TNO-rapport
TNO-MEP – R 96/208

Hergebruik kunststoffen

- Verhoging van het aandeel materiaalhergebruik -

TNO, Centrum
voor Afvalonderzoek

Laan van Westenenk 501
Postbus 342
7300 AH Apeldoorn

Telefoon 055 - 549 34 93
Fax 055 - 541 98 37

auteurs:
Ir. A.M.M. Ansems, TNO Milieu, Energie en Procesinnovatie
Ing. J.L.B. de Groot, TNO Industrie
M. Th. Logtenberg, M.Phil., TNO Milieu, Energie en Procesinnovatie
Ir. M.J. Veldstra, TNO Industrie

datum:
september 1996

projectnummer:
24829

bestemd voor:
Novem
Project in het kader van het Nationaal Onderzoekprogramma
Hergebruik van afvalstoffen (NOH)

Alle rechten voorbehouden.
Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de 'Algemene Voorwaarden voor Onderzoeksopdrachten aan TNO', dan wel de betreffende terzake tussen partijen gesloten overeenkomst.
Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© 1996 TNO

Het kwaliteitssysteem van TNO, Milieu, Energie en Procesinnovatie voldoet aan ISO 9001.

TNO Milieu, Energie en Procesinnovatie is een nationaal en internationaal erkend kennis- en contractresearch instituut voor bedrijfsleven en overheid op het gebied van duurzame ontwikkeling en milieu- en energiegerichte procesinnovatie.

Nederlandse Organisatie voor toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek TNO

Op opdrachten aan TNO zijn van toepassing de Algemene Voorwaarden voor onderzoeksopdrachten aan TNO zoals gedeponeerd bij de Arrondissementsrechtbank en de Kamer van Koophandel te 's-Gravenhage.

Colofon NOH-eindrapport

Projectnummer: 353393/0510

Dit onderzoek is uitgevoerd in het kader van het Nationaal Onderzoekprogramma Hergebruik van afvalstoffen (NOH).

Beheer en coördinatie van het NOH-programma berusten bij:

Novem
Nederlandse onderneming voor energie en milieu B.V.
Catharijnesingel 59
Postbus 8242
3503 RE Utrecht
Telefoon: 030 - 239 34 93
Contactpersoon: Ing. J. v.d. Velde

RIVM
Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne
Antonie van Leeuwenhoeklaan 9
Postbus 1
3720 BA Bilthoven
Telefoon: 030 - 274 9111

Het NOH geeft geen garantie voor de juistheid en/of volledigheid van gegevens, ontwerpen, constructies, produkten of produktiemethoden voorkomende of beschreven in dit rapport, noch voor de geschiktheid daarvan voor enige bijzondere toepassing.

Aan deze publikatie kunnen geen rechten worden ontleend.

Overname en publikatie van informatie uit dit rapport is toegestaan, mits met bronvermelding.

Het onderzoek is uitgevoerd door:

naam contractant	:	TNO, Centrum voor Afvalonderzoek
adres	:	Laan van Westenenk 501
postbus	:	342
postcode/woonplaats	:	7300 AH Apeldoorn
telefoon	:	055 - 5 493 493
contactpersoon	:	Ir. A. Ansems

Datum rapportage : september 1996

Meer exemplaren van dit rapport zijn tegen betaling van *f* 50,- inclusief BTW verkrijgbaar bij TNO, Centrum voor Afvalonderzoek.

Voorwoord

Hergebruik van kunststoffen is heel goed mogelijk.
Daarover worden in dit rapport opmerkelijke zaken gemeld; zoals de toepassing van zogenaamd minder gereinigd regranulaat door gebruik te maken van compatibilisers. Verder is er een verbetering in de blend- en verwerkingstechnologie te constateren. De mogelijkheden van regranulaat kunnen ook worden vergroot door gebruik te maken van de unieke eigenschappen van afzonderlijke secundaire materialen.

Na het gebruik van een kunststoffen produkt komt er namelijk weer een grondstof beschikbaar. Dit regranulaat kan worden gebruikt als 'wieg' voor een interessante groep van materialen. Zo worden kosten vermeden en ontstaan aantrekkelijke innovaties.

Zulke kunststoffen worden echter nog te weinig toegepast. Daar is een aantal oorzaken voor aan te wijzen. Maar die barrières kunnen worden overwonnen. Het Nationaal Onderzoekprogramma Hergebruik van afvalstoffen (NOH) is er op uit het aandeel van het materiaalhergebruik te vergroten.

Te zamen met T2000 zijn we bijvoorbeeld van plan in het voorjaar van 1997 een symposium over de kringloop van secundaire kunststoffen te organiseren.

Hoe ziet het beeld van het hergebruik van kunststoffen er nu uit? Wat zijn de barrières en waar liggen de oplossingen? Dat is in het kader van het NOH uitgezocht.

In dit rapport vindt u resultaten van de verkenning + analyse en de mening van TNO over deze materie. Opmerkelijk is de aandacht voor 'design for recycling'. Ook zou een platform de kennisuitwisseling tussen bedrijven kunnen versterken.

Uiteraard zijn suggesties over en aanvullingen op de inhoud van het rapport gewenst. Als u een reactie wilt geven op de feiten, analyse en de gegeven mening bent u van harte welkom. Neem daartoe dan contact op met Ir. A.M.M. Ansems van TNO-MEP, telefoon (055) 549 34 93 of met Novem, telefoon (030) 239 34 78.

Jan van de Velde
NOH

Vaassen, 9 augustus 1996

Korte samenvatting

Probleemstelling en doel van het onderzoek

Het overheidsbeleid is gericht op een relatief hoog niveau van **materiaalrecycling** van kunststoffen. Daarbij streeft men in principe een recycling van circa eenderde na van hetgeen in het afvalstadium vrijkomt. Het betreft een gewenste doelstelling voor de hoeveelheden die vrijkomen bij huishoudens, kantoren, winkels, diensten en bedrijven.
Herverwerking van deze stromen vindt tot op heden slechts beperkt plaats.
Een nadere analyse van de genoemde afvalstromen en schattingen van de herverwerkingsmogelijkheden gaven aan dat de doelstellingen als ambitieus gekenschetst kunnen worden. Vanuit het bedrijfsleven werden deze doelstellingen door enkele actoren als onhaalbaar aangemerkt.

In hoeverre maximalisering van het percentage materiaalrecycling mogelijk is vereist meer inzichten in hoe ketensluitingsprocessen plaatsvinden. Met name meer inzichten in de randvoorwaarden, knelpunten en oplossingsrichtingen zijn nodig om gefundeerde uitspraken te kunnen doen over de wijzen van materiaalrecycling die maatschappelijk acceptabel zijn en breed gedragen worden.

TNO, Centrum voor Afvalonderzoek, heeft in het kader van het Nationaal Onderzoekprogramma Hergebruik van afvalstoffen een onderzoek uitgevoerd naar de aspecten en ervaringen, die materiaalhergebruik juist wel of juist niet bewerkstelligen.

De doelstelling van het onderzoek is het analyseren en evalueren van trends in materiaalrecycling en het aangeven van mogelijkheden om het aandeel materiaalrecycling te verhogen.

Beschrijving van het onderzoek

Beschreven is welke kunststofstromen vrijkomen en hoe de verwerking van deze stromen is. Daarnaast geeft de beschrijving weer dat er duidelijke verschuiving zal plaatsvinden van storten naar materiaalrecycling, grondstofrecycling en energiebenutting. Een groter volume van materiaalrecycling wordt gerealiseerd, als (beperkt) verontreinigde kunststoffen verwerkt worden tot secundaire materialen voor de vervaardiging van (nieuwe) produkten.

Hoe innovaties op het gebied van inzameling, scheiding/opwaardering van afvalstromen en materiaal-/produktvervaardigingstechnieken bijdragen aan een verhoging van het aandeel materiaalrecycling is onderzocht.
Daarbij is vooral gelet op die aspecten die verhoging van het aandeel materiaalrecycling kunnen versnellen.

Hoofdconclusie en aanbevelingen

De hoofdconclusie van het onderzoek is:

> *Het stimuleren en de toepassing van 'design for recycling'-concepten zal het aandeel materiaalrecycling sneller doen groeien. Ondersteuning met demonstratieprojecten zal leiden tot successen die als voorbeeld zullen dienen en navolging gaan krijgen.*

Daaraan gekoppeld zijn de volgende aanbevelingen te maken:
- Het opstarten van een aantal demonstratieprojecten waarbij alle actoren in de keten betrokken zijn.
- Het introduceren van een ondersteunend platform: Dutch Recycling Support. De hoedanigheid ervan en de invulling ervan zal door actoren in de keten worden bepaald.

Abstract

Background and objective of the investigation

Government policy is directed towards a relatively high level of material recycling of plastics. In principle, the aim in this is to recycle about one third of what is produced in the waste phase. This is a desirable target for the quantities which are produced in homes, offices, shops, services and industry.
Reprocessing of these flows of material has so far taken place only to a limited extent. More detailed analysis of the flows of waste mentioned and estimates of the reprocessing possibilities indicated that the targets might be characterised as ambitious. In industrial circles, these targets are considered unrealistic by some of those involved.

To determine how far it is possible to maximise the percentage of material recycling requires more understanding of how closed loop processes take place. In particular, more understanding of the preconditions, sticking points and directions taken for solutions is necessary to be able to make well-founded statements concerning the methods of material recycling which are socially acceptable and are broadly supported.

Within the framework of the Research Programme Re-use of Waste (NOH), TNO Centre for Waste Research has carried out an investigation into the aspects and experience which precisely do or do not achieve re-use of materials.

The aim of the investigation is to analyse and evaluate trends in material recycling and indicate possibilities for increasing the proportion of material recycling.

Description of the investigation

A description is given of which flows of plastic are produced and how these are processed. Subsequently the description reports that there will be a clear shift from dumping to material recycling, raw material recycling and energy utilisation. A larger volume of material recyling is achieved when plastics with (limited) contamination are processed into secondary materials for the manufacture of (new) products.

An analysis was carried out to determine how innovations in the area of collection, separation/upgrading of flows of waste and manufacturing techniques for materials/products can contribute to an increase in the proportion of material recycling.
Here, most attention was given to those aspects which can speed up the increase in the proportion of material recycling.

Main conclusion and recommendations

> *Promoting and applying 'design for recycling' concepts will cause the proportion of material recycling to grow more quickly. Support by means of demonstration projects will lead to successes which will serve as an example and provide a model for follow-up.*

In line with the main conclusion it is recommended:

- The starting up of a number of demonstration projects by which all parties concerned are involved in the chain.
- The introduction of a supporting platform, Dutch Recycling Support. The line of working, capacities and composition of the platform has to be determined by those concerned in the chain.

Uitgebreide samenvatting

Probleemstelling en doel van het onderzoek

Het overheidsbeleid is gericht op een relatief hoog niveau van **materiaalrecycling** van kunststoffen. Daarbij streeft men in principe een recycling van circa eenderde na van hetgeen in het afvalstadium vrijkomt. Het betreft een gewenste doelstelling voor de hoeveelheden die vrijkomen bij huishoudens, kantoren, winkels, diensten en bedrijven.
Herverwerking van deze stromen vindt tot op heden slechts beperkt plaats.
Een nadere analyse van de genoemde afvalstromen en schattingen van de herverwerkingsmogelijkheden gaven aan dat de doelstellingen als ambitieus gekenschetst kunnen worden. Vanuit het bedrijfsleven werden deze doelstellingen door enkele actoren als onhaalbaar aangemerkt.
De dynamiek in het veld van materiaalontwikkeling, materiaalsubstitutie, produktontwikkeling, consumptie-ontwikkeling, overheids- en bedrijfsbeleid, etc. maakt het onmogelijk om een bepaald recyclingpercentage voor bijvoorbeeld over 10 jaar af te geven.
Naar alle waarschijnlijkheid zal materiaalrecycling duidelijk toenemen, maar tot welk niveau in 2000 (of 2005) is moeilijk te schatten. Het zal ergens tussen de huidige circa 10% en de door de overheid beoogde 35% liggen.
In hoeverre maximalisering van het percentage materiaalrecycling mogelijk is vereist meer inzichten in hoe ketensluitingsprocessen plaatsvinden. Met name meer inzichten in de randvoorwaarden, knelpunten en oplossingsrichtingen zijn nodig om gefundeerde uitspraken te kunnen doen over de wijzen van materiaalrecycling die maatschappelijk acceptabel zijn en breed gedragen worden.

TNO, Centrum voor Afvalonderzoek, heeft in het kader van het Nationaal Onderzoekprogramma Hergebruik van afvalstoffen een onderzoek uitgevoerd naar de aspecten en ervaringen, die materiaalhergebruik juist wel of juist niet bewerkstelligen.

De doelstelling van het onderzoek is het analyseren en evalueren van trends in materiaalrecycling en het aangeven van mogelijkheden om het aandeel materiaalrecycling te verhogen.

Beschrijving van het onderzoek

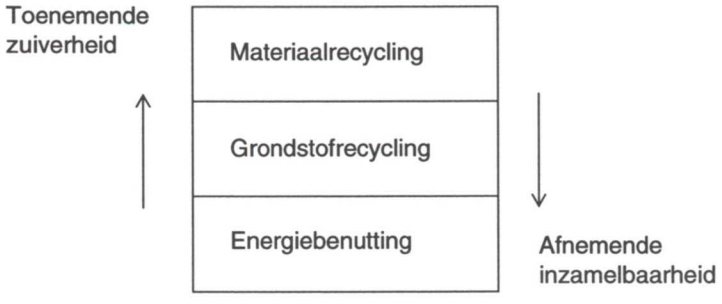
Beschreven is welke kunststofstromen vrijkomen en hoe de verwerking van deze stromen is.
Daarnaast geeft de beschrijving weer dat er duidelijke verschuiving zal plaatsvinden van storten naar materiaalrecycling, grondstofrecycling en energiebenutting. Een groter volume van materiaalrecycling wordt gerealiseerd, als (beperkt) verontreinigde kunststoffen verwerkt worden tot secundiare materialen voor de vervaardiging van (nieuwe) produkten.

Beschouwing van alle kunststofstromen en de verwerking ervan, illustreert duidelijk dat de (gescheiden) inzameling, verwerking/opwerking en afzet/produktvervaardiging zich vooral richt op de minder verontreinigde stromen uit de sector Kantoren, Winkels, Diensten en Industrie (KWDI). Proces- en produktie-afvallen worden al nagenoeg volledig gerecycled.

Hoe innovaties op het gebied van inzameling, scheiding/opwaardering van afvalstromen en materiaal-/produktvervaardigingstechnieken bijdragen aan een verhoging van het aandeel materiaalrecycling is eveneens onderzocht. Daarbij is vooral gelet op die aspecten die verhoging van het aandeel materiaalrecycling kunnen versnellen.

Huidige verwerkingswijzen

De relatief hoge technische kwaliteit en de relatief eenvoudige logistieke structuur zorgen ervoor dat materiaalrecycling in werkelijkheid plaatsvindt.
Deze twee randvoorwaarden zorgen er dus voor dat het technisch-economisch aantrekkelijk is de desbetreffende stromen als materiaal opnieuw toe te passen.
Met andere woorden een hoge zuiverheid en een gunstige inzamelbaarheid resulteert in materiaalrecycling. Spreekt men daarentegen over een lage zuiverheid (verontreinigde heterogeen samengestelde fracties) en een afnemende inzamelbaarheid (kleine hoeveelheden komen bij vele bronnen in beduidend grotere stromen vrij), dan ligt energiebenutting van de kunststofafvalstroom meer voor de hand.
Hierna is dit geïllustreerd.



Een substantiële verhoging van materiaalhergebruik zal uit stedelijk afval, distributie- en industrie-afval afkomstig dienen te zijn. Het betreft met name beperkt verontreinigde stromen.
In plaats van storten en verbranden zonder energiebenutting, zullen materiaalrecycling, grondstofrecycling en verbranding met energiebenutting een aanzienlijk deel van kunststofverwijdering in de toekomst gaan uitmaken.
Tot nu toe betreft materiaalrecycling vooral zuivere eensoortige materialen, terwijl de verontreinigingsgraad laag is (proces- en produktie-afvallen). De kwaliteit is relatief hoog en de inzamelstructuur is relatief eenvoudig.

Indien de kunststoffen zich in heterogeen samengestelde, vervuilde stromen bevinden, die bij relatief veel bronnen vrijkomen, dan ligt energiebenutting van de kunststofafvalstroom meer voor de hand.
De thermo-chemische processen ten behoeve van grondstofrecycling bevinden zich commercieel gezien nog in het ontwikkelingsstadium. Pas over 5 à 10 jaar wordt een brede implementatie verwacht. Daarnaast wordt een sterke verhoging van het directe materiaalhergebruik nagestreefd.
Secundaire kunststoffen zullen toegepast gaan worden in nieuwe toepassingen, kunststofvervangende produkten en in produkten, waarbij hout, metalen en steenachtige materialen worden vervangen.
Op basis van materiaal- en produktontwikkelingen zal kringloopsluiting van kunststoffen als een cascade optreden. In de tijd gezien zullen op basis van kwaliteitsspecificaties achtereenvolgens steeds andere toepassingen gevonden worden. Dan zal de laatste stap in de cascade grondstofrecycling of energiebenutting worden.

Gescheiden inzameling van (droge fracties met) kunststoffen uit huishoudelijk afval wordt als te kostbaar gezien. Bovendien is de respons te laag, hetgeen gebleken is uit de resultaten van proefprojecten.
De afscheiding van specifieke kunststoffracties met behulp van mechanische technieken uit een bulkafvalstroom, zoals de grijze fractie uit huishoudelijk afval, wordt als kansrijk beschouwd.
Recyclingprocessen bestaan veelal uit verkleinen, wassen, scheiden en extrusie.
Deze processen omvatten een beperkt aantal apparaten/machines, waarbij de scheidingseenheden vooral drijf/zink-cellen en/of hydrocyclonen zijn.
Het herverwerkte materiaal is vooral afkomstig uit verpakkingen, met name foliën, land- en tuinbouwtoepassingen en uit de bouw (dus vooral afkomstig uit de KWDI-sector).

De technische kwaliteit van het regranulaat/maalgoed bepaalt of kunststofvervangend of materiaalvervangend hergebruik plaatsvindt.
Bij kunststofvervangende hergebruik speelt de mate van verontreiniging van de secundaire kunststof een belangrijke rol, hetgeen bij materiaalvervangend hergebruik meestal niet of minder het geval is.
Hierna worden zowel voor kunststof- als materiaalvervangend hergebruik een aantal toepassingsmogelijkheden gegeven.

Produkten die nu nog vaak uit nieuwe kunststof worden vervaardigd	
Verpakkingen/Transport	**Consumenten produkten**
verpakking non-food (k)	verpakkingen (food)
wasmiddelflessen (k)	huish. artikelen (k)
chemicaliënverpakking (k)	compostbakken (m)
transportverpakking (k)	afvalcontainers (k)
grootverpakking (k)	vuilniszakken (k)
containers (k)	tuinhekken (m)
	bloembakken (k)
kratten (k)	
pallets (m)	parkbanken (m)
auto-onderdelen (k)	kinderspeeltuin (m)
folies land- en tuinb. (k)	tuinmeubilair (k)
draagtassen (k)	bloempotten (k)
	kleerhangers (k)

Produkten waarin secundair materiaal wordt/kan worden verwerkt	
Bouwprodukten	**Weg- en waterbouw**
(bedrijfs)vloerplaten (m)	trottoirband (m)
drukleidingbuizen (k)	straattegels (m)
profielen (k)	oeverbescherming (m)
dakbedekking (m)	inmengen in asfalt (m)
bekistingen (m)	geluidswallen (m)
vloerbedekking (k)	middenbermbeveiliging (m)
isolatiemateriaal (m)	afwateringsgoten (m)
roostervloeren (m)	verkeersdrempels (m)
drukloze leidingen (k)	wegmarkering (m)
inmengen in beton (m)	wiepen (m)
panelen (m)	drainagebuis (k)
	afrasteringen (m)

k = kunststofvervangend hergebruik
m = materiaalvervangend hergebruik

Trends in materiaalrecycling

Binnen economische grenzen zullen innovaties op het gebied van inzameling, verwerking/opwerking en produktvervaardiging voor de drijfveer achter verhoging van materiaalhergebruik dienen te zorgen.

Inzameling

Kunststoffracties worden opgewerkt na gescheiden inzameling, zoals reeds geschiedt voor leidingen, kozijnen, landbouwfoliën en distributieverpakkingen.

Enkele recente initiatieven zijn:
- Catering; de bedrijfscatering wil een zuivere stroom wit PS of een mengsel met daarin af te scheiden wit PS gescheiden inzamelen. Zo is de stichting 'Retour' ruim 2 jaar geleden begonnen met de inzameling van koffiebekers.
- Foliën; de stichting 'Knapzak' is begonnen met de landelijke inzameling van folie uit bouwafval vanaf onder andere bouwplaatsen.
- TRESPA-bekledingsmaterialen; deze materialen uit bouw- en sloopafvallen kunnen herverwerkt worden. Ten behoeve hiervan is een retoursysteem ontworpen.

Verwerking/opwerking

Wat betreft scheidingstechnieken zijn twee richtingen te onderscheiden:

1. Bulkscheidingstechnieken;
   fracties, bestaande uit deeltjes, worden in een continu proces uit een deeltjesmengsel afgescheiden;
2. Sensorgestuurde scheidingstechnieken;
   op basis van een sensorsignaal wordt deeltje voor deeltje uit een stroom afgescheiden.

De groep technieken behorende onder bulkscheiding heeft meestal betrekking op verkleinde deeltjes, terwijl sensorgestuurde technieken aangrijpen op onverkleinde of beperkte verkleinde delen.
De toevoeging van scheidingsprocessen aan de inzameling leidt tot de afscheiding van specifieke fracties. Voorbeelden zijn:

- De verwerking van slagvast polystyreen behuizingen van TV's na infraroodsortering (= toepassing sensorgestuurde scheidingstechnieken).
- De afscheiding van een styreenbevattende polymeerfractie, met behulp van droog- en natmechanische scheidingstechnieken, uit een verontreinigde kunststoffractie, die vrijkomt bij de verwerking van koelkasten (= toepassing bulkscheidingstechnieken).
- De scheiding en reiniging van PVC-buizen-fracties met behulp van droog- en natmechanische technieken (= toepassing bulkscheidingstechnieken).

Afzet/produktvervaardiging

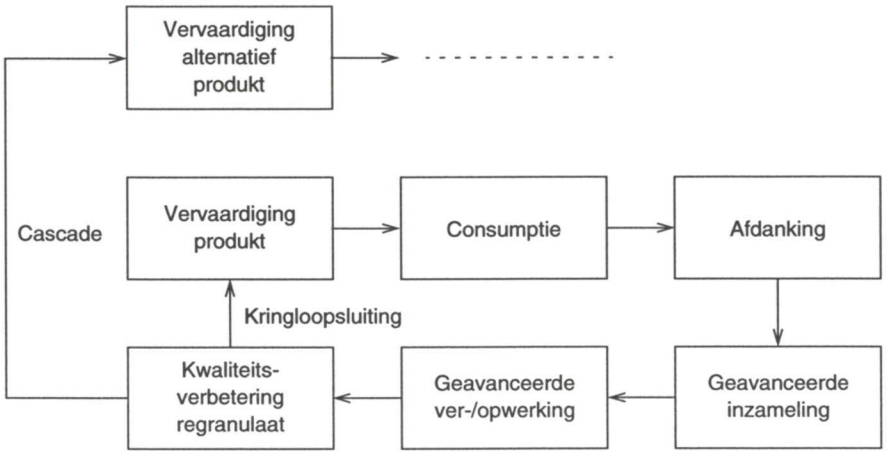
Er zijn ontwikkelingen wat betreft het toepassen van regranulaatfracties zelf, als het kunnen toepassen van gereinigde regranulaatfracties:

- Verbetering in blend- en verwerkingstechnologie bij het toepassen van regranulaat:
  Secundair kunststof wordt toegepast als kern en de buitenlagen worden uit nieuw materiaal vervaardigd (co-extrusie). Een andere technologie omvat het toevoegen van een coating in de matrijs tijdens het spuit/giet-proces (in mould coating).
- Toepassing van minder gereinigde regranulaat-/maalfracties:
  Een mengsel van kunststoffen, die onderling slecht mengbaar zijn, kunnen toch hergebruikt worden door toevoeging van een hulpstof (compatibiliser), die een chemische of fysische binding aangaat met de te mengen componenten.
  Een tweede methode is het optimaal dispergeren en homogeniseren van sterk verkleinde verontreinigingen (Newplast-proces en Twente mixing ring). De verkregen fractie is goed verwerkbaar.

Een andere mogelijkheid wordt gevormd door secundaire kunststoffen te zamen met andere materialen (secundair) toe te passen. Men maakt gebruik van de unieke eigenschappen van de afzonderlijke materialen. Voorbeelden van nieuwe materialen, composietmaterialen, zijn secundaire thermoplasten met respectievelijk hout, tapijtvezels, glasvezels, rubbers.

Versnelling groei aandeel materiaalrecycling

Een versnelling in de groei van het aandeel materiaalrecycling ontstaat als het 'design for recycling'-concept geïntegreerd wordt met innovaties en inzameling, verwerking/opwerking en kwaliteitsverbetering regranulaat. In de hierna volgende figuur wordt dit geïllustreerd.



Materiaalhergebruik door middel van kringloopsluiting c.q. cascade op een hoog kwaliteitsniveau.

'Design for recycling'-concepten kunnen relatief spoedig met succes geïntroduceerd worden in produkten die een eigen inzamel- en verwerkingscircuit kennen; de inzamelbaarheid is als goed te kenschetsen.
Voorbeelden zijn autowrakken, koelkasten, PVC-buizen, verpakkingsfoliën.
Bij de toepassing van de volgende (vuist)regels kunnen verbeteringen gerealiseerd worden:
- Beperk het aantal kunststoffen dat toegepast wordt;
- Pas gemakkelijk scheidbare kunststoffen toe;
- Pas, indien niet anders mogelijk, mengbare kunststoffen toe.

Dus door toepassing van 'design for recycling'-concepten zal de mate van materiaalrecycling daarenboven nog vergroot worden. Toepassing van demonstratieprojecten zal leiden tot successen die als voorbeeld zullen dienen en navolging gaan krijgen.

De introductie van een platform alwaar de kennisinstituten en (alle) partners uit de keten (waaronder kunststofverwerkers en afnemers) met elkaar communiceren zal de in gang gezette ontwikkeling versterken. Naast communicatie kan zo'n platform faciliterende taken krijgen.

Hoofdconclusie en aanbevelingen

De hoofdconclusie van het onderzoek is:

> *Het stimuleren en de toepassing van 'design for recycling'-concepten zal het aandeel materiaalrecycling sneller doen groeien. Ondersteuning met demonstratieprojecten zal leiden tot successen die als voorbeeld zullen dienen en navolging gaan krijgen.*

Daaraan gekoppeld zijn de volgende aanbevelingen te maken:

- Het opstarten van een aantal demonstratieprojecten waarbij alle actoren in de keten betrokken zijn.
- Het introduceren van een ondersteunend platform: Dutch Recycling Support. De hoedanigheid ervan en de invulling ervan zal door actoren in de keten worden bepaald.

