Selectie van de te ontwikkelen droge deeltjesscheidingstechnieken

Concept-rapport

Referentienummer 92-381
Dossiernummer 112322-24070
Datum november 1992
NP

Auteur
Ir. A. Ansems
Ir. J.H. Ekkelenkamp
Dr. J. Quakernaat
C. Verschut

Trefwoorden
–
–

Bestemd voor
Ministerie van VROM
Postbus 450
2260 MB Leidschendam

Selectie van de te ontwikkelen droge deeltjesscheidingstechnieken
Concept-rapport

Samenvatting

Inhoudsopgave

Samenvatting 2

1 Inleiding 5

2 Plan van aanpak 8

3 Selectie prioritaire afvalstromen 9
3.1 Criteria 9
3.2 Score afvalstromen aan de hand van criteria en randvoorwaarden 13
3.3 Weegfactoren en multicriteria-analyse 14

4 Karakterisering stromen 20
4.1 Algemeen 20
4.2 Hoeveelheden 21
4.3 Samenstelling 21
4.4 Voortraject 22
4.5 Materiaaleigenschappen 26

5 Kwaliteitsaspecten 27
5.1 Inleiding 27
5.2 De metalen 28
5.3 Kunststoffen 31
5.4 Glas 34
5.5 Papier 35
5.6 Hout 36
5.7 Steenachtige materialen 37

6 Afzetperspectieven 40
6.1 Inleiding 40
6.2 Ketens en deelmarkten 40
6.3 Beschrijving (potentiële) deelmarkten 41
6.3.1 Bouw- en sloopafval 41
6.3.2 Kunststofafval 43
6.3.3 Verpakkingsafval 46
6.3.4 Straalgrit 49
6.3.5 Kabelafvallen 50
6.3.6 Witgoed 52
6.3.7 Bruingoed 54
6.4 Evaluatie marktaspecten algemeen 55
6.5 Conclusies 57

7 Techniekenoverzicht en selectie 58
7.1 Droge deeltjesscheidingstechnieken 58
7.1.1 Algemeen 58
7.1.2 Techniekenoverzicht 58
7.2 Nadere selectie van de droge deeltjesscheidingstechnieken en koppeling hiervan aan de geselecteerde afvalstromen 63

Inhoudsopgave

8 Evaluatie 68

9 Conclusies en aanbevelingen 70

10 Verantwoording 74

Bijlage 1 *Karakterisering Bouw- en sloopafvallen*
Bijlage 2 *Karakterisering Straalgrit*
Bijlage 3 *Karakterisering Kunststofafval*
Bijlage 4 *Karakterisering Verpakkingsafval*
Bijlage 5 *Karakterisering Kabelafvallen*
Bijlage 6 *Karakterisering Witgoed*
Bijlage 7 *Karakterisering Bruingoed*
Bijlage 8 *Overzicht fysische en chemische eigenschappen per materiaalklasse*
Bijlage 9 *Zelfregulerende kringlopen verpakkingsmaterialen*

1 Inleiding

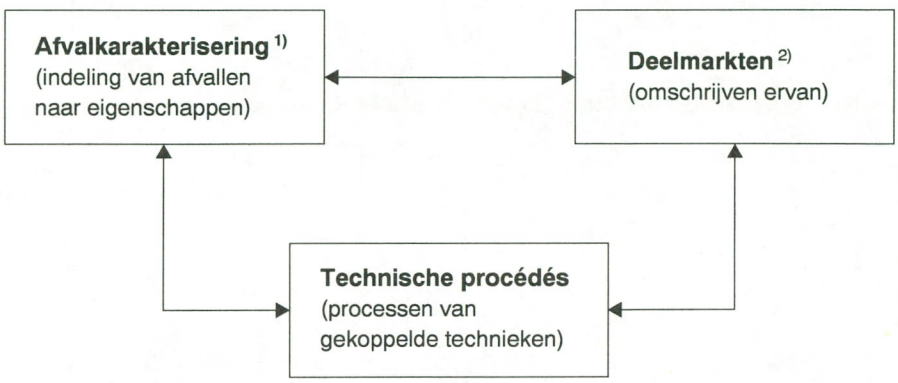
De afdeling Specifieke Afvalstoffen (S), voorheen Verwijderingstechnologie (VT) van de Directie Afvalstoffen (A) van het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (VROM) tracht met behulp van het Project T-2000 onderzoek naar en de ontwikkeling van verwerkingstechnologieën voor afvalstoffen te stimuleren. Een van de activiteiten hierbij is het opstellen van een meerjarenprogramma voor verwerkingstechnieken van afvalstoffen. Fase 1 van het onderzoek is reeds afgesloten. Deze fase omvatte de selectie van verwerkingstechnologieën, waaraan in het op te stellen onderzoekprogramma prioriteit zal worden gegeven. Een van de geselecteerde (typen) technologieën is 'deeltjesscheiding'.

In principe omvat deeltjesscheiding zowel droge als natte technieken. Voorbeelden van droge technieken zijn automatisch sorteren, (wind)ziften, ballistiek, triltafeltechnieken, Eddy-currentscheiding, elektrostatische scheiding, herkenningstechnieken. De groep droge technieken omvat deeltjesscheiding op basis van verschil in grootte, vorm, dichtheid en elektromagnetische eigenschappen. De afdeling ST heeft aan TNO, Instituut voor Milieu- en Energietechnologie (IMET) de opdracht gegeven uit de groep droge technieken een selectie te maken. Het doel van het project is het selecteren van te ontwikkelen droge deeltjesscheidingstechnieken op basis van een uitgevoerde knelpuntenanalyse, gegeven enkele demonstratiestromen vaste afvalstoffen uit de 29 prioritaire afvalstoffen. Het onderhavige onderzoek wordt opgevat als een definitiestudie.

Na preventie krijgt hergebruik van afvalstoffen de hoogste prioriteit in het beleid van de nationale overheid. Hergebruik is mogelijk als na gescheiden inzameling en eventueel verwerking/opwerking van afvalstoffen, de afgescheiden materialen bepaalde toepassingen, c.q. markten vinden. Door het vinden van meer afzetmogelijkheden en/of creëren van afzetperspectieven, zullen verscheidene afvallen een toepassing vinden. Wat betreft toepassing zijn de volgende opties in het geding:

- Hergebruik in dezelfde keten
- Hoogwaardig hergebruik in andere ketens
- Laagwaardig hergebruik in toepassingen waarvoor dezelfde specifieke materialen worden toegepast
- Nuttige toepassing
- Energetische benutting

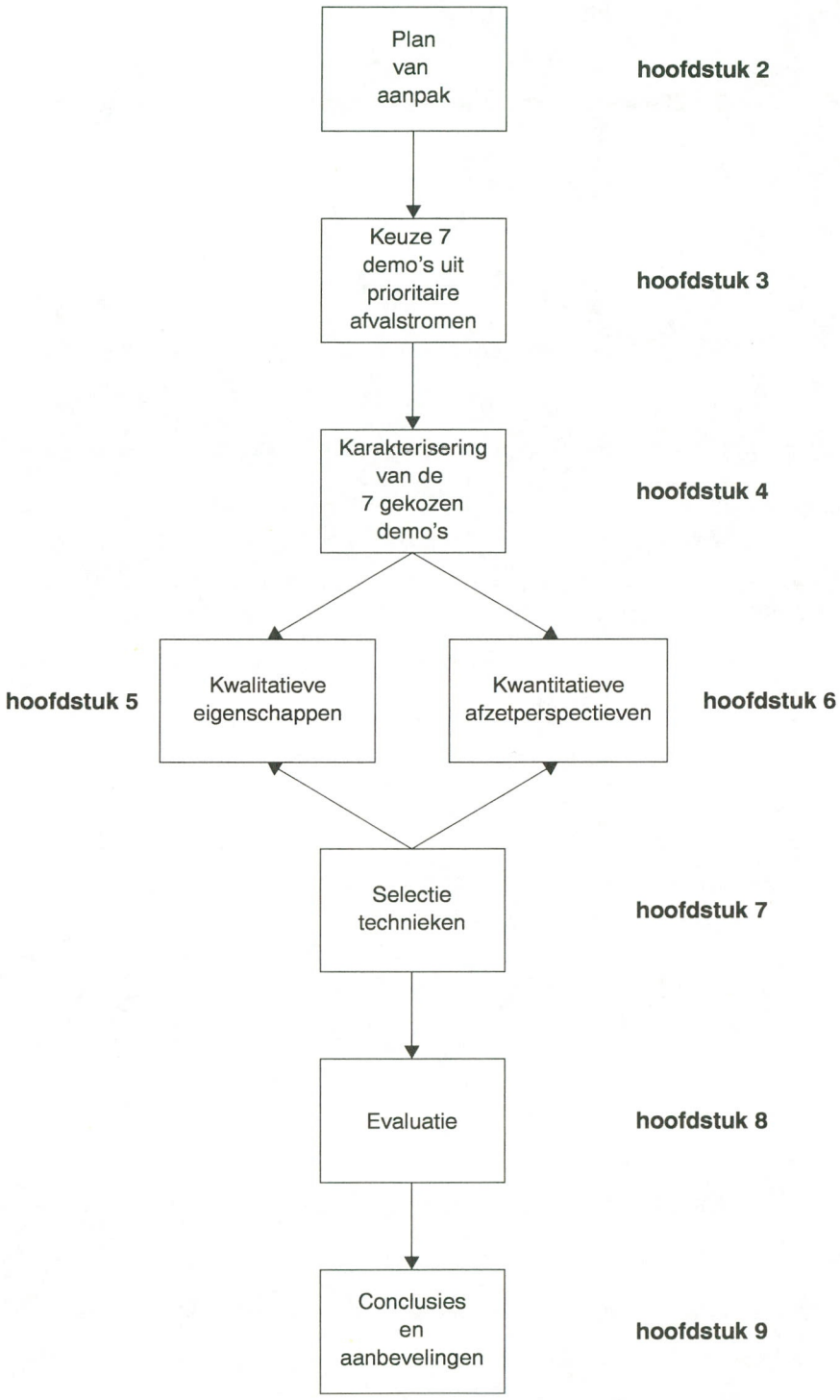
Duidelijk is dat de techniekenkeuze, de aard van de toe te passen opwerkingsprocessen, enerzijds afhankelijk is van de eigenschappen van de vrijkomende afvalstoffen en anderzijds afhankelijk van de erop volgende toepassingen, c.q. markten. Dit maakt dat de hierna gepresenteerde driehoeksverhouding verder inhoud gegeven zal moeten worden.



1) Behalve dat er sprake is van afvallen, kan het eveneens gaan om gedegradeerde produkten, die na upgrading dezelfde toepassing (dus afzet in dezelfde markt) krijgen.
2) Het betreft hier eveneens produkten die na upgrading, eventueel voorzien van de nieuwste technologische ontwikkeling, weer een (uitgebreidere) toepassing/functie krijgen.

De geschetste onlosmakelijke driehoeksverhouding is in de onderhavige bureaustudie verder uitgewerkt. De resultaten van deze studie vormen een onderdeel van het keuzeproces en onderbouwen de uiteindelijke keuze voor specifiek te onderzoeken deeltjesscheidingstechnieken.

Na deze inleidende woorden volgt in hoofdstuk 2 het plan van aanpak. Het selectieproces om te komen tot een groep van 7 verder te onderzoeken prioritaire afvalstromen wordt in hoofdstuk 3 beschreven. De karakterisering is in hoofdstuk 4 geanalyseerd.
De kwalitatieve eigenschappen van de beschouwde stromen spelen een belangrijke rol. Aspecten die deze eigenschappen beïnvloeden zijn in hoofdstuk 6 uitgewerkt. De potentiële afzetmarkten van de onderzochte stromen zijn in hoofdstuk 6 nader omschreven. Het techniekenoverzicht en de nagestreefde selectie volgen in hoofdstuk 7. De evaluatie geschiedt in hoofdstuk 8 en de conclusies en aanbevelingen volgen tenslotte in hoofdstuk 9.
In figuur 1.1 zijn de relaties tussen de verschillende hoofdstukken weergegeven.



Figuur 1.1 Keuzeproces technieken

2 Plan van aanpak

Het keuzeproces omvat een route die leidt tot de selectie van 2 à 3 demonstratiestromen (uit de 29 prioritaire afvalstromen), die gebruikt worden voor de ontwikkeling van een paar groepen specifieke droge deeltjesscheidingstechnieken.
Aan de hand van nader omschreven criteria met betrekking tot de thema's afvalstroomkarakterisering, afzetmarkten, droge scheidingsprocédé's en door VROM geformuleerde additionele beleidsrandvoorwaarden, wordt een selectieprocedure doorlopen. Een uitgevoerde multicriteria-analyse onderscheidt zeven afvalstromen, waarvan de keuze is afgestemd met VROM.

Van deze zeven stromen worden de karakterisering en de potentiële afzetmarkten nader onderzocht. De karakterisering zal hoofdzakelijk gebaseerd zijn op bestaande gegevens. Het betreft met name vrijkomende hoeveelheden, samenstellingen, noodzakelijke voorbewerking (demontage, verkleinen, etc.) en de fysische en chemische eigenschappen van de verkregen deeltjes in de beschouwde afvalstromen. Bij de verkenning van potentiële deelmarkten zal met name aandacht geschonken worden aan de prijs/kwaliteit-verhouding. Dit wordt deels verkregen door de analyse en evaluatie van het reeds bereikte hergebruiksgehalte van de diverse stromen. Daarnaast zal het potentiële additionele hergebruik nader bestudeerd worden. Uiteraard streeft men hierbij naar zoveel mogelijk hoogwaardige kringloopsluiting. Karakterisering en afzetanalyses geven indicaties van de beschikbare kwaliteit, haalbare kwaliteit en de vereiste kwaliteit van de beschouwde prioritaire stromen.

Beheersing van het alom dreigende kwaliteitsverlies wordt tegengegaan door de keuze voor de meest geëigende inzamelstructuur, in combinatie met de inzet van de noodzakelijke droge deeltjesscheidingstechnologie. Alvorens een technieken-keuze te kunnen maken is een geordende indeling van de beschikbare droge technieken gemaakt. De inventarisatie geeft eveneens inzicht in de toepassingsmogelijkheden (de reikwijdte ervan) en de potentieel optredende technische knelpunten. De verkregen inzichten in de kwaliteitsbeïnvloedende parameters en de inzetmogelijkheden van de verschillende droge technieken geven richting in de keuze van verder te ontwikkelen technieken.

Met behulp van een multicriteria-analyse zal uit het overzicht van de droge technieken een nadere selectie gemaakt worden. De weging geschiedt met behulp van facetten uit de thema's karakterisering afvalstromen, potentiële afzet en kwaliteitsbeheer materiaaleigenschappen. In samenspraak met VROM zal na de keuze van het deelgebied 'droge deeltjesscheiding' de selectie van twee demonstratiestromen plaatsvinden. De keuze uit zeven stromen houdt in principe een kansen/knelpunten-analyse in. Een evaluatie van organisatorische, economische, juridische en sociaalpsychologische aspecten leidt tot de uiteindelijke keuze. Beleidsuitgangspunten spelen hierbij een hoofdrol.

3 Selectie prioritaire afvalstromen

Hierna zijn een aantal selectiecriteria geformuleerd, die richting geven aan de selectie van de nader te onderzoeken 7 afvalstromen.
De criteria zijn gegroepeerd rond de in het onderzoeksvoorstel aangegeven thema's afvalkarakterisering, droge deeltjesscheidingstechnologie en deelmarkten van de gescheiden afvalstromen.
Vervolgens is een overzicht gegeven van een aantal afvallen die in principe in aanmerking kunnen komen voor droge deeltjesscheiding. Deze afvallen zijn geselecteerd uit onder andere de lijst van 75 afvalstromen zoals geformuleerd in het 'Werkrapport TNO/RIVM-activiteiten in het kader van het project T-2000' en de 29 prioritaire afvalstromen.

In de hierna volgende tabel 3.1 zijn de criteria middels ++, +, +-, - of -- aan de verschillende afvalstromen getoetst. Het betreft hier slechts een globale indicatie en weegfactoren zijn niet in tabel 3.1 vermeld. De criteria zijn aangevuld met enkele mogelijk relevante randvoorwaarden die, indien noodzakelijk, onder de tabel van enige toelichting zijn voorzien.

3.1 Criteria

Het formuleren van criteria ten behoeve van het selecteren van afvalstromen voor onderzoek hangt nauw samen met de doelstelling van het voorgenomen onderzoek. Men dient zich te realiseren dat door toetsing van afvalstromen aan criteria een bewuste sturing plaatsvindt. Derhalve dient vóór toetsing vast te staan welk ideaal beeld men heeft van afvalstromen, die in aanmerking komen voor onderzoek met droge deeltjestechnologie.
Zoals eerder aangegeven zijn de criteria gegroepeerd rond de in het onderzoeksvoorstel aangegeven thema's afvalkarakterisering, droge deeltjesscheidingstechnologie en deelmarkten van de gescheiden afvalstromen. Navolgend wordt per thema aangegeven welke kenmerken een kansrijke afvalstroom dient te bezitten om geselecteerd te kunnen worden.

A Afvalkarakterisering
Binnen dit thema is de redenering dat die afvalstromen de meeste kans hebben om geselecteerd te worden
- waarvoor thans nog onvoldoende mogelijkheden voor hergebruik en nuttige toepassing bestaan;
- waarvoor vanwege hoge verwijderingskosten in financieel opzicht kansen bestaan om droge deeltjesscheiding toe te passen;
- die nog niet zijn ondergebracht in een lekvrije verwijderingsstructuur en waarvoor door middel van technologisch onderzoek gezamenlijk met de producenten, ontdoeners en/of andere bij de afvalstroom betrokken partijen kansen worden geboden om op termijn een dergelijke structuur te realiseren;
- die gelet op het bovenstaande duidelijk kunnen worden geïdentificeerd met de producent van de afvalstoffen;
- die verspreid in Nederland vrijkomen;
- die vanwege de omvang (tonnen/jaar) een wezenlijke stempel drukken op de eindverwerkingscapaciteit;

- die vanwege de eigenschappen zich het meest lenen voor toepassing van droge deeltjesscheiding;
- waarover voldoende informatie bekend is om verantwoorde toetsing aan de criteria te doen plaatsvinden.

B Scheidingstechnologie
Binnen dit thema is de redenering dat die afvalstromen de meeste kans hebben om geselecteerd te worden
- waarvoor ingeschat wordt dat met geringe inspanning droge deeltjestechnologie kan worden toegepast. Dit wil zeggen dat voor de bewerking van de bewuste afvalstoffen geen extra voorzieningen benodigd zijn anders dan de deeltjestechnologie, opdat voldoende rendement kan worden behaald. Inschatting kan plaatsvinden aan de hand van bevindingen met toegepaste scheidingstechnologieën op qua karakterisering soortgelijke afvalstromen;
- waarvoor de indruk bestaat dat eventuele knelpunten die gepaard gaan met het toepassen van een technologie eenvoudig wegneembaar zijn;
- waarvoor het afscheidingsrendement van de deeltjestechnologie met geringe inspanning kan worden verhoogd;
- waarvoor bij toepassing van de eventueel verbeterde deeltjestechnologie de huidige milieubelasting aanzienlijk verbetert;
- waarvan de verwachting is dat de kosten van toepassing van droge deeltjestechnologie laag zijn;
- waarover voldoende informatie bekend is om verantwoorde toetsing aan de criteria te doen laten plaatsvinden.

C Deelmarkten
Binnen dit thema is de redenering dat die afvalstromen de meeste kans hebben om geselecteerd te worden
- die na toepassing van droge deeltjestechnologie maximaal hergebruik van componenten mogelijk maken;
- die bij toepassing van de droge deeltjestechnologie hooguit reststoffen opleveren, die onder normale condities kunnen worden verbrand danwel gestort;
- waarvan de verkregen componenten met geringe inspanning afzetbaar zijn tegen positieve opbrengsten;
- waarover voldoende informatie bekend is om verantwoorde toetsing aan de criteria te doen laten plaatsvinden.

Hierna zijn groepsgewijs de gehanteerde criteria voor 'afvalkarakterisering', 'scheidingstechnologie' en 'deelmarkten' beschreven.

A Afvalkarakterisering

-1- Voldoende informatie beschikbaar
(onder andere informatiedocument etc.);
score: (++) = ruim voldoende, (+) = voldoende, (+-) = matig,
(-) = onvoldoende, (--) = vrijwel niets

-2- Verandering van huidige verwijderingstraject gewenst als gevolg van onvoldoende mogelijkheden tot hergebruik c.q. nuttige toepassingen;
score: (++) = noodzakelijk, (+) = zeer gewenst, (+-) = gewenst,
(-) = niet noodzakelijk, (--) = niet gewenst

-3- Verandering van huidige verwijderingsmethode gewenst als gevolg van huidige hoge verwijderingskosten;
score: (++) = noodzakelijk, (+) = zeer gewenst, (+-) = gewenst,
(-) = niet echt noodzakelijk, (--) = niet gewenst

-4- Totale hoeveelheid vrijkomend (ton/jaar);
score: (++) > 5.000.000, (+) > 500.000, (+-) > 50.000,
(-) > 5.000, (--) < 5000

-5- Inschatting van de mogelijkheid om op grond van verschillen in vorm, grootte/dichtheid, magnetische en elektrische eigenschappen, droge deeltjesscheidingstechnieken toe te passen op de desbetreffende afval stroom
score: (++) = zeer kansrijk, (+) = kansrijk, (+-) = mogelijk,
(-) = weinig zinvol, (--) = af te raden

-6- Reeds beschikbare verwijderingsstructuur
score: (--) = onmogelijk realiseerbaar,(-) = reeds lekvrij aanwezig, (+-) = reeds aanwezig (> 50% rendement), (+) = reeds aanwezig echter rendement < 50%, (++) = niet aanwezig op genoemde afvalstroom, doch in principe realiseerbaar.

-7- Procesafval of produktafval
score: (++) = procesafval en (--) = produktafval

-8- Herkomst: verspreide bronnen of geconcentreerde bronnen
score: (--) = verspreid en (++) is geconcentreerd

B Scheidingstechnologie

-1- Voortraject (bijvoorbeeld ontmantelen en/of verkleinen) en/of natraject (bijvoorbeeld natmechanische, chemische, thermische en/of hydrometallurgische opwerking) noodzakelijk
score: (++) = niet noodzakelijk, (+) = een enkele extra processtap noodzakelijk, (+-) = alleen voortraject noodzakelijk,
(-) = alleen natraject noodzakelijk, (--) = zowel voor- en natraject noodzakelijk.

