco-materiaal, is 191 kWh voor de scheiding van pulp. Dit is 689 MJ per ton inco-materiaal, om 220 kg pulp te produceren. Hiervan wordt 90% getransporteerd naar de verwerkingslocatie, waarvan is onderzocht dat de afstand 250 km is vanaf Knowaste te Arnhem^[13]. Met een omrekeningsfactor voor transport van 0,73 MJ/ton.km energieverbruik^[16] komt 0,2 ton pulp transporteren neer op 36 MJ energieverbruik.

In totaal is voor het in bewerking nemen van 0,2 ton pulp als inlegzolen 689 MJ plus 36 MJ, is 725 MJ per ton inco-materiaal benodigd. Dit is dus inclusief het energieverbruik van de fabriek van Knowaste.

De vermeden energie door vervanging van *virgin* pulp is derhalve 194 MJ per ton inco-materiaal.

4.3.2 Anti-stuifmiddel / grondverbeteraar

Als product van het Knowaste proces kan uit het pulp van Knowaste anti-stuifmiddel / grondverbeteraar worden vervaardigd. BGP heeft hiernaar onderzoek gedaan^[4] en ondervonden dat slechts de volgende stap moeten worden doorlopen: Menging met ander slib en pulp; Er wordt aangenomen dat het in de verhoudingen gaat zoals weergegeven in bijgaand schema.



BGP heeft het scheidingsproces^[6] van Knowaste in detail onderzocht en het blijkt dat er, zoals onder paragraaf 4.3.1 reeds is aangegeven, uit inco-materiaal ongeveer 220 kg pulp wordt afgescheiden. Gemiddeld wordt 10% van het pulp afgezet in route anti-stuifmiddel^[14].

De verwerking tot anti-stuifmiddel gebeurt door 2 tot 2,5 balen pulp te mengen met 2 balen andersoortige pulp. Naar gelang de vereiste specificaties van het anti-stuifmiddel / grondverbeteraar kan deze verhouding variëren. Het pulpmengsel van Knowaste bestaat uit 60% water. Voor het mengen van de twee stromen wordt aangenomen dat dit plaatsvindt met een elektrische schroefmotor met een vermogen van 55 kW^[15] bij een productiecapaciteit van 0,75-0,81 ton per uur anti-stuifmiddel / grondverbeteraar. Uitgaande van 10% afzet van 0,2 ton pulp wordt er dus 0,02 ton pulp in deze route verwerkt. Aan directe energie is dan 17 MJ nodig om 0,02 ton pulp

mengsel van Knowaste uit 1 ton inco-materiaal te verwerken tot anti-stuifmiddel / grondverbeteraar.

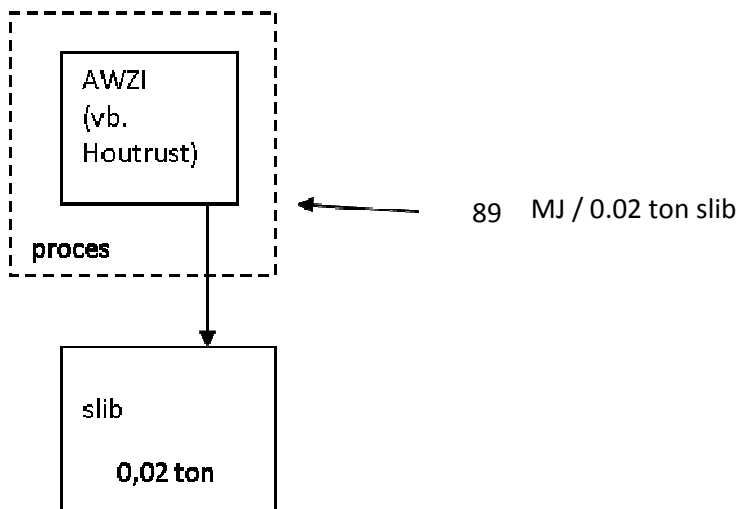
Met dezelfde omrekeningsfactor naar energie voor transport 0,73 MJ/ton.km als in paragraaf 4.3.1, kan worden bepaald dat het energieverbruik 1,46 MJ per 0,02 ton pulp bedraagt, afgerond naar boven is dit 2 MJ. Er is hier gerekend met een afstand van 100 km naar de plaats van bestemming, alwaar de balen pulp worden verwerkt tot anti-stuifmiddel / grondverbeteraar.

Het totaal aan energie dat is benodigd om uit 1 ton inco-materiaal anti-stuifmiddel te maken is 17 MJ plus 2 MJ, is 19 MJ energie.