Inhoudsopgave

Colofon NOH-eindrapport 3

Voorwoord 5

Korte samenvatting 7

Abstract 9

Uitgebreide samenvatting 11

Inhoudsopgave 19

1. Inleiding 21

2. Achtergrond 23
   2.1 Vrijkomen van kunststofafvallen 23
   2.2 Verschillende verwijderingsmethoden 24
   2.3 Sluiting materiaalketen 25
   2.4 Samenvattende opmerkingen 30

3. Ketensluiting van kunststoffen 31
   3.1 Inzameling 31
   3.2 Verwerking/opwerking 33
   3.3 Afzet/produktvervaardiging 35
   3.4 Samenvattende opmerkingen 37

4. Trends in ketensluiting van kunststoffen 39
   4.1 Inzameling 39
   4.2 Verwerking/opwerking 40
   4.3 Afzet/produktvervaardiging 42
   4.4 Samenvattende opmerkingen 43

5. Evaluatie 45

6. Recycle platform ten behoeve van ketensluiting 49

7. Conclusies 51

8. Aanbevelingen 53

9. Verantwoording 55

Bijlagen:

1 Kunststof afvalsituatie in West-Europa
2 Chemolyse, Back To Monomer
3 Recycling tot koolwaterstoffenfracties
4 Inzameling en verwerking van huishoudelijke kunststofafvallen
5 Overzicht technologieën voor de recycling van kunststofafval
6 Trends in KWDI-sector
7 Demonstratieprojecten KWDI-sector
8 Afkortingenlijst
9 Overzicht NOH-rapporten betreffende kunststoffen

1. Inleiding

Het overheidsbeleid is gericht op een relatief hoog niveau van **materiaalrecycling** van kunststoffen. Daarbij streeft men in principe een recycling van circa eenderde na van hetgeen in het afvalstadium vrijkomt. Het betreft een gewenste doelstelling voor de hoeveelheden die vrijkomen bij huishoudens, kantoren, winkels, diensten en bedrijven.
Herverwerking van deze stromen vindt tot op heden slechts beperkt plaats.

Een nadere analyse van de genoemde afvalstromen en schattingen van de herverwerkingsmogelijkheden gaven aan dat de doelstellingen, beschreven in het implementatieplan 'Kunststofafval'[1] als zeer ambitieus gekenschetst kunnen worden. Vanuit het bedrijfsleven werden deze doelstellingen door enkele actoren als onhaalbaar aangemerkt.

Hetgeen werkelijk haalbaar is, hangt samen met onder andere:
- de kwaliteit van de stromen die vrijkomen;
- de technologische ontwikkelingen met betrekking tot toe te passen verwerkings-/scheidingstechnieken voor de desbetreffende vrijkomende stromen;
- de technologische ontwikkelingen met betrekking tot upgradingstechnieken voor afgescheiden polymeerfracties;
- de diverse afzetmogelijkheden van uit afval afgescheiden, opgewaardeerde secundaire kunststofmaterialen
- de economische randvoorwaarden voor technologische ontwikkelingen en innovaties.

Daarnaast zullen er veranderingen optreden in de hoeveelheden, samenstellingen en kwaliteiten van de vrijkomende kunststofafvallen. In samenhang met technologieontwikkelingen en veranderingen in de afzetmarkten kan men spreken van een dynamische omgeving, hetgeen het nastreven van een exact recyclingprecentage onrealistisch maakt. De dynamiek in het veld van materiaalontwikkeling, materiaalsubstitutie, produktontwikkeling, consumptie-ontwikkeling, overheids- en bedrijfsbeleid, etc. maakt het onmogelijk om een bepaald recyclingpercentage voor bijvoorbeeld over 10 jaar af te geven.
Naar alle waarschijnlijkheid zal de materiaalrecycling duidelijk toenemen, maar tot welk niveau in 2000 (of 2005) is moeilijk te schatten. Het zal ergens tussen de huidige circa 10% en de door de overheid beoogde 35% liggen.
In hoeverre maximalisering van het percentage materiaalrecycling mogelijk is vereist meer inzichten in hoe ketensluitingsprocessen plaatsvinden. Met name meer inzichten in de randvoorwaarden, knelpunten en oplossingsrichtingen zijn nodig om gefundeerde uitspraken te kunnen doen over de wijzen van materiaalrecycling die maatschappelijk acceptabel zijn en breed gedragen worden.

---

[1] 'Ontwerp-Implementatieplan Kunststofafval'; opgesteld in opdracht van VROM; Civi Consultancy Leidschendam, 10 juli 1991.

TNO, Centrum voor Afvalonderzoek, heeft in het kader van het Nationaal Onderzoekprogramma Hergebruik van Afvalstoffen een onderzoek uitgevoerd naar de aspecten en ervaringen, die materiaalhergebruik juist wel of juist niet bewerkstelligen.
Daarbij zijn de huidige inzamel- en verwijderingswijzen van verschillende kunststofafvalstromen beschouwd.
Voorbeelden en trends vormen onmisbare basisgegevens voor de analyses en evaluaties die uitgevoerd zijn.

De doelstelling van het onderzoek is het analyseren en evalueren van trends in materiaalrecycling en het aangeven van mogelijkheden om het aandeel materiaalrecycling te verhogen.

Na deze inleiding volgen in hoofdstuk 2 enige achtergrondbeschouwingen, die verder richting gevend zijn voor de analyses in het rapport.
Aangegeven wordt welke kunststofstromen vrijkomen en hoe de verwerking van deze stromen is.
Daarnaast geeft de beschrijving weer dat er een duidelijke verschuiving zal plaatsvinden van storten naar materiaalrecycling, grondstofrecycling en energiebenutting.
Een groter volume van materiaalrecycling wordt gerealiseerd, als (beperkt) verontreinigde kunststoffen verwerkt worden tot secundaire materialen voor de vervaardiging van (nieuwe) produkten.

In de hoofdstukken 3 en 4 worden materiaalketensluiting en trends daarin belicht.
Hoofdstuk 3 geeft een beschrijving van de huidige situatie. Beschouwing van alle kunststofstromen en de verwerking ervan, illustreert duidelijk dat de (gescheiden) inzameling, verwerking/opwerking en afzet/produktvervaardiging zich vooral richt op de minder verontreinigde stromen uit de KWDI-sector. Proces- en produktieafvallen worden al nagenoeg volledig gerecycled.
Hoofdstuk 4 geeft een beschrijving van trends. Innovaties op het gebied van inzameling, scheiding/opwaardering van afvalstromen en materiaal-/produktvervaardigingstechnieken dragen er zorg voor dat een verhoging van het aandeel materiaalrecycling gerealiseerd wordt.
Een belangrijk element daarbij vormt 'Design for Recycling', waarop in **hoofdstuk 5**, evaluatie, nader wordt ingegaan.
Door toepassing van 'design for recycling'-concepten zal het aandeel materiaalrecycling sneller kunnen groeien. Ondersteuning met demonstratieprojecten zal leiden tot successen die als voorbeeld zullen dienen en navolging gaan krijgen.
De ideeën voor een platform voor kunststof materiaalrecycling zijn in **hoofdstuk 6** beschreven.
Ten behoeve van de onafhankelijke verificatie van wat technisch/economisch mogelijk is, wat betreft materiaalrecycling, wordt de behoefte aan een ondersteunend platform door verschillende actoren geuit.
Conclusies en aanbevelingen volgen tenslotte in respectievelijk **hoofdstuk 7 en 8**.

2. Achtergrond

In hoeverre materiaalrecycling haalbaar is, hangt duidelijk samen met de kwantiteit en kwaliteit[1)] van de in het afvalstadium vrijkomende kunststofstromen. In 2.1 wordt deze situatie nader beschouwd. Daarnaast zijn er meerdere opties om de diverse kunststofstromen te verwijderen (inzamelen, verwerken en afzetten voor eindverwerking). Aangezien kunststoffen uit aardolie vervaardigd worden, ligt de benutting van de energie-inhoud door middel van thermische technieken al snel voor de hand. In 2.2 worden de keuzes voor verschillende verwijderingsmethoden meer in detail belicht. Daaropvolgend wordt in 2.3 nader op materiaalrecycling, het wederom toepassen van het materiaal, ingegaan. Tenslotte volgen in 2.4 enige samenvattende opmerkingen.

2.1 Vrijkomen van kunststofafvallen

Indien er sprake is van materiaalrecycling, komt het materiaal terecht in de handel van secundaire kunststoffen. Deze handel is mondiaal en met name ook Europees. Vandaar dat in hoofdstuk 2 de Europese afvalsituatie meer in detail beschouwd wordt, naast de Nederlandse.

In tabel 2.1 is te zien dat in 1994 17,5 miljoen ton in West-Europa vrijkwam. In bijlage 1 is een uitgebreidere analyse gegeven.
Het percentage verpakkingsafval in het kunststofafval bedraagt circa 60%. Met name in het stedelijk afval en in het afval van distributie en bedrijven is het aandeel verpakkingen hoog.

Materiaalrecycling zou kunnen aansluiten bij de afdanking van specifieke toepassingen;
- autowrakken;
- elektronica-afvallen (wit- en bruingoed);
- bouw- en sloopafval;
- land- en tuinbouwafvallen,

maar duidelijk is dat een substantiële verhoging van het materiaalhergebruik uit distributie en industrieel afval en/of stedelijk afval afgeleid zal dienen te worden (zie hoeveelheden tabel 2.1). Het betreft dus met name afvallen uit Kantoren, Winkels, Diensten en Industrie (KWDI-sector).

---

1) Kwaliteit betreft technische specificaties (fysische en chemische eigenschappen).

Tabel 2.1 Overzicht totale vrijkomende kunststofafvalstroom met een verdeling per land en per deel-afvalstroom in West-Europa in 1994 (eenheden in kton).[1)]

Land	Land- en tuinbouw-afval	Auto-mobiel-afval	Bouw- en sloopafval	Distributie en industrieel afval	Elektronisch afval	Stedelijk afval	Totaal
België/Luxemburg	7	29	58	89	25	242	450
Denemarken	5	12	19	86	12	120	254
Frankrijk	125	191	173	503	98	1897	2987
Duitsland	198	199	259	735	127	1804	3322
Griekenland	9	9	9	79	4	204	314
Ierland	5	6	6	29	2	102	150
Italië	100	133	102	664	75	1511	2585
Nederland	36	39	60	167	29	563	894
Portugal	5	10	11	57	6	98	187
Spanje	68	48	44	333	52	1398	1943
Groot-Brittannië	54	165	121	607	93	1666	2706
Oostenrijk	13	22	20	73	15	149	292
Finland	4	11	15	89	9	139	267
Noorwegen	5	11	8	42	3	85	154
Zweden	14	19	27	168	13	266	507
Zwitserland	13	23	24	82	14	337	493
Totaal	**661**	**927**	**956**	**3803**	**577**	**10581**	**17505**

2.2 Verschillende verwijderingsmethoden

Het overgrote deel van het kunststofafval wordt nog gestort of verbrand zonder noemenswaardige energieterugwinning. Er is dan sprake van 'geen recovery'. In tabel 2.2 is te zien welk deel van het West-Europees kunststofafval van de verschillende afvalstromen via de routes 'materiaalhergebruik', 'verbranden met energieterugwinning' en 'geen recovery' wordt verwerkt.
Het percentage kunststofafval dat gerecycled wordt, is het hoogst bij het afval afkomstig van distributie/industrie en land- en tuinbouw. Recycling van kunststofafval uit het huishoudelijk afval komt nog steeds weinig voor.

1) SOFRES (APME-publikatie 1994).

Tabel 2.2 Verwerkingsroutes voor diverse afvalstromen: hoeveelheid en aandeel kunststofafval (situatie voor West-Europa in 1994).[1)].

Kunststofafval	Geen recovery		Verbranden met energieterugwinning		Materiaalhergebruik + grondstofrecycling	
	(kton)	(%)	(kton)	(%)	(kton)	(%)
Stedelijk afval	8180	77.3	2038	19.3	363	3.4
Automobiel	870	93.9	13	1.4	44	4.7
Land- en Tuinbouw	572	86.5	9	1.4	80	12.1
Bouw- en Sloop afval	919	96.1	11	1.2	26	2.7
Distributie + Grote Industrie	2952	77.6	264	6.9	587	15.4
Elektronisch afval	556	96.4	13	2.3	8	1.4
Totaal	**14.049**	**80.3**	**2348**	**13.4**	**1108**	**6.3**

In tabel 2.3 is de situatie voor Nederland gegeven. Het reeds geschetste beeld voor West-Europa wordt met de Nederlandse cijfers onderbouwd.

Het streven is de recovery duidelijk te laten toenemen. In Nederland wordt dit mede gestimuleerd door het afkondigen van stortverboden voor afvalstromen waarin zich kunststoffen bevinden.
De drie recoverywijzen voor de benutting van kunststofafvallen zijn:[2)]

1. Materiaalrecycling.
2. Grondstofrecycling.
3. Verbranding met energieterugwinning.

Alle drie de methoden zullen in de toekomst een wezenlijk deel van de kunststofverwijdering gaan uitmaken. Dit houdt in dat de hoeveelheden, die via deze drie methoden verwerkt zullen gaan worden, nog sterk gaan toenemen.

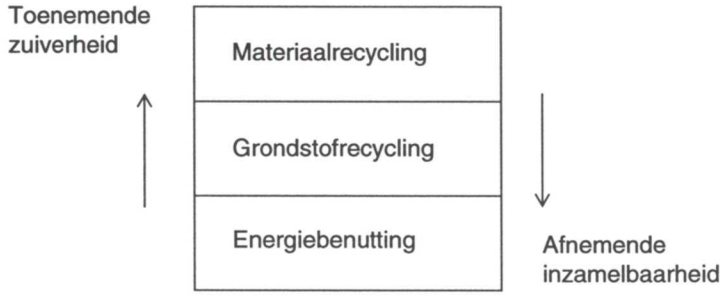
2.3 Sluiting materiaalketen

In 2.2 is aangegeven dat een belangrijk deel van de materiaalrecycling reeds plaats vindt voor de afvallen uit de industrie en de distributie. Het betreft onder andere de benutting van proces- en produktie-afvallen. In de distributiesector worden transportverpakkingen in belangrijke mate hergebruikt.
De materiaalrecycling betreft vooral eensoortige zuivere materialen, waarbij hooguit sprake is van een geringe verontreiniging.
Een andere randvoorwaarde is dat noemenswaardige partijen bij slechts enkele bronnen vrijkomen.

---

1) SOFRES (APME-publikatie 1994).
2) Welke recoverywijze in een specifieke situatie voor specifieke kunststofstromen milieukundig gezien de voorkeur verdient, wordt vastgesteld met een milieuanalyse (life cycle analyse).

De relatief hoge kwaliteit en de relatief eenvoudige logistieke structuur zorgen ervoor dat materiaalrecycling in werkelijkheid plaatsvindt.
Deze twee randvoorwaarden zorgen er dus voor dat het technisch-economisch aantrekkelijk is de desbetreffende stromen als materiaal opnieuw toe te passen.
Met andere woorden een hoge zuiverheid en een gunstige inzamelbaarheid resulteert in materiaalrecycling. Spreekt men daarentegen over een lage zuiverheid (verontreinigde heterogeen samengestelde fracties) en een afnemende inzamelbaarheid (kleine hoeveelheden komen bij vele bronnen in beduidend grotere stromen vrij), dan ligt energiebenutting van de kunststofafvalstroom meer voor de hand.
In figuur 2.1 wordt dit uitgedrukt.



Figuur 2.1 Keuze verwijderingswijze als functie van de zuiverheid en de inzamelbaarheid

Aangezien de diverse kunststofstromen in kwantiteit, kwaliteit en samenstelling zich in de tijd gezien voordurend wijzigen, leidt dit er toe dat de keuzes voor de drie verwijderingsopties zich onderling eveneens kunnen wijzigen. Uit figuur 2.1 is af te leiden dat meer of minder materiaalrecycling op gespannen voet staat met de keuze voor grondstofrecycling. De grootte van het volume van deze optie heeft gevolgen voor die van zowel materiaalrecycling als energetische benutting. Indien grondstofrecycling in de toekomst slechts marginaal wordt toegepast, zullen materiaalrecycling en energiebenutting de belangrijkste opties blijven.

De grondstofrecycling kent (thermo-)chemische processen. De commerciële ontwikkeling van deze processen bevindt zich nog in het beginstadium en zullen pas over 5 à 10 jaar een commerciële implementatie kennen. Het betreft een groep chemisch en thermische processen die afzonderlijk of in combinatie kunnen worden uitgevoerd. Hierna worden deze processen nog nader omschreven.

Directe reconversie naar monomeren - chemolyse
Dit is een volledige depolymerisatie van de kunststoffen die kan worden toegepast op condensatiepolymeren zoals polyesters (bijv. PET) en polyamides (bijv. Nylon) en enkele polyadditiepolymeren zoals polyurethanen. De polymeren worden chemisch afgebroken tot hun overeenkomstige monomeren. Deze kunnen vervolgens gerepolymeriseerd worden tot het oorspronkelijke polymeer of hiervan afgeleide verbindingen.

De methanolyse of glycolyse van PET is een voorbeeld van deze technologie. Frisdrankproducenten gebruiken reeds chemisch gerecycleerd PET bij de produktie van nieuwe flessen. Het succes van deze recyclingtechniek hangt af van de beschikbaarheid van goed gedefinieerde mono-stromen, een kosteneffectieve inzameling en de proces-kosten.
Een meer gedetailleerd overzicht is in bijlage 2 gegeven.

Recycling tot koolwaterstoffenfracties
De techniek om het molecuulgewicht van zware oliefracties te verlagen is in de olie-industrie bekend. Er worden vier processen gebruikt om zware moleculen te kraken. Deze technieken kunnen ook op kunststofafval worden toegepast:

Pyrolyse:	het verwarmen van produkten in een inerte atmosfeer leidt tot de produktie van vloeibare en gasvormige koolwaterstoffen;
Hydrogeneren:	behandeling van zware residuen met waterstof bij hoge temperatuur en druk geeft waardevolle verzadigde vloeibare en gasvormige koolwaterstoffen;
Vergassen:	de partiële oxydatie van een range van koolwaterstof voedingen leidt tot de produktie van synthesegas (een mengsel van koolmonoxyde en waterstof). Dit mengsel kan worden gebruikt voor de produktie van methanol, ammoniak of synthetische benzine;
Thermisch/oxyderend kraken:	het bij hogere temperaturen (400°C) onder toevoer van zuurstof (perslucht, ter bevordering van de ontleding van het macro-molekuul) in een extruder verwerken van polyolefinen ter verlaging van het moleculairgewicht zodat een vloeistof met viscositeit van 1000 mPa.s wordt verkregen.

Een meer gedetailleerd overzicht is in bijlage 3 gegeven.

De chemolyse wordt ook wel back-to-monomer (BTM) genoemd, terwijl de recycling tot koolwaterstoffen fracties ook als back-to-fuel (BTF) bekend staat.

Er zijn enkele kenmerkende verschillen tussen de twee genoemde vormen van thermo-chemsiche recycling:

BTM-technieken	BTF-technieken
Alleen geschikt voor condensatie- en enkele additiepolymeren; ongeschikt voor bulkkunststoffen	In principe geschikt voor alle kunststoffen, met name de bulkkunststoffen
Alleen schone, soortzuivere kunststofafvallen	Ook voor gemengde, verontreinigde stromen
Vorming van monomeren, oligomeren die in de synthese van de oorspronkelijke polymeren of elders kunnen worden ingezet	Vorming van gasvormige en vloeibare koolwaterstoffen of synthesegas die als grondstof voor een brede range van chemische produkten kunnen dienen
Kleinschalig (tonnen/jaar)	Grootschalig (ktonnen/jaar)

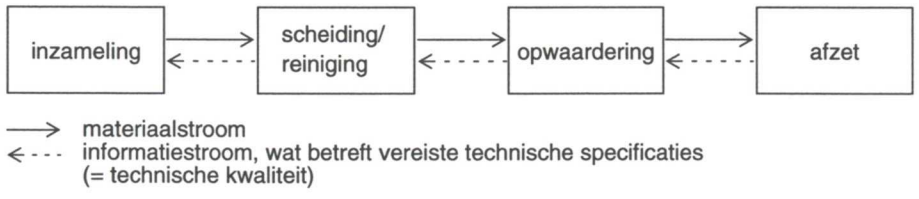
Zoals reeds aangegeven is het noodzakelijk bij chemolyse schone, soortzuivere kunststofafvallen in te zetten. Deze technieken worden toegepast voor gescheiden ingezamelde fracties PET-flessen, fracties tapijtafvallen (polyamiden) en polyurethanen uit bijvoorbeeld autostoelen. Het betreft steeds relatief kleine hoeveelheden.

Voor de recycling tot koolwaterstoffenfracties (BTF-technieken) worden gemengde verontreinigende stromen ingezet.
Dit gemengde afval mag naast verschillende soorten kunststoffen ook niet-kunststoffen bevatten. Afhankelijk van de voeding en de aard van het BTF-proces is het mogelijk dat niet grondstoffen, maar energiedragers geproduceerd worden. In dat geval wordt het proces een alternatief voor directe verbranding.

De thermo-chemische processen bevinden zich veelal nog in het begin van de ontwikkeling. Met name in Duitsland, waar recycling niveau's worden nagestreefd, die niet met materiaalrecycling alleen gehaald kunnen worden, wordt grondstofrecycling sterk gestimuleerd. In Nederland is Texaco van plan een pilot-plant te bouwen voor vergassing met een capaciteit van 50 kton/jaar, die in 1998 gaat draaien.
De technische mogelijkheid is in het kader van NOH aangetoond.

Zoals reeds in 2.2 is aangegeven is het streven dat materiaalhergebruik sterk zal groeien.
Dit betekent dat gespecificeerde stromen afkomstig zullen zijn uit minder schone afvalstromen en dat bepaalde inzamelinspanningen benodigd zullen zijn.
Daarnaast zal dan een sterke groei van afzetmogelijkheden verwezenlijkt moeten worden. Daarbij kunnen verschillende mogelijkheden onderkend worden:
- nieuwe produkten/nieuwe materialen;
- kunststofvervangende produkten;
- hout-, metaal-, steen (beton)-vervangende produkten.

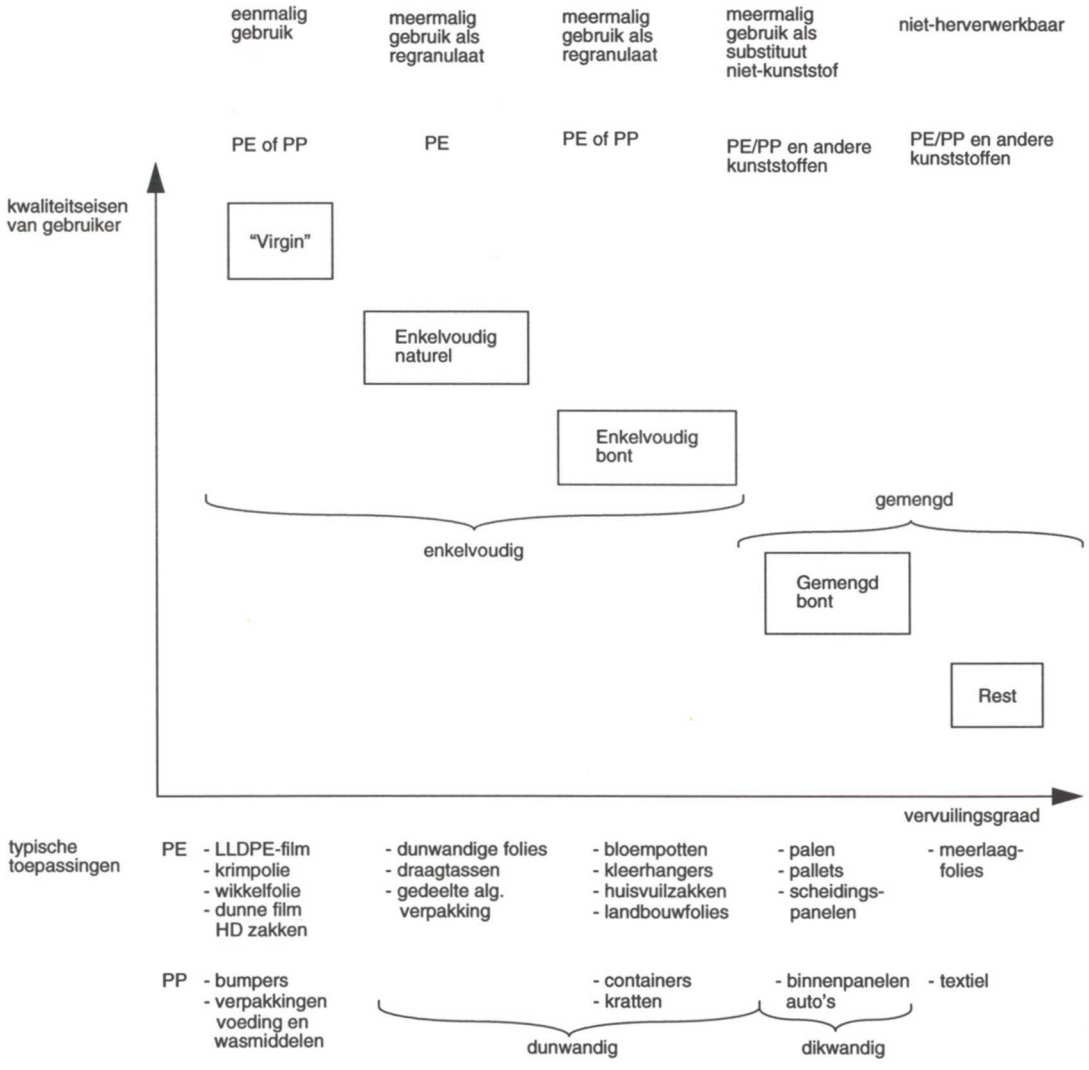
Het kunststof materiaal wordt na afscheiding, reiniging, en eventuele opwaarderingsstappen ingezet als basismateriaal voor produkten. De vereiste specificaties worden vanuit de beoogde toepassing gedicteerd.
In figuur 2.2 wordt dit geïllustreerd.



Figuur 2.2 Ketensluiting van kunststofmaterialen

De materiaalstroom loopt vanaf bronnen (inzameling) naar toepassingen (afzet); de informatiestroom, de vereiste technische specificaties loopt echter in tegenovergestelde richting. Op basis van deze informatie echter is bekend welke inspanningen er bij elke stap in de keten nodig zijn om de vereiste kwaliteit te realiseren. Indien dit

geschiedt, treedt er ketensluiting op. Deze kringloopsluiting kan ook de vorm van een cascade hebben (in de tijd gezien); zie figuur 2.3 (voorbeeld polyolefinen)[1]. Bij elke toepassing is er sprake van een specifieke set van vereiste specificaties, kwaliteitseisen, behorende bij de toepassing.