-2- Inschatting van de huidige beschikbaarheid van specifieke droge deeltjesscheidingstechnologie
score: (+-) = technologie wordt toegepast op betreffende afvalstroom, (++) = technologie wordt toegepast, echter op andere afvalstroom, (++) = technologie in ontwikkeling,
(--) = kansloos om specifieke droge deeltjesscheidingstechnologie te ontwikkelen.

-3- Inschatting van de kosten van de specifieke scheidingstechnologie
score: (++) = erg laag, 1 eenvoudige scheidingsstap, (+) = laag, (+-) = matig,
(-) = vrij hoog, (--) = zeer hoog.

-4- Voldoende informatie beschikbaar
(onder andere informatiedocument etc.)
score: (++) = ruim voldoende, (+) = voldoende, (+-) = matig,
(-) = onvoldoende, (--) = vrijwel niets

-5- Knelpunten droge deeltjesscheidingstechnologie
(betreft knelpunten ten aanzien van verschil in vorm, grootte/dichtheid, magnetisme en elektrische eigenschappen van deeltjes)
score: (++) = makkelijk wegneembare knelpunten, (+) = wegneembare knelpunten, (+-) = met moeite wegneembare knelpunten (-) = moeilijk wegneembare knelpunten, (--) = zeer moeilijk wegneembare knelpunten.

-6- Rendementen droge deeltjesscheidingstechnologie
score: (++) = laag doch verbeterbaar, (+) = hoog doch verbeterbaar, (-) = laag, doch niet verbeterbaar, (--) = hoog, doch niet verbeterbaar.

-7- Verandering van de droge deeltjesscheidingstechnologie is gewenst om huidige milieubelasting aanzienlijk te verminderen
(indien toepasbaar)
score: (++) = noodzakelijk, (+) = zeer gewenst, (+-) = gewenst,
(-) = niet noodzakelijk, (--) = niet gewenst, (+-) = niet van toepassing)

C Deelmarkten

-1- Inschatting van het percentage her te gebruiken materialen
score: (++) = conform taakstelling, (+) = > 75% taakstelling,
(+-) = > 50% taakstelling, (-) = > 25% taakstelling,
(--) = < 25%

-2- Inschatting van de kwaliteit van de her te gebruiken materialen
score: (++) = hergebruik in zelfde keten, (+) = hoogwaardig hergebruik in andere keten, (+-) = laagwaardig hergebruik in toepassingen waarvoor zelfde materiaalsoort wordt gebruikt, (-) = nuttige toepassing, (--) = energetische benutting

-3- Aard en verwerking van resterende afvalstoffen
score: (++) = normaal storten/verbranden. (+) = tijdelijke opslag, (+-) = immobilisatie, (-) = gecontroleerd verbranden of gecontroleerd storten (chemisch afval)

-4- Volume van de potentiele deelmarkten (ton/jaar)
score: (++) > 5.000.000, (+) > 500.000, (+-) > 50.000,
(-) > 5.000, (--) < 5000

-5- Gemiddelde baten van de potentieel deelmarkten (*f*/kg)
score: (++) = > *f* 5.00, (+) = > *f* 2.50, (+-) = > *f* 1.00, (-) = < *f* 1.00, (--) = er moet geld worden bijgelegd

-6- Voldoende informatie beschikbaar
(onder andere informatiedocument etc.)
score: (++) = ruim voldoende, (+) = voldoende, (+-) = matig,
(-) = onvoldoende, (--) = vrijwel niets

3.2 Score afvalstromen aan de hand van criteria en randvoorwaarden

In tabel 3.1 is van de in aanmerking komende afvalstromen een overzicht gegeven van de in de vorige paragraaf geformuleerde criteria rond de thema's karakterisering, scheidingstechnieken en deelmarkten. De daarbij behorende scores zijn tevens in de tabel aangegeven.
Vervolgens is aangegeven of er sprake is van bijzondere randvoorwaarden. Hierbij is onderscheidt gemaakt tussen categorie A en B. De verklaringen van A en B zijn als volgt:

A.1 Er bestaan reeds afspraken met betrokkenen middels implementatieplan of andere overeenkomsten (■).
A.2 Implementatieplan in voorbereiding (●).
A.3 Convenant in voorbereiding (▲).
B. De huidige knelpunten moeten op andere wijze worden opgelost (bijvoorbeeld lekvrije inzamelingsstructuur);
   1. knelpunt voornamelijk van financiële aard,
   2. knelpunt voornamelijk bij inzamelstructuur,
   3. taakstelling hergebruik 0%,
   4. regeling via KWS 2000.

Tabel 3.1 Score aan de hand van de geformuleerde criteria ten behoeve van de selectie van afvalstromen

	Karakterisering								Scheidingstechn.							Deelmarkten						Randv.	
Criterium nummer	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	A	B
Procesafval																							
jarosiet	++	+-	+-	+-	-	++	++	++	-	--	-	+	-	-	+-	-	-	-	-	--	+-		
verbrandingsslak	++	+-	-	+	+-	+-	++	++	-	+-	+-	+	+-	++	+-	+	-	-	+-	-	+	●	
vliegas	++	+-	--	+	-	+-	++	++	-	--	+-	+	-	-	+-	++	-	-	+	--	+-	●	
straalgrit	++	+-	+-	+-	+	+	++	--	+	++	--	+	+-	++	+	+-	++	-	-	-	+-	●	
shredderafval	+	+-	+	+-	+	+-	++	++	++	++	-	+	+-	-	+	-	-	-	--	--	-	■	
ziekenhuisafval	--	-	+-	+-	-	+	++	++	-	--	-	+	-	-	-	-	--	++	--	--	-		3
scheepsafval	-	+-	+-	+-	-	+	++	--	-	++	-	-	-	-	+-	-	-	++	--	-	-	■	3
hl. klwst.h.afval	++	+-	+	+-	--	+-	++	--	--	--	--	+-	--	-	+-	++	-	++	-	--	+		4
Produkt afval																							
kunststofafval	+-	--	+-	+	+	++	++	--	-	++	-	+	+-	++	++	+	+-	++	+-	-	+-	▲	
KWD-afval	+-	+	+-	+	+	+	--	--	-	++	+-	+-	+-	++	+	+	+-	++	+	+-	+-		
afgedankte kabels	++	+-	+-	+-	++	+-	--	--	+-	+-	+-	+	+	+	+-	+	++	+	+-	+	+		
bouw- en sloopafval	++	+-	+-	++	+	+-	--	--	+	++	+-	+	+	+	+	+	++	++	++	-	+	■	
huishoudelijk afval	+	+-	+-	++	+	+	++	--	+-	++	+	+-	+-	++	++	+-	+-	++	+	-	+-	■	
autowrakken	+	+-	-	+	+	+-	--	--	+-	++	-	+	+	+	+	+	+	-	+-	-	+-	■	
autobranden	+	+-	-	+-	+	+-	--	++	+	+-	+-	+	+	+	+-	++	+-	++	-	-	+-	■	
batterijen	++	+	++	--	-	+	--	++	--	--	--	+	+-	-	+-	+	-	-	--	--	+-	■	
bruingoed	+	++	+-	+-	+	++	--	--	--	++	-	+	+-	++	++	+	+	-	+-	-	+-	●	
witgoed	+	++	+-	+-	+	++	--	--	--	++	+-	+	+-	++	++	+	++	-	+-	-	+-	●	
condensatoren	-	+-	+-	--	+-	++	--	--	+-	++	-	+-	+-	-	+-	+	+	-	--	--	+-		
gasontladingslampen	+-	+-	+-	-	+	+	--	--	+-	+-	+-	+-	+-	++	+-	+	+-	-	--	-	+-		2
kwikgevulde thermom.	-	+-	+	--	+	+	--	--	+-	--	-	+-	+-	-	-	+	+-	-	--	-	+-		
tapijten	--	+-	-	+-	-	+	--	--	+-	++	+-	+-	+-	++	+	+-	-	++	-	-	-		
wegwerpartikelen	+-	+-	-	+-	-	+	--	--	+-	++	+-	+-	+-	++	++	+-	-	++	-	--	+-		
meubelen	--	+-	-	+-	+-	+	--	--	+-	++	+-	-	+	++	+-	+-	+-	++	-	-	+-		
verpakkingsafval	+	+	-	+	+-	+	--	--	+-	++	+-	+	+	++	+	+-	+-	++	+	-	+	■	
glas	+	-	-	+-	-	+-	--	--	+	+-	+-	+	+	+	+-	+-	++	++	+-	-	++	■	
papier/karton	+	+-	-	+	-	+-	-	--	+	+-	+	+	+	+	+-	+-	+	++	+	-	++		

3.3 Weegfactoren en multicriteria-analyse

Om tot een nadere selectie te komen van een 7-tal afvalstromen is in deze paragraaf een multicriteria-analyse uitgevoerd.
Hiertoe is in eerste instantie een gewicht toegekend aan de in tabel 3.1 gepresenteerde criteriascores.

De zwaarte per criterium wordt hierbij gelijkgesteld. Daarnaast zijn de volgende gewichten aan de scores gegeven:

++ : 5 punten
+ : 4 punten
+- : 3 punten
- : 2 punten
-- : 1 punt

Vervolgens is in samenwerking met VROM een criteria indeling gemaakt naar vier velden. De resultaten hiervan zijn als volgt.

- technisch (criteria A5, B1, B2, B5, B6)
- milieuhygiënisch (criteria A2, A4, A6, A7, B7, C1, C2, C3, C4)
- economisch (A3, B3, C5)
- overig (A11, A8, B4, C6)

De resultaten van deze indeling zijn vervolgens in tabel 3.2 weergegeven.

Tabel 3.2 Score overzicht naar thema's (3) en velden (4) ten behoeve van de selectie van afvalstromen

	Karakterisering (A)								Scheidingstechn. (B)							Deelmarkten(C)						Velden			
Criterium nummer	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	T	M	E	O
Procesafval																									
jarosiet	5	3	3	3	2	5	5	5	2	1	2	4	2	2	3	2	2	2	2	1	3	9	27	6	17
verbrandingsslak	5	3	2	4	3	3	5	5	2	3	3	4	3	5	3	4	2	2	3	2	4	16	29	7	18
vliegas	5	3	1	4	2	3	5	5	2	1	3	4	2	2	3	5	2	2	4	1	3	9	31	5	17
straalgrit	5	3	3	3	4	4	5	1	4	5	1	4	3	5	4	3	5	2	2	2	3	21	31	6	13
shredderafval	4	3	4	3	4	3	5	5	5	5	2	4	3	2	4	2	2	2	1	1	2	19	25	7	15
ziekenhuisafval	1	2	3	3	2	4	5	5	2	1	2	4	2	2	2	2	1	5	1	1	2	9	25	6	12
scheepsafval	2	3	3	3	2	4	5	1	2	5	2	2	2	2	3	2	2	5	1	2	2	13	28	7	7
hl. klwst.h.afval	5	3	4	3	1	3	5	1	1	1	1	3	1	2	3	5	2	5	2	1	4	6	31	6	13
Produkt afval																									
kunststofafval	3	5	3	4	4	5	1	1	2	5	2	4	3	5	5	4	3	5	3	2	3	19	35	7	11
KWD-afval	3	4	3	4	4	4	1	1	2	5	3	3	3	5	4	4	3	5	4	3	3	19	35	9	10
afgedankte kabels	5	3	3	3	5	3	1	1	3	3	3	4	4	4	3	4	5	4	3	4	4	19	29	10	14
bouw- en sloopafval	5	3	3	5	4	3	1	1	4	5	3	4	4	4	4	4	5	5	5	2	4	21	35	8	14
huishoudelijk afval	4	3	3	5	4	4	1	1	3	5	4	3	3	5	5	3	3	5	4	2	3	20	33	9	11
autowrakken	4	3	2	4	4	3	1	1	3	5	2	4	4	4	4	4	4	2	3	2	3	20	28	6	12
autobranden	4	3	2	3	4	3	1	5	4	3	3	4	4	4	3	5	3	5	2	2	9	19	28	9	16
batterijen	5	4	5	1	2	4	1	5	1	1	1	4	3	2	3	4	2	2	1	1	3	9	22	7	17
bruingoed	4	5	3	3	4	5	1	1	1	5	2	4	3	5	5	4	4	2	3	2	3	18	32	7	12
witgoed	4	5	3	3	4	5	1	1	1	5	3	4	3	5	5	4	5	2	3	2	3	18	33	8	12
condensatoren	2	3	3	1	3	5	1	1	3	5	2	3	3	2	3	4	4	2	1	1	3	16	24	6	9
gasontladingslampen	3	3	3	2	4	4	1	1	3	3	3	3	3	5	3	4	3	2	1	2	3	18	23	8	10
kwikgevulde thermom.	2	3	4	1	4	4	1	1	3	1	2	3	3	2	2	4	3	2	1	2	3	13	21	8	9
tapijten	1	3	2	3	2	4	1	1	3	5	3	3	3	5	4	3	2	5	2	2	2	18	27	7	7
wegwerpartikelen	3	3	2	3	2	4	1	1	3	5	3	3	3	5	5	3	2	5	2	1	3	18	28	6	10
meubelen	1	3	2	3	3	4	1	1	3	5	3	2	4	5	3	3	3	5	2	2	3	20	27	7	7
verpakkingsafval	4	4	2	4	3	4	1	1	3	5	3	4	4	5	4	3	3	5	4	2	4	20	32	7	13
glas	4	2	2	3	2	3	1	1	4	3	3	4	4	4	3	3	5	5	3	2	5	17	28	7	14
papier/karton	4	3	2	4	2	3	1	1	4	3	4	4	4	4	3	3	4	5	4	2	5	17	30	8	14

Aan de hand van deze tabel is vervolgens een correctie uitgevoerd ten aanzien van het aantal criteria per criteriaveld (anders zouden criteriavelden met veel criteria onevenredig zwaar wegen).
Vervolgens is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd met een 6-tal gevoeligheidsscenario's. Hierbij zijn de relatieve gevoeligheden tussen de 4 velden als volgt geselecteerd (tabel 3.3). Hierbij wordt vooral nader bekeken wat de relatieve invloeden zijn van de criteria 'technische en milieuhygiënische'.

Tabel 3.3 Indeling gestelde criteria en formulering gevoeligheidsscenario's

Indeling van de verschillende gestelde criteria										Gevoeligheidsscenario's					
Groep	**Criteria**									**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
Technisch	A5	B1	B2	B5	B6					70%	0%	35%	40%	25%	50%
Milieuhygiënisch	A2	A4	A6	A7	B7	C1	C2	C3	C4	0%	70%	40%	35%	25%	50%
Economisch	A3	B3	C5							15%	15%	15%	15%	25%	0%
Overig	A1	A8	B4	C6						5%	5%	5%	5%	25%	0%
Totaal										100%	100%	100%	100%	100%	100%

Aan de hand van tabel 3.2 en 3.3 wordt vervolgens een correctie uitgevoerd ten aanzien van het aantal criteria per veld en vindt de gevoeligheidsanalyse voor de 6 scenario's plaats. De resultaten van de correctie en de gevoeligheidsanalyse staan vermeld in tabel 3.4

Tabel 3.4 Correctie gevoeligheidsanalyse ten behoeve van de selectie van afvalstromen

	voor correctie:				na correctie:				gevoeligheidsanalyse per scenario					
Criterium veld	**T**	**M**	**E**	**O**	**T**	**M**	**E**	**O**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
Procesafval														
jarosiet	9	27	6	17	1.80	3.00	2.00	4.25	1.77	2.61	2.34	2.28	2.76	2.40
verbrandingsslak	16	29	7	18	3.20	3.22	2.33	4.50	2.81	2.83	2.98	2.98	3.31	3.21
vliegas	9	31	5	17	1.80	3.44	1.67	4.25	1.72	2.87	2.47	2.38	2.79	2.62
straalgrit	21	31	6	13	4.20	3.44	2.00	3.25	3.40	2.87	3.31	3.34	3.22	3.82
shredderafval	19	25	7	15	3.80	2.78	2.33	3.75	3.24	2.53	3.02	3.07	3.17	3.29
ziekenhuisafval	9	25	6	12	1.80	2.78	2.00	3.00	1.71	2.39	2.19	2.14	2.40	2.29
scheepsafval	13	28	7	7	2.60	3.11	2.33	1.75	2.25	2.61	2.59	2.56	2.45	2.86
hl. klwst.h.afval	6	31	6	13	1.30	3.44	2.00	3.25	1.44	3.01	2.40	2.28	2.50	2.37
Produkt afval														
kunststofafval	19	35	7	11	3.80	3.89	2.33	2.75	3.14	3.20	3.37	3.36	3.19	3.85
KWD-afval	19	33	9	10	3.80	3.67	3.00	2.50	3.29	3.20	3.43	3.43	3.24	3.74
afgedankte kabels	19	29	10	14	3.80	3.22	3.33	3.50	3.43	3.03	3.39	3.42	3.46	3.51
bouw- en sloopafval	21	35	8	14	4.20	3.89	2.67	3.50	3.64	3.41	3.72	3.73	3.56	4.05
huishoudelijk afval	20	33	9	11	4.00	3.67	3.00	2.75	3.45	3.22	3.53	3.55	3.35	3.84
autowrakken	20	28	6	12	4.00	3.11	2.00	3.00	3.33	2.70	3.17	3.21	3.02	3.56
autobranden	19	28	9	16	3.80	3.11	3.00	4.00	3.30	2.81	3.21	3.24	3.47	3.46
batterijen	9	22	7	17	1.80	2.44	2.33	4.25	1.95	2.39	2.29	2.25	2.70	2.12
bruingoed	18	32	7	12	3.60	3.56	2.33	3.00	3.13	3.13	3.29	3.29	3.18	3.58
witgoed	18	33	8	12	3.60	3.67	2.67	3.00	3.17	3.21	3.37	3.37	3.24	3.64
condensatoren	16	24	6	9	3.20	2.67	2.00	2.25	2.74	2.36	2.68	2.71	2.53	2.94
gasontladingslampen	18	23	8	10	3.60	2.56	2.67	2.50	3.11	2.38	2.85	2.92	2.83	3.08
kwikgevulde thermom.	13	21	8	9	2.60	2.33	2.67	2.25	2.39	2.20	2.42	2.43	2.46	2.47
tapijten	18	27	7	7	3.60	3.00	2.33	1.75	3.00	2.58	2.94	2.97	2.67	3.30
wegwerpartikelen	18	28	6	10	3.60	3.11	2.00	2.50	3.04	2.70	3.02	3.05	2.81	3.34
meubelen	20	27	7	7	4.00	3.00	2.33	1.75	3.28	2.58	3.08	3.13	2.77	3.50
verpakkingsafval	20	32	7	13	4.00	3.56	2.33	3.25	3.43	3.12	3.45	3.47	3.28	3.78
glas	17	28	7	14	3.40	3.11	2.33	3.50	3.04	2.84	3.09	3.11	3.09	3.26
papier/karton	17	30	8	14	3.40	3.33	2.67	3.50	3.07	3.02	3.21	3.22	3.22	3.37

Aan de hand van de afvalstroom 'jarosiet' zal de gehele procedure, resulterende in de 6-tal scores voor de verschillende scenario's, ter illustratie worden uitegewerkt.

Stap 1: Score van de afvalstroom naar de thema's karakterisering, scheidingstechnieken en deelmarkten.
Resultaat: zie tabel 3.1.

Stap 2: Weging van de geformuleerde criteria (++ = 5, etc.).
Resultaat: zie tabel 3.2 (eerste deel).

Stap 3: Indeling van criteria naar 4 velden en score aan de hand van de wegingsfactoren.
Resultaat:

technisch:	9 punten
milieuhygiënisch:	27 punten
economisch:	6 punten
overig	17 punten

Stap 4: Correctie van de score naar aantal criteria per veld. Dit wil zeggen delen door het aantal criteria per veld.
Resultaat:

technisch:	9/5	=	1,8 punten
milieuhygiënisch:	27/9	=	3,0 punten
economisch:	6/3	=	2,0 punten
overig	17/4	=	4,25 punten

Stap 5: Uitvoeren van gevoeligheidsanalyse aan de hand van de in tabel 3.3 geformuleerde scenario's.
Resultaat:

scenario 1: $0,7 \times 1,8 + 0,15 \times 2,0 + 0,05 \times 4,25 = 1,77$
scenario 2: $0,7 \times 3,0 + 0,15 \times 2,0 + 0,05 \times 4,25 = 2,61$
scenario 3: $0,35 \times 1,8 + 0,4 \times 3,00 + 0,15 \times 2,00 + 0,05 \times 4,25 = 2,34$
scenario 4: $0,40 \times 1,8 + 0,35 \times 3,0 + 0,15 \times 2,0 + 0,05 \times 4,25 = 2,28$
scenario 5: $0,25 \times 1,8 + 0,25 \times 3,0 + 0,25 \times 2,0 + 0,25 \times 4,25 = 2,76$
scenario 6: $0,5 \times 1,8 + 0,5 \times 3,0 = 2,40$

Met behulp van de waarden uit tabel 3.4 zijn voor de zes uitgevoerde scenario's telkens een top 10 van afvalstromen samengesteld. Deze zijn weergegeven in tabel 3.5.

Tabel 3.5 De top 10 van afvalstromen conform de 6 scenario's (gevoeligheidsanalyses)

Scenario 1 (70 - 0 - 15 - 5)			Scenario 2 (0 - 70 -15 - 5)		
1	bouw- en sloopafval	3.64	1	bouw- en sloopafval	3.41
2	huishoudelijk afval	3.45	2	huishoudelijk afval	3.22
3	afgedankte kabels	3.43	3	witgoed	3.21
4	verpakkingsafval	3.43	4	kwd afval	3.20
5	straalgrit	3.40	5	kunststof afval	3.20
6	autowrakken	3.33	6	bruingoed	3.13
7	autobanden	3.30	7	verpakkingsafval	3.12
8	kwd afval	3.29	8	afgedankte kabels	3.03
9	meubelen	3.28	9	papier/karton	3.02
10	shredderafval	3.24	10	hl. klwst. h. afval	3.01
Scenario 3 (35 - 40 - 15 - 5)			**Scenario 4 (40 - 35 - 15 - 5)**		
1	bouw- en sloopafval	3.72	1	bouw- en sloopafval	3.73
2	huishoudelijkafval	3.53	2	huishoudelijk afval	3.55
3	verpakkingsafval	3.45	3	verpakkingsafval	3.47
4	kwd afval	3.43	4	kwd afval	3.43
5	afgedankte kabels	3.39	5	afgedankte kabels	3.42
6	kunststof afval	3.37	6	witgoed	3.37
7	witgoed	3.37	7	kunststofafval	3.36
8	straalgrit	3.31	8	straalgrit	3.31
9	bruingoed	3.29	9	bruingoed	3.29
10	papier/karton	3.21	10	autobanden	3.24
Scenario 5 (25 - 25 - 25 - 25)			**Scenario 6 (50 - 50 - 0 - 0)**		
1	bouw- en sloopafval	3.56	1	bouw- en sloopafval	4.05
2	autobanden	3.47	2	kunststofafval	3.85
3	afgedankte kabels	3.46	3	huishoudelijkafval	3.84
4	huishoudelijkafval	3.35	4	straalgrit	3.82
5	verbrandingsslak	3.31	5	verpakkingsafval	3.78
6	verpakkingsafval	3.28	6	kwd afval	3.74
7	witgoed	3.24	7	witgoed	3.64
8	kwd afval	3.24	8	bruingoed	3.58
9	straalgrit	3.22	9	autowrakken	3.56
10	papier/karton	3.22	10	afgedankte kabels	3.51

Daar het gaat om het opzetten van een onderzoekprogramma, waarbij aan technische en milieuhygiënische aspecten een hoger relatief gewicht wordt toegekend dan aan economische en overige aspecten, wordt scenario 4 (en in mindere mate het vergelijkbare scenario 3) als het meest relevante scenario gezien.