4.3.3 Alternatief voor anti-stuifmiddel / grondverbeteraar

BGP heeft onderzoek verricht naar het product dat wordt vervangen wanneer anti-stuifmiddel / grondverbeteraar als alternatief wordt ingezet. Feitelijk wordt het ingezet als vervanger van zuiveringsslib, zoals dat wordt verkregen op, bijvoorbeeld, de RWZI's en AWZI's. Zuiveringsslib kan worden afgezet in de landbouw^[17].

Verwerkingsroute en de berekening van het energieverbruik per ton inco-materiaal:



Volgens het MNP gebeurt de afzet van zuiveringsslib in Nederland nog maar in geringe mate. Slechts een klein gedeelte van het zuiveringsslib uit afvalwaterzuiveringsinstallaties in de industrie wordt als meststof en/of bodemverbeteraar in de landbouw toegepast. Sinds 1 januari 1995 is de afzet naar de landbouw van slib uit rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI's) sterk verminderd, door de invoering van de tweede fase-normen uit het Besluit kwaliteit en gebruik van overige organische meststoffen (BOOM: LNV/VRM, 1998). Slechts een beperkte hoeveelheid schoon slib uit afvalwaterzuiveringsinstallaties in de industrie wordt nu nog toegepast als meststof en/of bodemverbeteraar of anti-stuifmiddel.

Het MNP vermeldt verder dat het meeste zuiveringsslib van rioolwaterzuiveringsinstallaties momenteel wordt verbrand. Zoals gezegd, de afzet van zuiveringsslib uit rioolwaterzuiveringsinstallaties naar landbouwgrond en stortplaatsen is door regelgeving beperkt.

Echter, volgens MNP is in 2005 als grondverbeteraar / anti-stuifmiddel nog 34 miljoen kg droge stof afgezet in de landbouw. Dit is 19% van het totaal van 175 miljoen kg in 2005. Volgens MNP is dit afkomstig van 488 AWZI's in Nederland.

Voor de berekening van het energieverbruik dat gepaard gaat met de productie en afzet van zuiveringsslib is een typische AWZI genomen, waarvan het energieverbruik inzichtelijk is gemaakt, te weten de AWZI's van het Hoogheemraadschap Delfland^[18]. Met 3 AWZI's heeft Delfland als grootste installatie Houtrust. De Groote Lucht en De Nieuwe Waterweg zijn de kleinere installaties.

Houtrust voerde in 2005, 63.412 ton slib af met Droge Stofgehalte van 24,8%. De installatie had in 2005 als totaal primaire energieverbruik 71,2 miljoen kWh, waarvan 66% opgewekt uit eigen biogas. Per ton slib was dus 1.123 kWh benodigd.

Als ervan wordt uitgegaan dat dit slib wordt vervangen door pulp van Knowaste, dan kan de energiewaarde worden berekend. Omdat er van 1 ton inco-materiaal 0,02 ton pulp wordt afgezet in de verwerkingsroute anti-stuifmiddel / grondverbeteraar, is er voor 0,02 ton pulp 25 kWh energie gebruikt, hetgeen overeenkomt met een verbruik van 89 MJ per ton inco-materiaal.

5 Resultaten

Het energieverbruik van de Knowaste-route zelf, alsmede de vermeden energie elders door hergebruik van de eindproducten van Knowaste, zijn van belang voor de juiste beoordeling van de duurzaamheid van de Knowaste-route voor met name de energiebalans en de bijdrage aan de bestrijding van het broeikas effect.

Het onderzoek dat door BGP Engineers is uitgevoerd staat, zoals aangegeven, niet op zichzelf, maar heeft aangesloten bij eerdere publicaties. Deze publicaties blijken echter veelal een onvolledig beeld te geven van de Knowaste-route als geheel.

Teneinde een overzicht te geven van de beschikbare gegevens uit dit onderzoek en eerder publicaties, zijn in Tabel 5-1 hiervoor de resultaten uit hoofdstuk 3 en 4 samengevat en is in Tabel 5-2 is een vergelijking weergegeven met de andere onderzoeken, waaronder CE^[16], TNO^[11] en het Fraunhofer instituut^[20].

Tabel 5-1: Overzichtstabel energiegetallen, afkomstig uit de resultaten van dit onderzoek door BGP.

		MJ / ton inco-materiaal	
Energiegebruik elektriciteit in proces bij Knowaste			2719
Energiegebruik van gas WKC De Kleef tbv stoom in proces bij Knowaste			1141
			3860
Hergebruik van eindproducten:		Afzet	
Plastics	Vermeden energie dakpannen uit klei	100%	-9965
Secundaire Fractie	Vermeden energie sec. fractie vergisten	100%	-134
Pulp	Vermeden energie anti-stuifmiddel uit AWZI slib	10%	-70
Pulp	Vermeden energie inlegzooltjes uit virgin pulp	90%	-194
			-10363
Totaal (vermeden energie)			- 6503

Tabel 5-2: De energiegetallen en berekening van het netto energiegetal, vergeleken met andere onderzoeken*.