Figuur 2.3 Hergebruikscascade polyethyleen/polypropyleen

Materiaal- en produktontwikkelingen zorgen ervoor dat steeds grotere hoeveelheden kunststoffen uit afvalstromen opnieuw toe te passen zijn.

---

[1] Op weg naar integraal kringloopbeheer; VNCI 89, nr. 7; Leidschendam, 1989.

2.4 Samenvattende opmerkingen

Gezien de afvalsituatie en de huidige verwerkingswijzen zijn enige concluderende opmerkingen te plaatsen:

- Een substantiële verhoging van materiaalhergebruik zal uit stedelijk afval en distributie- en industrie-afval afkomstig dienen te zijn. Het betreft met name beperkt verontreinigde stromen.
- In plaats van storten en verbranden zonder energiebenutting, zullen materiaalrecycling, grondstofrecycling en verbranding met energiebenutting een aanzienlijk deel van kunststofverwijdering in de toekomst gaan uitmaken.
- Tot nu toe betreft materiaalrecycling vooral zuivere eensoortige materialen, terwijl de verontreinigingsgraad laag is. De kwaliteit is relatief hoog en de inzamelstructuur is relatief eenvoudig.
- Indien de kunststoffen zich in heterogeen samengestelde, vervuilde stromen bevinden, die bij relatief veel bronnen vrijkomen, dan ligt energiebenutting van de kunststofafvalstroom meer voor de hand.
- De thermo-chemische processen ten behoeve van grondstofrecycling bevinden zich commercieel gezien nog in het ontwikkelingsstadium. Pas over 5 à 10 jaar wordt een brede implementatie verwacht. Daarnaast wordt een sterke verhoging van het directe materiaalhergebruik nagestreefd.
- Secundaire kunststoffen zullen toegepast gaan worden in nieuwe toepassingen, kunststofvervangende produkten en in produkten, waarbij hout, metalen en steenachtige materialen worden vervangen.
- Op basis van materiaal- en produktontwikkelingen zal kringloopsluiting van kunststoffen als een cascade optreden. In de tijd gezien zullen op basis van kwaliteitsspecificaties achtereenvolgens steeds andere toepassingen gevonden worden. Dan zal de laatste stap in de cascade grondstofrecycling of energiebenutting worden.

3. Ketensluiting van kunststoffen

Zoals in hoofdstuk 2 reeds is aangegeven wordt er vanuit de afzetmogelijkheden, de produkttoepassingen, naar voren in de keten aangegeven welke kwaliteitseisen ten behoeve van toepassing nodig zijn. Dit houdt in dat bij afvalbronnen en tijdens verwerkings- en opwerkingsprocessen daar rekening mee gehouden wordt. Bovendien wordt bij het op kwaliteit brengen van het materiaal of bij de toepassing ervan in het produkt ingespeeld op de kwaliteitsachterstand (het niet voldoen aan de vereiste specificaties) van secundaire kunststoffen. In de volgende paragrafen wordt nader ingegaan op de huidige situatie, wat betreft de verschillende stappen in het sluiten van ketens:

3.1 Inzameling
3.2 Verwerking/opwerking
3.3 Afzet/produktvervaardiging

In 3.4 volgen enige samenvattende opmerkingen.

3.1 Inzameling

Proces- en produktie-afvallen worden reeds op grote schaal verhandeld. Het hergebruik hiervan is hoog. Het betreft echter relatief grote partijen die slechts van enkele bronnen afkomstig zijn. Voor afgedankte produkten is de situatie anders.
De inzameling van grote en goed handelbare partijen van goed herkenbare kunststofprodukten (zoals verpakkingen) is gemakkelijk, zeker als het afval op slechts een beperkt aantal plaatsen wordt aangeboden. Voor industriële (I) afgedankte produkten is dit meestal het geval. Over het kunststofafval, vrijkomend uit kantoren, winkels en diensten (KWD) is relatief weinig bekend, maar voor de grotere verpakkingen zal de inzamelbaarheid niet afwijken van de inzamelbaarheid van deze materialen in de industriesector. Deze wordt minder als er meer en kleinere, lichtere verpakkingen bij duidelijk meer bronnen vrijkomen.
Voor de KWD-sector geldt, dat er een overgangsgebied is van grotere, zwaardere afgedankte produkten (Industrieel getinte produkten) naar kleinere, lichtere afgedankte produkten (Huishoudelijk getinte produkten). Dit betekent dat het organiseren van toegespitste inzamel- en verwerkingsstructuren voor de KWD-sector nog nader onderzoek behoeft. Dit wordt door vele actoren onderkend.
Een inventariserende studie naar de situatie in Nederland, Duitsland en Denemarken komt tot gelijksoortige conclusies[1)]. In de desbetreffende rapportage is een overzicht opgenomen van Nederlandse projecten, voortgekomen uit verschillende initiatieven. Er blijkt weinig informatie voorhanden te zijn (informatie met betrekking tot hoeveelheden van diverse fracties, respons, kwaliteit fracties, kosten, etc.). Slechts in

---

1) Gescheiden inzameling van kantoor-, winkel- en dienstenafval in Nederland, Duitsland en Denemarken; onderzoek in het kader van Nationaal Onderzoekprogramma Hergebruik van Afvalstoffen (NOH); Centrum voor Energiebesparing en schone technologie (CE), Delft, februari 1994.

een enkel project is in een monitoringprogramma voorzien.
Met name de gescheiden inzameling van oud papier/karton is in de proefprojecten opgepakt. Wat betreft kunststoffen zijn de volgende proefprojecten te noemen; Heerenveen (kunststoffolies, piepschuim) en Rotterdam (kunststofafval, hoofdzakelijk folies (85% PE)), wat betreft gemeentelijke initiatieven.
Ook door het bedrijfsleven zijn proefprojecten georganiseerd waarin kunststofafvallen zijn meegenomen; Albert Heijn (kunststoffolie), Vendex Food Group (kunststoffolie), Van Hecke Catering (kunststoffen, vooral PS en PE), McDonalds (kunststoffen) en IKEA (kunststoffen). Met betrekking tot het kunststofafval lag de nadruk in deze projecten vooral op grotere foliën (omverpakkingen, transportverpakkingen) en flessen/flacons, disposables, etc. (uit de 'voedselverstrekkingssector').

De logistiek van de inzameling wordt nog complexer, indien men huishoudelijk en daarop gelijkend afval met daarin kunststoffen beschouwd.
Er zijn in principe drie mogelijkheden om min of meer zuivere kunststoffracties uit genoemde afvalstromen te verkrijgen.

1. Gescheiden inzameling van alleen gemengd kunststofafval.
2. Gescheiden inzameling van een kunststofbevattend droog mengsel, gecombineerd met een relatief eenvoudige mechanische nascheiding.
3. Mechanische scheiding van de droge fractie huishoudelijk afval, de grijze fractie (deze fractie resteert bij introductie van gescheiden inzameling van groente-, fruit- en tuinafval, papier, glas en textiel).

ad 1. Bij de eerste optie dient er een afweging te worden gemaakt tussen de kosten en mogelijkheden van de scheiding en de inzameling. Door het lage stortgewicht van kunststofafval zullen de inzamelkosten hoog zijn. Op basis van enkele proefprojecten in de Bondsrepubliek Duitsland kunnen deze kosten worden geschat. Bij inzameling van alleen kunststof met behulp van een brengsysteem kunnen de kosten 600-1.100 DM/ton bedragen; bij een haalsysteem kunnen deze kosten zelfs 2.000-3.000 DM/ton zijn. Hier staat tegenover dat de respons bij de proeven met een haalsysteem met 43% aanzienlijk hoger was dan die bij de brengsystemen; hiervoor bedroeg de respons slechts 3-9%.

ad 2. De resultaten van proefprojecten in Breda (de gescheiden inzameling van kunststofverpakkingen, metalenverpakkingen en drankenkartons, KMD) en in Lemsterland (de gescheiden inzameling van plastics, metalen en drankenkartons, PMD) leren dat de inzamelbaarheid van beide fracties met de aldaar beproefde inzamelwijzen als onvoldoende te kenschetsen is.
Zowel de respons als de zuiverheid van de desbetreffende fracties zijn relatief laag:

	Respons (gew. %)	Zuiverheid (gew. %)
Breda (laagbouw)	51	66
Lemsterland	58	63
Breda (hoogbouw)	32	37

Betrokken op de afzetbare fracties, dus inclusief de afzetbare kunststoffen, zijn de inzamelkosten relatief hoog. De benodigde afscheiding van de hoge gehaltes aan verontreinigingen en niet afzetbare componenten (niet als materiaal her te gebruiken kunststoffracties) geeft een duidelijke stijging van de kosten voor mechanische nascheiding. Mede gelet op deze aspecten wordt mengselinzameling met nascheiding als niet perspectiefvol beoordeeld. Analytische studies met betrekking tot de afweging van milieu-effecten en kosten onderbouwen deze conclusie.
In bijlage 4 wordt een uitgebreide evaluatie gegeven.

ad 3. De afscheiding van de fractie 'flessen/flacons', of breder gezien vormvaste verpakkingen, en de fractie grotere foliën, inclusief draagtassen, (> 180 mm) uit de grijze fractie wordt als een wezenlijke optie beschouwd.
Dit houdt in dat niet wordt aangesloten op een gescheiden inzameling van fracties met kunststoffen. Een optimale gescheiden inzameling van GFT, papier/karton, glas en textiel geeft een relatief droge restfractie, waaruit met mechanische technieken de beoogde kunststoffracties worden afgescheiden.

3.2 Verwerking/opwerking

In bijlage 5 is een overzicht gegeven van een groot aantal processen. Deze processen worden in het algemeen reeds in de praktijk gebruikt voor de verwerking van specifieke afvalstromen of bevinden zich in het stadium dat ze geïmplementeerd kunnen worden. Doordat met deze processen reeds praktijkervaringen zijn opgedaan, zijn bij de leveranciers veel gegevens omtrent de specificaties van het afvalmateriaal dat verwerkt kan worden, de capaciteit, het energieverbruik, de specifieke kosten per processtap, etc. bekend.

De processen bevatten veelal verkleinings-, was-, scheidings- en extrusiestappen. Gezien de prijs van virgin kunststoffen is de economische ruimte voor procesmatige opwerking meestal klein.
Dit betekent dat met een beperkt aantal processtappen volstaan zal dienen te worden. Het fysisch-mechanische scheidingsdeel bestaat veelal uit een drijf/zink-cel en/of een hydrocycloon, relatief goedkope scheidingstechnieken.

Hierna worden enige situaties per deelafvalstroom beschreven. De cijfers betreffen, indien niet anders aangegeven, de Europese situatie.

Land- en tuinbouwafvallen
In de agrarische sector treft men grote hoeveelheden van één soort kunststof aan, waardoor recycling grote mogelijkheden heeft en intensief ter hand wordt genomen. In 1994 is in deze sector in totaal 661 kton kunststofafval vrijgekomen, waarvan 80 kton herverwerkt is. Voor de recycling van dit afval zijn vele soorten systemen in gebruik. Vele hebben een gesloten kringloopsysteem, waarbij de kunststof weer opnieuw kan worden gebruikt. De hoge vervuilingsgraad vormt voor de huidige

technologie geen probleem en het regranulaat wordt zonder grote problemen gemengd met virgin materiaal of andere secundaire grondstof voor de vervaardiging van landbouwfolie, industriële folies en zakken, of er vindt toepassing plaats als 'masterbatch' voor de vervaardiging van zwarte of donkergrijze produkten.
In Nederland recyclen Reko, Wavin en Lankhorst landbouwfolie die is ingezameld via een netwerk van inzamelpunten. In 1993 herverwerkten zij gezamenlijk ruim 8.500 ton landbouwfolie.
Dit zal in de naaste toekomst naar verwachting nog fors toenemen.

Automobiel kunststofafvallen
De automobielindustrie maakt veel gebruik van kunststoffen vanwege belangrijke voordelen: optimaal gebruik van materialen en veiligheid. Lichtgewicht onderdelen leiden bijvoorbeeld tot energiebesparing, terwijl toch aan de veiligheidsvoorschriften wordt voldaan. Bovendien wordt in toenemende mate voor kunststof auto-onderdelen gekozen, omdat ze herverwerkt kunnen worden in dezelfde of andere automobiel-toepassingen.
In 1994 is in deze sector 927 kton kunststofafval vrijgekomen waarvan 44 kton is herverwerkt. De automobiel industrie verricht veel onderzoek om een groter percentage kunststofafvallen te kunnen herverwerken. Een groot aantal autofabrikanten en diverse grondstofproducenten is zeer actief bij een groot aantal projecten betrokken. Deze onderzoeksactiviteiten zullen ertoe leiden dat in de toekomst meer kunststofonderdelen gerecycled kunnen worden. Veel auto's bevatten al produkten van herverwerkte kunststoffen, bijvoorbeeld bumpers van polypropeen waarvoor een kringloop-systeem is gecreëerd.

Bouw- en sloopafval
In 1993 is 956 kton kunststofafval vrijgekomen als onderdeel van bouw- en sloopafval. Hiervan is 26 kton herverwerkt, in 1993, 1991 respectievelijk 1990 is 15 kton, 35 kton en 26 kton gerecycled. De recyclingactiviteiten richten zich vooral op duidelijke voorbeeldprodukten als buizen, raamkozijnen en vloerbedekking. Deze produkten worden gescheiden ingezameld en na sorteren, verkleinen, eventueel scheiden en reinigen verwerkt tot regranulaat. Dit kan weer worden ingezet bij de vervaardiging van soortgelijke of andere produkten (vaak wel in dezelfde sector).
Door gescheiden inzamelen kunnen relatief zuivere mono-materiaal afvalstromen worden verkregen die met min of meer state-of-the-art technologie kunnen worden verwerkt. Problemen doen zich in deze vooral voor op logistiek gebied.

Gezien hun bestemming gaan kunststoffen in de bouw relatief lang mee. Toch zijn er voor de kunststof in deze sector zeker mogelijkheden om het hergebruik van kunststofafvallen op te voeren. In Nederland is een initiatief ontplooid voor inzameling van kunststof leidingsystemen die als afval vrijkomen. Via een netwerk van 250 inzamelpunten met containers worden ze gratis teruggenomen. In Nederland is op deze wijze in 1991 en 1992 ruim 3.000 ton kunststof leidingen ingezameld. In de toekomst wordt een duidelijke groei voorzien.

Distributie-afvallen
In de distributie sector en bij de industrie is in 1994 3803 kton kunststofafval vrijgekomen, dat voor circa 70% uit verpakkingsafval bestond. Van de totale hoeveelheid kunststofafval is 587 kton (15,4%) herverwerkt. Dit betreft vooral (stretch)folies, flessen en kratten.
In deze branche vindt relatief veel recycling plaats, omdat het materiaal grotendeels schoon is en uit één soort kunststof bestaat waardoor een hoogwaardige grondstof uit het afval kan worden verkregen. Het gerecyclde materiaal is zeer in trek bij fabrikanten omdat ze er weer hetzelfde soort produkt van kunnen maken. Zo laten bijvoorbeeld meerdere winkelketens (warenhuizen) het eigen distributie-afval recycleren tot boodschappentassen die ze weer gebruiken in hun eigen filialen.

Huishoudelijk afval
Kunststof afval dat zich in het huishoudelijk afval bevindt, is moeilijker te recyclen vanwege de vele soorten materialen die worden gebruikt. Daarnaast is het moeilijk om bij het inzamelen en sorteren van het huishoudelijke afval zuivere stromen te verkrijgen. Er worden wel initiatieven ontplooid om meer recycling van kunststoffen uit huishoudelijk afval te realiseren. Dit blijkt onder andere uit de vorderingen die op het gebied van recycling van gemengde kunststoffen worden gemaakt. In België heeft N.V. Ekol (omgeving Hasselt) bijvoorbeeld grote vooruitgang geboekt bij het recyclen van gemengde kunststoffen met als eindprodukten een reeks van produkten voor stadsvoorzieningen en speelplaatsen. Deze onderneming streeft ernaar tot een capaciteit van 5.000 ton per jaar te komen.
Ook de activiteiten in Duitsland zijn het vermelden waard, temeer daar die geleid hebben tot de ontwikkeling van een aantal concrete en commerciële produkten. Hierbij waren de combinatie van produktidee/producent en het toepassen van een aan de (afval)stroom aangepaste produktontwikkeling met produktietechnologie essentieel om te komen tot een goed resultaat.

3.3 Afzet/produktvervaardiging

Het in Nederland hergebruikte kunststofafval bestaat onder meer uit proces- en produktie-afval van de kunststofproducerende en -verwerkende industrie en een grote hoeveelheid afgedankte produkten in de vorm van (vooral verpakkings)folie uit het bedrijfsafval.
Het hier verwerkte materiaal is voor een aanzienlijk deel afkomstig uit het buitenland; er bestaat een levendige handel in kunststofafval en er worden ook grote hoeveelheden Nederlands materiaal naar het buitenland geëxporteerd. Daarbij is de gemiddelde kwaliteit van het geïmporteerde materiaal hoger dan die van het geëxporteerde. Het herverwerkte materiaal uit afgedankte produkten blijkt vooral afkomstig te zijn uit verpakkingen, land- en tuinbouwtoepassingen en uit de bouw (PVC-buizen).

Hergebruik van kunststofafval en afzetmogelijkheden van de daaruit vervaardigde produkten hangen uiteraard nauw met elkaar samen. Afhankelijk van de bestemming van het herverwerkte materiaal kan, zoals eerder aangegeven onderscheid worden gemaakt tussen kunststof- en materiaalvervangend hergebruik.
In tabel 3.1 worden zowel voor kunststof- als materiaalvervangend hergebruik een aantal toepassingsmogelijkheden gegeven.

Tabel 3.1 Overzicht afzetmogelijkheden kunststofafval/regranulaat

Produkten die nu nog vaak uit nieuwe kunststof worden vervaardigd	
Verpakkingen/Transport	**Consumenten produkten**
verpakking non-food (k)	verpakkingen (food)
wasmiddelflessen (k)	huish. artikelen (k)
chemicaliënverpakking (k)	compostbakken (m)
transportverpakking (k)	afvalcontainers (k)
grootverpakking (k)	vuilniszakken (k)
containers (k)	tuinhekken (m)
	bloembakken (k)
kratten (k)	
pallets (m)	parkbanken (m)
auto-onderdelen (k)	kinderspeeltuin (m)
folies land- en tuinb. (k)	tuinmeubilair (k)
draagtassen (k)	bloempotten (k)
	kleerhangers (k)

Produkten waarin secundair materiaal wordt/kan worden verwerkt	
Bouwprodukten	**Weg- en waterbouw**
(bedrijfs)vloerplaten (m)	trottoirband (m)
drukleidingbuizen (k)	straattegels (m)
profielen (k)	oeverbescherming (m)
dakbedekking (m)	inmengen in asfalt (m)
bekistingen (m)	geluidswallen (m)
vloerbedekking (k)	middenbermbeveiliging (m)
isolatiemateriaal (m)	afwateringsgoten (m)
roostervloeren (m)	verkeersdrempels (m)
drukloze leidingen (k)	wegmarkering (m)
inmengen in beton (m)	wiepen (m)
panelen (m)	drainagebuis (k)
	afrasteringen (m)

k = kunststofvervangend hergebruik
m = materiaalvervangend hergebruik

Aan afzet wordt de **kwaliteit** (= technische specificiaties) van het regranulaat gekoppeld.
Hoewel het begrip kwaliteit tegenwoordig ten dele als kwantificeerbaar wordt beschouwd, wordt het vooral gebruikt wanneer er sprake is van een overwegend subjectieve beoordeling van de eigenschappen van een produkt in relatie tot de prijs.
Bij regranulaat zal er vaak sprake zijn van een grote spreiding van eigenschappen. Afhankelijk van de voorgeschiedenis van het materiaal en de toegepaste herverwerkingstechnologie kan een regranulaat laagwaardige eigenschappen hebben en zeer goedkoop zijn, danwel eigenschappen van nieuw materiaal overtreffen en zelfs duurder zijn.
Of binnen de range van regranulaatmaterialen een bepaald materiaal zijn prijs waard is, hangt vooral af van de concurrentiepositie ten opzichte van alternatieve materialen voor die specifieke situatie.

De kwaliteit van het regranulaat is afhankelijk van vele factoren:
- herkomst, en daarmee samenhangend het percentage verontreinigingen;
- de mate van veroudering, degradatie van het materiaal;
- wijze van voorbehandeling, respectievelijk voorscheiding van het afval;

- effectiviteit van de wasinstallatie (uitvoering en de wijze van aaneenschakelen van de verschillende componenten van de installatie);
- effectiviteit van de volgapparatuur, met op het eind een granuleerinstallatie;
- gebruikte additieven en gecontroleerde menging met nieuw materiaal, of met regranulaat uit andere bronnen;
- waarborgingssysteem, voor zowel materiaal als verwerking, kan bijvoorbeeld resulteren in een 'Code of Practice'.

Een kleine hoeveelheid verontreiniging vormt voor vele toepassingen geen belemmering. Daarom is ook mengen van sterk vervuild materiaal met licht of niet vervuild materiaal mogelijk (een materiaal behoeft niet beter te zijn dan de toepassing vraagt). Het verantwoord mengen van charges vraagt een gedegen kennis van de eigenschappen en vervuilingsgraden van de betrokken charges.
In de laatste fase van het proces kunnen via de smelt in de extruder naar behoefte hulpstoffen, nieuw materiaal of schoon hoogwaardig afval worden toegevoegd om de gewenste materiaaleigenschappen te verkrijgen.

In het geval van materiaalvervangend hergebruik worden aan de zuiverheid van het te verwerken materiaal in het algemeen geen, of slechts lage, eisen gesteld. De verontreinigingen dragen vaak bij aan de mechanische stabiliteit van de te vervaardigen produkten. Homogenisering van de smelt is dan een belangrijke randvoorwaarde. Er zijn op industriële schaal reeds een aantal technieken, processen ontwikkeld om uit gemengd afval bijvoorbeeld houtvervangende produkten te vervaardigen. Te noemen voorbeelden zijn pallets, palen, platen, beschoeiingen, tuinhekken.

In dit kader zijn zowel ontwikkelingsprogramma's gericht op opwaardering van gemengde afvalstromen door middel van blend-, compatibiliserings- en verwerkingstechnologie, als projecten gericht op het wegnemen van belemmeringen bij produkt- en afzetontwikkeling uit recyclaat van groot belang.

3.4 Samenvattende opmerkingen

Gezien de huidige situatie van materiaalrecycling zijn enige concluderende opmerkingen te maken:

- Proces- en produktie-afvallen worden nagenoeg reeds volledig hergebruikt. Het betreft relatief grote partijen met een hoge zuiverheid, die slechts bij enkele bronnen vrijkomen.
- In de KWDI-sector worden kunststoffoliën (LDPE) in belangrijke mate gescheiden ingezameld en gerecycled.
- Gescheiden inzameling van (droge fracties met) kunststoffen uit huishoudelijk afval wordt als te kostbaar gezien. Bovendien is de respons te laag, hetgeen gebleken is uit de resultaten van proefprojecten.
- De afscheiding van specifieke kunststoffracties met behulp van mechanische technieken uit een bulkafvalstroom, zoals de grijze fractie uit huishoudelijk afval, wordt als kansrijk beschouwd.

- Recyclingprocessen bestaan veelal uit verkleining, wassen, scheiding en extrusie. Deze processen omvatten een beperkt aantal apparaten/machines, gezien de geringe economische ruimte. De scheidingseenheden zijn vooral drijf/zink-cellen en/of hydrocyclonen.
- Het herverwerkte materiaal is vooral afkomstig uit verpakkingen, land- en tuinbouwtoepassingen en uit de bouw.
- De kwaliteit van het regranulaat/maalgoed bepaalt of kunststofvervangend of materiaalvervangend hergebruik plaatsvindt.
  Bij kunststofvervangende hergebruik speelt de mate van verontreiniging van de secundaire kunststof een belangrijke rol, hetgeen bij materiaalvervangend hergebruik meestal niet of minder het geval is.

4. Trends in ketensluiting van kunststoffen

In hoofdstuk 2 is aangegeven dat in heel Europa een sterke toename van materiaalrecycling verwacht wordt, gelet op de beleidsvoornemens van overheden en bedrijven. De huidige stand van zaken wat dat betreft is belicht in hoofdstuk 3. Gezien de lage prijzen van primaire kunststoffen kan men stellen dat de economische ruimte voor materiaalrecycling niet groot is. Aangezien de negatieve prijs van afvallen enigszins toeneemt, wordt deze ruimte groter. Binnen economische grenzen zullen innovaties op het gebied van inzameling, verwerking/opwerking en produktvervaardiging voor de drijfveer achter verhoging van materiaalhergebruik dienen te zorgen. Kunststof- en materiaalvervangend hergebruik, met de randvoorwaarde van vereiste technische kwaliteit, zullen in belangrijke mate de toename van hergebruik bepalen. In de volgende paragrafen wordt nader ingegaan op de trends, wat betreft de verschillende stappen in het sluiten van ketens:

4.1 Inzameling
4.2 Verwerking/opwerking
4.3 Afzet/produktvervaardiging

In 4.4 volgen enige samenvattende opmerkingen.

4.1 Inzameling

In 3.1 is aangegeven dat materiaalrecycling begint met relatief grote zuivere stromen die bij een niet te groot aantal bronnen vrijkomen. Het betreft hoofdzakelijk bronnen in de KWDI-sector.

Bovendien is in 3.1 aangegeven dat gescheiden inzameling van droge kunststofbevattende fracties uit huishoudelijk afval economisch niet aantrekkelijk is en dat mechanische nascheiding van fracties uit grijs afval te prefereren is. Een uitzondering daarop vormt de fractie flessen/flacons, indien gekozen wordt voor een brengsysteem. Momenteel vinden 2 proeven plaats in Nederland, Maastricht en Zeeuws Vlaanderen, alwaar burgers flessen/flacons naar containers brengen.

Zoals reeds gesuggereerd, betekent dit dat met name vanuit de KWDI-sector initiatieven zullen gaan komen, aangezien de economische ruimte perspectieven biedt. Dit houdt twee stromingen in:

1. Kunststoffracties worden opgewerkt die vrijkomen bij de ontmanteling/ scheiding van afgedankte complex samengestelde produkten. Voorbeelden zijn autowrakken, koelkasten, TV's en kopieerapparaten.
2. Kunststoffracties worden opgewerkt die vrijkomen na gescheiden inzameling. Voorbeelden zijn leidingen, kozijnen, landbouwfoliën en distributieverpakkingen.

Met name in de laatste categorie zullen meerdere initiatieven gestart gaan worden als men gescheiden inzameling beschouwd.

Enkele voornemens/initiatieven zijn reeds waarneembaar. Voorbeelden zijn:
- Catering; de bedrijfscatering wil een zuivere stroom wit PS of een mengsel met daarin af te scheiden wit PS gescheiden inzamelen. Zo is de stichting 'Retour' ruim 2 jaar geleden begonnen met de inzameling van koffiebekers.
- Foliën; de stichting 'Knapzak' is begonnen met de landelijke inzameling van folie uit bouwafval vanaf onder andere bouwplaatsen.
  Zo zijn er meerdere initiatieven om foliën gescheiden in te zamelen en te transporteren naar verwerkers; deze drijfveer bestaat omdat een belangrijke hoeveelheid folie nog niet wordt herverwerkt.
- TRESPA-bekledingsmaterialen; deze materialen uit bouw- en sloopafvallen kunnen herverwerkt worden. Ten behoeve hiervan is een retoursysteem ontworpen.