Na overleg met VROM zijn uiteindelijk de volgende afvalstromen geselecteerd voor verder onderzoek:

1. Bouw- en sloopafval
2. Kunststofafval
3. Verpakkingsafval
4. Afgedankte kabels
5. Straalgrit
6. Witgoed
7. Bruingoed

Zoals uit de geselecteerde stromen blijkt, is gekozen voor stromen, bestaande uit specifieke afgedankte produkten.
De keuze is niet gericht op heterogeen samengestelde afvallen, zoals huishoudelijk afval en kantoor-, winkel en dienstenafval. Hiervoor is bronscheiding een voor de hand liggende keuze.

Aan de hand van deze afvalstromen is een nader onderzoek rond de thema's karakterisering, potentiële afzetmarkten en droge deeltjes scheidingstechnologieën uitgevoerd.

4 Karakterisering afvalstromen

4.1 Algemeen

In dit hoofdstuk zal de karakterisering en de daaruit afgeleide materiaaleigenschappen centraal staan.
Hierbij wordt uitgegaan van de in 3 geselecteerde afvalstromen. Na een uiteenzetting van de hoeveelheid vrijkomend per jaar en de samenstelling, zal er in paragraaf 3 een relatie worden gelegd tussen de aard van de afvalstroom en het uit te voeren voortraject, voordat de uiteindelijk te selecteren droge deeltjesscheidingstechnieken kunnen worden ingezet. Hierbij worden enkele varianten uitgewerkt. Tenslotte zullen de relevante en beschikbare fysische en chemische materiaaleigenschappen worden geïnventariseerd. Hierbij is een onderscheid gemaakt tussen globale verschillen tussen materiaalklassen en meer gedetailleerde verschillen binnen de belangrijkste materiaalklassen.

Uit de in 3 uitgevoerde selectie zijn de volgende 7 stromen gekomen:
- Bouw- en sloopafvallen (produktafval);
- Straalgrit (procesafval);
- Kunststofafval (produktafval);
- Verpakkingsafval (produktafval);
- Kabelafvallen (produktafval);
- Witgoed (produktafval);
- Bruingoed (produktafval).

Zoals aangegeven houdt de selectie in dat het zes produktafvalstromen en een procesafvalstroom betreft. Op zich is dit niet verwonderlijk, aangezien de oplossingen voor het vermijden, c.q. hergebruiken van procesafvallen steeds meer bedrijfsintern of branchegewijs gezocht worden. De verwerking van afgedankte consumentenprodukten en kapitaalgoederen (produktafval) wordt daarmede sterker geaccentueerd. De keuze voor de nadere analyse van zes produktafvalstromen is daarom niet vreemd.

In de bijlagen 1 tot en met 7 is de nadere karakterisering van de zeven stromen uitgevoerd. In deze bijlagen zijn achtereenvolgens de hierondergenoemde aspecten nader verkend:
1. Hoeveelheid;
2. Samenstelling;
3. Vaststelling noodzaak voortraject (gescheiden inzameling (?) → ontmanteling (?) → verkleining (?));
4. Eigenschappen verkregen deeltjesmengsels.

Afhankelijk van de beschikbaarheid van basisinformatie zijn deze aspecten in de bijlagen verder uitgewerkt. In de volgende paragrafen zijn de bovengenoemde aspecten samengevat.

4.2 Hoeveelheden

De vrijkomende hoeveelheden bedragen als volgt:
- Bouw- en sloopafvallen: 12.200.000 t/j (1990);
- Straalgrit: 100.000 t/j (1990);
- Kunststofafval: 722.000 t/j (1986);
- Verpakkingsafval: 2.127.000 t/j (1986);
- Kabelafvallen: 54.000 t/j (1991);
- Witgoed: circa 85.000 t/j (heden);
- Bruingoed: circa 30.000 t/j (heden).

Duidelijk is dat op kwantitatieve basis twee groepen te onderscheiden zijn:
= Stroom >100.000 t/j: Bouw- en sloopafvallen, kunststofafval, verpakkingsafval;
= Stroom <100.000 t/j: Straalgrit (verbruik gaat afnemen), kabelafvallen, witgoed, bruingoed.

4.3 Samenstelling

Op basis van materiaalanalyses zijn de samenstellingen van de onderhavige stromen bepaald. In het kader van (economisch) hergebruik of eindbestemming is het noodzakelijk in kwantitatieve zin de materiaalsamenstellingen te kennen. Bij de inzet van scheidingstechnieken zijn de concentraties van de verschillende materialen/stoffen eveneens belangrijk. In de praktijk echter is er geen sprake van de toepassing van één techniek, maar van een aantal aaneengeschakelde technieken. Tijdens de verwerking van voedingsstromen met een gegeven samenstelling veranderen de concentraties van specifieke materialen in restfracties bij de afscheiding van beoogde fracties. Deze restfracties en afgescheiden fracties worden veelal in het vervolg van het totale proces verder opgewerkt. Vanwege het verschijnsel dat een specifieke concentratie zowel kan toenemen als afnemen wordt hier volstaan met een opsomming van welke materialen in de zeven stromen kunnen voorkomen. In de bijlagen 1 tot en met 7 zijn enkele samenstellingen en deelsamenstellingen van de uitgangsstromen gegeven.

In de hierna opgesomde mengsels komen deeltjes met specifieke eigenschappen voor. Het betreft mengsels waarin de materialen ontsloten naast elkaar voorkomen. De daarvoor noodzakelijke voorbewerkingen worden in 4.4 besproken. In precieze zin is er sprake van materiaalklassen, waarbinnen de materialen gelijkenis vertonen, wat betreft fysische en/of chemische eigenschappen. Bij de inzet van droge deeltjesscheiding worden veelal eerst de diverse klassen van elkaar gescheiden, waarna de scheiding binnen klassen volgt. De te onderscheiden klassen zijn onder andere metalen, kunststoffen, anorganische (steenachtige) materialen.

In de zeven stromen zijn de volgende materialenmengsels te onderscheiden:
- Bouw- en sloopafvallen; anorganische materialen, metalen, hout, kunststoffen, teerachtige materialen;
- Straalgrit; anorganisch materiaal, magnetisch materiaal (ferro), organisch materiaal (verf);

- Verpakkingsafval;
  - = papier/karton, kunststoffen, metalen, glas, hout;
  - = kunststoffen, metalen, hout, karton;
  - = kunststoffen, metalen, drankenkartons
  - = papier/karton-mengsels;
  - = gemengd glas (naar kleur);
  - = kunststoffenmengsels;
- Kunststofafval;
  - = kunststoffen, metalen, overige polymere materialen (papier, hout, rubbers, textiel), anorganische materialen (zand, steen, glas);
  - = kunststoffen, metalen, overige polymere materialen;
  - = kunststoffen, metalen;
  - = kunststoffen, overige polymere materialen;
  - = kunststoffen, anorganische materialen;
  - = kunststoffen, grond, organisch (biologisch afbreekbaar) materiaal;
  - = kunststoffen(mengsels);
- Kabelafvallen; metalen (inclusief ferro), kunststoffen, papier, jute, bitumen;
- Witgoed; ferro, non-ferro's, kunststoffen, glas, hout, beton, overige polymere en anorganische materialen;
- Bruingoed; ferro, non-ferro's, kunststoffen, glas, hout.

Uit de samenstellingsanalyses is wel duidelijk geworden, dat in mengsels vele materialen in wisselende samenstellingen naast elkaar voor kunnen komen. Daarnaast kan gesteld worden dat in relatief veel mengsels materialen in dominante hoeveelheden voorkomen. Voorbeelden zijn:
- In bouw- en sloopafvallen en straalgrit; anorganische materialen (silicaten);
- In verpakkingsafvallen; papier/karton en/of kunststoffen of glas;
- In kabelafvallen; non-ferro's en kunststoffen;
- In witgoedprodukten; staal en roestvrij staal;
- In bruingoedprodukten; glas, ferro, non-ferro's en kunststoffen.

De geopteerde scheidingstechnieken richten zich dan op de concentrering van de dominant voorkomende materialen, of op de afscheiding van de in kleine hoeveelheden voorkomende restmaterialen.

4.4 Voortraject

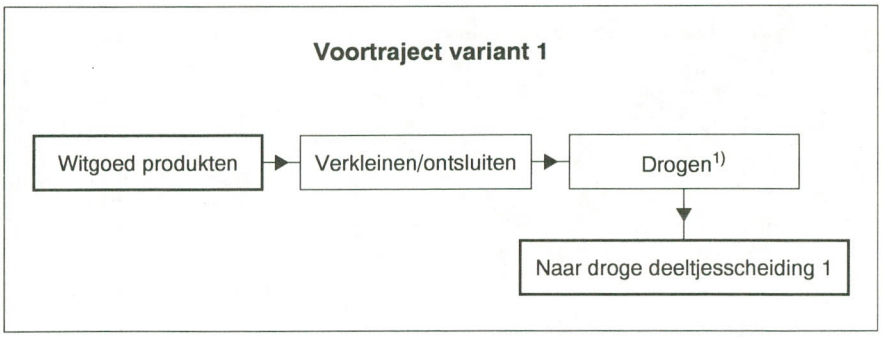
Voordat er te scheiden materiaalmengsels verkregen zijn, dient veelal een voortraject doorlopen te worden. Het doel van de dan optredende procesmatige handelingen is het volledig vrijmaken, het volledig ontsluiten van de samenstellende materialen. Het betreft hierbij ontmantelings- en verkleiningsprocessen. Ontmantelingsprocessen worden ingezet bij de verwerking van complex samengestelde produkten. Dat zijn produkten, samengesteld uit onderdelen, die met verschillende verbindingstechnieken geïntegreerd het geheel vormen. De ontmanteling is gericht op het vrijmaken van specifieke onderdelengroepen, waardoor bepaalde materialen of potentieel milieubelastende stoffen geconcentreerd worden. Bij de vorming van bouw- en sloopafval geschiedt dat minder bewust. Voordat panden tegen de grond gaan, zijn veelal metalen bevattende delen reeds verwijderd (zoals koperen leidingen).
Indien we de betreffende handelingen niet verdisconteren, kunnen we over het algemeen spreken over twee groepen afvalstromen:

1. Afvallen, complex van samenstelling, waarbij als voortraject selectieve ontmanteling noodzakelijk is.
2. Afvallen, bestaande uit meerdere materialen, waarbij als voortraject door toepassing van verkleiningsprocessen erop volgende scheidingsprocessen geschikter uit te voeren zijn. Het kan hierbij ook gaan om mengsels die verkregen zijn na selectieve ontmanteling. Over het algemeen heeft verkleining twee doeleinden;
   - homogenisering naar deeltjesgrootte;
   - volledig ontsluiten van de materialen.

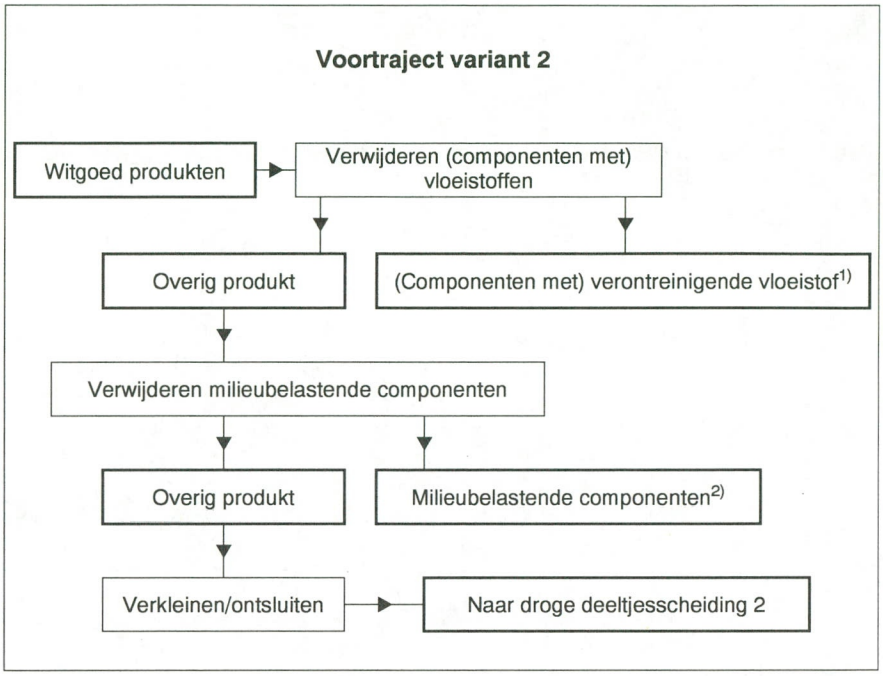
In globale zin zien de voortrajecten van de onderhavige 7 stromen er als volgt uit:
- ontmanteling + verkleining;
  witgoed en bruingoed;
- verkleining;
  bouw- en sloopafvallen, kunststofafval, verpakkingsafval en kabelafvallen;
- geen voortraject;
  straalgrit.

Uitgaande van kwalitatief hoogwaardig hergebruik en verregaande isolering van potentieel milieubelastende stoffen zullen enerzijds bestaande verwijderingsstructuren moeten worden herzien. De alternatieve verwijderingswijzen bevinden zich veelal nog in het ontwikkelingsstadium. Daarbij is de vraag aan de orde tot hoever complex samengestelde goederen ontmanteld dienen te worden opdat de erop volgende verkleinings- en scheidingsprocessen optimaal functioneren. Vanuit kostenoverwegingen wordt ontmanteling tot een minimum beperkt. Dit mag echter niet tenkoste gaan van de mogelijkheden om commercieel afzetbare materialen en potentieel milieubelastende stoffen/elementen te kunnen afscheiden/concentreren. Dat er in principe binnen de grenzen van maximale en minimale ontmantelingsgraad meerdere varianten bestaan wordt hierna met het voorbeeld voor witgoed geïllustreerd.
Optimaliseringsonderzoek zal moeten uitwijzen welke ontmantelingsvariant voor produktengroepen uit onder andere de witgoed-groep de voorkeur verdient.

Bij de beschrijving van de noodzakelijke voortrajecten in dit voorbeeld wordt slechts ingegaan op het voortraject en niet op de verwerkingsmogelijkheden voor resulterende fracties die niet voor droge deeltjesscheiding in aanmerking komen. Bij variant 1 en variant 2 betreft dit voornamelijk fracties met een chemisch afval karakter. Bij variant 3 betreft het zowel fracties met een chemisch afval karakter als direct afzetbare, uit slechts een enkele materiaalsoort samengestelde fracties.



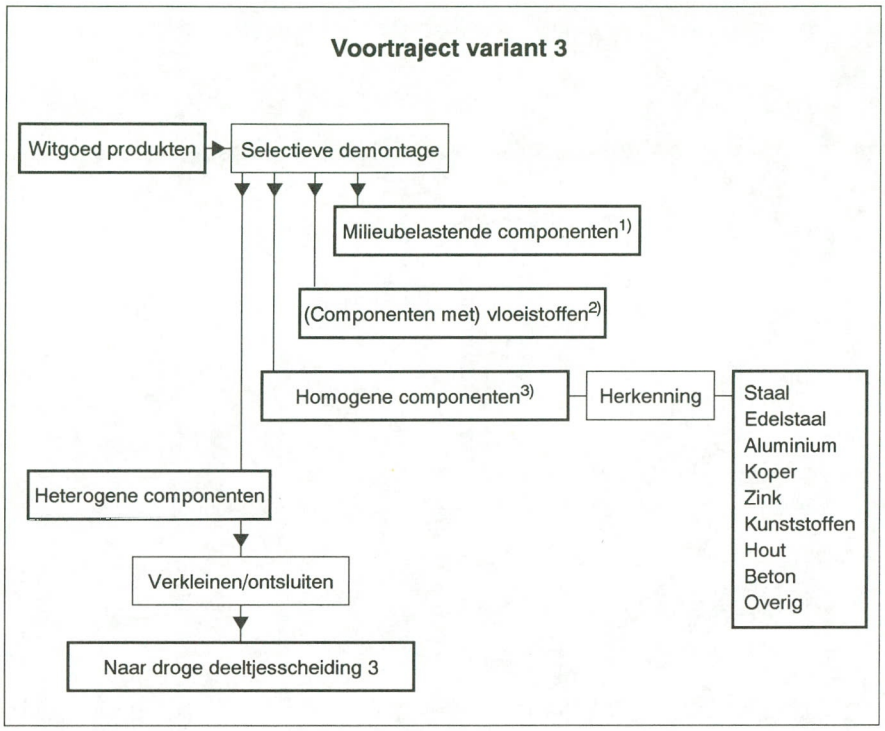
Opmerkingen:
1) Drogen is noodzakelijk in verband met de aanwezige vloeistoffen



Opmerkingen:

1) Dit betreft onder andere de volgende produktgebonden componenten:
   - reservoir (afwasmachine)
   - olie (koelkast/diepvriezers)

2) Dit betreft onder andere de volgende produktgebonden componenten:
   - buisdiode (magnetron)
   - condensatoren (wasmachine)
   - PUR/R12 (koelkast/diepvriezer)
   - R11 (koelkast/diepvriezer)



Opmerkingen:

1) Dit betreft onder andere de volgende produktgebonden componenten:
   - buisdiode (magnetron)
   - PUR (koelkast/diepvriezer)
   - R11/R12 (koelkast/diepvriezer)
   - condensatoren (wasmachine)

2) Dit betreft onder andere de volgende produktgebonden componenten:
   - reservoir (afwasmachine)
   - olie (koelkast/diepvriezer)

3) Dit betreft de bulk van de hoeveelheid witgoed (gekoppeld middels losneembare verbindingen) en bevat onder andere de volgende componenten:
   - omkasting (hout en staal)
   - grote homogene kunststof onderdelen (> 100 gr.)
   - siermateriaal (onder andere aluminium)
   - edelstaal (kuip, trommel en verwarmingselementen)
   - slangen (rubber)
   - glas (deuren etc.)

4) Bij de resulterende fracties voor droge deeltjesscheidingstechnieken wordt vooraf een splitsing gemaakt tussen componenten met een laag metaalgehalte (non ferro) en een hoog metaalgehalte (non ferro)

4.5 Materiaaleigenschappen

Voor een aantal fysische en chemische eigenschappen geldt dat ze inherent zijn aan het materiaal, zogenaamde materiaaleigenschappen. Deze inherente eigenschappen zijn in de onderstaande tabellen verwerkt. Hierbij is aanvankelijk een 'grove' indeling gemaakt naar verschillen in eigenschappen tussen de vijf materiaalklassen (metalen, kunststoffen, rubbers, minerale materialen en organische materialen).
Vervolgens zijn in bijlage 8 er per materiaalklasse meer gedetailleerde overzichten gegeven van de verschillen in materiaaleigenschappen van de in de onderzochte afvalstromen aanwezige materialen uit de verschillende klassen.

Tabel 4.4 Globaal overzicht van relevante fysische en chemische eigenschappen naar materiaalklassen

Materiaalklasse / Eigenschappen	Metalen	Kunst-stoffen	Rubbers	Minerale mat.	Organische mat
Hardheid	zeer hoog	laag	zeer laag	hoog	zeer laag
Elasticiteit	laag	hoog	zeer hoog	zeer laag	divers
Ductiliteit	medium	hoog	zeer hoog	zeer laag	divers
Hitte bestendigheid	hoog	laag	zeer laag	zeer hoog	laag
Glans	hoog	medium	laag	zeer laag	laag
Kristallijn/amorf	kristallijn	veelal amorf	amorf	vrijwel amorf	amorf
Geleidbaarheid	zeer hoog	laag	laag	laag	laag
Magnetische eigensch.	divers	laag	laag	laag	laag
Lichtdoorlatend	geen	divers	divers	geen	divers
Smeltpunt	hoog	laag	laag	nvt	nvt
Aantal elementen	1 hoofdelem.	2 of meer	3 of meer	2 of meer	vele
Homogeniteit	hoog	divers	divers	divers	divers
Veroudering	vrijwel niet	divers	hoog	laag	divers

In deze paragraaf zijn de materiaaleigenschappen aangegeven. Daarnaast is binnen materialenmengsels nog sprake van deeltjeseigenschappen (grootte, vorm, oppervlakteruwheid, etc.). Deze eigenschappen worden deels verkregen door de aard van de toegepaste verkleiningsprocessen. De deeltjeseigenschappen worden in hoofdstuk 7 diepgaander besproken.

5 Kwaliteitsaspecten

5.1 Inleiding

Hergebruik van materialen treft men in vele processen aan. Zo worden er bijvoorbeeld kringlopen geïntroduceerd om processen te beheersen of in stand te kunnen houden. Daarnaast vindt er in veel bedrijven produktieafkeur plaats of ontstaat er produktieafval, waarbij in vele gevallen het materiaal direct weer ergens in het proces kan worden hergebruikt. In deze gevallen is de samenstelling van het materiaal dat wordt hergebruikt, volledig bekend. Dergelijke kringlopen bestaan reeds lange tijd en zijn vanuit economisch oogpunt door de toepassers geïntroduceerd. Veelal zijn ze niet een gevolg van specifiek overheidsbeleid. Voorwaarde hiervoor is dat de samenstelling goed gedefinieerd is.
De samenstellingen van de materialen die in het kader van deze studie in aanmerking komen voor hergebruik zijn veelal niet bekend. Zelfs niet nadat de droge deeltjesscheidingstechnieken sommige materialen tot een hoge concentratie hebben opgewerkt.
Samenstelling is de belangrijkste kwaliteitsparameter die in het kader van deze studie verantwoordelijk is voor de afzetmogelijkheden.
Het grote probleem van secundaire materialen is namelijk het vinden van geschikte afzetmarkten, waarvoor is het noodzakelijk de samenstelling binnen een bepaalde marge te krijgen.
De kwaliteit van het secundaire materiaal wordt hierbij als hoog verondersteld als het met minimale verdere behandelingen en minimale verliezen weer kan worden ingezet in gelijkwaardige toepassingen (waarvan de samenstelling binnen gedefinieerde grenzen ligt).