MJ / ton inco-materiaal	CE 2007	BGP	TNO	Fraunhofer
Energieverbruik elektriciteit in proces bij Knowaste	3.060	2.719	5.423	3.805
Energieverbruik WKC De Kleef tbv stoom in proces bij Knowaste	877	1.141		
Vermeden energie dakpannen uit klei	-	-/- 9.965	-	
Vermeden energie anti-stuifmiddel uit AWZI slib	-	-/- 70	-	
Vermeden energie secundaire fractie vergisten	-	-/- 134	-/- 68	
Vermeden energie inlegzooltjes uit virgin pulp	-	-/- 194	-	
Vermeden energie plastics door verbranding in AVI	-	-	-/- 2.389	-/- 3.944
Vermeden energie secundaire fractie verbranden				-/- 669
Vermeden energie ter beschikking gekomen pulp				-/- 6.156
TOTAAL	3.937	-/- 6.503	2.966	-/- 6.964

* Gebruik is gemaakt van de getallen die gevonden zijn in de onderzochte rapporten. Omdat niet alle verwerkingsroutes van de eindproducten overeenkomen met datgene wat BGP Engineers heeft onderzocht, is onderling vergelijking niet direct mogelijk. Er zijn wel waardes gerapporteerd die de vermeden energie door hergebruik van eindproducten aangeven. Deze zijn aangegeven en meegenomen in de berekening van een netto-energiegetal.

Vanuit Tabel 5-2 zijn de netto energiegetallen om te rekenen naar ton CO₂-equivalent om daarmee de bijdrage aan de bestrijding van het broeikas effect te kunnen vaststellen (zie Tabel 5-3). Voor deze berekening is uitgegaan van de standaardgetallen voor de bijdrage aan CO₂ uitstoot in Nederland. Dit is gebaseerd op de energiecijfers van het Nederlandse elektriciteitsnet, zoals dit overigens ook is toegepast in het CE rapport^[16]. Hierin is meegenomen de verdeling tussen opwekking afkomstig van fossiele brandstoffen, alsmede duurzaam en nucleair.

Tabel 5-3: Netto energiegetallen omgerekend naar ton CO₂-equivalent*.

Per ton inco-materiaal	CE 2007	BGP	TNO	Fraunhofer
Totaal netto energiegetal (MJ)	3.937	-/- 6.503	2.966	-/- 6.964
tCO ₂ -equivalent	0,6	-/- 1,1	0,5	-/- 1,1

* Omrekeningsfactor afkomstig uit de betrekking van elektriciteitsopwekking Nederland 164,2 g CO₂/MJ^[16]

Bij verwerking van 35.000 ton inco-materiaal per jaar in Arnhem komt het resultaat overeen met een reductie van **42.000 ton CO₂-equivalent per jaar**.

De omvang van deze bijdrage aan de bestrijding van het broeikas effect wordt in perspectief gezet door de volgende cijfers:

- een besparing van 42.000 ton CO₂-equivalent per jaar komt overeen met de uitstoot van 280 miljoen autokilometers;
- en komt tevens overeen met de jaarlijkse uitstoot van ca. 3 dakpannenfabrieken in Nederland.

De economische waarde van deze besparing kan als volgt worden geëvalueerd:

- de Nederlandse Overheid verwerft emissiereducties tegen een kostprijs van 7 – 11 € per ton CO₂-equivalent; de waarde van de emissiereductie zou daarmee een waarde vertegenwoordigen van ca. € 300.000 – € 450.000 per jaar.

Door de Knowaste-route toe te passen ontstaat dus een jaarlijkse bijdrage een netto-emissiereductie. Daarom kan dan ook worden gesteld dat de Knowaste-route, met inbegrip van de in dit rapport vermelde toepassingen van eindproducten, dus kan worden gezien als meer dan **klimateutral**.

Zowel de energiebalans als de CO₂-balans van de Knowaste-route zijn positief.

Door te kiezen voor de Knowaste-route wordt effectief bespaard op energieverbruik en wordt een bijdrage aan de bestrijding van het broeikas effect geleverd.

6 Conclusies en aanbevelingen

6.1 Conclusies

Er is in de recente onderzoeken welke uitgevoerd zijn en waarin de Knowaste-route is beoordeeld, onvoldoende tot geen aandacht gegeven aan het netto energieverbruik van de Knowaste-route. Het belangrijkste verschil is dat de eindproducten niet in de berekeningen zijn meegenomen. Als gevolg hiervan was er geen positieve bijdrage berekend aan de vermindering in energieverbruik van primaire of conventioneel gebruikte grondstoffen en werd de Knowaste-route als relatief ongunstig beoordeeld ten opzichte van alternatieven.