In bijlage 6 is een uitgebreid overzicht van trends in de KWDI-sector gegeven.

Duidelijk waarneembaar is dat voor specifieke fracties uit de KWDI-sector toegespitste inzamelsystemen, retouropties, uitgewerkt worden. Het Knapzak-systeem is daar een voorbeeld van. Het grote voordeel ervan is dat al relatief zuivere stromen voor opwerking verkregen worden.

Andere voorbeelden zijn:
- Het Retour Concept van BRP de Bilt BV (dochter Grontmij), Proav NV en Westwoude Holding BV richt zich op de landelijke inzameling en recycling van specifieke afvalstromen. Te noemen zijn meubels en keukens, waaruit dan daarna kunststofstromen zijn af te scheiden.
- Retourette, een winkel in een winkelcentrum al dan niet in de nabijheid van een supermarkt, alwaar gebruikte afgedankte verpakkingen, onder andere kunststofverpakkingen, door burgers gebracht kunnen worden.

4.2 Verwerking/opwerking

In hoofdstuk 3 is aangegeven dat de verwerking van kunststoffracties in hoofdzaak bestaat uit de stappen verkleinen, wassen, scheiden en extruderen. Met name door de introductie van kerbside collection in de USA (het aan de bron gescheiden inzamelen van droge fracties, onder andere mengsels kunststofflessen) en van het DSD-systeem in Duitsland (het aan de bron gescheiden inzamelen van het verpakkingenmengsel kunststofverpakkingen, metalen verpakkingen en drankenkartons) is er een drijfveer gekomen voor de ontwikkeling van scheidingstechnieken ten behoeve van de verwerking van de ingezamelde mengsels.

De ontwikkeling van scheidingstechnieken heeft zich niet beperkt tot de verpakkingensector, maar het scheiden van kunststoffen uit onder andere autowrakken, koelkasten en elektronica-afvallen heeft eveneens veel aandacht, gezien de vele initiatieven.

Indien men naar de ontwikkelingen in het verwerkingsproces kijkt, heeft vooral de stap scheiden de aandacht. De trend is meer samengestelde mengsels met verschillende verontreinigingsgraden te kunnen verwerken, waardoor er hogere technische eisen aan de scheidingsstap gesteld worden.
Wat betreft scheidingstechnieken zijn twee richtingen te onderscheiden:

1. Bulkscheidingstechnieken;
   fracties, bestaande uit deeltjes, worden in een continu proces uit een deeltjesmengsel afgescheiden;
2. Sensorgestuurde scheidingstechnieken;
   op basis van een sensorsignaal wordt deeltje voor deeltje uit een stroom afgescheiden.

De groep technieken behorende onder bulkscheiding heeft meestal betrekking op sterk verkleinde deeltjes, terwijl sensorgestuurde technieken aangrijpen op onverkleinde of beperkte verkleinde delen. Opgemerkt dient te worden dat de trend is dat bulkscheidingstechnieken ook voor grotere deeltjes en sensorgestuurde technieken ook voor kleinere deeltjes worden toegepast. Daarnaast kunnen sensorgestuurde technieken en bulkscheidingstechnieken gecombineerd worden toegepast.

Nieuwe (gemodificeerde) technieken binnen de twee groepen die steeds meer toegepast worden of op het punt van introductie staan, zijn:

1. Bulkscheidingstechnieken;
   - elektrostatische scheiding;
     het scheiden van opgeladen kunststofdeeltjes in een elektrisch veld;
   - centrifugescheiding;
     in Duitsland heeft Humboldt een horizontale centrifuge ontworpen, waarbij deeltjes op basis van dichtheidsverschillen van elkaar worden gescheiden;
   - aërohydrocycloon;
     het scheiden van deeltjes op basis van dichtheids-verschillen in een water/lucht-dispersie met een gemodificeerde hydrocycloon.
2. Sensorgestuurde scheidingstechnieken;
   - infraroodscheiding (Near Infra Red, NIR);
     het scheiden van flessenmengsels op basis van verschillen in gedetecteerde infraroodspectra van verschillende polymeren;
   - beeldherkenning;
     het scheiden van verschillende delen op basis van verschillen in vorm/kleur met behulp van camerasignalen.

Door de integratie van bestaande met nieuwe technieken op een creatieve wijze ontstaan er mogelijkheden om uit verontreinigde mengsels zuivere polymeerfracties af te scheiden. Zo ontstaat er de mogelijkheid van niet alleen de verwerking van zuivere éénsoortige polymeerfracties, maar ook die van minder zuivere meersoortige polymeermengsels. Het netto-effect is dat de verwerking van meerdere kunststoffenmengsels tot materiaalhergebruik leidt. Uiteraard dienen deze scheidingstechnische verbeteringen en innovaties binnen economische randvoorwaarden plaats te vinden.

Anticiperend op een aangepaste inzamel- en verwijderingsstructuur kan de introductie van scheidingstechnieken tot de afscheiding van toepasbare fracties leiden. Voorbeelden zijn:

- De verwerking van slagvast polystyreen behuizingen van TV's, na infraroodsortering, in nieuwe behuizingen.
- De afscheiding van een styreenbevattende polymeerfractie, met behulp van droog- en natmechanische scheidingstechnieken, uit een verontreinigde kunststoffractie, die vrijkomt bij de verwerking van koelkasten.
- De mechanische verwerking van polypropyleen autobumpers die vrijkomen na sortering bij ontmantelbedrijven voor autowrakken.
- De verwerking van landbouwplastics tot kunststof trottoirbanden na afscheiding/ reiniging van deze fractie.
- De scheiding en reiniging van PVC-buizen fracties na gescheiden inzameling ervan met behulp van droog- en natmechanische technieken.
- De scheiding en reiniging van partijen PET-flessen die uit geheel Europa afkomstig kunnen zijn, met behulp van droog- en natmechanische technieken. (De toepassing van gerecycled PET, afkomstig van de Retech-installatie van REKO, in food-toepassingen is mogelijk, door hygiënische bewerkingsstappen, processen van Johnson Controls en Wellman).

4.3 Afzet/produktvervaardiging

Naast het voldoende reinigen van regranulaat wordt er onderzoek en ontwikkeling verricht naar zowel het toepassen van het regranulaat zelf, als het kunnen toepassen van minder gereinigde regranulaatfracties. Hierna volgen enige ontwikkelingen van beide benaderingen:

Het toepassen van regranulaat kent verbeteringen in blend- en verwerkings-technologie;

- Co-extrusie;
  de secundaire kunststof wordt dan toegepast als kern en de buitenlagen worden uit nieuw materiaal vervaardigd. Zo kan afval van PVC-flessen, nadat het zeer fijn vermalen is, worden verwerkt in de kern van de wand van rioolbuizen.
  Tedeco kan op deze wijze nieuwe koffiebekers met 70% PS-regranulaat uit oude bekers vervaardigen.
  Steeds meer foliën en PET-flessen worden door middel van co-extrusieprocessen vervaardigd waarbij regranulaat ingezet wordt.
- In Mould Coating (IMC);
  het tijdens het spuit/giet-proces toevoegen van een coating in de matrijs.

Het toepassen van minder gereinigde regranulaat-/maalfracties;

- Compatibiliseren;
  het toevoegen van een hulpstof, veelal hoogmoleculaire verbindingen, die een chemische of fysische binding aangaat met de te mengen componenten. Zo kan een mengsel van kunststoffen, die onderling slecht mengbaar zijn, op een hoger niveau van hergebruik toegepast worden.

- Twente mixing ring;
  het toevoegen van een mengelement aan een spuitgiet-machine, waardoor optimaal homogeniseren van beperkte verontreiniging mogelijk is.
- Newplast-proces;
  het proces is een homomicronisatieproces. De homomicroniser bestaat uit een stalen cilindervat, waarbinnen een rotor met grote snelheid ronddraait.
  In het vat wordt een gemengde kunststoffractie verkleind en gehomogeniseerd.
  Het produkt is een gelei-achtige thermoplastische compound die zonder enige problemen in de bestaande kunststof-produktieprocessen kan worden ingezet.

Door de introductie van verbeterde produktvervaardigingstechnieken kunnen meer kunststof- en materiaalvervangende toepassingen gerealiseerd worden.

Een andere mogelijkheid wordt gevormd door secundaire kunststoffen tezamen met andere materialen (primair of secundair) toe te passen. Men maakt gebruik van de unieke eigenschappen van de afzonderlijke materialen. De nieuwe materialen, composietmaterialen, geven weer een unieke set van fysische en mechanische eigenschappen.
Voorbeelden zijn:
- Beton + secundair EPS; het composietmateriaal is licht beton met unieke isolerende eigenschappen;
- Thermoplasten + hout;
- Thermoplasten + tapijtvezels;
- Thermoplasten + glasvezelmaterialen
- Thermoplasten + rubber (bijvoorbeeld polypropeen + SBR-rubber).

Door toepassing van thermoplasten zijn deze nieuwe materialen in principe recyclebaar (behalve betoncomposieten).

4.4 Samenvattende opmerkingen

Gezien de ontwikkelingen op het gebied van materiaalrecycling zijn de volgende samenvattende opmerkingen te plaatsen.
- Proeven met brengsystemen voor kunststof flessen/flacons moeten aantonen of deze optie een breed maatschappelijk draagvlak zal krijgen.
- Uit selectief ingezamelde en deels ontmantelde afgedankte complex samengestelde produkten, zoals autowrakken en koelkasten zullen op te werken kunststoffracties vrijkomen, die opnieuw in produkten verwerkt kunnen worden.
- Retoursystemen ten behoeve van de gescheiden inzameling van specifieke kunststoffenstromen zullen ontworpen en toegepast gaan worden.
- Nieuwe (gemodificeerde) scheidingstechnieken worden aan het bestaande scala toegevoegd. Het betreft zowel bulkscheidingstechnieken als sensorgestuurde scheidingstechnieken. Daardoor kunnen kunststoffracties met specifieke eigenschappen afgescheiden worden.

- Door de integratie van bestaande met nieuwe technieken op een creatieve wijze ontstaan er mogelijkheden om uit verontreinigde mengsels zuivere polymeerfracties af te scheiden. Zo ontstaat er de mogelijkheid van niet alleen de verwerking van zuivere éénsoortige polymeerfracties, maar ook die van minder zuivere meersoortige polymeermengsels.
- De volgende technieken zorgen voor een verhoogde inzet van regranulaat: co-extrusie en in mould coating.
- De volgende technieken dragen ertoe bij dat verontreinigde regranulaatfracties of mengfracties een hoger niveau van hergebruik krijgen: compatibiliseren, Twente mixing ring, Newplast-homomicroniser.

5. Evaluatie

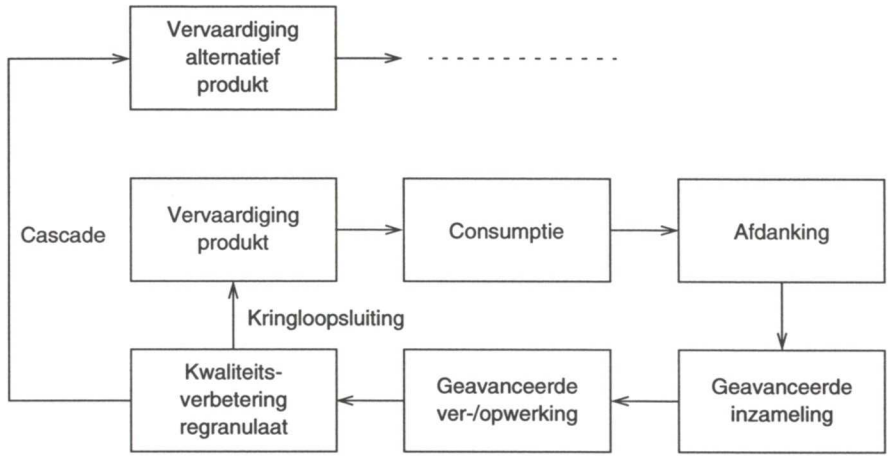
In de vorige hoofdstukken is aangegeven dat bij het streven naar beduidend meer kunststofmateriaalhergebruik niet alleen éénsoortige zuivere kunststoffracties, maar ook verontreinigde polymeermengsels verwerkt dienen te worden. Verbeteringen/innovaties op de gebieden inzameling, verwerking/opwerking en produktvervaardiging vinden in dat kader plaats en zullen nog plaats gaan vinden. De randvoorwaarden 'Kostenniveau ketensluiting binnen de economische ruimte' en 'verwezenlijken vereiste kwaliteit' spelen daarbij een belangrijke rol.

De substantiële verhoging van materiaalhergebruik zal vooral vanuit de KWDI-sector gerealiseerd gaan worden. In dat kader spelen verpakkingen een belangrijke rol. Daarnaast kan de recycling van kunststoffen uit autowrakken, witgoed, bruingoed, afgedankte kantoorapparatuur en de bouw een wezenlijke bijdrage vormen.

Naast kringloopsluiting (secundaire kunststoffen worden weer in dezelfde groep produkten toegepast) speelt cascade (secundaire kunststoffen komen terecht in andere toepassingen) een belangrijke rol in het kader van verhoging materiaalhergebruik. Men spreekt dan van materiaalvervangend hergebruik in plaats van kunststofvervangend hergebruik. De unieke eigenschappen van regranulaatfracties/maalgoedfracties bepalen, naast de marktvraag, voor welke optie(s) er gekozen wordt.

Gezien de veranderingen in materiaalontwikkeling en materiaaltoepassing (materiaalsubstituties vinden eveneens voortdurend plaats) is het aan te raden de kwaliteit zo lang mogelijk op een hoog niveau te handhaven. Of men kan ook zeggen dat de unieke eigenschappen van kunststoffen zo lang mogelijk benut dienen te worden. Indien regranulaten volgordelijk in meerdere toepassingen gebruikt gaan worden, biedt het denken in 'design for recycling'-concepten meer mogelijkheden daarvoor. Het vraagt om een continue aandacht voor enerzijds de kwaliteitseisen behorende bij de toepassing in nieuwe produkten en anderzijds het potentiële aanbod van regranulaatfracties met een specifieke kwaliteit.

In figuur 5.1 wordt geïllustreerd welke situatie ontstaat als het 'design for recycling'-concept geïntegreerd wordt met innovaties in inzameling, verwerking/opwerking en kwaliteitsverbetering regranulaat.



Figuur 5.1 Materiaalhergebruik door middel van kringloopsluiting c.q. cascade op een hoog kwaliteitsniveau.

'Design for recycling'-concepten kunnen relatief spoedig met succes geïntroduceerd worden in produkten die een eigen inzamel- en verwerkingscircuit kennen; de inzamelbaarheid is als goed te kenschetsen.
Voorbeelden zijn autowrakken, koelkasten, PVC-buizen en ook videobanden.
Bij de toepassing van de volgende (vuist)regels kunnen verbeteringen gerealiseerd worden:
- Beperk het aantal kunststoffen dat toegepast wordt;
- Pas gemakkelijk scheidbare kunststoffen toe;
- Pas, indien niet anders mogelijk, mengbare kunststoffen toe.

Dat zoiets te realiseren is, werd reeds aangetoond in praktische voorbeelden. Zo is het aantal kunststoffen in een autodashboard is teruggedrongen tot één, en is het mogelijk de binnenzijde van koelkasten tot één kunststof is terug te brengen.
Zo heeft ook SC Johnson Europlant BV een kunststof fles ontwikkeld, waarbij fles, label, dop en dispensing tube uit één materiaal bestaat. Deze flex voor schoonmaak- en verzorgingsartikelen, 58% lichter dan bestaande types, is in lege toestand opbouwbaar.
TNO heeft in een project herontwerpen gemaakt van een stofzuiger, wasdroger en telefoon, waarbij het aantal toe te passen kunststoffen sterk gereduceerd is[1)].
Het bleek dat relatief gemakkelijk aan de genoemde vuistregels voldaan kon worden.

Voor stromen waarvoor de inzamelbaarheid slechts in bepaalde mate te verbeteren is, geldt dat de mogelijkheid voor fysisch scheiden (scheidbaarheid) verbeterd kan worden. Zo is voor mengsels vormvaste verpakkingen, die uit verschillende kunst-

1) 'Design for Recycling' in Plastics, Eindrapport (samenvattingen); TNO, ref.nr. 93PrC179, Delft 1994.

stoffen bestaan, een systeem van bronscheiding plus mechanische nascheiding te ontwerpen. Dit geldt voor mengsels afkomstig uit KWDI-sectoren.
Gezien de relatief korte gebruiksduur van verpakkingen kunnen voor deze produkten vrij snel 'design for recycling'-concepten geïntroduceerd worden.

Hiervoor zijn slechts voorbeelden gegeven en is niet de potentie geïllustreerd formules of modellen voor een generieke benadering te kunnen geven. Voor elke kunststoffenbevattende stroom zal een fit to purpose inzamelstructuur en een toegespitst recyclingproces ontworpen dienen te worden. Een 'design for recycling'-benadering draagt er toe bij dat de recyclingopties sneller economisch aantrekkelijk worden en dat afzet/nieuwe toepassingen voortdurend voor ogen gehouden worden.

De hiervoor beschreven benaderingen zullen al snel navolging krijgen, als voorbeelden aantonen dat het werkt.
Demonstratieprojecten hebben daarom een belangrijke functie. Met de resultaten van deze projecten kan geïllustreerd worden dat knelpunten in het licht van ketensluiting weggenomen kunnen worden. Maar de resultaten van demonstratieporjecten zullen zorgvuldig en systematisch aan belanghebbenden moeten worden overgedragen.
Het opzetten van projecten in de KWDI-sector voor catering afvallen en verpakkingen biedt goede mogelijkheden om succesvolle ketensluiting te demonstreren.

Catering
Gezien de getoonde interesse en activiteiten is het duidelijk dat de gescheiden inzameling van kunststofmengsels (met name wit PS, HDPE en LDPE), scheiding en opwerking ervan, opgepakt kan worden (en reeds ten dele praktisch uitgevoerd wordt). Uitbreiding van deze activiteit om de grenzen te verkennen en te verleggen is gewenst, zowel richting de keuze van kunststofverpakkingsmaterialen, de verwerking als de toepassing van de herverwerkte materialen.

Verpakkingsafvallen
Veel folies(LDPE) en flessen, emmers en containers (HDPE) komen vrij. Dit materiaal is vrij zuiver van aard en kan mogelijk weer gerecycled worden tot verpakkingsmateriaal. Er zijn startende initiatieven in deze richting die door middel van een demonstratieproject verder gestimuleerd en uitgebreid kunnen worden.

Introductie van de 'design for recycling'-benadering zal ketensluiting van kunststofmaterialen bespoedigen.
In bijlage 7 zijn voorstellen voor demonstratieprojecten nader gedetailleerd.

Resumerend kan gesteld worden dat materiaalrecycling van kunststoffen in de toekomst zal toenemen. Gezien de dynamiek in het veld van materiaalontwikkeling, materiaalsubstitutie, produktontwikkeling, consumptie-ontwikkeling, overheids- en bedrijfsbeleid, etc. is het onmogelijk om een exact recyclingpercentage voor bijvoorbeeld over 10 jaar af te geven. Door ontwikkelingen in inzamelstructuren, verwerkings- en opwerkingsprocessen, produktvervaardiging met regranulaten en afzetmarkten zal de hoeveelheid materiaalhergebruik beduidend toenemen.

Door toepassing van 'design for recycling'-concepten zal de mate van materiaalrecycling daarenboven nog vergroot worden. Toepassing van demonstratieprojecten zal leiden tot successen die als voorbeeld zullen dienen en navolging gaan krijgen.

De introductie van een platform alwaar de kennisinstituten en (alle) partners uit de keten (waaronder kunststofverwerkers en afnemers) met elkaar communiceren zal de in gang gezette ontwikkeling versterken. Naast communicatie kan zo'n platform faciliterende taken krijgen. In hoofdstuk 6 wordt hier nader op ingegaan.

6. Recycle platform ten behoeve van ketensluiting

Dat de recyclingindustrie behoefte heeft aan technische ondersteuning is onder meer uitgesproken op 12 april 1994 tijdens de 'Recycledag' gehouden in Lievelde met als motto 'Kringlopen of stilstaan'; georganiseerd door vier toonaangevende recyclaars uit Nederland in samenwerking met de VMK. In het kader van haar tweesporenbeleid streeft de VMK ernaar in het jaar 2000 circa 20% van het kunststof-**verpakkings**afval uit huishoudens en KWDI-sector te recyclen. Op de 'Recycledag' is een aanzet gegeven tot de aanpak van het recyclespoor. De VMK-werkgroep 'Herverwerking en financiering' zal samen met de recyclers concrete voorstellen voor recycle-projecten formuleren. Samen met gebruikers van kunststofverpakkingen (en -produkten waarin kunststof-verpakkingsafval kan worden toegepast) zal men zich vervolgens buigen over de mogelijkheden om ze uit te voeren. Door de heer Klobbie van Lankhorst recycling werd gepleit voor een 'Dutch Recycling Support Projectondersteuning', waarin bijvoorbeeld de VMK, het ministerie van VROM, de recyclingindustrie, de technische universiteiten en TNO deelnemen. Dit intermediair heeft als doel het initiëren en ondersteunen van recyclingactiviteiten.

Zo'n platform kan de technische ontwikkelingen op de voet volgen en vormt een aanspreekpunt waar Nederlandse recylers terecht kunnen om zowel concrete (technische) problemen te laten oplossen en ontwikkelingen te laten uitvoeren, als om ervaring met nieuw ontwikkelde technologieën te kunnen opdoen.

Een dergelijk initiatief zou de recyclingindustrie in Nederland op een (nog) hoger peil kunnen brengen en houden.
Veel recyclers hebben voor hun dag-tot-dag operaties behoefte aan ondersteuning bij het oplossen van operationele en technische problemen. Ideaal zou zijn hiervoor een centraal 'loket' te hebben waar men met dit soort zaken terecht kan. Ook verdergaande ondersteuning van technologie- of produktontwikkeling zou mogelijk via een dergelijk loket kunnen worden uitgezet bij de samenwerkende kennisinstituten.
Daarnaast is het voor de individuele bedrijven nauwelijks mogelijk de veelheid aan projecten en initiatieven die in binnen- en buitenland ontplooid worden op het gebied van recycling van kunststof afvallen bij te houden en om hieruit de voor het bedrijfsleven essentiële informatie te filtreren. Bovendien heeft het bedrijfsleven behoefte aan de mogelijkheid ervaring op te kunnen doen met nieuwe technologieën waarmee de verwerkingskosten kunnen worden verlaagd en/of de kwaliteit van het eindprodukt kan worden verhoogd. Bij een toenemend aanbod van recyclebaar kunststofafval zullen dit de aspecten zijn die het welslagen van recycling initiatieven sterk beïnvloeden.

Voor het opzetten van het geschetste Dutch Recycling Support zouden alle belanghebbende partijen een vaste bijdrage moeten leveren:
- Overheid (VROM, EZ);
- Recyclingbedrijven (Lankhorst, Reko, Wavin, etc.);
- Branche- en belangenorganisaties (NFK, VMK, SVM, etc.);

– Kunststoftoepassende industrieën;
– Kunststofproducerende industrieën;
– Kunststofverwerkende industrieën.

De overheid zou een vaste bijdrage kunnen leveren voor het in stand houden van een minimale omvang van het Dutch Recycling Support, terwijl voor de overige participanten een soort contributiesysteem in het leven geroepen zou kunnen worden. Daarnaast zou het Dutch Recycling Support inkomsten moeten genereren uit opdrachten die voor recyclingbedrijven, kunststofverwerkende bedrijven en overheid uitgevoerd kunnen worden.

Nadere invulling van de taken van een Dutch Recycling Support zal in overleg met betrokkenen moeten plaatsvinden. Dan zal ook duidelijk worden waar de accenten komen te liggen. De nadrukken kunnen komen te liggen op bijvoorbeeld advisering en/of informatie-overdracht en/of kennisoverdracht en/of makelaarsfunctie (waarbij probleembezitters en probleemoplossers bij elkaar gebracht worden).

7. Conclusies

De hoofdconclusie van het onderzoek is:
Het stimuleren en de toepassing van 'design for recycling'-concepten zal het aandeel materiaalrecycling sneller doen groeien. Ondersteuning met demonstratieprojecten zal leiden tot successen die als voorbeeld zullen dienen en navolging gaan krijgen. Dit wordt onderbouwd door volgende constateringen/conclusies:

- In hoeverre maximalisering van het percentage materiaalrecycling mogelijk is, vereist inzichten in hoe ketensluitingsprocessen plaatsvinden. Met name inzichten in de randvoorwaarden, knelpunten en oplossingsrichtingen zijn nodig om gefundeerde uitspraken te kunnen doen over de wijzen van materiaal-recycling die maatschappelijk acceptabel zijn en breed gedragen worden.

- Uit statistieken blijkt dat een substantiële vermeerdering van materiaalhergebruik uit distributie- en industrie-afval afkomstig zal dienen te zijn (samengetrokken en breder beschouwd, ook wel KWDI-sector genoemd).

- Secundaire kunststoffen zullen toegepast gaan worden in nieuwe toepassingen, kunststofvervangende produkten en in produkten, waarbij hout, metalen en steenachtige materialen worden vervangen.
  Op basis van materiaal- en produktontwikkelingen zal kringloopsluiting van kunststoffen als een cascade optreden. In de tijd gezien zullen op basis van kwaliteitsspecificaties achtereenvolgens steeds andere toepassingen gevonden worden. Dan zal de laatste stap in de cascade grondstofrecycling of energie-benutting worden.

- Proces- en produktie-afvallen worden reeds nagenoeg volledig hergebruikt. Het betreft relatief grote partijen met een hoge zuiverheid, die slechts bij enkele bronnen vrijkomen. In de KWDI-sector worden kunststoffoliën (LDPE) in belangrijke mate gescheiden ingezameld en gerecycled.

- Recyclingprocessen bestaan veelal uit verkleinen, wassen, scheiden en extrusie. Deze processen omvatten een beperkt aantal apparaten/machines, gezien de geringe economische ruimte; de proceskosten dienen relatief laag te zijn, gezien de lage grondstofprijzen. De scheidingseenheden zijn vooral drijf/zink-cellen en/of hydrocyclonen.

- De technische specificaties van regranulaat/maalgoed bepalen of kunststofvervangend of materiaalvervangend hergebruik plaatsvindt. Bij kunststofvervangend hergebruik speelt de mate van verontreiniging van de secundaire kunststof een belangrijke rol, hetgeen bij materiaalvervangend hergebruik meestal niet of minder het geval is.

- Nieuwe retoursystemen ten behoeve van de gescheiden inzameling van specifieke kunststofstromen zullen door belanghebbende actoren ontworpen en toegepast gaan worden of het ontwerp ervan zal gestimuleerd (moeten) worden.