Zoals uit dit hoofdstuk zal blijken zijn er slechts enkele materialen die kunnen worden ingezet voor dezelfde toepassingen als die waarvoor ze oorspronkelijk zijn ingezet. In tweede instantie zal men moeten streven (binnen de economische randvoorwaarden) naar maximaal haalbare kwaliteit omdat het afzetgebied dan ook maximaal is. Daarnaast zal men zich in toenemende mate moeten realiseren dat downcycling zoveel mogelijk moet worden vermeden omdat de markten voor laagwaardige toepassingen verzadigd dreigen te geraken.

In dit hoofdstuk zal dan ook aan de hand van de verschillende mengsels die ontstaan na toepassing van droge deeltjesscheidingstechnieken nader worden ingegaan op de kwaliteitsachteruitgang die ontstaan is, de kwaliteitseisen die worden gesteld ten aanzien van hergebruik en de richtingen die noodzakelijk zijn om de gewenste kwaliteitsverbetering tot stand te brengen.

5.2 De metalen

Met behulp van droge deeltjesscheiding is het in principe mogelijk een aantal metalenmengsels te verkrijgen met een redelijke hoge concentratie van een bepaalde soort metaal. In dit geval ontstaan na droge deeltjesscheiding de volgende mengsels:

- magnetische ferro-fractie;
- koperrijke fractie;
- aluminiumrijke fractie;
- niet-magnetische ferro-fractie (edelstaal);
- niet magnetische metalenmix.

Hoewel de eerste drie fracties relatief weinig niet-metallische verontreinigingen bevatten, zijn deze mengsels, op grond van de veelheid en diversiteit aan legeringselementen, van een zodanige kwaliteit dat ze veelal als zodanig niet geschikt zijn voor hergebruik (Denk hierbij bijvoorbeeld aan de veelheid aan toegepaste Al-legeringen). Direct hergebruik van de mengselkwaliteiten die resulteren na de droge deeltjesscheiding zijn dan ook niet aanwezig. Verdere bewerkingen ten behoeve van de kwaliteitsverbetering zijn zonder meer noodzakelijk.

In het geval van metalen zijn zowel de economische als technische barrières voor verdere opwerking relatief klein om de volgende redenen:

— De metalen zijn in tegenstelling tot de andere materiaalklassen volledig regenereerbaar (onder andere via smeltprocessen), als gevolg van de niet veranderbare chemische en fysische eigenschappen van de metaalatomen. In vrijwel alle gevallen kan de kwaliteit van primaire grondstoffen worden geëvenaard.
— Voor de winning van metalen (met uitzondering van goud) zijn min of meer complexe, dure en milieuvervuilende chemische processen noodzakelijk terwijl bij de recycling van metalen niet het gehele winningsproces doorlopen hoeft te worden. Veelal is alleen de raffinagestap noodzakelijk mits aan bepaalde kwaliteitseisen (vergelijkbaar met die van de primaire stoffen voor de raffinage) wordt voldaan.
— Metalen vallen onder de categorie niet-hernieuwbare grondstoffen. Voor een aantal metalen kan men zelfs spreken van schaarse metalen.

Enkele specifieke problemen die samenhangen met de kwaliteitsaspecten van de verschillende metalenmengsel die ontstaan na de droge deeltjesscheiding en de daarbij behorende mogelijke oplossingsrichtingen worden in het onderstaande nader toegelicht.

Magnetische ferro-fractie

Met behulp van de droge deeltjesscheidingstechnieken is een redelijke kwaliteit gemengd staal en gietijzer te verwachten, die direct in de raffinage kan worden ingezet. Hier worden de verontreinigingen en de meeste legeringselementen verwijderd. Een uitzondering hierop vormen koper en in mindere mate zink. Deze elementen zijn niet (economisch verantwoord) uit het smeltbad te verwijderen. De hergebruiksmogelijkheden van het ijzer worden dan ook vooral bepaald door het

gehalte koper in het uiteindelijke smeltbad. De volgende richtlijn kan worden gehanteerd:

- Concentratie Cu < 0,05% levert een hoge kwaliteit staal die onder andere kan worden ingezet in de automobielbranche (verantwoordelijk voor 35% van de staalafzet).
- Concentratie Cu > 0,05% levert een lage kwaliteit staal die slechts kan worden ingezet in de bouw.

Vanuit de staalindustrie worden er signalen gegeven dat de toegeleverde schroot in de toekomst minder koper moet bevatten dan tot nu toe het geval is omdat de gemiddelde hoeveelheid koper (onder andere als gevolg van de vele downcyclingskringlopen) langzamerhand groter wordt.
Om hieraan tegemoet te komen moet worden gestreefd de hoeveelheid koper waarmee de magnetische ijzerfractie is verontreinigd (onder andere als gevolg van insluitingen ontstaan door het huidig veelvuldig shredderproces), te minimaliseren.
In de praktijk zal dit betekenen dat het shredderproces zodanig gewijzigd moet worden dat dit probleem kan worden voorkomen of dat vooraf door middel van ontmanteling, vermenging van koper en ferro wordt vermeden.

Daarnaast levert recycling van staalschroot ook staalslakken op. Deze zijn als vulstof in de grond-, weg-, en waterbouw veelal te gebruiken als secundaire bouwstof. Echter verscherping van de milieu-eisen bezorgt de afzet van staalslakken nog de nodige hindernissen. De kwaliteitswaarborging speelt hierbij een voorname rol. Mochten de milieu-eisen nog meer verscherpt worden (ten aanzien van de maximale concentraties zware metalen) dan zal onderzocht moeten worden of door aanpassing van het staalproces of door scheiding van deelstromen een groter deel van de slakken kan worden ingezet als bouwstof. Daarnaast zal men een nog schonere schroot toevoer moeten kunnen garanderen.

Aluminiumrijke fractie

Aluminiumschroot bestaat lang niet alleen uit Al metaal. Er kunnen tot maar liefst 15% aan legeringselementen zijn toegevoegd (Si, Mg, Cu, Zn etc.). Daarnaast zijn er verschillende verontreinigingen en oxides aanwezig.
Mede hierom worden primaire en secundaire aluminium separaat opgewaardeerd. Evenals bij de ferro-fractie kunnen de verontreinigingen, de oxides en een groot gedeelte van de legeringselementen in een enkele raffinagestap (om aan de minimum eisen van afzetbaarheid te voldoen) worden verwijderd. De kwaliteit van het resulterende mengsel is van dien aard dat het materiaal kan worden afgezet als gietlegering (bijvoorbeeld in de automobielbranche).
Verkoopbaar secundair aluminium moet dan ook minimaal de volgende reinheid hebben:

- Cu maximaal 0,2 - 0,5%;
- Zn maximaal 0,1 - 0,3%;
- Fe maximaal 1,3%;
- overige ongewenst maximaal 1,0%

(de verwijdering van Mg vormt over het algemeen een probleem).
Aangezien het gebruik van secundair aluminium in vergelijking met primair aluminium energetisch zeer gunstig is, is de markt voor dergelijke laagwaardige legeringen min of meer verzadigd. Verhoging van het recyclingspercentage zal de prijs nog meer in elkaar doen zakken.

Het produceren van hoogwaardigere (kneed)legeringen uit aluminiumschroot of minimalisatie van het raffinageproces kan alleen als er minder legeringselementen aanwezig zijn. Dit kan worden verwezenlijkt indien scheiding van aluminiumlegeringen aan de bron wordt geactiveerd. In eerste instantie kan een onderscheid gemaakt worden tussen gietlegeringen en kneedlegeringen. Dit zal echter voorlopig handmatig moeten plaatsvinden.

Daarnaast geldt ook voor aluminium dat er naast het metaal, tijdens de resmelt een grote hoeveelheid smeltzout ontstaat. Ook hiervoor zal maximaal hergebruik gewaarborgd moeten worden.

De koperrijke fractie

In tegenstelling tot de ferro-fractie en de aluminium fractie wordt bij de koperrecycling altijd zuiver koper geproduceerd. Dit hangt samen met het raffinageproces (pyrometallurgisch/elektrolyse). Problemen met mogelijk aanwezige legeringselementen zijn dan ook niet relevant. Het aantal raffinagestappen is gerelateerd aan het gehalte koper in het mengsel. De opbrengstprijs van het kopermengsel is dus direct gerelateerd aan het gehalte aan koper terwijl de afzetmarkt in principe geen relatie heeft met het gehalte aan koper in het mengsel.
Er zal dus altijd gestreefd moeten worden naar maximale koperconcentraties (zolang droge deeltjesscheiding goedkoper en milieuvriendelijker is dan het raffinageproces). Vooral het aandeel kunststoffen kan gedurende de raffinage voor problemen zorgen. Dit zal dan ook grotendeels vooraf afgescheiden moeten worden.
Om enige indicatie te geven van de gewenste kopergehaltes kunnen de volgende gegevens als richtlijn dienen:
- > 95% Cu: hoogwaardig kopermengsel: kan direct en probleemloos tot 99,5% zuiverheid worden omgewerkt.
- 70 - 95% Cu: middelwaardig kopermengsel: extra concentreringsstap (veelal selectief smelten) noodzakelijk voor uiteindelijke raffinage.
- 20 - 70% Cu: laagwaardig koperschroot: extra droge deeltjesscheidingsstap noodzakelijk om het te kunnen afzetten.

De niet-magnetische ferro-fractie

Het betreft hier zogenaamde roestvaste legeringen (met een hoog gehalte aan chroom (minimaal 13%) en in sommige gevallen nikkel.
Voor dergelijke legeringen geldt dat naast staal en chroom, vooral het legeringselement nikkel wordt teruggewonnen. De waarde van deze fractie is meer dan proportioneel gerelateerd aan de hoeveelheid nikkel in het mengsel. Er zal dus moeten worden gestreefd om dit percentage te maximaliseren. Op dit moment is scheiding aan de bron de enige mogelijkheid. In de toekomst zal naar alle waarschijnlijkheid detectieapparatuur ingezet kunnen worden die de nikkelarme en nikkelrijke fracties separeert.

Het niet-magnetische metalenmengsel

Dit mengsel zal hoofdzakelijk bestaan uit aluminium, koper, lood, tin, zink en roestvast ferro en een aanzienlijke hoeveelheid verontreinigingen.
De mogelijkheden tot afzet zijn beperkt. Recycling bestaat uit selectief smelten, gevolgd door verdere opwerking volgens een of meerdere bovenstaande routes.

De kwaliteit (en de prijs) is afhankelijk van de verdeling van de verschillende metalen en verontreinigingen en de deeltjesgrootte.
De afzetgebieden daarentegen zijn onafhankelijk van de kwaliteit, mits er aan een minimum wordt voldaan (selectieve smelters stellen uiteraard ook eisen aan de samenstelling en minimale deeltjesgrootte).

5.3 Kunststoffen

In vergelijking met metalen vormen de kunststoffen in samenhang met mogelijk materiaalhergebruik een groot probleem. Hierbij spelen niet alleen de aan het kunststof regranulaat meetbare eigenschappen een rol, maar ook de kosten die moeten worden gemaakt om dat niveau van eigenschappen te bereiken.
In de VS is momenteel de prijs van secundaire kunststoffen ingestort. Er is nauwelijks vraag naar en de kwaliteit is veelal minder dan 'virgin' materiaal, dat bovendien nog goedkoper is.
Betrokken op de geselecteerde afvalstromen blijkt herverwerking zich tot op heden voornamelijk te beperken tot op de eerste plaats produktie- en procesafval, verder kunststoffolie uit de agrarische sector en uit de KWD-sector, PVC-buizen uit bouw- en sloopafval en verpakkingen van industriële grondstoffen.

De problematiek van het hergebruik van kunststoffen in samenhang met de kwaliteitsachteruitgang kan worden uitgesplitst naar intrinsieke en extrinsieke kwaliteitsachteruitgang. In het algemeen kan gesteld worden dat met betrekking tot de intrinsieke achteruitgang nog veel onderzoek moet worden verricht. Met name in relatie tot het niveau van de gestelde kwaliteitseisen voor hergebruik.
In het geval van extrinsieke kwaliteitsachteruitgang is deze relatie met gestelde kwaliteitseisen veel duidelijker. Uitgaande van "hoogwaardige" hergebruikstoepassingen (als vervanging voor primaire kunststoffen) zijn de kwaliteitseisen ten aanzien van de variatie in samenstelling (dat wil zeggen gewenste reinheid van het materiaal, de toe te laten hoeveelheid verontreinigingen en (milieubelastende) bijmengingen etc.) dermate hoog dat de huidige stand van de techniek (droge deeltjesscheidingstechnieken) in de meeste gevallen onvoldoende in staat is dit voor elkaar te krijgen.

In het volgende overzicht worden de belangrijkste kwaliteitsreductieparameters aangestipt die samenhangen met het hergebruik van de kunststoffen. Hierbij is een onderscheid gemaakt tussen intrinsieke kwaliteitsachteruitgang en extrinsieke kwaliteitsachteruitgang.

Intrinsieke kwaliteitachteruitgang:
- Kunststoffen zijn onder te verdelen in serie klassen thermoplasten, thermoharders en elastomeren. De kwaliteitsachteruitgang is sterk afhankelijk van de klassen. Globaal kan men stellen: thermoplasten zijn hersmeltbaar, thermoharders zijn niet hersmeltbaar en elastomeren zijn onder bepaalde omstandigheden weer in plastische toestand terug te brengen. Materiaalhergebruik komt dus in eerste plaats in aanmerking voor thermoplasten.
- In hun zuivere vorm worden kunststoffen vrijwel nooit toegepast; er worden vrijwel altijd vul- en kleurstoffen, weekmakers, stabilisatoren etc. aan toegevoegd. Hierdoor worden de hergebruiksmogelijkheden ingeperkt ten opzicht van het zuivere kunststof en kan men spreken van een intrinsieke blijvende

kwaliteitsachteruitgang. (Enkele van deze additieven gelden ook nog eens als potentieel milieubelastend.)

- Onder invloed van temperatuur, vochtigheid, UV-straling en andere omgevingsfactoren gaat de kwaliteit van de kunststof (inclusief een deel van de additieven) veelal achteruit. Dit wordt aangeduid met het begrip veroudering. In het geval van de kunststof is er veelal sprake van een verbreking van een aantal verbindingen waardoor de fysische eigenschappen veranderen. In de meeste gevallen is deze verandering niet gewenst.
- In het geval van thermoharders zijn er in principe alleen laagwaardige toepassingen (vooral als vulstof) mogelijk omdat deze niet direct hersmeltbaar zijn. De belangrijkste parameter hierbij is dat thermoharders niet meer in plastische toestand zijn terug te brengen als gevolg van niet omkeerbare reacties tijdens het produktieproces.
  Hergebruik als vulstof (bijvoorbeeld in GVK's (Glasvezel Versterkte Kunststoffen) kan worden geïntensiveerd indien de vermenging met andere materialen (in het bijzonder de glasvezel) kan worden vermeden.

Extrinsieke kwaliteitsachteruitgang:

- Vermenging met niet-kunststoffen
  Een gedeelte van de geselecteerde prioritaire afvalstromen bevat kunststoffen die zelfs na de droge deeltjesscheiding en een wasstap nog in sterke mate zijn verontreinigd met niet-kunststoffen. Een gedeelte hiervan is zelfs nietlosneembaar verbonden met de kunststofdeeltjes (lijmresten, deklagen etc.). Vooral niet smeltbare verontreinigingen geven problemen bij de verdere verwerking tot produkten, vooral in de smeltstap. Inzetten van geavanceerde reinigings- en scheidingstechnieken (na droge deeltjesscheiding) geeft een betere materiaalkwaliteit, echter de economische ruimte hiervoor is niet beschikbaar omdat de kostprijs van primaire kunststoffen dan lager is.
  Kunststoffen zijn als regel verkoopbaar als hoogwaardig granulaat als de reinheidsgraad minimaal 99% is.
- Vermenging met andere soorten kunststoffen
  Hergebruik van gemengde kunststoffen is vooral een economisch probleem. Toch moet ook de kwaliteit omhoog voordat het na een smeltstap tot verkoopbare produkten kan worden verwerkt.
  Een groot aantal van de relevante scheidingstechnische fysische eigenschappen van de toegepaste kunststoffen (zoals de dichtheid) liggen zo dicht bij elkaar, dat het scheidingsrendement van de mogelijk toe te passen technieken over het algemeen laag is.
  Dat wil zeggen dat al de verschillende kunststoffen vrijwel niet van elkaar te scheiden zijn (noot: hier liggen misschien mogelijkheden voor herkenningstechnieken in combinatie met sortering, echter deze vallen buiten de scope van deze studie). Een uitzondering hierop is overigens het verschil in vormvastheid, waardoor kunststofoliën en vormvaste kunststoffen tot op zekere hoogte van elkaar kunnen worden gescheiden.
  De kwaliteit van een gemengde kunststofgranulaat is veel slechter dan een granulaat van een homogene kunststof (bijvoorbeeld oppervlakte-eigenschappen, transparantheid, mechanische eigenschappen). Daarnaast is de variatie in eigenschappen veel groter. Sommige mengsels zijn echter toepasbaar voor dikwandige produkten. De kunststoffen uit het mengsel moeten dan wel enigszins elkaar verdragen (bijvoorbeeld PE/PP). Een betere verdraagzaamheid kan ook bereikt worden door gebruik van "compatibilizers". Toepassing hiervan vereist echter nog veel onderzoek. Men moet zich hierbij echter wel realiseren dat de economische ruimte aanzienlijk kleiner is dan bij hoogwaardige toepas-

singen omdat de concurrerende materialen (vulstof, hout etc.) een prijsniveau lager liggen dan bijvoorbeeld primaire kunststoffen.

— Vermenging van kunststoffen uit een familie
In nog sterkere mate dan bij metalen is er bij kunststoffen sprake van het zogenaamde "fit to purpose" principe waardoor er ontstellend veel verschillende kunststofuitvoeringen, zelfs binnen een familie, op de markt aanwezig zijn. Voor de recycling is deze variatie belemmerend, omdat er grondstoffen worden aangevoerd waarvan de exacte samenstelling niet bekend is, met als gevolg een grote spreiding in eigenschappen. Vaak wordt een extra themische behandeling gegeven om de constantheid van de eigenschappen beter te kunnen garanderen.
Daarnaast worden de recyclingsmogelijkheden beperkt, bijvoorbeeld omdat er sprake kan zijn van korte en lange ketens, met verschillende smelttrajecten.
Tevens zullen de speciaal milieubelastende bijmengingen verwijderd moeten worden tot een maximaal toelaatbare concentratie (in sommige besluiten, zoals het cadmiumbesluit en het binnenkort van kracht tredende brandvertragersbesluit zijn hiervoor wettelijke richtlijnen opgesteld).

Zoals uit deze opsomming blijkt zijn de kwaliteitseisen ten aanzien van hoogwaardig hergebruik dermate hoog dat alleen inzet van droge deeltjesscheidingstechniken niet tot de gewenste kwaliteiten leidt. Kwaliteitsverbetering kan gestimuleerd worden door de volgende maatregelen:

— Scheiding aan de bron (verpakkingsafval/bouw- en sloopafval) en verregaande demontage (witgoed/bruingoed), waardoor het percentage verontreinigingen en vermenging met andere materiaalklassen geminimaliseerd wordt. De kansen voor droge deeltjesscheiding en hergebruik zijn dan aanmerkelijk beter.
— Na demontage, geeft herkenning en vervolgens scheiden van afzetbare kunststoffen kan in veel gevallen een beter resultaat dan toepassing van droge deeltjesscheidingstechnieken. Dit betreft grotere onderdelen van technische kunststoffen waarvoor de economische obstakels ten aanzien van hergebruik relatief gering zijn.
— Om de kwaliteitsachteruitgang tegen te gaan kan vermenging van gerecycelde kunststoffen met primaire kunststoffen een reële optie zijn. In enkele gevallen wordt dit reeds toegepast.
— Voor laagwaardige toepassingen is het noodzakelijk beter in kaart te brengen welke specifieke kwaliteitseisen gesteld worden zodat met de te uit te voeren scheidingstechnieken beter aansluiting kan worden gevonden. Hierdoor kunnen de mogelijkheden van het toepassen van elkaar verdragende kunststoffen (eventueel met compatibilizers) nader in kaart worden gebracht.
— Naast materiaalrecycling door middel van deeltjesscheidingstechnieken zijn er recyclingsopties waarbij, evenals bij veel van de metalen, het materiaal verder terug gaat in de levenskringloop (back to feedstock, back to monomer). Deze technieken zijn nog in het ontwikkelingsstadium.

5.4 Glas

De kwaliteit van glas wordt eenduidig bepaald door de efficiëntie van de scheiding en de aard en de hoeveelheden van de aanwezige verontreinigingen. In het geval van verpakkingsglas wordt momenteel bij de recycler een groot gedeelte van de hergebruiksverstorende materialen uit het glas verwijderd en wordt het glas gebroken tot de juiste scherfgrootte-verdeling (granulometrie), waarna de scherven als grondstof ingezet kunnen worden door glasfabrieken. Hiermee is de kringloop voor glasverpakkingen overigens gesloten. Het totale hergebruik van eenmalige glasverpakkingen, die op de Nederlandse markt worden gebracht bedraagt reeds circa 70%.
De knelpunten voor het feit dat dit percentage niet hoger ligt zijn slechts ten dele van recyclingstechnische grondslag. Globaal kan men de knelpunten bij de recycling van verpakkingsglas als volgt samenvatten.

- Inzamelingspercentage is niet maximaal
- Er worden nog glassoorten gebruikt met toevoegingen die de recycling in de weg staan.
- Inmenging bij de bron van hergebruiksverstorende materialen en toevoegingen (papier, kunststof, ferro, non-ferro, steen, aardewerk etc.). Enerzijds is het hergebruik van deze toevoegingen na de scheiding niet optimaal geregeld. Anderzijds kan de scheiding tussen glas en de verontreinigingen nog verder geoptimaliseerd worden.
- Slechts een geringe kleursortering bij de bron (glasbak). In geval van hergebruikstoepassingen voor witglas moet de inmenging met groen en bruin glas minimaal zijn. Daarnaast zijn de toepassingen voor groen glas min of meer verzadigd.
- Kleursortering als onderdeel van de recycling wordt in beperkte mate toegepast (optische technieken door middel van herkenning/sortering).