Het huidige onderzoek door BGP geeft een aanvullend beeld van de Knowaste-route op basis van actuele gegevens en legt de onvolkomenheden bloot van de eerdere onderzoeken.

Wij concluderen dat de eerdere onderzoeken zoals uitgevoerd door o.a. het CE, TNO en anderen, als onvolledig moeten worden beschouwd. Kernpunt is dat deze onderzoeken slechts een gedeelte van het recyclingproces hebben onderzocht en belangrijke aspecten buiten beschouwing hebben gelaten. De bijdrage van de Knowaste-route aan energiebesparing en de vermindering van de uitstoot aan broeikasgassen, is daardoor niet op juiste wijze beoordeeld. De conclusies uit genoemde onderzoeken zouden dan ook niet zonder meer moeten worden overgenomen door beleidsmakers.

De hoofdconclusie uit ons onderzoek kan als volgt worden omschreven:

“Recycling van incontinentiemateriaal, op de wijze zoals die door Knowaste wordt toegepast, heeft een grote bijdrage aan de besparing van het gebruik van energie en de bestrijding van het broeikas effect. Recycling van incontinentiemateriaal onderscheidt zich positief ten opzichte van alternatieve routes, zoals verbranding en vergisting, en kan als een klimaatneutrale activiteit worden gezien.”

6.2 Aanbevelingen

Op basis van de conclusies uit dit rapport zijn aanbevelingen ontwikkeld welke beleidsmakers in Nederland, België en Duitsland kunnen ondersteunen bij de keuzes die zij maken met betrekking tot afvalbeleid in hun Gemeente, Provincie en dergelijke.

- Voorgaand onderzoek was niet goed, cq. incompleet en de conclusies geven daardoor een onjuist beeld van de werkelijkheid; het verdient aanbeveling voor elke specifieke situatie een nieuwe evaluatie te maken voor het potentieel aan energiebesparing en emissiereductie als gevolg van recycling van inco-materiaal;
- Recycling van incontinentiemateriaal, op de wijze zoals die door Knowaste wordt toegepast, bespaart veel energie in vergelijking met andere verwerkingsroutes; het verdient aanbeveling deze bijdrage op te nemen in het beleid met betrekking tot energiebesparing;
- Recycling van incontinentiemateriaal is meer dan klimaatneutraal: het proces en het hergebruik van de producten levert een netto bijdrage aan de vermindering van de CO₂-emissies; het verdient aanbeveling deze bijdrage op te nemen in het beleid met betrekking tot klimaat en emissiereductiemaatregelen;
- De Knowaste-route is klimaatneutraal en sluit daarmee perfect aan bij het beleid dat veel Gemeenten en ander Overheden in Nederland nastreven.

7 Referenties

- [1] www.lekhabo.nl
- [2] www.senternovem.nl
- [3] Afstudeerscriptie Madelon Siebering, TU/e , april 2001, “different methods of processing the pulp, plastic and sludge”, blz 23
- [4] Bedrijfsgegevens Knowaste 02-08-2007
- [5] Bedrijfsgegevens Knowaste 30-08-2007
- [6] Bedrijfsgegevens Knowaste 16-08-2007
- [7] www.staywithclay.com
- [8] www.olivier.be, Bogener Dagziegel Dakpan wegwijzer.pdf, 03-09-2005, de Innovo12, blz. 2
- [9] www.knb-baksteen.nl
- [10] Bedrijfsgegevens Knowaste, 12-07-2007
- [11] Milieu-effecten van de verwerking van luiers in Amsterdam, TNO-rapport, mei 2007, 2007-A-R0384/B, A.M.M. Ansems en R.N. van Gijlswijk
- [12] VNP, Energieverbruik in de Nederlandse Papier- en Kartonindustrie, Hoofddorp, April 2003
- [13] Bedrijfsgegevens Knowaste 10-08-2007
- [14] Bedrijfsgegevens Knowaste 02-08-2007
- [15] www.typhoon.nl
- [16] Verwerking van luierafval, dhr. Vroonhof, CE mei 2007
- [17] www.mnp.nl
- [18] www.hhdelfland.nl
- [19] Bedrijfsgegevens Knowaste 30-07-2007
- [20] Ökologische Bilanz der Entsorgung von Inkontinenz-System-Abfall aus öffentlichen Einrichtungen, Fraunhofer Institute, H. Hauser, P.B. Meyer, P.Ö. Meyer, T. Neuhaus, Dortmund, dec 2000, blz 91, IRA Scenario 1
- [21] Gelderlander 23 februari 2007, interview met dhr. M. Donders van Knowaste