- Nieuwe (gemodificeerde) scheidingstechnieken worden aan het bestaande scala toegevoegd. Het betreft zowel bulkscheidingstechnieken als sensorgestuurde technieken.
  Door de integratie van bestaande met nieuwe technieken op een creatieve wijze ontstaan er mogelijkheden om uit verontreinigde mengsels zuivere polymeerfracties af te scheiden. Zo ontstaat er de mogelijkheid van niet alleen de verwerking van zuivere éénsoortige polymeerfracties, maar ook die van minder zuivere meersoortige polymeermengsels.

- Een verhoogde inzet van regranulaat wordt bewerkstelligd door technieken, zoals co-extrusie. Een toepassing van verontreinigde regranulaatfracties of mengfracties op een hoger niveau van hergebruik wordt gerealiseerd met technieken, zoals compatibiliseren, high shear blending, Newplast-homomicroniser.

- Gezien de veranderingen in materiaalontwikkeling en materiaaltoepassing (materiaalsubstituties vinden eveneens voortdurend plaats) is het aan te bevelen de kwaliteit zo lang mogelijk op een hoog niveau te handhaven. Indien regranulaten volgordelijk in meerdere toepassingen gebruikt gaan worden, biedt het denken in 'design for recycling'-concepten meer mogelijkheden daarvoor. Het vraagt om een continue aandacht voor enerzijds de kwaliteitseisen, behorende bij de toepassing in nieuwe produkten, en anderzijds het potentiële aanbod van regranulaatfracties met een specifieke kwaliteit.

- 'Design for Recycling'-concepten kunnen relatief spoedig met succes geïntroduceerd worden in produkten die een eigen inzamel- en verwerkingscircuit kennen. Voor produkten die in mengsels afval (met meerdere afgedankte produkten) ingezameld kunnen worden, geldt dat 'design for recycling'-opties aangrijpen bij verbetering van de scheidbaarheid, het fysisch kunnen scheiden van de verschillende produkten c.q. kunststoffen.

- Voor elke kunststoffenbevattende stroom zal een fit to purpose inzamelstructruur en een toegespitst recyclingproces ontworpen dienen te worden. Een 'design for recycling'-benadering draagt er toe bij dat de recyclingopties sneller economisch aantrekkelijk worden en de afzet/nieuwe toepassingen voortdurend voor ogen worden gehouden.
  Introductie van de design of recycling benadering zal ketensluiting van kunststofmaterialen bespoedigen.

8. Aanbevelingen

- Het verdient aanbeveling een beperkt aantal demonstratieprojecten op te starten waarbij alle actoren in de keten betrokken zijn. In dergelijke demonstratie-projecten moet ruimte zijn voor:
  - voorlichting en educatie met betrekking tot materiaalhergebruik;
  - wegnemen van knelpunten op logistiek gebied;
  - wegnemen van knelpunten op technologisch gebied;
  - produktontwikkeling met gerecycled materiaal;
  - beproeven en succesvol introduceren van het 'design for recycling'-concept.
- Het verdient aanbeveling het platform Dutch Recycling Support te introduceren. Denkbare taken van het platform kunnen zijn:
  - inventarisatie/onderhoud binnen- en buitenlandse ontwikkelingen (onder andere met betrekking tot inzameling, verwerkingstechnieken, markt);
  - faciliteren wat betreft praktisch/technisch vragen;
  - informatie-uitwisseling wat betreft wettelijke/juridische aspecten en subsidiemogelijkheden;
  - kennisoverdracht over het recyclenetwerk en ontwikkelingen;
  - database met literatuurverstrekking;
  - informatie-overdracht (bijvoorbeeld nieuwsbrief/knipselkrant).

Gesprekken met belanghebbende actoren zullen aangeven in welke mate er een draagvlak is en in welke hoedanigheid zo'n platform geïmplementeerd zal dienen te worden.

9. Verantwoording

Naam en adres van de opdrachtgever

Novem
Postbus 8242
3503 RE Utrecht

Namen en functies van de projectmedewerkers

Ir. A.M.M. Ansems
Ing. J.L.B. de Groot
M. Th. Logtenberg, M.Phil.
Ir. M.J. Veldstra

Namen van instellingen waaraan een deel van het onderzoek is uitbesteed

.....

Datum waarop, of tijdsbestek waarin, het onderzoek heeft plaatsgehad

.....

Ondertekening

M.Th. Logtenberg
projectleider
Centrum voor
Afvalonderzoek

Goedgekeurd door

Ir. A.M.M. Ansems
afdelingshoofd

Bijlage 1 Kunststof afvalsituatie in Nederland

Bijlage 1 Kunststof afvalsituatie in West-Europa

Er is nog steeds sprake van een groei in het verbruik van primaire kunststoffen. Recente cijfers tonen dat deze groei voor West-Europa wat aan het afnemen is. Dit betekent dat we ook in toenemende mate met een stijging van de hoeveelheid afval worden geconfronteerd. In opdracht van de APME in Brussel wordt vanaf 1989 een statistisch overzicht bijgehouden van de hoeveelheid kunststofafval die jaarlijks in de verschillende landen van West Europa vrijkomt.
In deze bijlage worden enkele cijfers voor 1994 gegeven. Tabel 1.1 laat zien welk deel gebruikte kunststof produkten uitmaken van het totale stedelijke afval en uit welke soorten kunststoffen dat kunststof afval is samengesteld.

Tabel 1.1 Samenstelling huishoudelijk afval in West-Europa in 1994 en de samenstelling van de kunststoffractie.

Samenstelling huishoudelijk afval			**Samenstelling kunststoffractie in huishoudelijk afval**		
Organisch afval	40%	55 Mton	LDPE/LLDPE	25%	2859 kton
Glas	8%	11 Mton	HDPE	14%	1601 kton
Papier en karton	27%	37 Mton	PVC	13%	1487 kton
Metalen	6%	8 Mton	PS + EPS	12%	1372 kton
Kunststoffen	8%	**11 Mton**	PET	6%	686 kton
Overige (as, stof, textiel, etc.)	11%	15 Mton	PP	17%	1944 kton
			Overige	13%	1486 kton
Totaal	100%	138 Mton	Totaal	100%	11.435 kton

Behalve naar samenstelling kan het kunststofafval ook naar herkomst worden onderscheiden (zie tabel 1.2).

Tabel 1.2 Indeling kunststofafval naar herkomst.

Post-consumer kunststof afval[1)]	Land en Tuinbouw	
	Automobiel	
	Bouw- en sloop	
	Stedelijk afval[2)]	Huishoudens incl. grote hh apparatuur
		Detailhandel
		Kleine en middelgrote ondernemingen
	Distributie en grote industrie	Groothandel/supermarkten
		Grote industrie

1) Post consumer kunststofafval: kunststofafval dat vrijkomt bij de laatste gebruikers van het betreffende kunststof produkt. Hiertoe wordt ook het distributieafval (onderdeel van het KWD afval) gerekend.

2) Stedelijk afval: vast afval dat vrijkomt in woningen, inclusief grote huishoudelijke apparaten als koelkasten, fornuizen etcetera, en bij bedrijven en instellingen. De volgende afvalstromen worden niet tot het stedelijk afval gerekend: afval van land- en tuinbouw, bouw- en sloopafval, afval van auto's, distributie verpakkingsafval van supermarkten.

Het percentage verpakkingsafval in het kunststofafval bedraagt ca. 60%. Met name in het stedelijk afval en in het afval van distributie en grote industrie is het aandeel van verpakkingen hoog. Voor 1993 is geschat dat in West Europa in totaal 16,2 miljoen ton kunststofafval is vrijgekomen. In tabel 1.3 is aangegeven hoeveel en waar het afval vrijkomt en is de verdeling van het afval over de verschillende afvalstromen gegeven.

Van de 16,2 miljoen ton kunststofafvallen is 5,6% gerecycled en 15,0% verbrand met energie terugwinning.
De opgaven in tabel 1.3 zijn gebaseerd op modelberekeningen omdat niet voor alle landen statistische gegevens bekend zijn; het model is gebaseerd op de verwachte levensduur van een produkt en een afschatting van de tijdsduur voordat het produkt afgedankt wordt. In tabel 1.4 is aangegeven met welke levensduur voor de verschillende produkten is gerekend.

Tabel 1.3 Overzicht totale vrijkomende kunststofafvalstroom met een verdeling per land en per deel-afvalstroom in West-Europa in 1994 (eenheden in kton).[1)]

Land	Land- en tuinbouw-afval	Auto-mobiel-afval	Bouw- en sloopafval	Distributie en industrieel afval	Elektronisch afval	Stedelijk afval	Totaal
België/Luxemburg	7	29	58	89	25	242	450
Denemarken	5	12	19	86	12	120	254
Frankrijk	125	191	173	503	98	1897	2987
Duitsland	198	199	259	735	127	1804	3322
Griekenland	9	9	9	79	4	204	314
Ierland	5	6	6	29	2	102	150
Italië	100	133	102	664	75	1511	2585
Nederland	36	39	60	167	29	563	894
Portugal	5	10	11	57	6	98	187
Spanje	68	48	44	333	52	1398	1943
Groot-Brittannië	54	165	121	607	93	1666	2706
Oostenrijk	13	22	20	73	15	149	292
Finland	4	11	15	89	9	139	267
Noorwegen	5	11	8	42	3	85	154
Zweden	14	19	27	168	13	266	507
Zwitserland	13	23	24	82	14	337	493
Totaal	**661**	**927**	**956**	**3803**	**577**	**10581**	**17505**

1) SOFRES (APME-publicatie 1994).

Tabel 1.4 Inschatting levensduur diverse kunststof produktgroepen.

Voedselverpakkingen Flessen, containers, dozen Sommige folies	Minder dan 2 jaar
Verpakking duurzame huishoudelijke produkten Witgoed Huishoudelijke produkten Automobiel	Tussen 2 en 10 jaar
Buizen Installatiemateriaal Apparatuur Bouwtoepassingen	Meer dan 10 jaar

Bijlage 2 Chemolyse, Back To Monomer

Bijlage 2 Chemolyse, Back To Monomer

Bij de chemolyse van kunststofafval worden kunststoffen onder betrekkelijk milde omstandigheden tot oligomere of monomere bouwstenen afgebroken, die als uitgangsstof voor nieuwe chemische reacties of nieuwe polymeren kunnen dienen. De kunststoffen die voor depolymerisatie op industriële schaal in aanmerking kunnen komen zijn thermoplastische Polyesters (PET), Polyamiden, Polycarbonaten, acrylpolymeren en de thermoharde Polyesters (UP) en Polyurethanen (PUR).

De volgende chemolyse processen worden reeds commercieel uitgevoerd:
- de methanolyse en glycolyse van PET;
- de hydrolyse van polyamiden;
- de thermische degradatie (pyrolyse) van acrylpolymeren.

In ontwikkeling zijn de volgende processen:
- de hydrolyse van PET;
- de hydrolyse en alcoholyse van PUR en UP.

Daarnaast wordt op laboratoriumschaal onderzoek gedaan naar de hydrolyse van polycarbonaten en de ammonolyse van PUR.

In tabel 2.1 wordt een overzicht gegeven van de depolymerisatieprocessen van de verschillende polymeren samen met de bedrijven die deze processen in ontwikkeling hebben of toepassen.

Tabel 2.1 Overzicht depolymerisatieprocessen.

Polymeer	Proces	Bedrijf en status
PET	hydrolyse	niet commercieel
	methanolyse	Hoechst-Celanese, 'food-grade', commercieel; Eastman Chemical, 'food-grade', demonstratie; Du Pont, opstarten commerciële plant.
	glycolyse	Ashland, Alpha, Ruco, Plexmar, Oxid, polyolen voor PUR-schuim, commercieel; Goodyear, 'food-grade', commercieel; Zimmer AG, voorcondensaat, demonstratie.
	aminolyse	geen toepassing.
PUR / UP	hydrolyse	Diversen, demonstratie;
	alcoholyse	Resina Chemie, experimenteel; Mobay, Pittsburgh, experimenteel; Ford, Keulen, autostoelen, demonstratie; Pebra, Esslingen, RRIM, demonstratie; Bayer, RRIM, experimenteel; Regra en BASF/Elastogran, elastomeer, experimenteel; Dow Plastics, experimenteel; ICI, experimenteel
	ammonolyse	Universität-GH Siegen, in onderzoek.
Polyamiden	hydrolyse	Du Pont, demonstratie; BASF (USA), tapijtafval, demonstratie; Allied-Signal, tapijtafval, demonstratie; Zimmer AG, commercieel.
Polycarbonaat	hydrolyse	Bayer, in onderzoek.
Acrylaten	pyrolyse	Aristech Chemical e.a., commercieel.

De depolymerisatiereacties, hydrolyse, methanolyse, glycolyse en ammonolyse zijn evenwichtsreacties die voor het bereiken van een hoge omzetting in het algemeen bij lage concentraties polymeer verlopen. De omzettingstijd (0.1 - 6 uur) wordt naast de reactietijd (instellen evenwicht) hoofdzakelijk bepaald door de relatief langzame warmte- en stofoverdracht (diffusie). De viscositeit is tijdens opwarming meestal hoog (orde grootte 10^3 Pa.s) en tijdens de reactie door de lage concentraties polymeer bij hoge temperaturen in het algemeen laag (orde grootte 1 - 10 Pa.s). De glycolyse van PET is een bekend proces met een bekende reactiekinetiek. Vele bedrijven hebben het proces onderzocht en passen het op commerciële schaal toe.

Bijlage 3 Recycling tot koolwaterstoffenfracties

Bijlage 3 Recycling tot koolwaterstoffenfracties[1)]

De verschillende thermo-chemische technieken waarmee kunststofafval kan worden verwerkt, zijn onder andere pyrolyse, hydrogeneren en vergassen. Het is moeilijk om de grens tussen de verschillende technieken goed aan te geven. In de zuivere scheikunde wordt pyrolyse gedefinieerd als 'thermische ontleding in afwezigheid van luchtzuurstof en van andere, reactieve chemicaliën'. Bij de pyrolyse is warmte nodig om de voeding op reactietemperatuur te brengen en om eventueel aanwezig water te verdampen. Die warmte wordt vaak verkregen door aan de reactor voldoende lucht toe te voeren om de benodigde warmte op te wekken door verbranding van een deel van de voeding.

Bij het hydrogeneren wordt het kunststofafval, net als bij de pyrolyse, thermisch gekraakt. De radicalen die hierbij ontstaan reageren met H_2, waarbij er, in vergelijking tot pyrolyse, meer verzadigde vloeibare koolwaterstoffen ontstaan. Heteroatomen zoals chloor, zuurstof, stikstof en zwavel worden omgezet in de overeenkomstige waterstofverbindingen.

Bij de vergassing van kunststofafval vindt een aantal processen tegelijkertijd plaats: opwarmen van de kunststof, het ontgassen (zowel drogen als pyrolyse), het vergassen van de gevormde pyrolysekool en -teer. In een vergasser zal door deze simultane processen een groot scala aan gasvormige koolwaterstofverbindingen naast pyrolysekool voorkomen. Deze componenten worden door partiële oxydatie omgezet in CO en H_2.

Ook bij verbranding treden plaatselijk pyrolyse- en vergassingsreacties op. Bij vergassing is echter sprake is van een ondermaat zuurstof, terwijl verbranding plaatsvindt met een overmaat zuurstof zodat een volledige oxydatie mogelijk is.
Een mogelijkheid om deze processen onder te verdelen is te kijken naar de hoofdprodukten die ontstaan:

Proces	Produkt
Pyrolyse, hydrogenering	Vloeibare en/of gasvormige koolwaterstoffen
Vergassing	CO/H_2 _ synthesegas $CO/H_2/N_2$ _ stookgas
Verbranding	Energie

De vloeibare en gasvormige produkten, die vrijkomen bij pyrolyse en hydrogenering en het synthesegas dat vrijkomt bij het vergassen met zuurstof, kunnen worden gebruikt als grondstof voor chemische processen. Het is echter ook mogelijk om deze produkten door middel van verbranding om te zetten in energie. De bovengenoemde

---

1) G.W. Krajenbrink, Grootschalige thermo-chemische verwerking van kunststofafval; TNO Milieu, Energie en Procesinnovatie; intern rapport no. 93-381; Apeldoorn, december 1994.

processen kunnen als voeding zowel zuiver kunststofafval als (kunststof fracties uit) huishoudelijk afval gebruiken. In het laatste geval zal de kwaliteit van de produkten echter vaak dusdanig zijn, dat zij alleen als energiedrager gebruikt kunnen worden. De grens tussen herverwerking en afvalverwerking is dan moeilijker vast te stellen.

Dus kunststofafval is in principe een geschikte voeding voor thermochemische processen.

Toch kunnen de kunststofafvallen, zoals ze bij huishoudens en bedrijven vrijkomen, nog enkele problemen opleveren:

- *Niet-kunststoffen*
  Zowel bij de inzameling van kunststoffracties (mono-inzameling) als bij de inzameling van droge mengsels (met meerdere materialen dan kunststoffen (mengselinzameling) zal uiteindelijke kunststofafval vervuild zijn met niet-kunststoffen zoals bijvoorbeeld papier en metaal. Bij mono-inzameling betreft het scheidingsfouten aan de bron; bij de mengselinzameling wordt het veroorzaakt doordat de nascheiding nooit volledig zal zijn. Een andere vervuiling met niet-kunststoffen wordt veroorzaakt door laminaten en samengestelde produkten.
  Voor een deel van de verontreinigingen (bijvoorbeeld papier) zal dit mogelijk geen probleem zijn, omdat dit in kleine hoeveelheden waarschijnlijk wel meeverwerkt kan worden. De andere verontreinigingen zulen op zijn minst de opbrengst aan produkt verminderen, mogelijk zal er echter ook een verstoring van het proces optreden.

- *Produktrestant en aanhangend vuil*
  Deze vorm van vervuiling speelt vooral bij de kunststof verpakkingn. Aangezien kunststof verpakkingen vaak zeer licht zijn in verhouding tot hun volume kunnen enkele procenten produktrestant al vele tientallen procenten van het afvalgewicht zijn. In hoeverre deze vervuilingen de thermo-chemische verwerking storen valt moeilijk te bepalen.

- *Vulstoffen*
  Anorganische vulstoffen, die in veel kunststoftoepassingen voorkomen, zullen niet omgezet worden in waardevolle produkten. De hoeveelheid reststoffen zal toenemen en de economie van het proces zal slechter worden. Bij het kunststofafval in huishoudelijk afval en KWDI-afval vormen de vulstoffen waarschijnlijk maar een marginaal probleem.

– *Additieven*
In vrijwel alle kunststoffen komen additieven voor. Het betreft hier voor een deel metaalverbindingen, die katalysatoren kunnen vergiftigen. Veel petrochemische processen die in principe geschikt zijn voor de thermo-chemische verwerking van kunststofafval zijn katalytisch. Er moet dus voor niet-katalytische processen gekozen worden, of er moet een kortere standtijd van de katalysator worden geaccepteerd of de additieven moeten vooraf verwijderd worden.

– *Chloor*
Kunststofmengsels bevatten circa 5% chloor, afkomstig van met name PVC. Chloor vergiftigt de katalysatoren, zorgt voor corrosieproblemen in de installatie en vermindert de waarde van de eindprodukten. Het chloor zal tot op (zeer) lage concentraties verwijderd moeten worden, anders zal bijvoorbeeld pyrolyse-olie niet in een raffinaderij geaccepteerd worden.
Het hoge chloorgehalte is een van de belangrijkste belemmeringn bij de thermo-chemische verwerking van kunststofafval.

In tabel 3.1 wordt een overzicht gegeven van de thermische en thermochemische processen en de status hiervan.

Tabel 3.1 Overzicht en status van (thermo)chemische verwerkingsprocessen.

Proces	Bedrijf	Status
Pyrolyse	Mitsubishi Heavy Industries	Proeffabrieken die in de 70-er jaren, hoewel ze technisch redelijk functioneerden, vanwege de economische perspectieven zijn stilgelegd.
	Sanyo Electric	
	Sumitomo Heavy Industries	
	Asea Brown Boveri	Biedt een ontwerp voor een installatie voor de pyrolyse van polyolefinen aan. Voor zover bekend zijn er geen contracten afgesloten.
	Noell	Demo-installatie waarin naast gemengd afval allerlei afvalstoffen worden verwerkt.
	Fuji Recycle/Mobil	Commercieel
Hydrogenering	RWE-Entsorgung	Experimenten op laboratorium-schaal; plannen voor een installatie van 100.000 ton/jaar
	Ruhrkohle/Veba Öl	Experimenten op industriële schaal; plannen voor een installatie van 40.000 ton/jaar
Vergassen	Texaco	Biedt installatie voor de vergassing van 100 ton/dag aan
	Laubag	Experimenten/verwerking op industriële schaal

Circa 20 jaar onderzoek en ontwikkeling op het gebied van pyrolyse heeft een groot aantal technische en technologische ervaringen opgeleverd:

- de vele mechanische en werktuigkundige problemen die de installaties in de beginjaren vertoonden, blijken oplosbaar te zijn. De opgebouwde expertise is vooral te vinden bij de leveranciers van de ovens, cyclonen en andere installatie-onderdelen. De aandacht lijkt nu te verschuiven naar het reinigen van afgassen en het behandelen van vaste residuen;
- bedrijfstechnisch gesproken kunnen de draaitrommelovens, schacht-ovens en kamerovens thans behoorlijk functioneren. Wervelbed ovens zijn stilgelegd en thans nergens in bedrijf. Hieruit kan de conclusie getrokken worden dat de wervelbed technologie nog niet bedrijfsklaar is.

Terwijl pyrolyse als thermische technologie een aantal duidelijk positieve aspecten heeft, zijn de commercieel-industriële ervaringen met pyrolyse tot heden overwegend negatief. De via pyrolyse verkregen produkten hebben een relatief lage kwaliteit, waardoor ze moeilijk afzetbaar zijn. Hierdoor hebben deze produkten maar een geringe commerciële waarde.
Nadelen van pyrolyse zijn:

- de gevoeligheid van het pyrolyse-proces voor de aard van de verontreiniging in de voeding maakt de pyrolyseprodukten als chemische grondstof onaantrekkelijk. De mogelijke oplossing ligt niet zo zeer in verder procesonderzoek, maar in grotere uniformiteit en zuiverheid van de voeding;
- de toepassingsmogelijkheden van olie en gas uit gemengd kunststofafval zijn nog in studie. Het perspectief voor het toepassen van pyrolyse-olie als voeding voor een naftakraker is echter op zijn minst onzeker. Pyrolyse-olie als voeding voor nafta-krakers is nog nergens ter wereld experimenteel onderzocht en er zijn veel weerstanden bij de verantwoordelijke produktie-functionarissen te verwachten. Gunstig is dat door een tweetraps-pyrolyse de halogenen uit bijvoorbeeld PVC grotendeels van te voren zijn af te scheiden. De acceptatie van pyrolyse-produkten bij potentiële afnemers is echter nog steeds gering.

Op grond van enkele technologische aannames komt DSM tot de volgende kostenschatting van pyrolyse van kunststoffen (mixed plastics). De kosten zijn exclusief ROI (Return on Investment) en bij gratis aflevering van de voeding aan de poort.

Tabel 3.2 Geschatte kosten voor de pyrolyse van kunststofafval.

Jaarcapaciteit (ton)	Vaste kosten (ƒ/ton)	Variabele kosten (ƒ/ton)	Totale kosten (ƒ/ton)
50.000	210	70	280
100.000	190	70	260
300.000	160	70	230

De opbrengst van de pyrolyse-olie bedraagt netto 65% van de voeding. De pyrolyse-olie zou nafta-kwaliteit moeten hebben, dat wil zeggen geschikt moeten zijn als voeding voor een nafta-kraker. Bij een naftaprijs van $200 per ton, een dollarkoers van *f* 1.80 en een opbrengst van 65% levert 1 ton kunststofafval pyrolyse-olie ter waarde van 200 * 1.80 * 0.65 = *f* 234 per ton input. De daadwerkelijke waarde van pyrolyseolie ligt echter onder de waarde van nafta.

Shell heeft pyrolyse en hydrogenering economisch vergeleken. Uitgaande van 50 kton per jaar kunststof-afval levert pyrolyse 40 kton fuel oil á *f* 180/ton ($100/ton) op en hydrogenering 40 kton á *f* 300/ton ($165/ton). Hydrogenering vereist waterstofproduktie en katalyse en blijkt aanzienlijk duurder dan pyrolyse. Voor een 8% rendement op het kapitaalbeslag heeft hydrogenering een verlies van *f* 930/ton kunststof-afval ($516/ton) en pyrolyse een verlies van *f* 170/ton ($94/ton).

Overige schattingen voor de kosten van het pyrolyseren van huisvuil of kunststofafval variëren van *f* 170,- per ton tot *f* 680,- per ton. De schattingen voor de hydrogenering lopen uiteen van *f* 350,- per ton tot circa *f* 1.000,- per ton. De opbouw van deze bedragen is niet bekend.

Vanuit de Duitse industrie wordt op dit moment kritisch tegen pyrolyse aangekeken. De visie op pyrolyse wordt momenteel sterk bepaald door de ervaringen, die in Ebenhausen met het Kaminsky-proces zijn opgedaan. Niet alleen de technische problemen van de installatie, maar ook de wisselende kwaliteit en de 'vervuiling' van de pyrolyseprodukten hebben pyrolyse niet een positieve naam gegeven.

Vergassing is gericht op het verkrijgen van synthesegas (of stookgas). Dit in tegenstelling tot pyrolyse en hydrogenering die met name gericht is op het verkrijgen van vloeibare produkten. De evaluatie van diverse HTV-vergassingssystemen (Hoge Temperatuur Vergasing) op hun geschiktheid voor het vergassen van polymeer afval kan niet geschieden op basis van experimentele gegevens daarover. Uit de beschrijvingen over vergassing van allerlei afvalmateriaal kan echter worden geconcludeerd dat vergassers zonder meer puur kunststofafval zullen kunnen vergassen. Bij de CWB (Circulerend Wervel Bed) en vooral bij de entrained bed vergassers moet de voeding verkleind worden dan wel vloeibaar worden gemaakt. Ook bij de schachtvergassers dient aan de voeding veel aandacht te worden besteed om te voorkomen dat de toevoer door smelten van het kunststofafval verstopt.

Enkele vergassings-plants die in bedrijf zijn geweest, zijn om economische redenen gestopt (Funabashi, HTW in Finland). Voor zover bekend is bij VAI Oostenrijk het onderzoek om technische redenen gestopt.
Ook voor de midden-temperatuur vergassingssystemen (MTV) geldt dat de voeding als probleemgebied wordt gezien. Het is echter niet uitgesloten dat de combinatie MTV met een verglazing van de as concurrerend zal zijn met HTV, omdat de verglazing steeds goedkoper uitgevoerd kan worden. Mits eventuele voedingsproblemen zijn opgelost kan de vergassing als een algemeen toepasbaar proces worden beschouwd.