Met betrekking tot mogelijke kwaliteitsverbetering in het kader van deze studie (droge deeltjesscheidingstechnieken) zal gestreefd moeten worden naar optimalisering van de glas/verontreinigingen scheidingstechnieken door middel van optimalisatie van de scheidingsinstallaties voor onzuiverheden (bijvoorbeeld stenen afscheiders)

Met betrekking tot de categorie TV- en monitorenglas spelen andere factoren een rol. Deze zijn echter niet van scheidingstechnische aard. Het voornaamste probleem met betrekking tot de kwaliteit en afzetmarkt is het gevolg van de inherente samenstellingsverschillen tussen de verschillende merken en typen beeldbuizen.

Met betrekking tot glasafval uit de categorie bouw- en sloopafval (vensterglas) geldt niet het probleem van grote samenstellingsverschillen. Evenals bij verpakkingsglas bestaat dit uit circa 75% SiO_2, 15% Na_2O en 12% CaO. Echter de mate en vooral de aard van de vervuiling (veel niet eenvoudig af te scheiden vervuilingen, zoals verf en stopmiddel) van deze afvalstroom is een dermate groot obstakel, dat hergebruik niet wordt toegepast.

5.5 Papier

In een aantal landen is de papierindustrie momenteel in staat het oudpapieraandeel (secundaire vezels) in de totale produktie van nieuw papier tot meer dan 50% op te schroeven.
Deze ontwikkeling is dan ook de afgelopen jaren zowel in technisch opzicht als in financieel opzicht zeer veeleisend geweest. Mede omdat gedurende de laatste tien jaar de kwaliteitseisen voor nieuw papier sterk zijn verhoogd, terwijl het gebruik van hergebruiksonvriendelijke composieten (papier/kunststof etc.) sterk is toegenomen.
Hoewel dit een zeer positief beeld lijkt te geven van de papierrecycling moet men zich wel realiseren dat verreweg het grootste gedeelte van het hergebruikte oudpapier wordt toegepast in papierdoeleinden van de laagste kwaliteitsklasse. Hier voor zijn de kwaliteitseisen het laagst. Dit betreffen hygiënisch papier, karton en verpakkingsmateriaal.
Aangezien de markt voor dergelijke toepassingen grotendeels verzadigd is, moet worden gestreefd naar hoogwaardigere toepassingen.
Een voor de hand liggende keuze is het gebruik van oud druk- en schrijfpapier ten behoeve van de produktie van druk- en schrijfpapier ("closed loops"). In de praktijk vindt dit echter nauwelijks plaats omdat er een aantal knelpunten zijn waardoor niet aan de gestelde kwaliteitseisen kan worden voldaan.
Enkele belangrijke, overigens technisch niet onoverkomelijke aspecten die de haalbaarheid van dit kwaliteitsniveau belemmeren zijn:

- Alleen papier dat primair wordt toegepast ten behoeve van druk- en schrijfpapier is intrinsiek in staat om aan de gestelde kwaliteitseisen van respectievelijk druk- en schrijfpapier te voldoen. Aangezien papier vrijwel altijd gemengd wordt ingezameld en een scheiding achteraf nauwelijks tot goede resultaten leidt, is men niet in staat de hoogwaardigere kwaliteit te behalen. Dit probleem kan overigens worden opgelost indien het ingezamelde papier wordt gesorteerd of, nog beter, de verschillende papierkwaliteiten gescheiden worden ingezameld. In deze gevallen kan men spreken van een gesloten systeem (echte recycling), in alle andere gevallen is er sprake van "downcycling".
- Oud papier bezit bestanddelen die storend werken op hoogwaardig hergebruik. Deze bestanddelen zijn onder te verdelen in vier verontreinigingsklassen:
  1. verontreinigingen niet vast met het papier verbonden
  2. inhoudelijke verontreinigingen
  3. oppervlaktebehandelingen
  4. vervuiling tijdens en na gebruik

  bij 1; Deze verontreinigingen zijn voor een groot gedeelte met behulp van droge technieken van het papier te scheiden. Het betreft hier onder andere metalen, maar ook steen e.d.

  bij 2; Deze verontreinigingen zijn slechts ten dele te verwijderen met behulp van natte technieken (onder andere flotatie) en andere reinigingstechnieken. Het betreft onder andere drukinkt.

  bij 3; Deze verontreinigingen zijn slecht te scheiden van het materiaal door middel van natte technieken (bijvoorbeeld intensief pulpen). Gebruik van chemische technieken (duur) geeft een beter resultaat. Het betreft hier onder andere kunststofcoatings (onder andere PE), aluminiumcoatings, lijmresten etc.

bij 4; Afhankelijk van de aard van de verontreinigingen zijn deze of met behulp van droge technieken te verwijderen of in het geheel niet te verwijderen.

- De waterstofbruggen die tijdens de produktie van het papier zijn ontstaan tussen de verschillende vezels zijn niet voor 100% afbreekbaar waardoor niet de oorspronkelijke bindingsmogelijkheden van de verschillende vezels tot beschikking komen. Na een aantal keren recycling is er op microniveau een achteruitgang van de kwaliteit van het papier. Deze kwaliteitsachteruitgang kan alleen worden geminimaliseerd door inzet van dure recyclingstechnieken.
- Tijdens de opwerking van oud papier tot nieuw papier treedt, onder andere als gevolg van de mechanische/thermische belasting, een verkorting op van de gemiddelde papiervezellengte. Echter een minimale gemiddelde vezellengte is noodzakelijk om een goed samenhangende laag te kunnen vormen. Als het papier reeds een aantal malen is gerecycled (zonder toevoeging van vers materiaal) wordt de vezellengte tenslotte zo kort dat het niet meer voor papierproduktie kan worden ingezet.

Voor hoogwaardig hergebruik lijkt vooral het papierafval uit de KWD-sector meer mogelijkheden te bieden dan momenteel benut wordt.

5.6 Hout

Hoewel de materiaalrecycling van hout, vooral uit bouw- en sloopafval, uit grondstofpolitieke overwegingen zeer gewenst is, zijn de mogelijkheden hiertoe slechts beperkt omdat allerlei problemen, veelal samenhangende met de kwaliteit, niet zijn opgelost. Impregneermiddelen, verf, kleefstoffen en andere niet verwijderbare verontreinigingen geven een dermate grote kwaliteitsverlaging dat hoogwaardig hergebruik überhaupt niet ter discussie staat. Hierdoor wordt verreweg het grootste gedeelte van het bij bouw- en sloopafval ontstane hout momenteel gestort of in mindere mate verbrand.
Daarnaast is het nog onduidelijk in welke mate houtrot en bacteriologische aantasting een verdere verlaging van de kwaliteit tot gevolg heeft.
Een positieve ontwikkeling is het selectieve slopen en selectieve inzameling. Hierdoor kan voor een gedeelte van het sloophout het niveau en de aard van de verontreinigingen gereduceerd worden.
Overigens wordt een gedeelte van het sloophout (< 20%) reeds jaren hoogwaardig hergebruikt. Hieronder vallen planken, deuren en balkhout. De belangrijkste kwaliteitsaspecten die hierbij een rol spelen zijn lengte, hoeveelheid en aard van de beschadigingen en de hoeveelheid aangebrachte spijkers.
Dergelijk sloophout wordt dan ook selectief verwijderd.

In principe kan het verontreinigde hout als grondstof voor de spaanplaatindustrie dienen. De redenen waarom deze route niet wordt toegepast zijn niet van kwaliteittechnische aard.

5.7 Steenachtige materialen

Deze materialen komen vooral voor in bouw- en sloopafvallen vanuit het afdankstadium beschouwd. Het betreft met name beton, metselwerk (bakstenen) en divers puin.
Gezien vanuit de toegepaste produkten/materialen kan men spreken van:

- Betonwaren en betonmortel. Beton is een bouwmateriaal bestaande uit een kunstmatig aaneengekit of versteend mengsel van een bindmiddel en één of meer toeslagstoffen.
  Het bindmiddel kan zijn cement, kalk, asfalt en dergelijke. Als toeslagstoffen zijn voor normaal constructiebeton, zand, grind en steenslag het meest gebruikelijk.
  Van de beslagstoffen is vooral de korrelgrootte en korrelgrootteverdeling belangrijk. Dit houdt onder andere verband met de benodigde druksterkte. Deze is hoger als het beton minder poriën bevat. Dit is te bereiken bij:
  1. Gunstige korrelverhouding van de toeslagstoffen;
  2. Beperking van de hoeveelheid aanmaakwater tot het hoogst noodzakelijke;
  3. Toevoeging van doelmatige hulpstoffen;
  4. Kunstmatige verdichting van de specie door schokken en trillen.
- Bakstenen (mestelbakstenen, straatklinkers, binnenmuurstenen).
  De stenen in blokvorm worden verkregen door het verhitten (bakken) van klei op een maximum temperatuur van circa 1100 °C. Afhankelijk van de hoogte van de temparatuur, de duur van de verhitting en de keuze van de soort klei krijgt men verschillende soorten stenen. Aan de klei kan ook zand en baksteenpoeder worden toegevoegd.
- Keramische produkten (dakpannen, tegels, sanitair, etc.)
  Een mengsel van grondstoffen, met name kleimineralen, wordt gesmolten en daarna afgekoeld. Daarbij wordt een glazen structuur gevormd. Het betreft materialen met een bros karakter. Vormen kunnen ook vervaardigd worden door het binden van deeltjes in een sinterproces.
  Daardoor wordt een sterk produkt verkregen.

De grondstoffen van de genoemde drie categorieën produkten zijn veelal uniek, wat betreft eigenschappen en de produktieprocessen zijn irreversibel. Dit houdt in dat ontleding van de afgedankte produkten naar de oorspronkelijke basis grondstoffen (bijvoorbeeld cement, klei, kleimineralen) niet wezelijk is. Het gevolg daarvan is dat in het afvalstadium de desbetreffende stoffen als hulp- en toeslagstoffen gebruikt worden.

De eigenschappen die belangrijk zijn bij de toepassing van de afvalstoffen zijn:

- korrelverdeling;
- gloeiverlies;
- vochtgehalte;
- verbrijzeling;
- porositeit;
- chemische samenstelling (met name verontreiniging);
- constantheid kleur;
- volumieke massa;
- wateropname;
- polijstwaarde.

Met het oog voor deze eigenschappen worden bouwmaterialen met afvalstoffen als toeslag nog nader onderzocht.

Momenteel wordt verreweg het grootste gedeelte afgezet als vulmateriaal 'onder de grond, voornamelijk wegenbouw.
De kwaliteitseisen hiervoor zijn, ten opzichte van hoogwaardigere toepassingen, lager.

Bij toepassing in de wegenbouw is van vijf segmenten sprake:
1. erf- en terreinverharding;
2. agrarische wegen c.q. plattelandswegen;
3. gemeentelijke wegen;
4. provinciale wegen;
5. rijkswegen.

In de eerste drie segmenten wordt het meeste puingranulaat toegepast. In de laatste twee segmenten worden de kwaliteitseisen hoger. (Met name de mechanische sterkte van het wegdek). Functionele materiaaleigenschappen die inzicht geven in het gedrag van de wegconstructie zijn de elastische en plastische stijfheid. De elastische stijfheid speelt bij de huidige dimensioneringsmethoden een belangrijke rol bij de dimensionering van asfaltverhardingen, terwijl de plastische stijfheid bepalend is voor de optredende spoorvorming in een wegconstructie met een elementenverharding. Onderzoek heeft aangetoond dat elastische en plastische stijfheden van betongranulaat en menggranulaat ten minste even goed zijn als die van traditioneel ongebonden steenfunderingsmaterialen.
De elastische stijfheid van metselgranulaat is vergelijkbaar met die van een goed zand; de plastische stijfheid van metselwerkgranulaat is vergelijkbaar met die van traditioneel ongebonden steenfunderingsmaterialen.
Bovendien is gebleken dat de bijdrage van een fundering van betongranulaat en menggranulaat aan de constructieve sterkte van een flexibele verhardingsconstructie direct na aanleg vergelijkbaar is met die van een extra laag grindasfaltbeton. Enige maanden na aanleg is de bijdrage van de fundering echter groter dan die van een extra laag asfalt. Dit wordt veroorzaakt doordat de beton- en menggranulaatfundering met de tijd stijver wordt. Toepassing van beton-, meng- en metselgranulaat dragen bij aan het bestrijden van de spoorvorming.

Het bovenstaande geeft aan dat ook op de toepassing van asfalt bespaard kan worden. Bovendien kan in grindasfaltbeton het grind vervangen worden door betonpuin. Dus ook met betrekking tot provinciale wegen en rijkswegen zijn er toepassingsmogelijkheden voor puingranulaten.

Door de aanwezigheid van een aantal knelpunten blijkt het toepassingsgebied veelal beperkt tot de hierboven beschreven minder hoogwaardige toepassingen waarbij het meestal in ongebonden toestand wordt hergebruikt.
Hoogwaardige hergebruiksmogelijkheden, bijvoorbeeld in de betonmortel- en betonwarenindustrie (gesloten kringloop!!) wordt vooral gehinderd door de bestaande milieuwetgeving en economische aspecten.
Kwaliteit wordt in de bouw steeds belangrijker, niet alleen door het grotere aandeel van de vrije sector in het bouwvolume, maar ook door meer certificeringseisen.
De 'skil building' problemen en het stringenter opnemen van milieu-eisen aan zowel primaire als secundaire grondstoffen voor de bouw geven additionele knelpunten.
Voor de aanbieders van secundaire grondstoffen wordt het dientengevolge economisch steeds interessanter de kwaliteit van de afvalstoffen te verbeteren. Echter enkele bestaande toepassingen van secundaire grondstoffen kunnen in toenemende mate ter discussie komen te staan.

De belangrijkste kwaliteitsaspecten samenhangend met toepassingen in de bouw (als vervanger van zand en grind in beton zijn):

- mate en aard van verontreinigingen: hout, papier, textiel, rubber, glas, isolatiemateriaal en planteresten worden als nadelig voor de kwaliteit beschouwd. De maximaal toe te laten hoeveelheid is beperkt.
  - Chloriden (vooral in beton aan de kust) hebben een negatief effect op de corrosie van het betonstaal.
  - Sulfaten hebben, in grotere hoeveelheid, een negatief effect op de mechanische eigenschappen (druksterkte) als gevolg van gids- en etteringietvorming (carbonatatie).
  - IJzer- en vanadiumverbindingen hebben een negatief effect op de homogeniteit van de kleur. Dit is vooral van belang bij vrije oppervlak toepassingen.

- De poreusheid; dit is vooral van belang in verband met de wateropname en de daarmee samenhangende zwelling en verwerkingscondities (onder andere uithardingstijd). Tevens heeft dit een effect op de uiteindelijke kwaliteit van het beton (met name drukbelasting).

- De korrelgrootte, de korrelgrootteverdeling en de korrelvorm.
  De eisen hiervoor zijn enigszins afhankelijk van de specifieke toepassing, met uitzondering van de vorm, hiervoor wordt altijd een kubische vorm (homogeniteit van betoneigenschappen) nagestreefd.
  Overigens zijn deze parameters redelijk te sturen met de specifieke verwerkingsmethode van het bouw- en sloopafval.

Kwaliteitsverbetering van slechts ten dele tot stand komen door optimalisatie van de scheidingsapparatuur 1) met name de niet af te scheiden chloriden en 2) sulfaten zijn moeilijk af te scheiden uit het granulaat. Een betere optie, ten aanzien van de kwaliteit van de secundaire grondstoffen zou in dit geval het scheiden aan de bron c.q. selectief slopen zijn. Met name toepassing van betonpuingranulaten uit de niet-kuststreken kan uitstekend dienen als vervanger van grind.

6 Afzetperspectieven

6.1 Inleiding

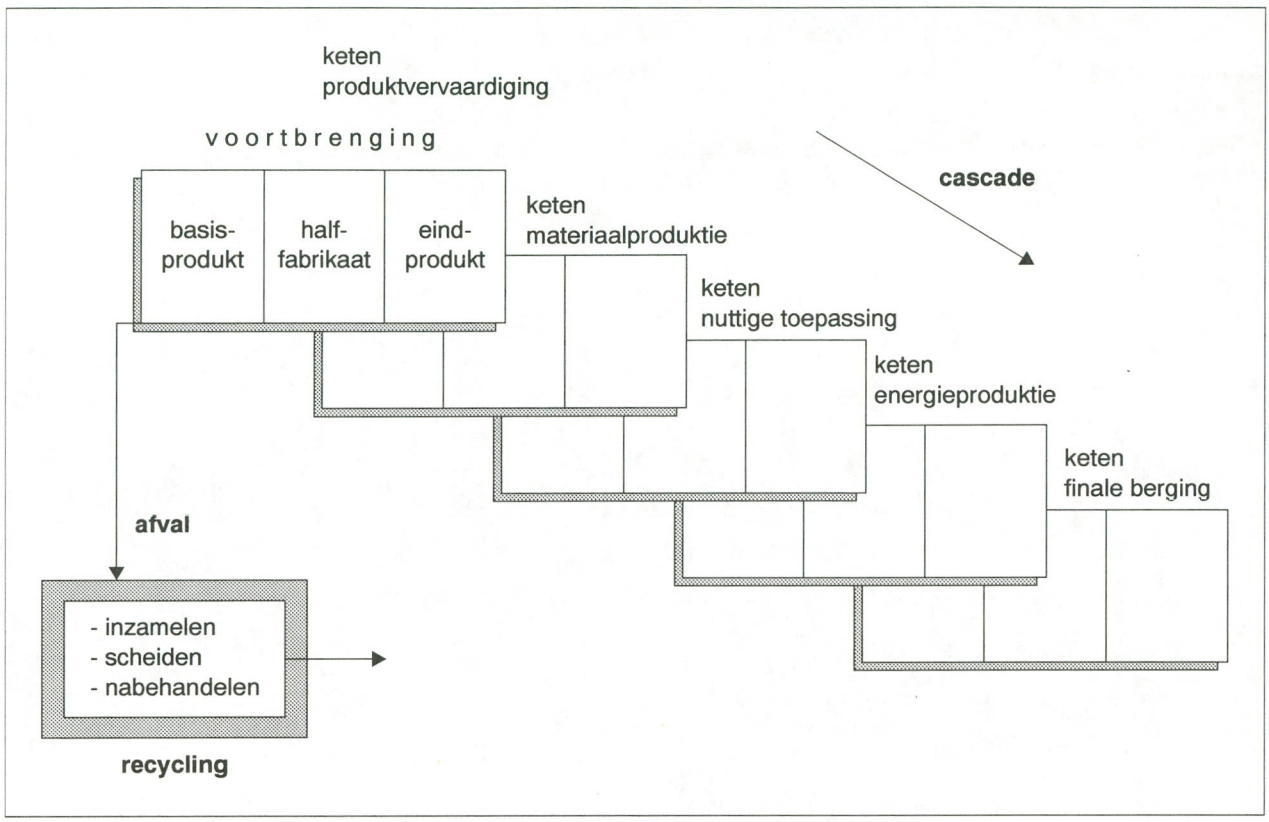
In dit hoofdstuk wordt antwoord gegeven op de vraag op welke deelmarkten de secundaire materiaalstromen uit de afvalstromen aangewezen zijn, wil er sprake zijn van een toename in het hergebruikspercentage.

Ter verduidelijking van het beeld waar secundaire materiaalstromen het beste in de markt ingezet kunnen worden is in figuur 6.1 een eenvoudig concept gegeven, waarin de betrokken deelmarkten als onderdeel van een cascadestructuur zichtbaar gemaakt worden.

De bespreking van de secundaire materiaalstromen gebeurt op basis van de kwantitatieve indeling van de stromen:
- stromen groter dan 100.000 ton per jaar;
  - bouw- en sloopafval;
  - kunststofafval;
  - verpakkingsafval.
- stromen kleiner dan 100.000 ton per jaar;
  - straalgrit;
  - kabelafvallen;
  - witgoed;
  - bruingoed.

6.2 Ketens en deelmarkten

Een eindprodukt kan beschouwd worden als het resultaat van alle voortbrengingsstappen in de keten van de produktvervaardiging, vanaf het basisprodukt, via het halffabrikaat tot en met het eindprodukt. Ieder eindprodukt zal na korte of lange tijd van gebruik afgedankt worden en als afval aangemerkt worden. Afval markeert dus het moment dat een gegeven eindprodukt aan het eind is gekomen van zijn gebruiksstadium. Afval wordt vervolgens ingezameld, gescheiden en nabehandeld en de produkten van het aldus gerecyclede afval vinden hun weg terug naar een plaats in een van de daarvoor in aanmerking komende ketens. De keuze van de keten en de plaats daarin - is er sprake van een voortbrengingsproces gericht op een basisprodukt, halffabrikaat of eindprodukt - hangt af van de aard en de kwaliteit van het gerecyclede produkt. De in aanmerking komende ketens vormen een samenhangende cascadestructuur. Hierbij is sprake van een aflopende reeks toepassingen, van hoogwaardig tot laagwaardig, waarbij getrapt gebruik gemaakt wordt van secundaire materialen. De ketens waar het hier om gaat kunnen als volgt aangeduid worden:
- Hoogwaardige toepassing;
  - de keten van produktvervaardiging;
  - de keten van materiaalproduktie;
  - de keten van nuttige toepassing;
  - de keten van energieproduktie;
  - de keten van finale berging;
- Laagwaardige toepassing.



Figuur 6.1 Ketens en deelmarkten in een cascadestructuur

6.3 Beschrijving (potentiële) deelmarkten

6.3.1 Bouw- en sloopafval

In tabel 6.1 zijn een aantal gegevens met betrekking tot bouw- en sloopafvallen bijeengebracht. In figuur 6.2 zijn de diverse deelmarkten in de cascadestructuur aangegeven.

Componenten uit bouw- en sloopafval die direct verhandelbaar zijn worden gescheiden ingezameld: diverse metalen, houten balken, kozijnen, dakpannen en dergelijke. Er is sprake van eindprodukten in de keten produktvervaardiging. Daarnaast worden asbest en chemisch afval gescheiden ingezameld met het oog op gecontroleerde verwijdering.

Hergebruik van hout als materiaal betreft uitsluitend massief hout. Spaanplaat, zachtboard, triplex en dergelijke worden niet geaccepteerd door de recyclingbedrijven. Oplossingen naar de markt toe lijken gezocht te moeten worden in de richting van geperste produkten, hetgeen echter grotere investeringen vereist.

Tabel 6.1 Gegevens bouw- en sloopafval

Sector	Situatie 1986 kton	Herverwerkt 1986 kton	Dominant materiaal bouw- en sloopafval
steenfracties	12000		
beton	5330	7000	betongranulaat
metselwerk	3320		
asfalt	2500	500	asfaltbeton
divers puin	420	400	
dakpannen	70		
hout	275	50	hout
metaal	175	150	
teerhoudende mat.	20		
PVC	20		
overige kunststoffen	20		
rest	60		
Zeefzand van verwerkingsinstallaties	650 (met PAK verontreinigd)		zeefzand

Knelpunten deelmarkten

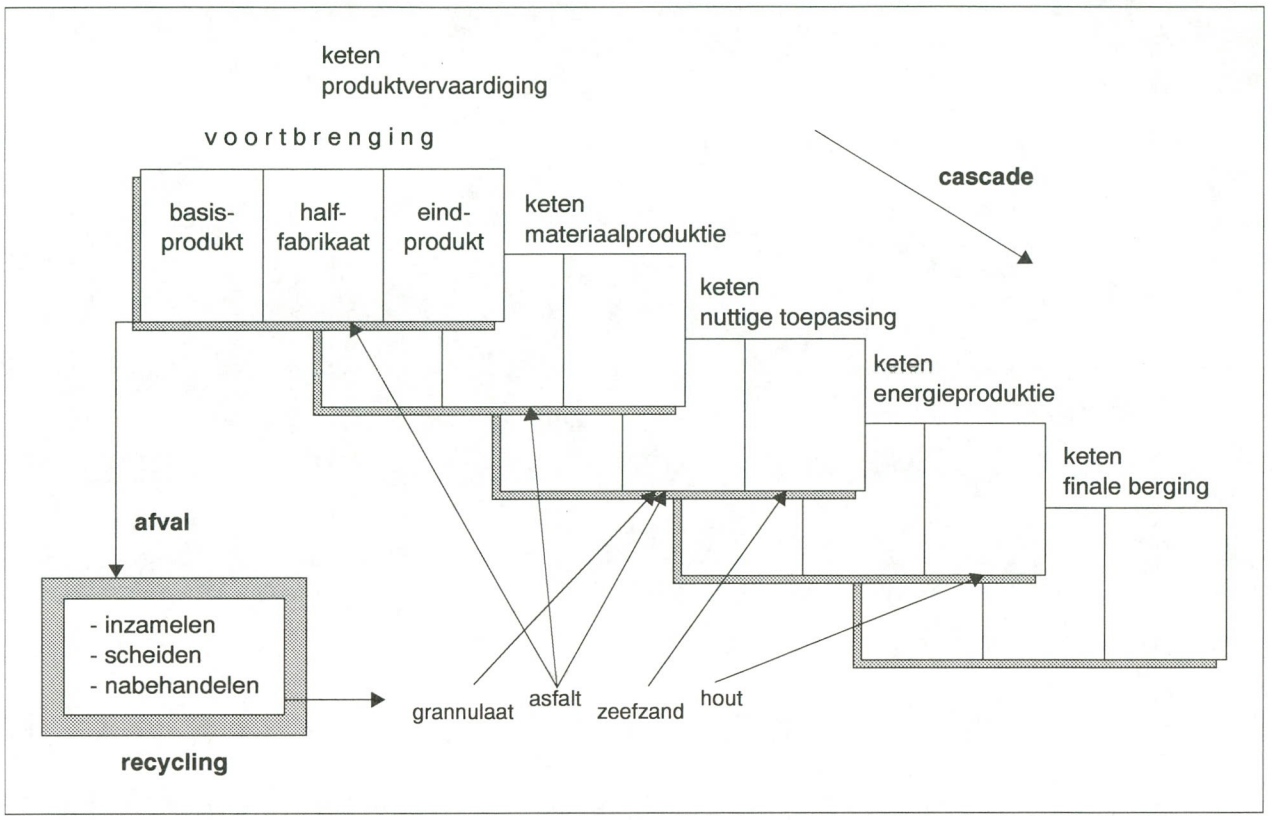
De hergebruiksmarkten voor de diverse produkten uit bouw- en sloopafval ontwikkelen zich relatief langzaam daar de diverse hergebruiksprodukten moeten voldoen aan verschillende materiaaltechnische- en milieu-eisen. Met name het Bouwstoffenbesluit stelt voorwaarden aan de toepassing van afvalstoffen. De chemische samenstelling hiervan is daarbij een belangrijk criterium. Daarnaast kan gesteld worden dat vele afvalstromen (zoals hoogovenslakken, metaalslakken, verbrandingsslakken, kolenvliegassen, bouw- en sloopafvallen, etc.) op dezelfde markt penetreren. Met betrekking tot hout zijn de vele houtsoorten met additieven een belemmering voor materiaalhergebruik.

Kansen deelmarkten

Door toename van gescheiden inzameling zullen meer componenten van bouw- en sloopafval voor hergebruik in aanmerking komen. Toepassing van min of meer nieuwe materialen in de bouw zal in de toekomst een wijziging in de samenstelling van het bouw- en sloopafval tot gevolg hebben. Hierbij kan gedacht worden aan isolatiematerialen, kunststoffen en dergelijke.

Granulaten die van steenachtig materiaal en asfaltbeton worden gemaakt, worden vrijwel geheel afgezet als funderingsmateriaal en in toepassingen voor weg- en waterbouw. Regeneratie van oud asfalt geeft hernieuwd materiaal voor weglagen. Door ook granulaten toe te passen als grindvervanger in beton kan een toename van het hergebruikspercentage tegemoet worden gezien. Op het ogenblik beslaat de substitutiegraad nog slechts 0,07% van het grindverbruik.

Zeefzand wordt vrijwel geheel afgezet in de wegenbouw. Momenteel wordt er onderzoek verricht om de in het zeefzand aanwezige PAK te verwijderen. Het voorkomen van PAK belemmert de toepassing van zeefzand aanzienlijk



Figuur 6.2 Deelmarkten bouw- en sloopafval

De bevordering van hergebruik van hout is mogelijk is geperste produkten, zoals in spaanplaat, of het verlijmen van houtafval tot grotere delen ('vingerlassen').

Gezien de aard van de produkten wordt hergebruik in eigen keten nagestreefd. Voor zowel steenachtige materialen als houtsoorten geldt dat de produkten weer toepassing krijgen in de woning-, weg- en waterbouw. Men kan zeggen dat langlevende produkten (> 10 jaar) weer 'hernieuwde' langlevende produkten worden.

6.3.2 Kunststofafval

In onderstaande tabel 6.2 zijn een aantal algemene gegevens met betrekking tot kunststofafval bijeengebracht. In figuur 6.3 zijn de diverse deelmarkten in de cascadestructuur aangegeven.

Alleen in de industrie wordt herverwerkt. Procesafvallen zijn zodanig schoon dat recycling nagenoeg volledig plaatsvindt.

Daarnaast worden eenduidige produktafvallen, zoals kunststofoliën uit agrarische sector, industriële sector, KWD-sector en PVC-buizen uit bouw- en sloopafval hergebruikt.

Van de totale hoeveelheid kunststofafval wordt 7 - 10% hergebruikt, 25 - 27% verbrand en 65 - 67% gestort (1986). Het percentage hergebruik kan (enigszins) toenemen wanneer kunststoffen selectief gescheiden kunnen worden van papier, hout, rubbers, overige polymeren, metalen en anorganische materialen, zoals zand, steen en glas. Kunststofafval uit huishoudens en de KWD-sector is echter zeer heterogeen van samenstelling. Er is dus een grotere inspanning (sorteren, wassen, nascheiding) nodig om een hoogwaardig produkt te kunnen maken.

Tabel 6.2 Gegevens kunststofafval

Sector	Situatie 1986 kton	Herverwerkt 1986 kton	Dominant materiaal kunststofafval	
autowrakken	26	0	PVC	(30%)
bouw en sloop	29	0,3	PVC	(55%)
			PE+PP	(20%)
huishoudens + KWD	167	0	PE+PP	(34%)
			PVC	(22%)
			PS	(13%)
industrie	63	34	PE+PP	(41%)
			PVC	(20%)
land/tuinbouw	16	4	PE	(100%)

Knelpunten deelmarkten

Om stagnatie in de markt te voorkomen moet er voor de te hergebruiken kunststoffen een markt zijn. Is deze er niet of nauwelijks, dan dient deze (kunstmatig) gecreëerd te worden.

Het aangeboden kunststofafval moet zo zuiver mogelijk zijn om een zo hoogwaardig mogelijk produkt te krijgen. Is dit niet het geval, dan vindt dit afval al snel zijn weg aan het eind van de hergebruikscascade: verbranding met energie-opwekking en stort.

Het ruime assortiment kunststoffen bemoeilijkt het hergebruik. Nog steeds worden nieuwe soorten kunststoffen, en vooral ook mengsels van kunststoffen onderling (in blends) of met andere materialen vervaardigd. Het aantal deelmarkten is hierdoor groot en de stromen in veel gevallen te klein om bedrijfseconomisch interessant te kunnen zijn. Met name de huishoudens en de KWD-sector vormen vele bronnen met kleine hoeveelheden. Dit geeft een inzameltechnische, dus logistiek probleem.

Een aantal kunststoffen heeft eigenschappen die negatieve gevolgen voor het milieu kunnen hebben bij het afdanken. Het is bekend dat al geruime tijd gewezen

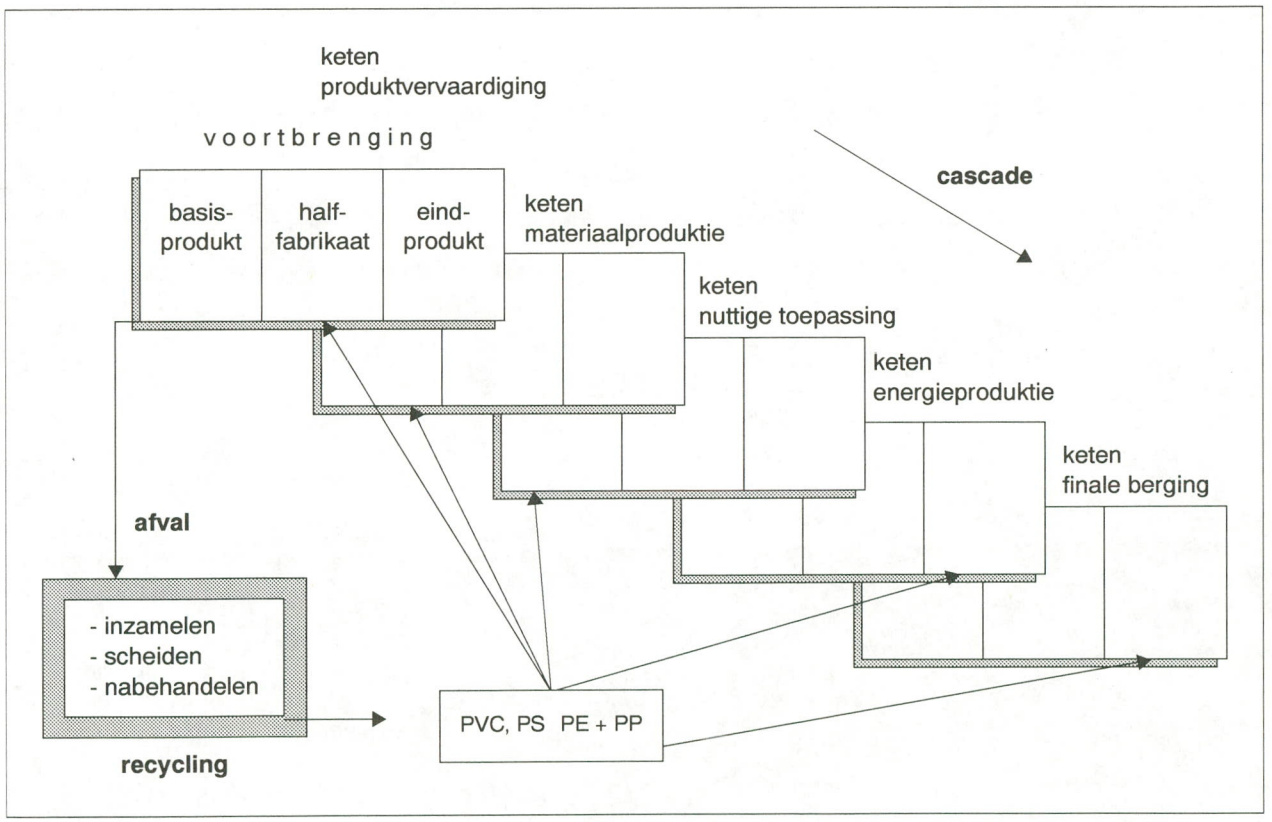
wordt op de aanwezigheid van hoge percentages chloor in chloorhoudende polymeren en de daarbij, onder andere als stabilisator, gebruikte verbindingen die zware metalen kunnen bevatten.

Kansen deelmarkten

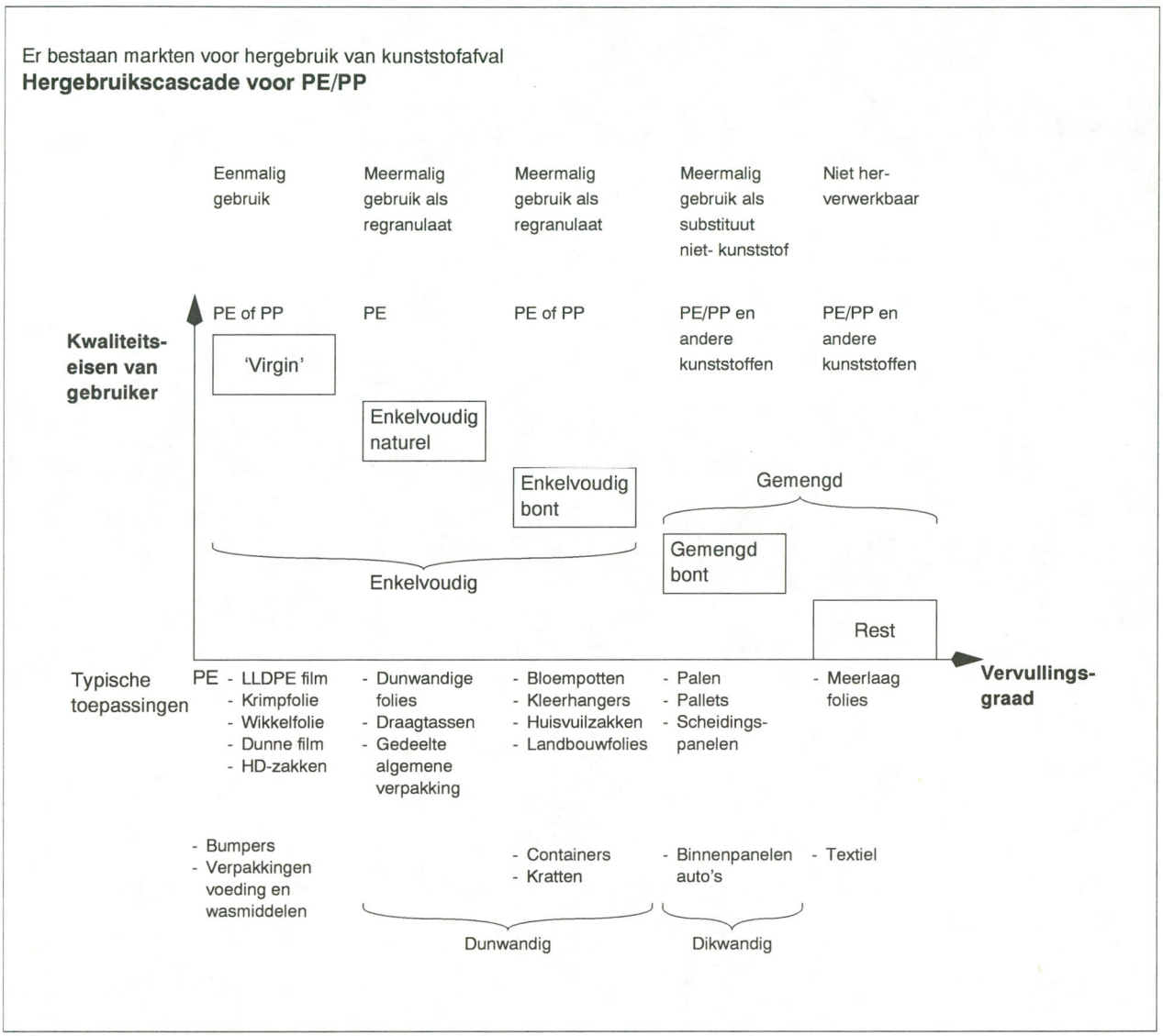
Door de sterke groei in het gebruik van kunststoffen mag worden verwacht dat het percentage kunststofafval afkomstig van produkten met een langere levensduur sterker zal toenemen.

Het gescheiden houden en hergebruiken van PVC, wanneer dit te zijner tijd vrij komt, biedt mogelijkheden in de bouw.

Het vervangen van een kunststof door een andere kunststof met betere mogelijkheden voor hergebruik, zoals het overstappen op PE, biedt perspectieven voor de groei van deze deelmarkt. Een grotere uniformiteit in kunststoffen voor dezelfde toepassingen zou een grote verbetering zijn.
Standaardisatie naar polyolefinen (PE, PP) geeft goede mogelijkheden voor het denken in en de introductie van kunststofcascaden.
Men ziet dat kortlevende produkten (verpakkingen, enkele weken) achtereenvolgens verwerkt worden in steeds langer levende produkten (tot palen; > 20 jaar). In figuur 6.4 is de hergebruikscascade voor PE/PP gegeven.



Figuur 6.3 Deelmarkten kunststofafval



Figuur 6.4 Hergebruikscascade voor PE/PP

6.3.3 Verpakkingsafval

In onderstaande tabel 6.3 zijn een aantal algemene gegevens met betrekking tot verpakkingsafval bijeengebracht. In figuur 6.5 zijn de diverse deelmarkten in de cascadestructuur aangegeven.

De grootste concentraties verpakkingen zijn terug te vinden in huishoudelijk afval, kantoor-, winkel- en dienstenafval en industrie-afval. Materiaalhergebruik wordt pas perspectiefvol als er gescheiden inzameling van materialen/verpakkingen plaatsvindt.

Tabel 6.3 Gegevens verpakkingsmateriaal

Sector	Situatie 1986 kton	Herverwerkt 1986 kton	Dominant materiaal verpakkingsmateriaal
kunststof	462	41	HPDE LDPE
papier/karton	945	196	
glas	522	258	karton
blik	177	107	
aluminium	20		

Knelpunten deelmarkten

Het gelijktijdig aanwezig zijn van vele materialen en afdedankte produkten naar soorten, vormen, afmetingen en kleuren in de afvalstromen van huishoudelijk afval, KWD-afval en industrie-afval is een belangrijke technisch-economische en logistieke belemmering voor hergebruik van verpakkingsmateriaal.

Ook is de aanwezigheid van kleine hoeveelheden van specifieke materialen in bulkafvalstromen een probleem. Om deze waardevolle materialen te kunnen selecteren is een relatief grote inspanning vereist.

Een ander belangrijk knelpunt is gelegen in het feit van de toenemende vermenging van materialen en het voorkomen van coatings, etiketten en dergelijke het scheiden bemoeilijkt.

Kansen deelmarkten

Kansen voor deelmarkten ontstaan wanneer er inzamelstructuren ontstaan voor de afscheiding van relatief zuivere verpakkingsfracties, geënt op bronscheiding op basis van een eenduidige scheidingsregel.

Secundair papier kan op vier manieren worden afgezet. In de produktie van het oorspronkelijke of een alternatief verpakkingsmateriaal (bijvoorbeeld kartonnen dozen), in de produktie van materiaal voor een alternatief produkt (bijvoorbeeld hygiënisch papier) en als brandstof (zie bijlage 8).

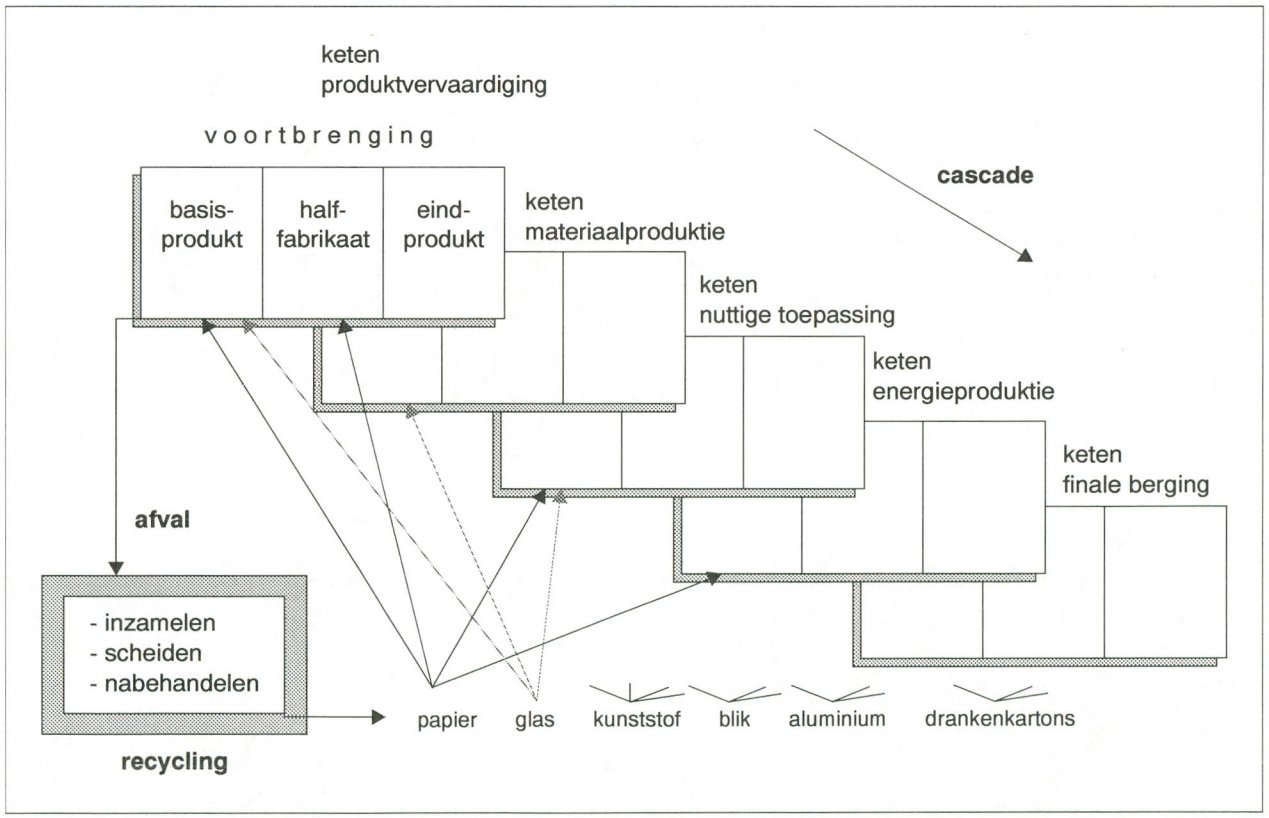
Secundair glas kan op drie manieren worden afgezet. In de produktie van het oorspronkelijke (bijvoorbeeld wit glas) of alternatieve verpakkingsmateriaal (bijvoorbeeld groen glas) en als materiaal voor een alternatief produkt (bijvoorbeeld bouwmateriaal) (zie bijlage 8).