Een groot deel van de ontwikkeling van de thermo-chemische verwerking van kunststofafval richt zich op dit moment dan ook op de feedstock-preparatie. Hierbij wordt onderzocht hoe het afval in de juiste vorm en samenstelling kan worden gebracht, zodat na de thermo-chemische verwerking, verwerking in een down-stream-proces mogelijk wordt.

Tevens geldt voor de grootschalige thermo-chemische processen dat er nog vele logistieke problemen opgelost moeten worden. Dit betreft onder andere het verkrijgen van genoeg kunststofafval in de juiste vorm. De plannen die momenteel bekend zijn gaan uit van grootschalige installatie (50-100 kton/jaar of meer). Deze installaties zullen gekoppeld moeten worden aan down-stream processen waar zij hun produkten af kunnen zetten, en zijn dus beperkt in de keuzevrijheid van de vestigingsplaats. Hiervan is met name sprake als er gestreefd wordt naar de verwerking van kunststofafval tot basisgrondstoffen voor de chemische industrie.

Bijlage 4 Inzameling en verwerking van huishoudelijke kunststofafvallen

Bijlage 4 Inzameling en verwerking van huishoudelijke kunststofafvallen

In deze bijlage wordt de opwerking van gemengde stromen, afkomstig uit huishoudens beschouwd. De evaluatie van de resultaten van 2 belangrijke nationale proefprojecten 'Breda' en 'Lemsterland' geschiedt in 4.1. Bij de uitvoering van deze proefprojecten stond de gescheiden inzameling van kunststoffen in fracties centraal. Of de gescheiden inzameling van kunststoffen milieukundig en economisch bezien attractief is, wordt in 4.2 geëvalueerd. De resultaten van de door CE uitgevoerde studie 'verwijdering van huishoudelijk kunststofafval: Analyse van milieu-effecten en kosten' worden samengevat.
In 4.3 wordt het beleid met betrekking tot 'Afvalscheiding Droge Componenten (ADC)' belicht en de conclusies volgen in 4.4.

4.1 Resultaten proefprojecten Breda en Lemsterland

Proefprojecten met betrekking tot de inzameling van afval bij particuliere huishoudingen hebben vooral betrekking op de analyse van bronproblemen, zodat naar de toekomst toe minder gevoelige inzamelstructuren geïntroduceerd kunnen worden. Bij de proefprojecten Breda en Lemsterland zijn, naast inzameling, nascheiding en afzet van teruggewonnen fracties belangrijke aspecten geweest.
In Breda is een mengsel van kunststofverpakkingen, metalen verpakkingen en drankenkartons (KMD) ingezameld; in Lemsterland betrof het plastics, metalen en drankenkartons (PMD).

4.1.1 Proefproject Breda

'Het doel van het proefproject Breda[1)] is, om de in het Convenant Verpakkingen neergelegde afspraken te toetsen wat betreft haalbaarheid van de wijze van gescheiden inzameling en herverwerking van gebruikte verpakkingen. De gemeente Breda, de provincie Noord-Brabant, VROM en de SVM streven in dit verband naar het ontwikkelen van inzamel- en herverwerkingsstructuren, die er toe leiden dat een zo optimaal mogelijk deel van de gebruikte verpakkingen voor recycling beschikbaar komt. Tegen de achtergrond van deze doelstelling wensen de deelnemende partijen inzicht te krijgen in alle daarbij aan de orde zijnde aspecten, met name:
- Het realiseren van inzamelstructuren tegen aanvaardbare kosten;
- Het waarborgen van de medewerking van alle betrokken actoren die bronscheiding toepassen;
- Het doelmatig opzetten van nascheidingsprocessen voor de verwerking van gescheiden ingezamelde gebruikte verpakkingen waar nodig;

---

1) Evaluatie proef gescheiden inzameling huishoudelijke afvalstoffen Model Breda; Breda Milieu & Werk B.V.; Tilburg, 2 juni 1994.

– Het inzicht krijgen in de kwantiteit en de kwaliteit van de afgescheiden verpakkingsfracties, gericht op afzetbaarheid als grondstof in de markt.'

Zo is bij aanvang van het proefproject de doelstelling geformuleerd.

Het proefproject omvatte de toetsing van gescheiden inzameling, nascheiding en (hoogwaardige) recycling van opgewerkte verpakkingsmaterialen. De resultaten moesten aanwijzingen verschaffen voor de vraag in welke richting opschaling naar nationaal niveau het beste kan plaatsvinden, zodat in 2000 een zodanig netwerk van regionale structuren kan ontstaan, dat minimaal 60% van het materiaal van gebruikte verpakkingen kan worden hergebruikt.

Inzamelmiddelen
In de laagbouw is als volgt ingezameld:
– GFT en residu-fractie worden tegelijkertijd eenmaal per week met behulp van een tweecompartimentenvoertuig ingezameld. Beide fracties worden in een duobak apart gehouden;
– Het in een minicontainer apart gehouden droog papier/karton wordt eenmaal per vier weken ingezameld;
– Het KMD-mengsel in een transparante zak is eenmaal per twee weken ingezameld;
– Glas kan gescheiden op kleur gebracht worden naar glasbollen of triglo's.

In de hoogbouw is als volgt ingezameld:
– GFT is in minicontainers, geplaatst in cocons, apart gehouden en aangeboden;
– De residu-fractie is in rolcontainers, geplaatst in cocons, opgeslagen en vervolgens afgevoerd;
– Papier/karton wordt in rolcontainers, geplaatst in cocons, apart gehouden en aangeboden;
– Het KMD-mengsel is in transparante zakken apart gehouden en vervolgens in rolcontainers opgeslagen en aangeboden;
– Eveneens als bij de laagbouw kan glas gescheiden op kleur gebracht worden naar glasbollen of triglo's.

In de laagbouw waren de ervaringen met de verschillende inzamelsystemen, met uitzondering van de KMD-zak, goed te noemen. De tweewekelijkse inzameling van KMD-zakken is met name voor grotere gezinnen als een knelpunt gezien. Het grote volume gaf aanleiding tot de behoefte voor een hogere inzamelfrequentie. Aangezien verpakkingen erg licht zijn, bestaat voortdurend het gevaar van wegwaaien van gevulde zakken. Dit laatste kan extra overlast geven.

In de hoogbouw is het bewaren van GFT-afval en KMD-verpakkingen, gelet op de beperkte ruimte en de hygiënische omstandigheden, moeilijk. Daarentegen is de inzameling van papier/karton met verzamelcontainers wel acceptabel gebleken. Dit geldt eveneens voor glasbollen en triglo's. De logistiek in en nabij de

hoogbouw gaf nog problemen. Het brengen van verschillende fracties naar verzamelcontainers en het opstellen van de containers vroeg nog om verdergaande gewenning, respectievelijk om infrastructurele inpassingen.

Inzamelresultaten

De gescheiden inzameling in Breda heeft een herverdeling van componenten over de diverse fracties gegeven. Opvallend was verder, dat slechts 4% van het huishoudelijk afval als KMD-materiaal met de zak is ingezameld.

De respons (hoeveelheid van een specifieke component die in de juiste fractie wordt aangeboden, bijvoorbeeld papier/karton in de papier/karton-container) van verschillende fracties is in de volgende tabel gegeven.

	Laagbouw	Hoogbouw
GFT-afval	67%	36%
KMD-verpakkingen	58%	36%
Papier/karton	76%	74%
Glas	88%	81%

Voor verpakkingen is de volgende respons behaald.

	Laagbouw	Hoogbouw
Totaal verpakkingen	69%	57%
Papier/karton-verpakkingen	62%	51%
KMD-verpakkingen	58%	36%
Verpakkingsglas	88%	81%

Voor de KMD-verpakkingsmaterialen zijn de volgende responscijfers onderscheiden.

	Laagbouw	Hoogbouw
Kunststofverpakkingen	51%	32%
Ferro-verpakkingen	68%	44%
Non ferro-verpakkingen	50%	35%
Drankenkartons	79%	44%

De zuiverheid geeft aan welk deel in het totaal tot de juiste fractie behoort (op gewichtsbasis). De fractie wordt immer getypeerd door een gehalte gevraagde componenten en een gehalte verontreinigingen.

De volgende zuiverheidsgraden zijn tijdens de proef gerealiseerd.

	Laagbouw	Hoogbouw
GFT	96%	96%
KMD	66%	37%
Papier	96%	96%

Nascheiding KMD-fracties
De KMD-fracties zijn bij de VAM in Wijster nagescheiden in een mechanische scheidingsinstallatie. Het ontwerp was gebaseerd op basis van enerzijds het concentreren/afscheiden van de KMD-componenten en anderzijds het concentreren/afscheiden van de verontreinigingen.
Het systeem was zodanig ontworpen, dat een bepaald niveau van verontreinigingen opgevangen kon worden. Neemt het gehalte sterk toe, dan zullen de verontreinigingen zich voor een deel, afhankelijk van de aard, verdelen over diverse afgescheiden KMD-fracties.

In de installatie is 43% van de met de KMD-zak ingezamelde (KMD-)materialen uit de laagbouw afgescheiden als KMD-materialen. Voor de hoogbouw was dat 31%.
Deze relatief lage percentages zijn vooral veroorzaakt door het relatief hoge gehalte aan verontreinigingen. Het technische scheidingsrendement van de installatie bedroeg circa 80%.

Afzet secundaire materialen
In onderstaande figuur is aangegeven voor welke materialen een continue afzet in principe gevonden is. Kunststoffen zijn technisch wel herverwerkbaar, maar de lage prijs van de virgin materialen gaf economische knelpunten.

Materiaal	Afzet	Geen Afzet	Mogelijke toepassingen
Glas	x		Flessen/potten
Blik	x		Als schroot voor staal
Kunststoffen			
- folie 40 - 180 mm		x	
- folie > 180 mm		x	(vuilinis)zakken
- flessen/flacons		x	flessen/flacons
- overig vormvast		x	
Aluminium	x		Extrusie-, wals- en gietprodukten
Drankenkartons[1)]	x		Papier/karton
Papier/karton	x		Papier/karton

[1)] Alleen herverwerking van de vezelfractie, dus exclusief aluminium en polyetheen.

Voor alle KMD-componenten gaat op dat herverwerking in technische zin mogelijk is, maar dat de prijzen van de verkregen secundaire materialen (na inzameling en opwerking op basis van de toegepaste scheidingsregel in Breda) relatief hoog zijn.

Algemene beschouwing

Het draagvlak bij de Bredase bevolking was groot te noemen. Gemiddeld bedroeg de bereidheid om mee te blijven werken 83%. De kennis over de diverse fracties en het belang dat de burgers hechten aan gescheiden inzameling is tijdens de proef toegenomen. De lage respons en de lage zuiverheid van de aangeboden KMD-fracties geeft aan dat de inzamelbaarheid onvoldoende te noemen is. Dit geldt met name voor kunststoffen en aluminium.

In onderstaande tabel is een kostenoverzicht gegeven voor de KMD-fractie:

Omschrijving	Laagbouw	Hoogbouw	Totaal
Ingezamelde hoeveelheid (ton)	2500	700	3200
Inzameling, overslag, transport (Dfl./ton)	472	892	564
Nascheiding KMD-fractie (Dfl./ton)	297	326	303
Totaalkosten KMD (Dfl./ton)	769	1218	867

Betrokken op de herverwerkbare fracties uit de KMD-fractie geeft het volgende beeld:

Omschrijving	Laagbouw	Hoogbouw	Totaal
Herverwerkbare output (ton)	1148	229	1377
Inzameling, overslag, transport (Dfl./ton)	1029	2728	1311
Nascheiding herverwerkbare fractie (Dfl./ton)	647	996	705
Totaalkosten herverwerkbare fractie (Dfl./ton)	1676	3724	2016

Duidelijk is dat de inzameling en nascheiding van de KMD-fractie, respectievelijk van de herverwerkbare output uit de nascheiding, met hoge kosten gepaard gaat. Met name de inzameling draagt daar sterk toe bij.

Vanwege de lage respons, het hoge gehalte aan verontreinigingen, de afzetbeperkingen van de kunststoffracties en de hoge kosten van inzameling en nascheiding, biedt de aparte herverwerking van KMD-mengsels vrijwel geen perspectieven. De herverwerking van afgescheiden materiaalstromen uit deze mengsels is economisch nagenoeg niet haalbaar.
Daarom is men in Breda met de gescheiden inzameling van KMD-mengsels gestopt.

4.1.2 Proefproject Lemsterland

In de provincie Friesland, gemeente Lemsterland[1)] is men in 1990 gestart met de gescheiden inzameling van Groente-, Fruit- en Tuinafval (GFT). Wat betreft de inzamelmethode is overwegend gekozen voor twee minicontainers, één voor de GFT-fractie en één voor de restfractie, die alternerend (eenmaal per twee weken) worden geledigd. In een aantal gemeenten wordt de duobak toegepast; een minicontainer die door een schot in twee compartimenten is verdeeld.
In het Openbaar Lichaam Afvalverwijdering Friesland (OLAF), momenteel Afvalsturing Friesland NV, discussieerde men toentertijd voor verdergaande gescheiden inzameling. Medio 1990 is men met de gedachte van de toepassing van de dubbele duobak gaan spelen. Een systeem waarmee voor vier fracties bronscheiding gerealiseerd kan worden. De gemeente Lemsterland toonde zich bereid proeven binnen haar gemeentegrenzen te laten plaatsvinden. Het uitgangspunt is het streven naar een hergebruik van 65%, zoals dat in het NMP verwoord is.
Op 14 mei 1991 is het project van start gegaan.

---

1) Eindevaluatie landelijk proefproject 'De Dubbele Duobak' te Lemsterland; Fugro - Ecolyse B.V.;
NOH-rapport no. 9436; Aduard, augustus 1994.

Inzamelmiddelen

In het onderstaande overzicht is aangegeven welke hoofdfracties op welke wijze zijn ingezameld.

Hoofdfractie	Haalsysteem	Brengsysteem	Oude systeem
GFT-afval	Achterste vak van groene duobak; inzamelfrequentie eenmaal per twee weken; compostvaten met subsidie	Eventueel naar overslagstation	Vuilniszak of compostvat
Restafval	Voorste vak van groene duobak; inzamelfrequentie eenmaal per twee weken	Eventueel naar overslagstation	Vuilniszak
Droog papier/ karton	Achterste vak van grijze duobak; inzamelfrequentie eenmaal per twee weken	Eventueel naar overslagstation	Verenigingen/scholen of vuilniszak
Kunststoffen/ metalen/ dranken-kartons	Voorste vak van grijze duobak; inzamelfrequentie eenmaal per twee weken	Eventueel naar overslagstation	Twee blikbakken/ en/of vuilniszak
Glas	—	Op kleur gescheiden in 43 glasbollen (wit, bruin, groen); in buitengebied bollen voor gemengd glas (dichtheid 1 op 600 inw.)	Negen bollen voor gemengd glas (dichtheid 1 op 1100 inw.)

Over het algemeen zijn de huishoudens tevreden met de 'dubbele duobak'. De bereidheid om te participeren was duidelijk aanwezig. Daarnaast zijn een aantal fenomenen waargenomen:

- Bij het papiervak treedt er overloop op naar het PMD-vak;
- Verwaaiing van licht afval kan niet volledig voorkomen worden;
- De optimalisering van de glasinzameling geeft goede resultaten.

Inzamelresultaten

De gescheiden inzameling in Lemsterland heeft een herverdeling van componenten over de diverse fracties gegeven.
Onderstaande tabel geeft de gemiddelde respons en zuiverheid voor de verschillende fracties.

Fractie	Respons	Zuiverheid
GFT	78%	97%
Papier/karton	82%	98%
Glas	91%	93 - 98%
PMD	58%	63%

De hoeveelheid PMD-verpakkingen bedroeg 4,2% ten opzichte van de totale hoeveelheid vrijkomend afval. (Dit is vergelijkbaar met de 'Breda'-situatie: 4,0% KMD-verpakkingen in de KMD-fractie.)

Voor de verpakkingen is wat betreft de respons het volgende beeld afgeleid:

	Respons
Papier/karton	65%
Glas	91%
Drankenkartons	67%
Kunststof	60%
Ferro	75%
Non-ferro	42%

De gemiddelde respons voor de verpakkingen die met de duobak (papier/karton — PMD-materialen) zijn ingezameld, bedroeg circa 62% (exclusief glas).

Gedurende de gehele proef heeft de PMD-fractie een lage respons en een lage zuiverheid gekend.

Nascheiding PMD-fracties

De PMD-fracties uit Lemsterland zijn evenals de KMD-fracties uit Breda bij de VAM te Wijster verwerkt.

Het scheidingsrendement van de installatie bedroeg circa 85%, ondanks de geringe zuiverheid van de voeding (63%); 85% van de aangeboden PMD-hoeveelheid is ook daadwerkelijk afgescheiden.
De verontreinigingen concentreerden zich met name in de foliefractie 40 - 180 mm en de non-ferro laminaten-fractie. Daarnaast bleek handsortering ten behoeve van de zuiverheid van diverse kunststoffracties een onvermijdelijk onderdeel van de procesvoering te zijn.

Afzet secundaire materialen

De afzet van de fracties papier/karton en glas verloopt goed; er kan aangesloten worden op bestaande afzetkanalen. De kwaliteit van deze fracties is door de verwerkers als goed beoordeeld.
Het aandeel van de PMD-materialen dat structureel afgezet is, kende een stijgende tendens en bedroeg uiteindelijk circa 30%.
Voor de verschillende fracties uit de PMD-fractie zijn een aantal constateringen te maken. Indien men naar de huidige herverwerkingstechnieken kijkt, dienen de secundaire kunststoffen op soort met een hoge zuiverheid aangeboden te worden. Door toepassing van compatibilizers (onder andere de Bennet-compatibilizer) is getracht bepaalde mengsels tot hoogwaardige produkten te vervaardigen. Over het algemeen zijn de te verwerken fracties als te verontreinigd en van een te matige kwaliteit (ten opzichte van virgin materialen). Technisch haalbare routes zijn er in principe voor de foliefractie > 180 mm en de flessen/flacons-fractie. Vergeleken met virgin materialen zijn de economische perspectieven niet gunstig.

Algemene beschouwing

Uit het onderzoek in Lemsterland is geconcludeerd dat, alhoewel het systeem van de dubbele duobak duidelijk aantrekkelijke kanten heeft, het niet veel perspectieven biedt om het systeem voort te zetten. Het bereikte hergebruikspercentage (53% voor alle fracties) is te laag (ten opzichte van de aangescherpte doelstellingen voor hergebruik, geformuleerd in het NMP+). De problemen hadden met name betrekking op de inzameling en afzet van de PMD-fractie (lage inzamelrespons en een aantal fracties waren niet afzetbaar).

De volgende systeemkosten zijn geschat:

	Inzameling (Dfl./ton)	Logistiek (Dfl./ton)	Verwerking (Dfl./ton)	Totaal (Dfl./ton)
Papier/karton	279	61	27	358
PMD	549	59	297	905
Glas	103	56	45	204

Voor de PMD-fractie zijn de kosten hoog, met name de inzamelkosten. Deze worden nog duidelijk hoger, als men de kosten betrekt op de afzetbare fracties (men schat een factor 2 à 3 hoger; zie berekeningen in § 4.1.1, proefproject Breda).
Daarom is men in Lemsterland met de gescheiden inzameling van PMD-mengsels gestopt.

4.2 Milieu-effecten en kosten van de verwijdering van huishoudelijk kunststofafval

Het Centrum voor Energiebesparing en schone technologie (CE) heeft een methode ontwikkeld om de milieu-effecten en economie van afvalverwijderingsscenario's te vergelijken[1]. Zij hebben de methode getoetst voor klein huishoudelijk kunststofafval, dat in Nederland vrijkomt.
Bij de keuze van de afvalverwijderingsscenario's zijn de volgende relevante eindverwerkingstechnieken betrokken:

- Integrale verbranding met energieterugwinning in een afvalverbrandingsinstallatie (AVI); als stand der techniek werd uitgegaan van AVI Amsterdam. Alle soorten kunststofafval kunnen hierin, als onderdeel van integraal afval, worden verwerkt.
- Grondstofrecycling, volgens het proces van VEBA Oel te Bottrop (Dld.), waarbij kunststofafval omgezet wordt in een synthetische ruwe olie en energetisch gas. In dit robuuste proces kunnen vrijwel alle soorten kunststofafval gemengd worden verwerkt.
- Mechanische recycling, waarbij uit kunststofafval regranulaat of maalgoed ontstaat ten behoeve van de produktie van nieuwe plastic produkten. Maximaal 22,5% van het klein huishoudelijk kunststofafval (flessen/flacons en grote folies) blijkt hiermee in beginsel te kunnen worden verwerkt.

Er zijn vijf totaalmodellen ontwikkeld, die geanalyseerd, gewogen en geëvalueerd zijn. Deze vijf modellen zijn:

1. 'AVI'
   Dit is een referentiemodel, de praktijk in het jaar 2000 bij ongewijzigd beleid. Opzet: inzameling van kunststoffen als onderdeel van integraal restafval, verbranding in AVI met energieterugwinning in de vorm van elektriciteit en een kleiner deel warmte.
2. 'Achterafscheiding'
   Opzet: inzameling als onderdeel van integraal restafval, scheiding van kunststoffen achteraf, mechanische recycling van vooral grote folies, overige afgescheiden kunststof naar grondstofrecycling, restanten naar AVI.
3. 'Achterafscheiding + flessen'
   Opzet: als 2, echter met toevoeging van gescheiden inzameling van flessen en flacons (brengsysteem) voor mechanische recycling.
4. 'KMD'
   Opzet: gescheiden inzameling van een fractie van kunststoffen/metalen/drankenkartons (KMD-fractie; haalsysteem), nascheiding, flessen en grote folies naar mechanische recycling, overig afgescheiden kunststof naar grondstofrecycling, uitval en niet-gescheiden ingezameld materiaal naar AVI.

---

[1] Verwijdering van huishoudelijk kunststofafval: analyse van milieu-effecten en kosten; Centrum voor Energiebesparing en schone technologie, Delft, 1994.

5. 'Maximale grondstofrecycling'
   Opzet: eenvoudige gescheiden inzameling van het gehele spectrum aan kunststoffen (brengsysteem), eenvoudige nabewerking, dit totaal naar grondstofrecycling, uitval en niet-gescheiden ingezameld materiaal naar AVI.

Met betrekking tot kosten is de volgende rangorde (met oplopende kosten) gevonden:
1) model 1;
2) modellen 2, 3 5;
3) model 4.

Wat betreft milieu is de volgende rangorde (met toenemende milieu-effecten) gevonden:
1) model 3;
2) modellen 2 en 4;
3) modellen 5 en 1.

Uit de bovenstaande rangorde kunnen allereerst vergelijkende conclusies over de modellen zelf worden getrokken:
- de modellen 2 en 3 verdienen zonder meer de voorkeur boven 4 en 5;
- een eenduidige voorkeursvolgorde van model 1 ten opzichte van 2 of 3 kan niet worden gegeven: 1 geeft de laagste kosten, maar is het meest milieubelastend, 2 en 3 zijn minder milieubelastend maar duurder.

Verder is een aantal meer algemene conclusies mogelijk, over de mechanismen die de rangorde tussen de modellen bepalen. Deze kunnen behulpzaam zijn bij de doelgerichte opbouw van nieuwe verwijderingsmodellen voor het beschouwde afval.

De algemene conclusies luiden:
- De laagste milieubelasting wordt bij de verwijdering van het beschouwde afval geboekt door maximalisatie van de materiaaltoevoer naar de mechanische recycling (22,5%, met name flessen/flacons en grotere folies). De laagste kosten worden daarentegen bereikt door maximale toevoer naar de AVI.
- De grondstofrecycling naar ruwe olie- en aardgas-vervangende produkten die in de studie ook werd beschouwd levert, inclusief de noodzakelijke scheiding en voorbewerking, per saldo geen significante milieuwinst ten opzichte van de AVI. Tevens zijn de totale kosten van dit proces hoger dan van de AVI.
- Bij de afscheiding van materiaal, noodzakelijk voor zowel mechanische recycling als grondstofrecycling, concurreren de achterafscheiding uit integraal restafval en de gescheiden inzameling via brengsystemen met elkaar. Kostentechnisch en qua totaal scheidingsrendement ontlopen deze twee, op geheel verschillende principes gebaseerde, systemen elkaar weinig. Brengsystemen vergen echter een dicht net van containers op straat (1 op 400 aansluitingen) en een extra inspanning van de aanbieders: deze nadelen kent de achterafscheiding niet.
  Gescheiden inzameling door middel van haalsystemen blijkt in alle beschouwde gevallen nadeliger dan achterafscheiding c.q. brengsystemen.

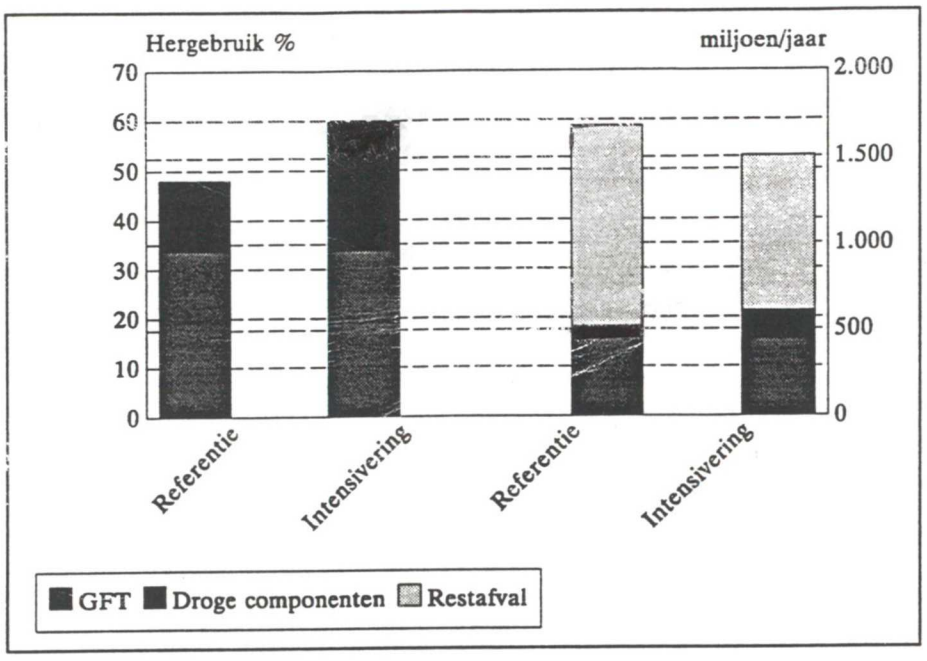
– In alle modellen (behalve uiteraard model 1) blijkt, ondanks pogingen om de toevoer naar grondstofrecycling en mechanische recycling te maximaliseren, uiteindelijk ca. 50% van het kunststofafval in de AVI verwerkt te moeten worden. Sleutelfactoren hierbij zijn de lage totale opbrengst van de achterafscheiding (45%; modellen 2 en 3), dan wel de beperkte respons bij gescheiden inzameling van kunststoffen (60%; modellen 4 en 5).