Secundaire kunststoffen kunnen op zes manieren worden afgezet. In de produktie van het oorspronkelijke of alternatieve verpakkingsmateriaal. In de produktie van de grondstof voor het oorspronkelijke verpakkingsmateriaal of in de produktie van de grondstof voor een alternatieve materiaaltoepassing ('back to feedstock') en tenslotte als materiaal voor een alternatief produkt (bijvoorbeeld klerenhangers), of als brandstof (zie bijlage 8).

Secundair blik kan op drie manieren worden afgezet. In de produktie van kritische staalprodukten, zoals verpakkingsmateriaal. In de produktie van de grondstof voor hoogwaardige staalsoorten (onder andere in de automobielsector en voor verpakkingsmateriaal) of in de produktie van de grondstof voor minder hoogwaardige staalsoorten (bijvoorbeeld toepassingen in de bouw) (zie bijlage 8).

Secundair aluminium kan op drie manieren worden afgezet. In de produktie van aluminiumprodukten zoals verpakkingsmateriaal. In de produktie van de grondstof voor hoogwaardige aluminiumsoorten (onder andere in de automobielsector en voor verpakkingsmateriaal) of in de produktie van de grondstof voor minder hoogwaardige aluminiumsoorten (bijvoorbeeld in de bouw) (zie bijlage 8).

Drankenkartons zijn samengestelde verpakkingen bestaande uit karton/polyetheen of karton/aluminium/polyetheen. De secundaire materialen uit herverwerkt drankenkarton kunnen op zes manieren worden afgezet. Allereerst in de produktie van verpakkingsmaterialen in de vorm van karton, polyetheen en aluminium. In de produktie van de grondstoffen voor de oorspronkelijke verpakkingsmaterialen (karton, Al, PE) of in de produktie van grondstoffen voor alternatieve materiaaltoepassingen. Tenslotte kunnen karton en PE direct in de produktie van een alternatief ingezet worden, bijvoorbeeld hygiënisch papier, respectievelijk klerenhangers of als brandstof (zie bijlage 8).



Figuur 6.5 Deelmarkten verpakkingsmateriaal

Behalve voor de metalen geldt dat hier sprake is van de transformatie van kortlevende produkten naar kortlevende produkten: glas (glazen verpakkingen worden glazen verpakkingen, papier/karton (nieuwsdragers worden dozen, verpakkingen worden hygiënisch papier, etc.).
Voor kunststoffen zou een cascade kunnen gelden. De produktie van transportverpakkingen uit consumentenverpakkingen is daarvan een voorbeeld.

6.3.4 Straalgrit

In onderstaande tabel 6.4 zijn een aantal algemene gegevens met betrekking tot straalgrit bijeengebracht. In figuur 6.6 zijn de diverse deelmarkten in de cascadestructuur aangegeven.

Voor nuttige toepassing van gerecycled grit komt de toepassing als vulstof in bepaalde kunstharsen of polyesterbeton in aanmerking. Verder is er de toepassing van zandvervangend materiaal in beton. Tenslotte is er het gebruik als grondstof voor de steenindustrie.
Gezien de korrelgrootte-verdeling van gereinigd grit in relatie tot die van veel gebruikte gritsoorten zou 60 tot 80% van het gereinigde grit als straalmiddel opnieuw kunnen worden toegepast. Hierbij is er van uitgegaan dat de fractie kleiner dan 0,2 mm afgezeefd dient te worden.
Straalgrit doorloopt een korte hergebruikscascade: smeltslak wordt straalgrit, het vervuilde straalgrit wordt na reiniging opnieuw als straalgrit of als opvulmiddel of ophoogmiddel of als stortgoed gebruikt.

Tabel 6.4 Gegevens straalgrit

Sector	Situatie 1986 kton	Herverwerkt 1986 kton	Dominant mat straalgrit
straalgrit	100	0	straalgrit fijne fractie

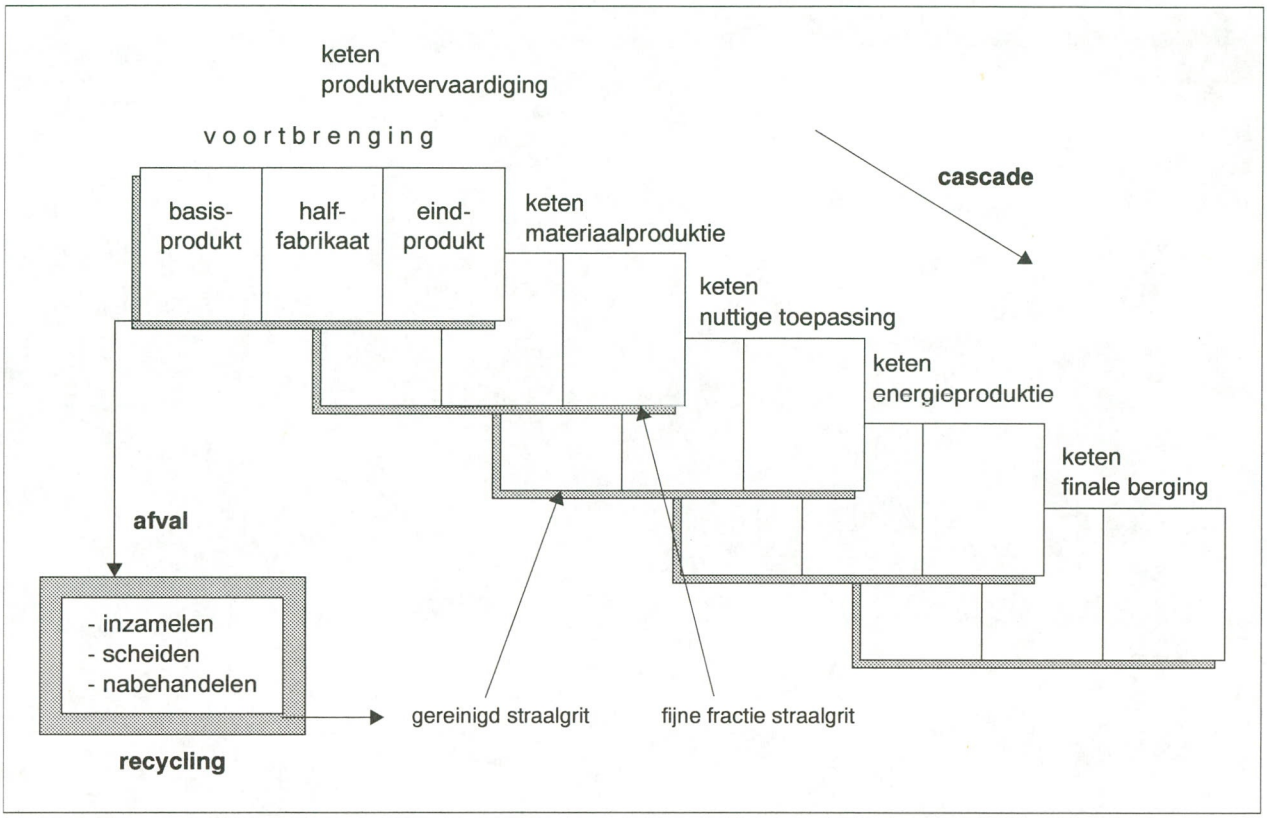
Knelpunten deelmarkten

In secundair straalgrit kunnen te hoge gehaltes aan koper, lood, nikkel, zink en PAK's en anionen voorkomen, waardoor het grit volgens het Bouwstoffenbesluit niet mag worden toegepast.

Kansen deelmarkten

Naast het gebruik van gereinigd straalgrit als straalmiddel voor de oorspronkelijke toepassing zijn er een viertal nuttige toepassingen voor de fijne fractie van het gereinigde grit te noemen: de toepassing als vulstof in bepaalde kunstharsen of polyesterbeton, de toepassing als zandvervangend materiaal in beton, het eventueel gebruik als grondstof voor de steenindustrie en het gebruik als toeslagstof in as-

falt. Echter het hernieuwde gebruik van dit relatief kortlevende produkt in de eigen keten biedt de meeste vooruitzichten (60 - 80%).



Figuur 6.6 Deelmarkten straalgrit

6.3.5 Kabelafvallen

In onderstaande tabel 6.5 zijn een aantal algemene gegevens met betrekking tot bouw- en sloopafvallen bijeengebracht. In figuur 6.7 zijn de diverse deelmarkten in de cascadestructuur aangegeven.

Kabelafval is typisch een produkt waarbij de deelmarkten non-ferro, met koper als belangsrijkste vertegenwoordiger, sterk geïnteresseerd zijn in kwaliteitsverbetering. Gescheiden, zuiver metaal heeft een hoge marktwaarde.

De vrijkomende kunststoffractie bevat nog metaalresten. De kunststoffracties, die voornamelijk bestaan uit weekgemaakt polyvinylchloride en andere polymeren zijn op dit moment niet recyclebaar.

Tabel 6.5 Gegevens kabelafval

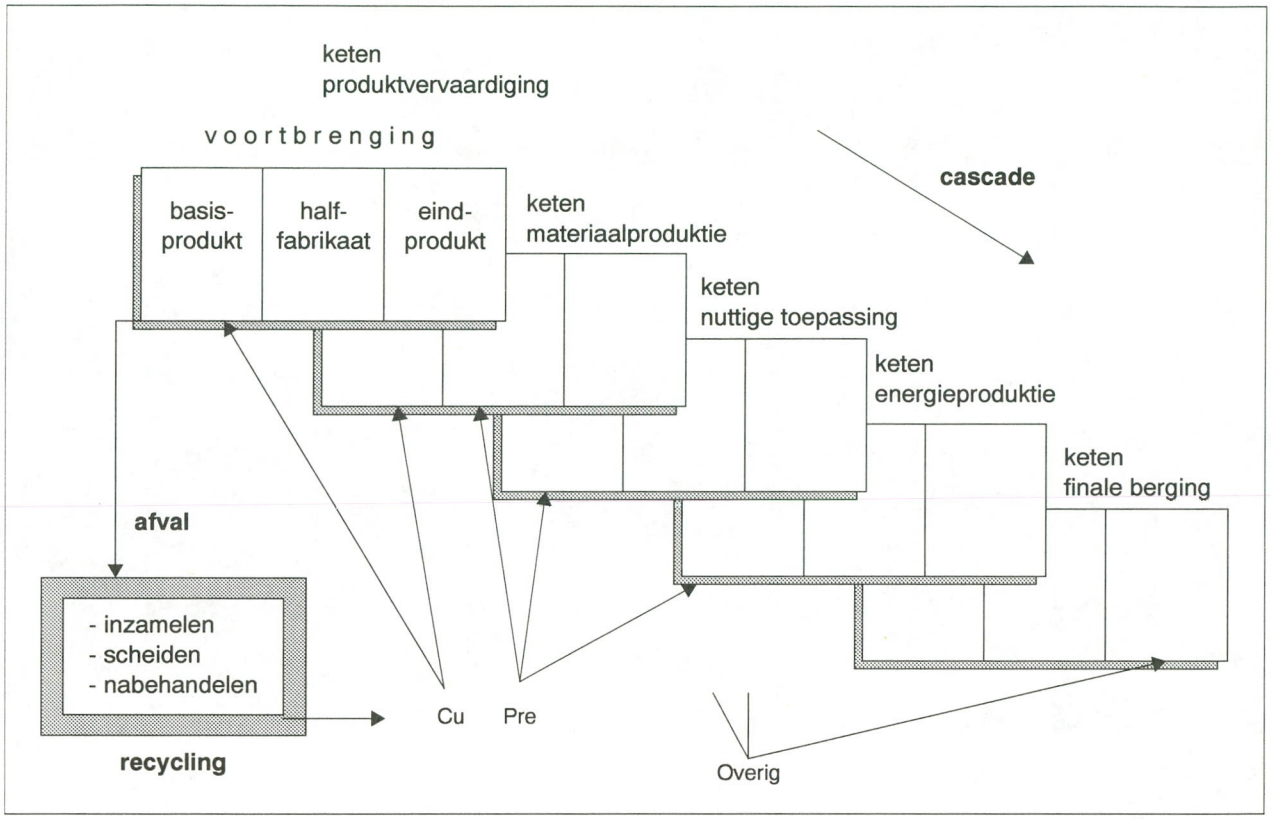
Sector	Situatie 1986 kton	Herverwerkt 1986 kton	Dominant materiaal
energiekabel	15	0	Cu (23%)
installatiekabel	20	0	Cu (55%)
			PVC (32%)
telecommunicatie	3	0	Cu (23%)
kleinkabel	11	0	Cu (39%)
			PVC (43%)
produktieafval	5	0	Cu (39%)
			PVC (16%)

Knelpunten deelmarkten

Het belangrijkste knelpunt voor de deelmarkten voor non ferro's uit kabelafval is de zuiveringsgraad. Als deze gewaarborgd verbeterd kan worden zal het hergebruik voor hoogwaardige toepassingen aanzienlijk kunnen toenemen.

Kansen deelmarkten

Zorgvuldige sortering van het aangeboden kabelafval zal, in combinatie met de relatief hoge opbrengsten van non-ferro's een stimulering voor de markt kunnen betekenen.



Figuur 6.7 Deelmarkten kabelafval

6.3.6 Witgoed

In onderstaande tabel 6.6 zijn een aantal algemene gegevens met betrekking tot witgoed bijeengebracht. In Figuur 6.8 zijn de diverse deelmarkten in de cascadestructuur aangegeven.

Tabel 6.6 Gegevens witgoed

Sector	Situatie 1991 kton	Herverwerkt 1991 kton	Dominant materiaal witgoed
koelkast	15	}	staal/roestvrij staal (64%)
wasmachine	34		
overig	36		

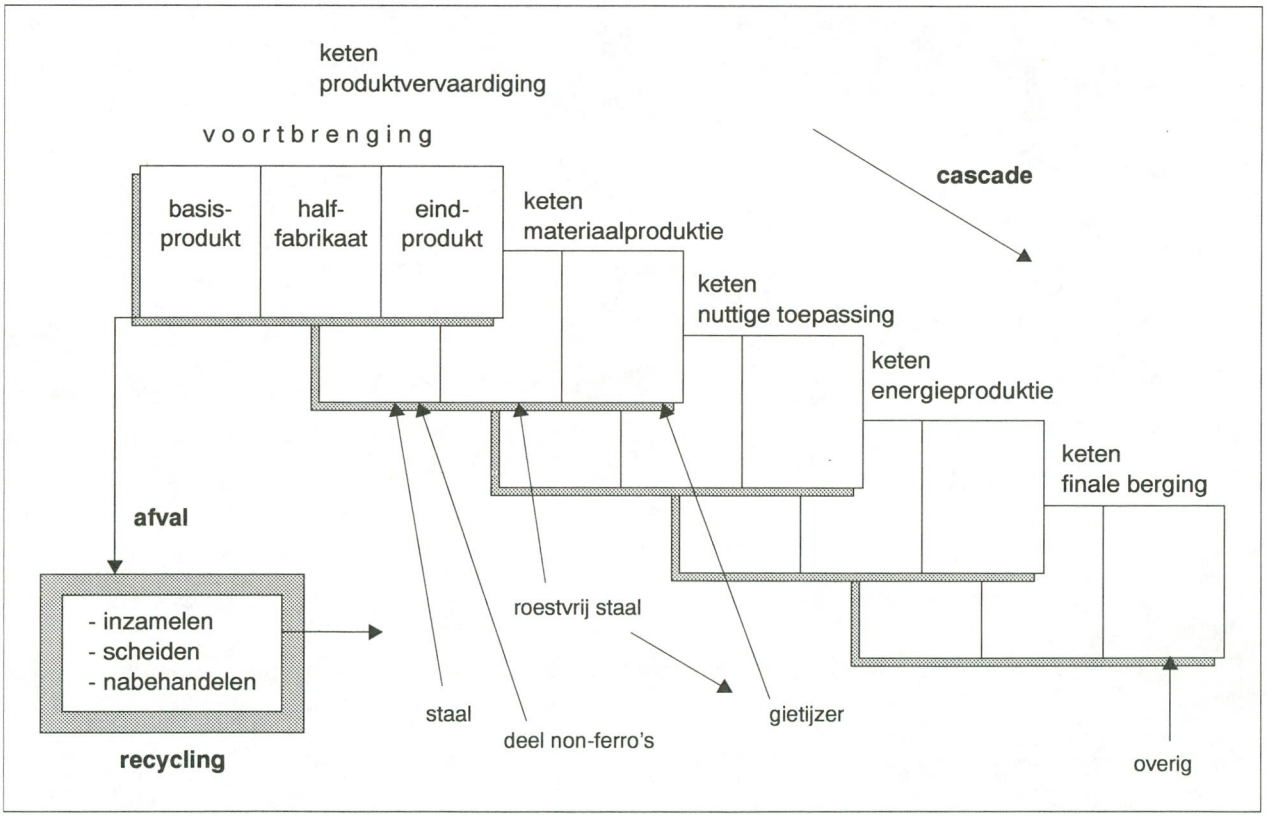
Afgedankte witgoedprodukten met relatief veel ferro worden door de schroothandel geaccepteerd en verwerkt.

Knelpunten deelmarkten

De inzameling van witgoed ten behoeve van hergebruik van staal, roestvrij staal en non-ferro's moet nog aanzienlijk verbeteren wil er sprake zijn van een substantiële verbetering van het hergebruikspercentage. Een deel wordt momenteel te zamen met autowrakken verwerkt, hetgeen betekent dat een deel van het ferro en de non-ferro's wordt geregeld.

Kansen deelmarkten

Voor de levering van schoon, zuiver staal, gietijzer en roestvrij staal bestaat een goede afzetmarkt. Voor de overige delen van het witgoed, waarin onder meer non-ferro's voorkomen zal dat pas het geval zijn als deze verder in hun onderdelen gescheiden zullen zijn. In dat kader zou een aparte selectieve voorontmanteling passen.



Figuur 6.8 Deelmarkten witgoed

6.3.7 Bruingoed

In onderstaande tabel 6.7 zijn een aantal algemene gegevens met betrekking tot bruingoed bijeengebracht. In figuur 6.9 zijn de diverse deelmarkten in de cascadestructuur aangegeven.

Bruingoed is een relatief nieuwe groep afgedankte eindprodukten die zich leent voor de terugwinning van secundaire materialen. De apparaten zijn kleiner van formaat dan die uit de witgoedsector en kenmerken zich door een relatief hoger gehalte aan elektronika-onderdelen.

Tabel 6.7 Gegevens bruingoed

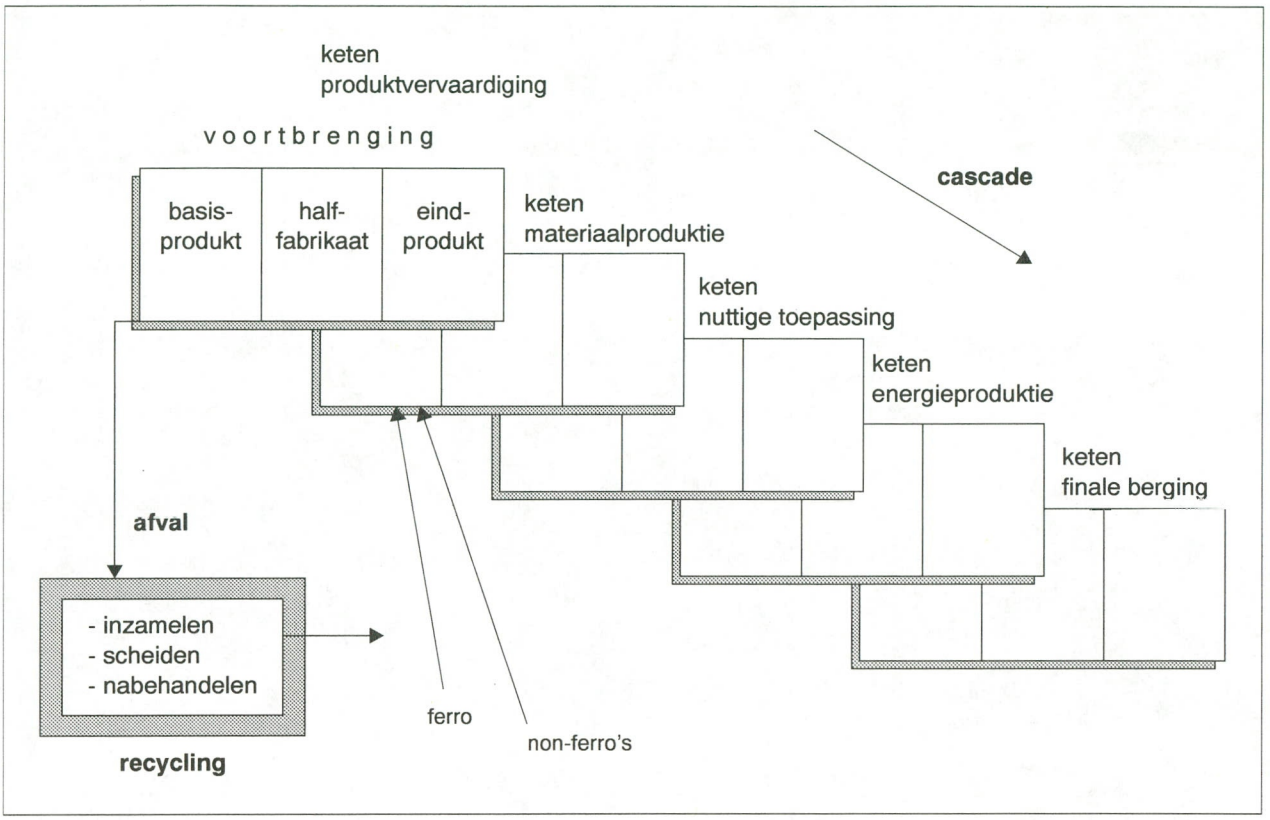
Sector	Situatie 1991 kton	Herverwerkt kton	Dominant materiaal bruingoed	
kleuren TV	15		ferro	(27%)
videorecorder	4		kunststof	(18%)
overig	10		non-ferro's	(8%)
			glas	(28%)

Knelpunten deelmarkten

Het belangrijkste knelpunt voor het afzetten van secundaire materialen uit bruingoed is de inzameling. Pas wanneer er sprake is van een goed functionerend logistiek systeem zal er voldoemde gecontroleerd aanbod zijn om de diverse deelmarkten te kunnen voorzien.