4.3 Beleid met betrekking tot 'Afvalscheiding Droge Componenten'

In het kader van 'Afvalscheiding Droge Componenten' (ADC) hebben een reeks discussies, gecoördineerd door het Afval Overleg Orgaan (AOO) in de periode 1993-1994 plaatsgevonden. Binnen het Deelprogramma Organisatie Afvalscheiding Huishoudelijk Afval (DOA-HHA) is onderzocht wat per component de meest geëigende methoden zijn voor afvalscheiding. Er is een basismodel ontwikkeld, waarop aanvullingen mogelijk zijn.

Gemeenten zullen op korte termijn de inzameling van glas (brengen), oud papier/karton (halen) en textiel (combinatie halen/brengen) dienen te intensiveren. Metalen zullen veelal achteraf uit AVI-slakken worden afgescheiden. Dit zal moeten resulteren in 60% hergebruik van het totale huishoudelijk afval in 2000. Dit voorstel is gedaan in DOA-HHA-verband[1)]. Voor kunststofafval zijn nog geen voorstellen geformuleerd.
In de volgende figuur wordt geïllustreerd dat intensivering van de huidige afvalscheiding leidt tot een stijging van het hergebruik en een daling van de totale verwijderingskosten.

1) Ontwerp Deelprogramma Organisatie Afvalscheiding Huishoudelijk Afval; Afval Overleg Orgaan; Utrecht, 16 september 1994.



Figuur 4.1 Intensivering ten opzichte van huidige afscheiding: stijging van hergebruik en daling van de totale verwijderingskosten.

Zoals uit figuur 4.1 blijkt, levert een intensivering van de afvalscheiding een stijging van het hergebruik van 48% naar 60%. Afvalscheiding van de componenten papier/ karton, glas en textiel levert een substantiële bijdrage aan het totaal te realiseren hergebruik uit huishoudelijk afval (26%). Bij een volledig gerealiseerde verbrandingscapaciteit voor huishoudelijk afval leidt de intensivering van de afvalscheiding niet tot een stijging van de totale verwijderingskosten voor huishoudelijk afval. Verder is het milieurendement groot, zijn de implementatierisico's beperkt en sluit het goed aan bij de huidige verwijderingsstructuur. Ook zal het hergebruikspercentage in de periode tot 2000 relatief snel kunnen toenemen.
Tenslotte wordt de keuze voor de afvalscheidingsmethoden van deze componenten niet beïnvloed door de afvalscheidingskeuze voor de andere componenten; het is een basismodel waarop aanvullingen mogelijk zijn. Dit geldt in principe ook voor kunststoffen.
Uit modelberekeningen in het kader van het Deelprogramma Organisatie Afvalscheiding blijkt dat de afvalscheidingsmethode waarbij kunststoffen door middel van nascheiding voorafgaand aan verbranding van het restafval (droge nascheiding) worden gehaald, het beste perspectief biedt. De kosten van het droge nascheidingsmodel zijn, in vergelijking met de intensivering van de huidige inzameling, echter relatief hoog, de benodigde technieken zijn nog in ontwikkeling en ten opzichte van de intensivering van de huidige inzameling is het extra hergebruik relatief gering.
Daarnaast is de inzameling van het herverwerkbare deel van de kunststoffen (de flacons) door middel van een brengsysteem (flaconbakken) een mogelijkheid. Ondanks een relatief geringe bijdrage aan het totale hergebruik is het milieurendement van fla-

conbakken goed en zijn de kosten beperkt. Verder zijn flaconbakken flexibel in te zetten.
Uit de modeldoorrekeningen komt naar voren dat in ieder geval niet moet worden overgegaan tot huis-aan-huisinzameling van kunststoffen (al dan niet in een mengsel).

4.4 Conclusies

De resultaten van de proefprojecten 'Breda' en 'Lemsterland' leren dat de inzamelbaarheid van de KMD-fractie respectievelijk de PMD-fractie met de geselecteerde inzamelwijzen als onvoldoende te kenschetsen is.

Zowel de respons als de zuiverheid van de desbetreffende fracties bij inzameling zijn relatief laag:

	Respons (gew.%)	Zuiverheid (gew.%)
Breda (laagbouw)	51	66
Lemsterland	58	63
Breda (hoogbouw)	32	37

Betrokken op afzetbare fracties, dus inclusief de afzetbare kunststoffen, zijn de inzamelkosten relatief hoog. De benodigde afscheiding van de hoge gehaltes aan verontreinigingen en niet afzetbare componenten (kunststoffracties) geeft een duidelijke stijging van de nascheidingskosten. Mede gelet op deze aspecten wordt mengselinzameling met nascheiding als niet perspectiefrijk beoordeeld.
Deze conclusie wordt nog versterkt door de resultaten van de aangehaalde studie in 4.2; verwijdering van huishoudelijk kunststofafval: analyse van milieu-effecten en kosten. Het in deze studie genoemde aandeel van mechanische recycling van maximaal 22,5% wordt reëel geacht. Dit zou gerealiseerd kunnen worden door middel van brengsystemen (1 op 400 aansluitingen) voor flessen/flacons en/of mechanische nascheiding van de fracties 'flessen/flacons' en draagtassen (> 180 mm) uit de restfractie.
Het beleid (zie 4.3) anticipeert hierop maar komt nog niet tot een eenduidige uitspraak met betrekking tot kunststofinzameling en -verwerking. In principe zijn er mogelijkheden om met aparte systemen aan te sluiten bij de basisoptie, het geïntensiveerd gescheiden inzamelen van GFT (haalsysteem), papier/karton (haalsysteem) en glas (brengsysteem). Op grond van de huidige inzichten zal hooguit een brengsysteem voor kunststofflessen/flacons haalbaar zijn. Het accent zal liggen op de eventuele nascheiding van kunststoffracties (flessen/flacons en draagtassen) uit de restfractie.

Bijlage 5 Overzicht technologieën voor de recycling van kunststofafval

Bijlage 5 Overzicht technologieën voor de recycling van kunststofafval

In de volgende tabel wordt een breed overzicht gegeven van momenteel beschikbare technologieën/processen voor het herverwerken van kunststofafval. De focus ligt hierbij op systeemoplossingen.
Naast de summiere informatie in de tabel is uitgebreide en zeer specifieke informatie beschikbaar met betrekking tot diverse relevante aspecten per proces zoals onder andere energie- en water verbruik, afvalstromen en emissies, toleranties ten aanzien van ingaande stromen, specifieke kosten per processtap, etc. (De mate van detaillering van de informatie is per lijn zeer uiteenlopend.)

Proces	Omschrijving	Aard en oorsprong van stromen	Track rate	Kosten[1] (respectievelijk totale investering/bedrijfskosten per jaar, bij 5000 t/a)
1. AKW Apparaten & Verfahren (D)	verkleinen, wassen, scheiden (mechanisch-fysisch), extrusie, granulering (ca 5.700 t/a)	(verontreinigd) PE, PP uit huishoudelijk afval, automotive	Blumenrod (niet meer in bedrijf?), diverse ontwikkelingen	(DM 11 M / DM 2.7 per jaar) Ca. 0.55 NLG/kg
2. Amut (It)	verkleinen, voorbehandeling, dubbel-schroefsextrusie Capaciteit 500 kg/hr.	PE-gecoat papier (40% PE, 60% papier.)	10 plants operationeel in Europa	
3. a. Andritz b. Entec(D)	verkleinen, wassen, scheiden (mechanisch-fysisch), extrusie, granulering	Folien, evt. mengsels folie / harde delen. LDPE, evt. PVC, PET	Entec kocht in 1990 Andritz technologie op. F.a. Relatex Wilsom (Gratz), Wildon, Himberg	(DM 6.5 M / DM 2.3 M per jaar) Ca. 0.51 NLG/kg
4. ART (Advanced Recycling Technology)(B)	(verkleinen), Extrusie (ET/1) en directe vormgeving (moulding) (MT/1) in toepassingen.	gemengd huishoudelijk kunststofafval	claimen grote afzet van technologie (ET/1), o.a. Recoplast (I, 1.000 ton/j), Coges (I, 1.000 ton/j) en PWR/De Vries Recycling (NI).	
5. Boa	scheiden (mechanisch fysisch)	HH en KWD afval	meerdere installaties in bedrijf in Nederland en Europa, bestellingen o.a. uit VS	
6. B.u.B	verkleinen, wassen, scheiden (mechanisch-fysisch)	verontreinigd (HH) afval, PE		(DM 2.5 M / DM 2.3 M per jaar[2]) Ca. 0.47 NLG/jaar[2]
7. Cadauta (I)	verkleinen, homogeniseren, extrusie, nogmaals verkleinen en her-extruderen. Produkten o.a. tegels, profielen.	Gemengd industrieel afval (zonder PVC)	nog geen lopende externe installaties, verkocht naar Tsjechië, Columbia	(DM 5.6-6.0 M / DM 2.1 per jaar) Ca. 0.54 NLG/kg (Ca. 0.99 NLG/kg[2])
8. Cookson Pennaroya Plastiques (F)	Cookson proces.	PP accubakken (5000 t/a)	zowel in Engeland als Frankrijk meerdere installaties in bedrijf (Cookson en dochters)	
9. Sochital (I) (Cosint)	Cosint systeem; frictie-wringer, cilinder met gaten (doorgeperst), opnieuw verkleinen en extruderen.	Folie en vezels van PE, PET, PA.		

Proces	Omschrijving	Aard en oorsprong van stromen	Track rate	Kosten[1] (respectievelijk totale investering/bedrijfskosten per jaar, bij 5000 t/a)
10. DPI	Gemodificeerde Sorema technologie; 2 lijnen ± 10.000 ton/j	folies L+T, KWD, distributie; hoofdzakelijk PE	onderdeel Wavin Re-Use	
11. Ecoplast (B)	verkleinen, wassen, scheiden, extrusie (Patfoort extruder).	PVC flessen, PE zakken		
12. Erema (A)	Agglomeratie, regranulering (extrusie) met zeef.		vaak onderdeel van complete systemen (**Greiner, Refakt?**)	
13. Greiner & Söhne (A)	verkleinen en agglomereren gesorteerde kunststoffen, extrusie, vormen delen	alle (gemengde) verpakkingsmaterialen (incl. folies)	één installatie (voor 'harde' delen) verkocht	(DM 11.4 M (@ 5000 t/a) / DM 3.4 M/jaar) Ca. 0.77 NLG/kg (1.47 NLG/kg[2])
14. Herbold (D)	verkleinen, wassen, scheiden (mechanisch-fysisch)	verontreinigd afval, PE		
15. Hermann Berstorrf (D)	verkleinen, wassen, scheiden (mechanisch-fysisch), extrusie, smeltfiltratie, regranulering, vorming produkten	o.a. vuil gemengd HH kunststofafval (1000 kg/uur)	nog niet verkocht	(DM 5.3 M / DM 1.7 M per jaar) Ca. 0.43 NLG/kg
16. Hoechst AG				
17. Lankhorst (NL)	Klobbie extruder.		Superwood (Ierland, failliet), andere landen.	
18. Micronyl	via drijf/zink scheiden PVC/PET fractie van polyolefinen en vuil, vervolgens scheiden PVC en PET door verpulveren (microniseren) en scheiden op korrelgrootte.	flessenfracties HH afval (bottle-banks) Ca. 3300 t/a	o.a. in Frankrijk operationeel i.o.v. Solvay, PVC fractie t.b.v. coëxtrusie buis Draka Polva (Nl)	(DM 1.7 M / DM 2.3 M per jaar[2]) Ca. 0.83 NLG/kg[2]
19. Plast-machines Gelderland (D)	Agglomeratie, (granulering (extrusie)), spuitgieten	Folies, dunwandige produkten (ca 5.000 t/a)	Ca. 250 combi's agglomeratie/ spuitgietmachine verkocht?	(DM 3.3M / DM 1.7 M per jaar) Ca. 0.40 NLG/kg
20. Real (D)	Verkleinen, scheiden, agglomereren, extrusie en vorming van (houtvervangende) delen	Gemengd HH afval	10 installaties in Duitsland (?)	(DM 8 M / DM 2.4 M per jaar) Ca. 0.64 NLG/kg

Proces	Omschrijving	Aard en oorsprong van stromen	Track rate	Kosten[1] (respectievelijk totale investering/bedrijfskosten per jaar, bij 5000 t/a)
21. a. Recyco-plast (D)	verkleinen, verwerken (mengsels polyolefinen en vulstoffen)	Mengsels HH, KWD; 60 - 80% polyolefinen als basis	Recycoplast, Remaplan (D, 5.000 ton/j), Repak (Zweden), Staufen Foliën (D, 2.000 ton/j), LUFT (D, plaat + geluidswallen).), Ook verder ontwikkeld door Wormser Kunststoff Recycling (D) (vervaardiging delen)	(DM 7 M / DM 2.4 M per jaar) Ca. 0.50 NLG/kg
b. WKR (D)	extrusie, vormen van produkten			
22. Recymat (B)	(cryogeen microniseren)			
23. Refakt Anlagenbau (D) (onderdeel Herbold groep)	verkleinen (guillotineschaar, Herbold shredder), wassen, sorteren (evt. combinatie met Erema extruder)	Voorgesorteerde folies, harde produkten , PE, PP	14 installaties geleverd, o.a. Cabot, Nordenia, Wavin TWP.	(Voor totale lijn inclusief extruder: DM 5.2 M, 1.7 M per jaar) Ca. 0.39 NLG/kg
24. Reinbold	verkleinen, wassen, scheiden (mechanisch-fysisch), extrusie, granulering	gemengd afval		(DM 5.2 M / DM 4.3 - 5.0 M per jaar)[3]
25. Reiffenhauser	Regeneratiesysteem; scheiding en reiniging, extrusie met smeltfiltratie	(verontreinigd) PE (folies)		
26. Rekuma (Swi)	verkleinen, extrusie, filmblazen	PE folies (mono)		
27. Remaplan (D)	verkleinen, extrusie-spuit/pers techniek (vgl. 'blob' moulding)	PE, PP, PA, laminaten, folies (ca 4.500 t/a)	3 lijnen in Duitsland (waarvan 2 van Remaplan)	(DM 13.8 M / DM 3.8 M per jaar) ca. 0.95 NLG/kg
28. Reko / Retech (NL)	(Aangepaste Sorema technologie)	Industrieel, KWD, experimenteel HH stromen		Voor PET: (DM 5.6 M / DM 4.0 M per jaar[2] Ca. 0.97 NLG/kg[2]
29. Replast A/S (Dk)	Verkleinen, scheiden, extrusie (granulering)	gemengd afval, LDPE		(DM 5.3 M / DM 5.1 - 5.9 M per jaar[3]
30. Reprise DSR 2000	Verkleinen, scheiden	Gemengd flessen afval		(DM 4.3 M / DM 3.6 M per jaar[2] Ca. 1.02 NLG/kg[2]
31. Reval (I)	MSB Systeem, vgl. met Lankhorst / Klobby systeem. Produkten: profielen, buizen, platen			

Proces	Omschrijving	Aard en oorsprong van stromen	Track rate	Kosten[1] (respectievelijk totale investering/bedrijfskosten per jaar, bij 5000 t/a)
32. Sikoplast Machinebau Heinrich Koch (D)	Agglomereren, regranuleren, extrusie (samenwerking met Kuhne Anlagenbau)			(DM 2.4 M / DM 4.2 - 4.9 M per jaar[3] (eigen opgave Sikoplast: DM 2 M per jaar)
33. a. Sorain Cecchini (I) b. Hutec (D) (licensie)	Verkleinen, reinigen, extrusie (granulering) (Ca. 5000 t/a)	1. Gesorteerde folies 2. PE, PP, Harde produkten	Ca. 6 lijnen, in Italie, en 1in Noorwegen	(DM 10. 4 M / DM 3.1 M per jaar) Ca. 0.70 NLG/kg
34. Sorema		PET, HDPE, PS, etc., monostromen		
35. Thyssen Henschel (D)	Verkleinen, scheiding, regranulering	Gesorteerde vervuilde gemengde folies, harde produkten, HH afval, PE,PP, PS, PVC. (Ca. 5000 t/a)	Grootschalig praktikum. Lijn in Bulgarije.	(DM 8.1 M / 2.6 M per jaar) Ca. 0.68 NLG/kg
36. Twaylen-Patent-verwertung (D)	Vermalen, high-shear agglomeratie, pellettisering.	Papier/Kunststof-mengsel (melkpakken)		
37. Zimmer AG	Meerdere herverwerkingssystemen	- PET flessen - PA, PET vezels -		

1) Gebaseerd op FKuR methode
2) Alternatieve accounting methode, volgend Chem Systems. Typische veronderstelde kapitaalsinvestering is lager dan voor FKuR, de operationele kosten zijn echter hoger doordat de lagere afschrijvingsdruk meer dan gecompenseerd wordt door veel hogere aannames m.b.t. personeelskosten wegens het mee-betrekken van diverse overhead (staf). Deze aanname is met name in geval van een stand-alone operatie gerechtvaardigd.
3) Informatie Reinbold, alternatieve accounting methode

Bijlage 6 Trends in KWDI-sector

Bijlage 6 Trends in KWDI-sector

6.1 Ontwikkelingen

In de KWDI-sector wordt reeds een belangrijk deel van de toegepaste kunststoffen hergebruikt. Te noemen zijn:
- omtrek- en transportfoliën;
- zakken voor industriële grondstoffen;
- kratten;
- koffiebekers;
- landbouwfoliën;
- pijpleidingen uit de grond-, weg- en waterbouw.

Ten behoeve hiervan zijn toegespitste inzamelstructuren opgezet.

Voor het gebied 'verpakkingen' kunnen een aantal algemene ontwikkelingen worden onderkend, waarin ook KWD/I-specifieke ontwikkelingen onderscheiden kunnen worden.
In de eerste groep valt de trend naar lichtere verpakkingen, een vermindering van verpakkingsmateriaal, en een beter rekening houden met hergebruiksmogelijkheden door design optimalisering, die leiden tot een duidelijke afname van de aangeboden hoeveelheden afval. Ondanks de groeiende economie en de doorgaande produkt–diversificatie lijken de doelstellingen ten aanzien van preventie, zoals vastgelegd binnen het Convenant Verpakkingen, redelijk op schema te liggen. Overigens is het beeld ten aanzien van hergebruik van verpakkingsafval minder positief. Met name het percentage herverwerkt kunststofafval (ca. 9% van het kunststofafvalaanbod in 1993) blijft duidelijk achter bij de doelstelling (op 31 december 1995 minimaal 50% herverwerking van alle flessen en flacons en de verpakkingsfolie uit de KWDI sector). In 1996 zal zoals het er nu naar uitziet het huidige verpakkingsconvenant worden vervangen.

Het aandeel van bepaalde kunststoffen, met name PVC, in het afval is sterk teruggelopen. Dit neemt echter niet weg dat de diversiteit van de hoeveelheid toegepaste kunststoffen eerder toe dan afneemt. Dit hangt vooral samen met een voortschrijdende technologische verbetering van (de functionaliteit) van verpakkingen en de noodzakelijke 'tailoring' van de gebruikte kunststof. Een sprekend voorbeeld is de (niet KWDI specifieke) PET frisdrank-fles. Nadat in de jaren '80 PET een sterke entree heeft gemaakt, ziet men momenteel ontwikkelingen in een overigens sterk groeiende markt van flessen op basis van PEN (PET/PEN blends) en PC.
Daarnaast leidt ook de trend om van eenmalige naar meermalige verpakkingen om te schakelen vaak tot het gebruik van andere materialen.

Meer specifiek voor KWDI afval zijn de volgende ontwikkelingen zichtbaar:

- Het marktsegment distributie en industriële verpakkingen is volop in beweging, waarbij meermalige systemen (kratten, bakken, pallets) grote aandacht krijgen ten koste van eenmalige verpakkingssystemen.
- Er is een sprake van toenemend gebruik van kunststoffen in KWDI emballage toepassingen zoals vaten, kratten, containers en pallets. De kunststof pallet is een nog jong produkt dat ondertussen een beperkt marktaandeel veroverd heeft, onder meer in de vleessector waar kunststofpallets zijn voorgeschreven wegens hygiëne eisen. Kunststofkratten zoals het groente- en fruitfust, het 'verskrat', hebben in bepaalde mate kartonnen dozen vervangen, mede in het kader van de overgang van eenmalige naar meermalige verpakkingen.
- Er is een duidelijke afname van het gebruik van EPS zichtbaar, vooral ten gunste van PP alternatieven.
- Er is een duidelijke toename van meermalige verpakkingen zichtbaar, specifiek in de KWDI sector wordt momenteel naar schatting tussen de 80 en 100 kton aan herbruikbare verpakkingen op de markt gebracht.
- Er is een duidelijke toename van gebruik van kunststoffen bij verpakking van gevaarlijke stoffen, waardoor bijvoorbeeld de problematiek van migratie van deze stoffen in de kunststoffen duidelijk aan belang toeneemt.
  Een belangrijke ontwikkeling in de chemische industrie is het streven naar meer efficiency door grotere hoeveelheden chemicaliën te vervoeren in Intermediate Bulk Containers (IBC). De IBC is een verpakking die ontwikkeld is voor mechanische verplaatsing van maximaal 3000 liter. Een IBC is bestand tegen zowel interne als externe invloeden die ontstaan tijdens transport en opslag. IBC's vullen het gat tussen kleinverpakkingen en bulktransport in silowagens. IBC's worden toegepast voor zowel gevaarlijke als niet-gevaarlijke stoffen.
  Een nieuwe ontwikkeling is de 'Repaltainer', een 1000 liter samengestelde multitrip IBC van Mauser, UN-goedgekeurd voor verpakkingsgroepen II en III. De pallet en de deksel van deze IBC zijn gemaakt van herverwerkt HDPE, dat afkomstig is van andere gebruikte industriële verpakkingen (cans en vaten). De container zelf is vervaardigd van hoogmoleculair HDPE en zodanig ontworpen dat hij gemakkelijk gereconditioneerd en schoongemaakt kan worden. Een Un gekeurde IBC kan vijf jaar lang na de produktiedatum worden ingezet volgens de internationale transportregels betreffende het vervoer van gevaarlijke stoffen. Als de voorgeschreven vijf jaar verstreken zijn kan de container worden ingezet voor opslag en transport van ongevaarlijke stoffen of in zijn geheel worden herverwerkt. Alle andere kunststofonderdelen kunnen na afdanken worden vermalen en bijvoorbeeld worden gebruikt bij de produktie van nieuwe IBC pallets!
  Om het hergebruik van kunststof in UN goedgekeurde vaten voor gevaarlijke stoffen mogelijk te maken vindt op dit moment discussie plaats om de regelgeving zodanig aan te passen dat dit hergebruik mogelijk wordt.
  Een ander positief initiatief van de chemiehandel is een in 1994 gestarte campagne om het werken met retouremballage te bevorderen. Dat de

campagne retouremballage een succes is mag blijken uit het feit dat begin '95 al op bijna 50% van **alle** verpakkingen in de chemiehandel statiegeld geheven wordt, terwijl het percentage voor **kunststof** vaten aanzienlijk hoger ligt.
- Hoewel er recent een afname aanbod aan KWDI kunststof-emballageafval zichtbaar is lijkt er nog geen sprake van een duidelijk doorzettende trend.
- Parallel aan lopende maatschappelijke ontwikkelingen is er ook in de KWDI sector sprake van een toenemend hergebruik van kunststoffen, waarbij vooral gedacht moet worden aan retour-emmers in de bouwsector, hoezen en zakken (produkthergebruik voor verpakken afval), EPS verpakkingen (Synbra plant Etten-Leur, capaciteit circa 2000 t/a).
  Enkele jaren geleden zijn onder meer initiatieven gestart op het gebied van verfverpakkingen (VNVF; Leto, inmiddels gestopt) terwijl een initiatief richting veilingafval wordt overwogen.

Vaak gaat een veranderende opstelling ten aanzien van hergebruik gepaard aan de introductie van geheel nieuwe verpakkingsconcepten. Voorbeelden hiervan zijn onder andere het gebruik van meermalige distributieverpakkingen, palletpools op basis van meermalige pallets (eventueel op basis regranulaat), en het gebruik van gerecyclede filmverpakkingen als hoezen en zakken.

6.2 Vrijkomen en hergebruik KWDI-afvallen

In tabel 6.1 (a en b) wordt een algemeen overzicht gegeven van de huidige omvang van de kunststofrecycling in Nederland, zoveel mogelijk betrokken op KWDI afvallen. Het is duidelijk dat verschillende bronnen elkaar tegenspreken, waarbij overigens de gegevens voor 1993 en 1994 redelijk met elkaar in overeenstemming lijken te zijn.
Er is getracht een beeld te schetsen van het aanbod aan kunststofafval vanuit de KWDI sector. Hoewel er gegevens uit meerdere onderzoeken ter beschikking staan blijkt interpretatie hiervan vaak lastig. Dit heeft te maken met verschillende invalshoeken en afbakeningen van de studies, maar ook het gebrek aan eenduidigheid van de resultaten spelen een rol.
In combinatie met zeer recente gegevens van Heidemij [14] komt het volgende beeld naar voren:
- Er komt jaarlijks naar schatting 220 tot 250 kton KWDI kunststofemballageafval vrij waarvan 140-150 kton KWD afval en 70 tot 100 ton I afval. De exacte omvang is mede afhankelijk van definities, bijvoorbeeld onder welk segment men kantoren indeelt, en het al dan niet meetellen van ziekenhuizen.
- Folies vormen de grootste fractie, minimaal 75%.
- Kleinere fracties zijn HDPE flessen en vaten (minder dan 10%) en PP emmers (minder dan 10%).

- Er wordt momenteel ca. 88 ton (36%) van de KWDI kunststofemballageafvalstroom herverwerkt. De fractie herverwerkt materiaal is ruimschoots groter voor KWD afval (46%) dan voor I afval (21%).
- Herverwerking vindt momenteel nog voornamelijk plaats voor grote folies en flessen/flacons.

Tabel 6.1a Overzicht bestaande recycling inspanningen voor uit Nederland afkomstig kunststofafval.

(NFK) 1993	Hoeveelheid gerecycleerd materiaal (Kton/jaar)		
	KWDI		Totaal (alle afval)
KWD totaal	11	LDPE	56
Industrie totaal	47	LLDPE	4
		HDPE	8
		PP	11
		PVC	3
		PS	9
		PET	7

Bron: [1]

Tabel 6.2b Overzicht recycling inspanningen voor KWDI kunststof verpakkingsafval. Alle gegevens, tenzij anders vermeld, in kton.

	1992 (SVM)		1992 (RIVM)		1993 (RIVM, (CE/AA-O)		1993/4 (Heidemij/ VMK)	
	Totaal afval	Herver-werking	Totaal afval	Herver-werking	Totaal afval	Herver-werking	Totaal afval	Herver-werking
KWD			179	28-67 (16-37%)	147	31 (21%)	146	67 (46%)
I	59 (incl. distributie)	36 (61%)	80	21 (26%)	69	15 (22%)	101	21 (21%)
(overig)							20	0
Totaal			259	49-99	216	46	25	88

Bron: [10], [12], [13], [11], [14], [16]

6.3 Situaties voor produkties

Folies (ca. 180-200 kton)
Folies maken het leeuwendeel van het aangeboden KWDI afval uit. Naar aard betreft het hier vnl. LDPE. De fractie HDPE, LLDPE en PP folies maakt slechts ca. een kwart van het totaal uit.
Naar oorsprong zijn de folies uit vrijwel alle te onderscheiden sectoren afkomstig. Naar omvang significante bijdragen komen van de KWDI sectoren Handel (Food en Non-food, inclusief grootwinkelbedrijven, distributiecentra), Kantoren, Ziekenhuizen, Voedings- en genotmiddelenindustrie, de Bouwnijverheid en de metaal/elektro sector.

Albert Hein heeft enkele jaren geleden een studie laten uitvoeren naar modellen voor gescheiden inzameling van LDPE folie in haar filialen en distributiecentra. Geconcludeerd werd dat gescheiden inzameling van LDPE folie rendabel is en baten oplevert van ongeveer *f* 100,- à 400,- per ton, afhankelijk van het gekozen inzamelings- en verwerkingsmodel. Vervolgens heeft AH een inzamelingsmodel opgezet dat in een later stadium is opgeschaald tot andere bedrijven in de food-sector. Medio '94 bleek de belangstelling voor de folie inzameling laag te zijn, onder meer vanwege de lage grondstofprijzen voor virgin materiaal.

De stichting Knapzak is begonnen met de landelijke inzameling van folie uit bouwafval. Jaarlijks komt ruim 4 miljoen ton bouwafval vrij op de Nederlandse bouwplaats. Het merendeel daarvan (ruim 90%) is puin en steenachtig materiaal. Kunststoffen nemen 26.000 ton voor hun rekening, waarvan 60%-70% verpakkingsfolie. De stichting Knapzak stelt 400-liter zakken beschikbaar waarin de folie op de bouwplaats gescheiden kan worden ingezameld. Via de afvaltransporteur en het sorteerbedrijf wordt het afval gratis aangeboden aan de recyclingbedrijven. De stichting wil in 1995 minstens 2000 ton (12 tot 15% van het totale verbruik in deze sector) kunststoffolie aan het reguliere bouw- en sloopafval onttrekken.

Vaten (ca. 20 kton) en **flessen**
Vaten (eventueel ook flessen voor kleine hoeveelheden) worden vervaardigd in HDPE. Vaten worden voornamelijk toegepast in de voedings- en genotmiddelen–industrie en de chemie. In deze laatste industrie is sprake van een duidelijk toenemend gebruik.

Emmers (ca. 15 - 20 kton)
Emmers worden vervaardigd in PP. Ze worden voornamelijk toegepast in de Horeca- en cateringsector, de Voedings- en genotmiddelenindustrie en de Bouwnijverheid.

6.4 Voorbeeld cateringafvallen

In de cateringbranche wordt veelvuldig gebruik gemaakt van eenmalig bestek en serviesgoed. Dit is veelal vervaardigd uit één bepaald type kunststof: polystyreen (PS). Volgens schattingen kwamen er in 1987 al ca. 14.000-16.000 ton per jaar PS-produkten in het afvalstadium vrij, waarvan ca. 10.000-12.000 ton koffiebekertjes en ca. 4.000 ton bordjes, schaaltjes, bakjes etc. [17]. In de betreffende studie is uitgerekend dat in 1986 450 ton aan PS bestekdelen en serviesgoed op de luchthaven Schiphol vrijkwam. Dit materiaal is na reiniging zeer geschikt gebleken voor herverwerking via de smelt. Als granulaat kan het zowel tot spuitgietprodukten als tot folie worden verwerkt.
Eveneens is in de studie aangegeven dat belangrijke andere bronnen, zoals de Koninklijke Jaarbeurs Utrecht en McDonalds, vergelijkbare afvallen produceren.

Een andere bron spreekt over een jaarlijkse produktie van ongeveer 15.000-18.000 ton polystyreen servies [18]. In onderstaande tabel is een opsplitsing naar functiegroepen gegeven.

Artikel	(%)
Koffiebekers	61
Borden, soepkommen	11
Messen, lepels, vorken	7
Fritesbakjes	14
Transparante frisdrankbekers	2
Roerstaafjes	5
Totaal	100

Van de koffiebekers komt ca. 60% respectievelijk 10% terecht bij exploitanten van koffie-automaten respectievelijk cateringbedrijven. Dit komt overeen met ca. 5490 - 6590 ton respectievelijk 915 - 1100 ton/j.
De rest vindt zijn afzet bij grossiers en groothandel. De kleine horeca (cafetaria's, snackbars), als gedefinieerde onder de Horecaf Nederland, verbruikt ca. 15% van de totale hoeveelheid koffiebekers.

Later (1992/1993) heeft de grootste contractcateraar van Nederland het idee om kunststofverpakkingen te gaan recyclen weer opgepakt. Uitgangspunt daarbij vormt de hoeveelheid vrijkomend afval, zoals weergegeven in tabel 6.1 [19].
Ruim 30% van de totale hoeveelheid afval echter bestaat uit PS disposable drinkbekers.

Tabel 6.3 Overzicht van de totale jaarlijkse hoeveelheid afval binnen de bedrijfsrestaurants van Van Hecke Catering, berekend vanuit verkoopcijfers.

Metalen (blik)		
- conserven	122,5	1
- fris	87	<1
Glas	250	2
Kunststof		
- disposable drinkbekers	3.520	33
- rest disposables en verpakkingen	2.800	26
- laminaten[1)]	52	<1
Papier/karton	1.050	10
Voedselresten	1.487	14
Oliën en vetten	1.400	13
Totaal op jaarbasis	10.768,5	100

1) Van Hecke rekent de volgende verpakkingsvormen onder laminaten:
- vruchtesappakken/zuivelkartons;
- melkpoeder- en cacaopoederzakjes;
- vleeswaren- en kaasverpakkingen;
- dessertverpakkingen met aluminiumdeksel, boterkuipjes, melkbekertjes en aanverwante artikelen.

Om afvalscheiding aan de bron voor de gebruikers van de bedrijfsrestaurants mogelijk te maken is in opdracht van Van Hecke een afruimmeubel ontworpen, waarin 6 aparte vakken zijn opgenomen. In deze compartimenten zullen de volgende fracties worden ingezameld:

1. voedingsresten;
2. papier/karton;
3. glas;
4. blik;
5. kunststoffen;
6. residuefractie.

De kunststoffractie betreft in het algemeen wit (onbedrukt) polystyreen, polyetheen (HDPE) flessen en transparante polyetheen (LDPE) foliën. De laatste 2 fracties komen echter vooral in de keukens vrij, zodat in de bedrijfsrestaurants zelf het kunststoffencompartiment hoofdzakelijk wit polystyreen zal bevatten. De kunststofmaterialen worden herverwerkt. Wit polystyreen wordt onder andere door Ragaplast in Weert verwerkt.
Een meer recentere analyse van het afval in 1994 geeft voor Van Hecke het beeld zoals weergegeven in tabel 6.2. Bij de 13 leden aangesloten bij de Vereniging Nederlandse Cateringorganisaties komt ca. 2,5 maal zoveel afval vrij.

Tabel 6.4 Hoeveelheid afval, vrijkomend bij 950 vestigingen van Van Hecke Catering (november 1994).

	Hoeveelheid	
	Categorie	ton/j
Voedingsresten	2.000	18,6
Papier/karton	5.083	47,3
Glas	720	6,7
Blik	480	4,5
Polystyreen	160	1,5
Restafval	2307	21,5
	10.750	

Bij de Veneca-bedrijven komt jaarlijks ca. 400 ton polystyreen vrij. De Veneca heeft de intentie verpakkingen die nu als disposables worden behandeld, voor hergebruik geschikt te maken. Zo zamelt de disposables/automatenbranche reeds ruim 2 jaar bekers in onder de naam 'Retour'. Zodoende wordt momenteel ca. 20% van de in Nederland gebruikte bekers ingezameld en gerecycled.

Gezien de getoonde interesse en activiteiten is het duidelijk dat de gescheiden inzameling van kunststofmengsels (met name wit PS, HDPE en LDPE), scheiding en opwerking ervan, opgepakt kan worden (en reeds ten dele in de praktijk uitgevoerd wordt).

6.5 Literatuurbronnen

[1] Kunststofrecycling 1993, Inzameling en herverwerking Materiaalstromen in kaart, NFK, oktober 1994

[2] Sorteeranalyses met bedrijfsafvalstoffen, K. Oh, A. Cornelissen, RIVM, september 1990

[3] Traceren kunststofafvalstromen die vrijkomen bij diverse bedrijfstakken, F. Hagerop van Eijs, e.a., TNO rapport 191/'89, mei 1989

[4] Analyse document, deelproject Kunststof Verpakkingen, bureau B&G, juni 1990

[5] Kunststofverpakkingen bij de produktie en de distributie van industriële grondstoffen en halffabrikaten, A. Hug, TNO rapport 88.1072, april 1988

[6] IvV rapport 88.1072, april 1988

[7] Sorteeranalyses bedrijfsafval, TNO-KRI rapport voor ROTEB, juli 1991

[8] Position papers SVM inzake Verpakkingen en Milieu, 1993

[9] Milieu-aktieplan kunststofverpakkingen, VMK (PE40/94/EG/19-05-94), mei 1994

[10] Analyse verpakkingsafval in 1993 (monitoring convenant analyses), A. Hanemeijer, J. Joosten, RIVM, juli 1994

[11] Eindrapport Werkgroep Industriele Verpakkingen, SVM, 1994

[12] Monitoring convenant verpakkingen - deelrapportage outputanalyses verpakkingsafval 1991/1992, A. Hanemeijer, e.a., augustus 1993

[13] CO2 en afvalbeleid, K. Oh, e.a., RIVM rapport 776201007, maart 1994

[14] Rapportage Projekt intensivering verwijdering en herverwerking kunststofverpakkingsafval KWDI sector in Nederland; analyse en bevindingen, Heidemij Advies, april 1995

[15] Knelpunten bij detailhandel en overheid in de inzamelstructuur van winkelafval, W. Vogelesang, Hoofdbedrijfsschap Detailhandel, mei 1995

[16] Kunststofafval KWD, (concept notitie t.b.v. AOO), J.Vroonhof, M. Knol, CE, oktober 1994

[17] J. de Groot, F. Hagerop van Eijs; Herverwerken van kunststoffen, aanwezig in cateringafval; Centrum voor Polymere Materialen TNO, Delft, rapport nr. 8/'89, februari 1989.

[18] Weggooien of afwassen? Een vergelijking van de milieubelasting van servies van polystyreen, papier/karton en porselein; studie uitgevoerd door Tauw Infra Consult B.V. in opdracht van VROM; Deventer 1991.

[19] Bevordering van hergebruik en terugdringing van kunststofverpakkingsmateriaal binnen de contract cateringbranche; in het kader van Nationaal Onderzoekprogramma Hergebruik van afvalstoffen (NOH) nr. 9252, TNO-Milieu en Energie Apeldoorn, ref.nr. 92-185, mei 1992.

Bijlage 7 Demonstratieprojecten KWDI-sector

Bijlage 7 Demonstratieprojecten KWDI-sector

Materiaalrecycling komt pas daadwerkelijk van de grond als de keten gesloten kan worden en alle partijen aan het project deelnemen: de producenten van de materialen, de gebruikers van de materialen, de inzamelaars van het afval, de verwerkers van het afval, de produktontwikkelaars die uit het gerecyclede materiaal nieuwe produkten ontwikkelen en de producenten van deze produkten. Om de kringloop te sluiten is het gewenst dat de nieuw ontwikkelde produkten weer voor hetzelfde doel ingezet kunnen worden. Is dat niet mogelijk dan moet een toepassing buiten de keten worden gevonden (cascade-principe). De afzet van produkten uit secundaire kunststoffen is hierbij van eminent belang omdat dit de motor van de kringloop of cascade zal zijn. De afzetmarkt van de produkten zal sterk afhankelijk zijn van de inzamelstructuur en de scheidings- en upgradingstechnieken, omdat hierdoor de kwaliteit van het eindprodukt als ook de kostprijs van de materiaalrecycling grotendeels worden bepaald. Met andere woorden de kringloop kan alleen worden gesloten, indien er geen knelpunten in de keten en in de materiaalstroom voorkomen.



Demonstratieproject cateringafvallen

Uit door TNO uitgevoerd NOH-onderzoek[1)] blijkt dat in de cateringbranche hergebruik van kunststof–afvallen, met name polystyreen, goede perspectieven biedt. Van Hecke, de grootste bedrijfscateraar in Nederland, zamelt het cateringafval in een aantal gescheiden fracties in. Kunststof afvallen is één van deze fracties. Er wordt echter duidelijk dat momenteel slechts nog maar een geringe hoeveelheid kunststofafval gescheiden wordt ingezameld. Berekend is dat bij Van Hecke jaarlijks ca. 6000 ton kunststof disposables worden ingekocht, terwijl slechts 160 ton (2.7%) gescheiden wordt ingezameld.

Een demonstratieproject met betrekking tot cateringafvallen zou de gehele keten moeten omvatten, dus van inzameling tot en met de herverwerking van het materiaal in een verkoopbaar eindprodukt. Daarnaast zijn ook voorlichting en een brede verspreiding van de resultaten essentiële onderdelen van het demonstratieproject.

---

1) Bevordering van hergebruik en terugdringing van kunststof verpakkingsmateriaal binnen de contractcateringbranche; TNO-MEP; NOH-rapport no. 9252; Apeldoorn, september 1992.

In de cateringsector komt per jaar ruim 15.000 ton kunststof afval vrij. De grootste cateraar heeft hierbij een aandeel van 40%. In een demonstratieproject moet zowel getracht worden de hoeveelheid afvallen die ingezameld en herverwerkt kunnen worden op te voeren als anderzijds de verwerking en afzet van het herwonnen materiaal te verbeteren zodat de kringloop zichzelf in stand kan houden na afloop van het demonstratieproject. In het demonstratieproject zal de nadruk moeten liggen op de knelpunten die in de praktijk bij de verwerking van het kunststof catering afval van Van Hecke naar voren zijn gekomen.
Onderdelen van het demonstratieproject zijn:

- Voorlichting met betrekking tot nut van gescheiden inzameling van kunststofafvallen; hiermee wordt de participatiegraad verhoogd en zal tevens de zuiverheid van de ingezamelde kunststoffractie verbeterd kunnen worden. Voorlichting betreft ook de cateraar. Door gebruik te maken van slechts één kunststof (of compatibele kunststoffen) kan een betere kwaliteit afvalstroom worden verkregen. Toeleveranciers van de cateraar spelen hierbij een belangrijke rol. Voorbeelden uit andere inzamelingsprojecten kunnen hierbij worden aangehaald.

Bij de oplossing van de knelpunten (technisch, logistiek) kan TNO een belangrijke rol vervullen. Daarnaast kan TNO de verschillende activiteiten coördineren en de projectleiding op zich nemen.

Een dergelijk demonstratieproject zou een looptijd moeten hebben van ca. 18 maanden. Deze periode is in 3 gelijke perioden in te delen:

- 1e periode: voorbereiding van inzameling en oplossing van knelpunten in het traject van inzameling en verwerking van kunststof catering afvallen; Voorbereiden voorlichtingscampagne.
- 2e periode: gescheiden inzameling van kunststof cateringafvallen in een beperkt aantal bedrijfsrestaurants en verwerking van deze afvallen tot een eindprodukt (proefperiode van 6 maanden; bij een succesvolle proef kan deze periode doorgaan, maar begeleiding zal minder intensief zijn).
- 3e periode: evaluatie van proef; uitbreiding van aantal restaurants waar kunststofafvallen gescheiden worden ingezameld; publiciteit in media.

De totale kosten van een dergelijk demonstratieproject zullen 0,5-1 Mfl bedragen. Een deel van de kosten kan worden gedragen door de deelnemende bedrijven terwijl het ondersteunend onderzoek, de voorlichting in de bedrijfskantines en de publiciteit voor rekening van de overheid zou moeten komen.

Demonstratieproject verpakkings afvallen

Voor verpakkingsafvallen uit polyolefinen (PE, PP) zou een soortgelijk demonstratieproject opgezet kunnen worden. Hierbij zou de nadruk kunnen liggen op de gescheiden inzameling en verwerking van verpakkingsfolies en emmers, flessen, flacons en containers. Bij dit demonstratieproject zou aansluiting gezocht kunnen worden bij het Knapzak-project dat in 1995 van start is gegaan. In dit project wordt verpakkings folie op bouwplaatsen ingezameld. In het eerste operationele

jaar is ca. 2000 ton materiaal ingezameld en verwerkt. De totale hoeveelheid verpakkings folie dat op bouwplaatsen vrijkomt wordt geschat op 16.000 ton. Enerzijds kan getracht worden het aandeel op te voeren, maar gezien het relatief grote succes van Knapzak in het eerste jaar, zou het demonstratieproject zich beter kunnen richten op de inzameling van HDPE- en PP-verpakkingsmaterialen die vrijkomen in de bouw (met name emmers, flessen, flacons en containers). Hierbij zou aangesloten kunnen worden bij de structuur van het Knapzak project, waarmee een aantal ondernemers in de bouw inmiddels bekend is. Naast inzamelpunten voor LDPE-folie zou ook voor de meest voorkomende andere kunststof afvalstromen (met name HDPE en PP) een inzameling en verwerking opgezet moeten worden.

Onderdelen van het demonstratieproject zijn:
- Verhogen van de participatiegraad van het Knapzak-project; hierdoor worden de kosten van inzameling en verwerking beperkt. Daarnaast nagaan of het mogelijk is een HDPE- en PP-inzameling op de bouwplaatsen gestart kan worden.
- Gescheiden inzamelen van de kunststofafvallen; nagaan hoe het best kan worden ingezameld (verkleinen/verdichten noodzakelijk?) en met welke frequentie ingezameld afval getransporteerd moet worden naar verwerking.
- Verwerking van het materiaal, met speciale aandacht voor verontreinigingen. Met name in de HDPE-fractie zullen nogal wat verontreinigingen voor kunnen komen (kit, latex, verfresten). Deze stoffen staan mogelijk een hoogwaardige verwerking in de weg. Misschien zal het noodzakelijk zijn de inzameling aan te passen aan de reinigingsmogelijkheden (kit-kokers apart, latex-emmers apart) van de verschillende produkten. Voor de bouwvakker zal dit waarschijnlijk eenvoudiger zijn dan te scheiden op LDPE, HDPE, PP, ...). Voor kit-kokers bestaat overigens al een beperkt inzamelingssysteem.
- Afzetgebieden voor teruggewonnen kunststoffen. Afhankelijk van de verkregen zuiverheid kunnen produkten worden gemaakt met een hogere toegevoegde waarde. Deze produktontwikkeling kan het best worden opgezet met toeleveranciers van kunststof verpakkingsmaterialen aan de bouw.

Om ook in dit geval de (verwerkings-) keten te sluiten moeten alle actoren in de keten bij het project betrokken zijn. In het voorgestelde demonstratieproject zijn dat:
- Enkele grote bouwondernemers in de utiliteitsbouw (Wilma, Heymans);
- De Stichting Knapzak eventueel in combinatie met inzamelaars;
- Toeleveranciers van verpakkingsmaterialen aan de bouwsector (emmers, flacons, containers) en afvullers van deze verpakkingen;
- Verwerkers van kunststof afvallen (LDPE, HDPE, PP);
- Producenten van kunststof-artikelen waarin het gezuiverde materiaal kan worden verwerkt;
- Branche-organisaties (NVOB, VMK);
- Overheid.

Het demonstratieproject zal een looptijd moeten hebben van 2-3 jaar:

- Fase 1: voorbereiding uitbreiding inzameling kunststof afvallen op aantal bouwlocaties (nieuwbouw en renovatie); publicitaire ondersteuning Knapzak-project om hogere participatie-graad bouwondernemers te bewerkstelligen;
- Fase 2: Gescheiden inzameling van andere kunststof afvallen in de bouw; analyse van de ingezamelde fracties en kwaliteit vaststellen. Oplossen/ wegnemen van technische belemmeringen voor verwerking. Afschatten van kosten en baten van bepaalde verwerkingsroutes; nagaan welke produkten gemaakt kunnen worden uit de ingezamelde kunststoffen;
- Fase 3: Evaluatie van proef en voortzetten van gescheiden inzameling van kunststof afvallen in de bouw op basis van particulier initiatief.

De kosten van een dergelijk demonstratie-project zullen 0,5-1 Mfl bedragen, afhankelijk van de omvang van de proef en de technologische belemmeringen die opgelost zullen moeten worden.

Bijlage 8 Afkortingenlijst

Bijlage 8 Afkortingenlijst

APME	-	Association of Plastics Manufacturers Europe
BTF	-	Back to Fuel
BTM	-	Back to Monomer
CWD	-	Circulerend Wervel Bed
EPS	-	Expanded Poly Styreen
GFT	-	Groente-, Fruit- en Tuinafval
HDPE	-	High Density Poly Ethylene
HTV	-	Hoge Temperatuur Vergassing
IMC	-	In Mould Coating
KMD	-	Kunststofverpakkingen, Metalenverpakkingen en Drankkartons
KWDI	-	Kantoren, Winkels, Diensten en Industrie
LDPE	-	Low Density Poly Ethylene
MTV	-	Midden Temperatuur Vergassing
NIR	-	Near Infra Red
OLAF	-	Openbaar Lichaam Afvalverwijdering Friesland (nu Afvalsturing Friesland NV)
PE	-	Poly Ethyleen
PET	-	Poly Ethyleen Tereftalaat
PMD	-	Plastics, Metals and Drinkcartons
PP	-	Poly Propyleen
PS	-	Poly Styreen
PUR	-	Poly Urethaan
PVC	-	Poly Vinyl Chloride
SBR	-	Styreen Butadiëen Rubber
SOFRES	-	Frans onderzoeksinstituut
TRESPA	-	Kunststofplaten
UP	-	Thermoharde Polyesters
VMK	-	Vereniging Milieu en Kunststoffen

Bijlage 9 Overzicht NOH-rapporten betreffende kunststoffen

Bijlage 9 Overzicht NOH-rapporten betreffende kunststoffen

Overzicht NOH-rapporten betreffende kunststoffen

Projectnr.	Projecttitel	Publi-catienr.	Publicatietitel
2413-090.10	Mogelijkheden voor hergebruik van bedrijfsafvalstoffen	8904	Mogelijkheden voor hergebruik van bedrijfsafvalstoffen
2440-200.10	Kunststof in bedrijfsafval; Inventarisatie van nog onbekende afvalstromen	--	Kunststof in bedrijfsafval; Inventarisatie van nog onbekende afvalstromen
2441-170.10	Inventarisatie afzetmogelijkheden van kunststoffen	9003	Traceren kunststofafvalstromen die vrijkomen bij diverse bedrijfstakken
5321-004.10	Onderzoek naar de mogelijkheden van herverwerken van kunststofcomponenten van kabelafvallen	8934	Verkenning herverwerking kunststofcomponenten kabelafval
5321-066.10	Uitkomsten proefinzamelingen met opzet en wijze invoeren van haalsysteem voor vergroting hergebruik folie uit veehouderij	8922	Uitkomsten proefinzamelingen met opzet en wijze van invoeren van haalsysteem
5341-014.10	Haalbaarheidsonderzoek door start PWR-recycling. Hergebruik van laagwaardige kunststoffen	9108	Van afval naar grondstof
53002/2060	Contractormeeting kunststoffen, 13 oktober 1992	9257	Verslag van de contractormeeting kunststoffen, georganiseerd door StiPT en NOH op 13 oktober 1992
53110/0110	Beheersing van de stroom niet-kunststof verpakkingsafval van industriële produkten	9513	Onderzoek naar diverse niet-kunststof verpakkingsafvalstromen die vrijkomen bij de produktie en distributie
53110/0710	Certificering van secundaire materialen; kunststofgranulaat als voorbeeld	9312	Certificeren van secundaire materialen; een evaluatie van de problematiek bij kunststofregranulaten
53210/1910	Vooronderzoek laminaatafval: inventarisatie hoeveelheden en trends	9243	Inventarisatie van flexibel laminaatfoliegebruik in Nederland
53230/1010	Van landbouwplastic tot Halaplastband	9127	Van landbouwplastic tot Halaplastband
53330/0210	Haalbaarheidsstudie hoge temperatuurvergassing kunststofafvallen	9305	Haalbaarheidsstudie naar de hoge temperatuurvergassing van kunststofafval
53420/3710	Hergebruik van kunststofafvallen uit filialen van Albert Heijn	9109	Huidige afvalverwijdering bij filialen van Albert Heijn
353015/2060	Contractormeeting Kunststoffen 28 november 1995 te Utrecht	9605	Contractormeeting Kunststoffen 28 november 1995 te Utrecht
353110/2120	Meer energiekentallen in relatie tot preventie en hergebruik van afvalstoffen	9272	Meer energiekentallen in relatie tot preventie en hergebruik van afvalstromen
353150/2110	Hergebruik van thermohardende kunststoffen uit produktie-afval en afgekeurde produkten	9441	Hergebruik van thermohardende kunststoffen uit produktie-afval en afgekeurde produkten
353150/4010	Kartonnen oversluitdeksel (KO-project)	9512	Een deksels papieren deksel

Overzicht NOH-rapporten betreffende kunststoffen

Projectnr.	Projecttitel	Publi-catienr.	Publicatietitel
353210/2510	Halaplast II. Van landbouwplastic tot kunststof trottoirband	9532	Halaplast II. Van landbouwplastic tot kunststof trottoirband
353210/3610	Inzamelprojecten voor kunststofafval in Nederland	9244	Inzamelprojecten voor kunststofafval in Nederland
353294/1110	Maximalisering van produkthergebruik door middel van regionale werkplaats voor kringloopbedrijven in de regio Twente	9520	Produkthergebruik, kringloopbedrijven en reparatievoorzieningen
353393/0410	Coördinatie-overleg en projecteninventarisatie kunststofafvalonderzoek	9314	Projecten op het gebied van preventie, inzameling en (her) verwerking van kunststoffen in Nederland
353393/0610	Gerichte programmering van projecten met betrekking tot (her)verwerking van kunststoffen	9411	Aandachtsvelden bij de uitvoering van het Nederlandse kunststofreststoffenbeleid
353393/1510	Verhogen van de afzetbaarheid van uit koel- en vriesapparatuur teruggewonnen kunststoffen	9531	Verhogen van de afzetbaarheid van uit afgedankte koelkasten en vrieskisten teruggewonnen kunststoffen
353394/0410	Produkten Rematerialiseren	9628	Ontwerpen in afval. De rol van de ontwerper bij het succesvol toepassen van recyclaat.
353594/1110	Herverwerking éénmalige PET-flessen	9619	Recycled PET flakes as a raw material for food packaging
353694/0210	Brancheproject Hergebruik EPS Deel I en II	9533	Brancheproject Hergebruik EPS Deel I en II
353694/0510	Onderzoek toepassingen en markthaalbaarheid glasvezel versterkte thermoharders	9542	Onderzoek toepassingen en markthaalbaarheid glasvezel versterkte thermoharders