Kansen deelmarkten

Het afzetten van de relatief kleine stromen secundair ferro en non-ferro's, verkregen uit recycling van bruingoed, zal, gezien de bestaande infrastructuur voor schroot, waarschijnlijk geen probleem opleveren. Voor kunststoffen, glas en elektronika ligt dit anders; hier zal eerst een passende inzamel- en verwerkingsstructuur voor ontwikkeld moeten worden.



Figuur 6.9 Deelmarkten bruingoed

6.4 Evaluatie marktaspecten algemeen

Niet alleen zijn de intrinsieke kwaliteitskenmerken binnen een gegeven secundaire grondstofstroom relatief variabel, maar is de variabiliteit tussen verschillende, overigens sterk op elkaar gelijkende gerecyclede materiaalstromen, zo groot dat men, gezien het principe van 'the economy of scale', de corresponderende deelmarkten niet eenvoudigweg kan samenvoegen. Een voorbeeld is kunststoffen, die uit verschillende afgedankte produkten komen, kunnen in het recyclingstadium, vanwege onderlinge kleine samenstellingsverschillen niet integraal verwerkt worden. Zo is PS van een beker niet hetzelfde als PS van een computerbehuizing.

Voor de betrokken afzetstromen gaat het, wat de deelmarkten betreft, in de eerste plaats om hergebruik en nuttige toepassing. Daarbij worden twee typen materiaalstromen aangehouden: complex samengestelde goederen en heterogeen samengestelde mengsels van materialen. De produkten kunnen zowel in de eigen als in een geheel andere produktketen gebruikt worden.

Markttechnisch bezien is er sprake van een afgedwongen markt: de overheid stelt de voorwaarden vast waarbinnen tot het jaar 2000 zekere taakstellingen in termen van hergebruik en nuttige toepassing 'gehaald' moeten worden. Er bestaat verschil in omvang in de onderscheiden deelmarkten. Zo is de omvang van de

deelmarkten van granulaat als toeslagmateriaal in de bouw groot (ca. 4 miljoen ton) en die van straalgrit relatief klein (0,1 miljoen ton). Toepassing van het principe van de afgedwongen markt heeft de beste kans van slagen, zoals energiebesparing in de industrie, in de zeventiger en tachtiger jaren is bewerkstelligd.

Alleen door lage(re) prijzen en (betere) kwaliteit van secundaire grondstoffen kunnen de 'nieuwe' grondstoffen zich een eigen marktaandeel verwerven. Marktpenetratie in een bestaande of nog nieuw te ontsluiten markt is evenwel alleen mogelijk wanneer er sprake is van een groeiende markt. Marktpenetratie in een stabiele (en afnemende markt) vereist extra maatregelen zoals bijvoorbeeld overheidsbeïnvloeding.

Of de bestaande kleine deelmarkten met hun relatief kleine winstmarges ooit in staat zullen zijn om op eigen kracht die investeringen te doen die nodig zijn om hun marktdeel substitutioneel, zelfdragend te vergroten is de vraag. De verschillen in kostprijs van een eindprodukt afkomstig van een voortbrengingsproces, gebaseerd op het gebruik van primaire of secundaire grondstoffen, zijn doorgaans zo marginaal, dat een producent niet zonder meer kiest voor de secundaire grondstof. Ook als er een licht prijsvoordeel bestaat ten gunste van het gebruik van een secundaire grondstof is de kans op acceptatie gering gezien de kans op ongewenste effecten in het introductieproces, zoals additionele technische specificaties, bijzondere handlingsfaciliteiten en dergelijke.

Door het ruime aanbod van primaire en secundaire materialen beconcurreren de aanbieders elkaar hevig. Doorgaans kan geen van de aanbieders echter zelf het prijsniveau bepalen, men is geheel afhankelijk van de markt. De introductie van (meer) nieuwe secundaire materialen kan zo tot gevolg hebben dat er geen stabiele afzetprijzen voor de nieuwe materialen ontstaan, met als gevolg een stagnatie in het substitutieproces in de markt.

Niet alleen zijn de intrinsieke kwaliteitskenmerken binnen een gegeven secundaire grondstofstroom relatief variabel, maar is de variabiliteit tussen verschillende, overigens sterk op elkaar gelijkende gerecyclede materiaalstromen, zo groot dat men, gezien het principe van 'the economy of scale', de corresponderende deelmarkten niet eenvoudigweg kan samenvoegen.

Markttechnisch bezien liggen de knelpunten in eerste instantie aan de vraagzijde en niet aan de aanbodzijde, met mogelijke uitzondering die van granulaat als toeslagmateriaal in beton. De knelpunten aan vraagzijde kunnen als volgt kort worden samengevat:

- het gerecyclede produkt voldoet in de ogen van veel afnemers niet aan de kwaliteitseisen;
- de prijs is in verhouding tot de primaire grondstof ongunstig, op veel locaties maken de inzamel en transportkosten de optie van het gebruik van secundaire grondstoffen prohibitief;
- de promotie van 'het nieuwe produkt' in de markt schiet nog tekort.

Kwaliteitsverbetering in termen van constante samenstelling, gewenste sorteergraad en andere functionele technische eisen, alsmede een aantal milieuhygiënische doelstellingen wordt algemeen gezien als een mogelijkheid om hergebruik en nuttige toepassing concreet te stimuleren.

In zijn algemeenheid geldt dat de recyclingsmarkt zich hoe dan ook snel instelt op de geboden kansen, maar dat de wet van de verminderde meeropbrengsten spoedig van zich laat spreken. Dit betekent dat de overheid gedwongen wordt wettelijke maatregelen te treffen (stimulerende en ontmoedigende instrumenten) om de bedrijfseconomisch minder attractieve opties de toegang tot de markt te vergemakkelijken c.q. te verzekeren.

6.5 Conclusies

De in de notitie Preventie en Hergebruik van Afvalstoffen aangereikte taakstellingen voor toenames in preventie, hergebruik en nuttige toepassing voor de diverse stromen afvalstoffen zijn normatief van aard. De in het dagelijks leven aan de taakstellingen verbonden concrete deelmarkten conformeren zich evenwel aan het vrije marktmechanisme. Economische substitutie van kwalitatief hoogwaardige materialen is op zich een goed hulpmiddel om de introductie van secundaire grondstoffen te bevorderen, mits er geen gelijktijdig meervoudig aanbod van hergebruiksprodukten optreedt. Want het economisch principe werkt toch door: de winstmarges worden te gering of kunnen zelfs negatief worden. De tijdpaden van de taakstellingen worden dan eenvoudigweg verlengd.

Op dit moment lijken de deelmarkten waar het hier om gaat niet vanuit economisch zicht zo te beschrijven dat er harde aanwijzingen voor een preferent technisch ontwikkelingsprofiel uitkomen. Het ziet er naar uit dat er een 'kip en ei' probleem bestaat. Enerzijds wacht de techniek op preferente deelmarkten om een altijd nog onzekere ontwikkelingsrichting verantwoord te kunnen ingaan, anderzijds neemt iedere deelmarkt 'per definitie' een verantwoorde afwachtende houding aan.

Enerzijds is er de oplossing om onmiddellijk opdracht te geven de techniek te laten ontwikkelen: generiek gericht op kwaliteitsverbetering van ontmantelingsprocessen voor complex samengestelde produkten en scheidingsprocessen voor heterogeen samengestelde materialen. Anderzijds is er de oplossing om eerst de politiek te doen spreken en het bedrijfsleven te confronteren met een versterkte vorm van een afgedwongen markt. Deze zal dan, gezien de autonome ontwikkelingen in de markt, vroeg of laat behoefte krijgen aan technologieverbetering c.q. technologisch onderzoek.

7 Techniekenoverzicht en selectie

7.1 Droge deeltjesscheidingstechnieken

7.1.1 Algemeen

Deze technieken berusten op het principe dat materialen mengsels, als gevolg van verschillen in fysische eigenschappen tussen de afzonderlijke materialen, te splitsen zijn in deelstromen.
In principe kunnen alle fysische eigenschappen van materialen worden gebruikt om scheiding tussen materialen te realiseren. De meest toegepaste scheidingstechnieken zijn echter gebaseerd op enkele eenvoudige fysische materiaaleigenschappen en deeltjeseigenschappen zoals afmeting, vorm, dichtheid, magnetische en elektrische eigenschappen. In het kader van het project T 2000 zijn dit ook de geselecteerde technieken.
Met behulp van deze droge deeltjesscheidingstechnieken worden in het algemeen materialen niet voor 100% van elkaar gescheiden. Veelal past men deze technieken toe om materialen te concentreren. De uiteindelijk te bereiken zuiverheid van de afgescheiden materialen wordt enerzijds bepaald door de materiaaleigenschappen en scheidingsapparatuur uitvoering en combinaties. Anderzijds heeft vooral de voorbewerking (ontsluiten en verkleinen) van de te scheiden materialen een wezenlijke invloed op de prestaties van de scheidingsapparatuur. De prijs/kwaliteit verhouding die de potentiele afzetmarkt voor afgescheiden materialen stelt, bepaalt voor een belangrijk deel de toepasbare combinaties van voorbewerkings- en scheidingstechnieken.

7.1.2 Techniekenoverzicht

Zeven

Het principe hiervan berust op het scheiden van deeltjes naar grootte en/of vorm. Materialen mengsels worden hiertoe op een zeefoppervlak gedoseerd. Dit zeefoppervlak is voorzien van openingen. Deze openingen kunnen qua vorm en afmetingen variëren. Voor het passeren van deeltjes door de zeefopeningen moeten de deeltjes ten opzichte van het zeefoppervlak bewegen. Dit wordt gerealiseerd door het bewegen van het zeefoppervlak (trilzeef, schudzeef) of het onder een hoek opstellen van het zeefoppervlak (trommelzeef) waardoor de materialen onder invloed van de zwaartekracht over het zeefoppervlak bewegen.
Zeven is bij uitstek een methode om selectief deeltjes van een bepaalde grootte of vorm af te scheiden. De zuiverheid van de afgescheiden materialen wordt vooral bepaald door het verschil in deeltjesgrootte en/of vorm tussen de te scheiden materialen. Goed gedefinieerde verschillen in deeltjesgrootte en/of vorm tussen te scheiden materialen kunnen mogelijk via selectieve verkleining worden gerealiseerd. Meestal blijkt dit in de praktijk maar zeer zelden uitvoerbaar.
Het scheiden van materialen mengsels via zeven in verschillende deeltjesgrootten wordt echter zeer vaak toegepast als voorbewerking voor scheidingstechnieken die gebaseerd zijn op verschillen in dichtheid en elektro/magnetische eigenschap-

pen van de te scheiden materialen. Uniforme voeding en deeltjesgrootte hebben bij deze technieken een enorme invloed op het scheidend vermogen.

Luchtclassificatie

Het principe hiervan berust op het scheiden van deeltjes op grond van verschillen in dichtheid, vorm en grootte.
Windziften is een techniek waarbij deeltjes worden gescheiden op hun valgedrag in een luchtstroom. 'Lichte' deeltjes met een relatief groot oppervlak worden eerder met de luchtstroming meegenomen dan 'zware' deeltjes met een relatief klein oppervlak. Bij alle uitvoeringsvormen van windzifters worden de te scheiden materialen mengsels in een regelbare luchtstroom gebracht. Deze luchtstroom is dwars of tegengericht aan de materiaalstroom, ook combinaties van dwars en tegenstroom komen voor. Afhankelijk van de materiaaleigenschappen worden materialen wel of niet door de luchtstroom meegevoerd. De met de luchtstroom meegevoerde lichte fractie moet vervolgens nog wel van de lucht worden gescheiden. Hiervoor worden meestal cyclonen of filter installaties toegepast. Op deze manier ontstaan verschillende materiaalfracties.
Er zijn vele uitvoeringsvormen van windzifters. Apparaten met rechthoekige, ronde en zig zag vormige kanalen komen voor. Daarnaast kunnen kanalen roterend worden uitgevoerd. Een veel toegepaste windzifter is de zig zag zifter. Voordeel van deze zifter is dat materialen meerdere malen in één apparaat aan het ziftproces worden onderworpen.
Belangrijke invloed op het scheidend vermogen en rendement van windzifters hebben:
Deeltjesgrootte, deeltjesgrootte verdeling en dichtheidsverschil van de te scheiden materialen, verhouding vaste stof/lucht en luchtsnelheid.
Optimalisatie van windzifters wordt vaak proefondervindelijk uitgevoerd.
Windzifters worden toegepast voor scheiden van huishoudelijk afval, shredder afval en kunststof/metaal afvallen.
Vaak worden windzifters toegepast als eerste grove scheidingsstap. Verdere concentratie van materialen wordt vervolgens met bijvoorbeeld tafel- en/of magneto/elektrische technieken uitgevoerd.

Tafeltechnieken

Het principe hiervan berust voornamelijk op het scheiden van deeltjes op grond van verschillen in dichtheid. Afhankelijk van de tafeluitvoering spelen ook vorm en grootte hierbij een rol.
De tafeltechnieken kunnen worden ingedeeld in de volgende hoofdklassen:

a. Scheiden in een pulserende opwaartse luchtstroom (droge jig).
   Het principe hiervan is gebaseerd op het verschil in bewegingssnelheid tussen lichte en zware deeltjes als gevolg van de zwaartekracht.
   Door middel van een pulserende luchtstroom worden de te scheiden materialen periodiek opgeschud. De zwaarste deeltjes gaan hierbij het snelst weer naar beneden. Eventueel kan een extra medium (glazen kogels en dergelijke) worden toegepast. Hierdoor worden de door de deeltjes af te leggen afstanden en het relatieve snelheidsverschil tussen de materialen vergroot.

b. Scheiden op een uniform bewegend ruw oppervlak.
Het principe hiervan is gebaseerd op het verschil in dichtheid en oppervlakte ruwheid tussen deeltjes. Op een langzaamlopende schuin opgestelde band worden deeltjes gedoseerd. Afhankelijk van de dichtheid en wrijving zullen deeltjes wel of niet door de band tegen de zwaartekracht in worden meegenomen.

c. Scheiden op een vibrerend ruw oppervlak.
Principe hiervan is gelijk aan b. Hier echter worden deeltjes op een schuin opgesteld in één richting vibrerend oppervlak gebracht. Afhankelijk van de dichtheid en wrijving zullen deeltjes wel of niet in de vibratierichting worden verplaatst. Vaak worden meerdere units na elkaar geplaatst.

d. Scheiden op een luchtdoorlatend schuin opgesteld oppervlak.
Het principe hiervan is gebaseerd op het verschil in dichtheid tussen deeltjes. Vorm en grootte van de deeltjes hebben wel een grote invloed op de prestaties van deze techniek.

Wordt een mengsel van materialen op een doorlatend oppervlak gebracht waardoor lucht wordt geblazen dan zullen deeltjes afhankelijk van hun dichtheid zweven of zinken in deze luchtstroom. De deeltjes die zinken, en dus op het oppervlak rusten, zullen als gevolg van de zwaartekracht zich bewegen in een richting die wordt bepaald door de helling waaronder het oppervlak is opgesteld. Ook de zwevende deeltjes, die zich min of meer als een vloeistof gedragen, zullen zich in dezelfde richting verplaatsen. Door het aanbrengen van een separatiebalk zijn deze zinkende en zwevende materiaalfracties van elkaar te scheiden.

e. Scheiden op een luchtdoorlatend schuin opgesteld en vibrerend oppervlak.
Het principe hiervan is gebaseerd op het verschil in dichtheid tussen deeltjes. Vorm en grootte van de deeltjes hebben wel een grote invloed op de prestaties van deze techniek.
Wordt een mengsel van materialen op een doorlatende oppervlak gebracht waardoor lucht wordt geblazen dan zullen deeltjes afhankelijk van hun dichtheid zweven of zinken in deze luchtstroom. De deeltjes die zinken, en dus op het oppervlak rusten, zullen als gevolg van de trilbeweging, die tegengesteld gericht is aan de op de deeltjes werkende zwaartekracht, zich bij een juiste instelling van de apparatuur bewegen in de richting van de trilbeweging. De deeltjes die zweven zullen zich echter bewegen in de richting van de zwaartekracht. Zware en lichte deeltjes verplaatsen zich dus in tegengestelde richtingen waardoor scheiding wordt gerealiseerd.
Men heeft verschillende uitvoeringen van dit apparaat. Er zijn tafels die alleen in de lengterichting schuin kunnen worden versteld, maar ook uitvoeringen waarbij de tafel zowel in de lengte als in de dwars richting kan worden versteld.
Bij tafels die alleen in de lengte richting kunnen worden versteld bewegen lichte en zware deeltjes zich in tegengestelde lengterichting. Hierbij ontstaan dus twee materialen fracties die aan de twee uiteinden van de tafel worden afgetapt.

Bij tafels met zowel lengte- als dwarsrichting verstel mogelijkheden bewegen de materialen zich gedeeltelijk tegengesteld(lengterichting) en gedeeltelijk parallel(dwarsrichting). Materialen worden in de dwarsrichting afgetapt. Door deze uitvoering ontstaat een overgangsgebied tussen lichte en zware materialen. Dit overgangsgebied wordt teruggevoerd in het scheidingsproces.

Fluïdbed scheiding

Het principe hiervan berust op het scheiden van deeltjes op grond van verschillen in dichtheid. De deeltjesgrootte speelt hierbij ook een belangrijke rol.
Indien men, via een poreuze bodem ingeblazen, lucht gelijkmatig verdeelt over een fijn poedervormig materiaal zoals bijvoorbeeld zand, ijzerpoeder, magnetiet en dergelijke zal bij een bepaalde luchtsnelheid het poedervormige materiaal fluïdiseren waardoor het zich min of meer als een 'vloeistof' gedraagt. Deze vloeistof heeft dan een schijnbare dichtheid die afhankelijk van de luchtsnelheid en materiaal soort kan variëren.
Brengt men nu in deze vloeistof een mengsel van materialen dat niet deelneemt aan de fluïdisatie (wordt bepaald door de combinatie deeltjesgrootte en dichtheid) dan zullen deze materialen net zoals in normale vloeistoffen, afhankelijk van hun dichtheden, drijven of zinken. Op deze manier zijn materialen van elkaar te scheiden.
Fluïdbed scheiding functioneert soms ook zonder gebruik van poedervormige fluïde media. In dat geval moet een van de te scheiden materialen als fluïde medium dienst doen. Meestal zal dit resulteren in een minder goede scheiding van de materialen.
Fluïdbed scheiding wordt momenteel nog slechts beperkt toegepast en is nog in ontwikkeling.

Ferromagnetische technieken

Het principe hiervan berust op het gegeven dat ferromagnetische of zeer sterk paramagnetische materialen worden aangetrokken door een magneet en zodoende kunnen worden gescheiden van materialen die niet door de magneet worden aangetrokken.
Het te scheiden materiaal mengsel wordt langs een magnetisch oppervlak geleid dat de magnetische materialen aantrekt. De scheiding vindt dan plaats doordat de aangetrokken deeltjes op een andere plaats dan de niet aangetrokken deeltjes worden losgelaten. Er zijn verschillende uitvoeringsvormen van magneetscheiders zoals, bovenbandmagneet, pijpmagneten, magneettrommel en blokmagneten. Als magneten worden permanente en elektromagneten toegepast.
Deze techniek wordt op vrij brede schaal toegepast om magnetische materialen uit afvalstromen terug te winnen of te verwijderen. Verwijderen van de magnetische fractie is noodzakelijk alvorens andere scheidingstechnieken voor afscheiden van kunststoffen, non ferro of zwak paramagnetische materialen kunnen worden toegepast.

Wervelstroom technieken

Het principe hiervan berust op het gegeven dat indien men een geleidend metaal deeltje in een wisselend magneetveld brengt er een wervelstroom (Eddy-current) in het deeltje gaat lopen. Deze wervelstroom verwekt op zijn beurt een magneetveld dat tegengesteld gericht is aan het aangelegde veld. Hierdoor wordt

het deeltje afgestoten. Daarbij is de afstotende kracht groter naarmate de opgewekte wervelstroom in het deeltje groter is. De opgewekte wervelstroom in een deeltje wordt bepaald door de geleidbaarheid en grootte van dat deeltje en de sterkte van de magneet. Daarnaast speelt de dichtheid van het deeltje een belangrijke rol. De verhouding geleidbaarheid/dichtheid is met name bepalend voor de afstand waarover het deeltje wordt afgestoten.
De laatste jaren zijn Eddy-current scheiders ontwikkeld waarbij het wissellende magneetveld wordt opgewekt door zeer sterke permanente magneten gemaakt uit zeldzame aarden. Deze magneten maken deel uit van een roterende trommel. De afstotende kracht is hierdoor loodrecht op de bewegingsrichting van de deeltjes en dus worden wegspringende deeltjes niet langer gehinderd door niet afgestoten deeltjes.
Afhankelijk van de uitvoering van de Eddy-current scheider kunnen deeltjes tussen 0,5 tot circa 100 mm worden gescheiden. Indien deeltjes met een klein verschil in geleidbaarheid/dichtheid moeten worden gescheiden is een uniforme deeltjesgrootte noodzakelijk. Ferromagnetische materialen dienen bij voorkeur vooraf te worden verwijderd omdat hechten hiervan aan de magneetrol storend kan werken.

Elektrostatische technieken

Elektrostatische scheiding van deeltjes is gebaseerd op verschillen in aantrekkingskracht of afstotingskracht van elektrisch geladen deeltjes onder invloed van een elektrisch veld. Voor het opladen van deeltjes kunnen verschillende technieken worden toegepast. Door wrijving krijgen deeltjes van verschillende materialen tegengestelde ladingen. Bij geleidende inductie krijgen deeltjes hun lading door een geladen oppervlak te raken. Ook kunnen deeltjes worden opgeladen door ze met ionen te bestoken. In een elektrisch veld zullen gelijk geladen deeltjes elkaar afstoten en ongelijk geladen deeltjes elkaar aantrekken.
Elektrostatische scheiding van een mengsel is mogelijk wanneer deze elektrostatische krachten groot genoeg zijn om de zwaarte- of traagheidkrachten te overwinnen. De deeltjes mogen niet te klein (< 75 micron) zijn omdat anders de afscheiding verstoord kan worden door luchtverplaatsingen. Verwerking van grote granulaat deeltjes (> 2 mm) heeft tot gevolg dat de hoeveelheid lading op het oppervlak te klein is in vergelijking met de zwaartekracht. Verder is het belangrijk dat het materiaal niet te nat is omdat er dan geen verschillen in lading kunnen optreden. Voor een volledige scheiding zijn vaak meerdere stappen nodig.
Deze technieken kunnen zeer algemeen worden toegepast omdat ze in principe geschikt zijn om allerlei soorten materialen te scheiden. Deze techniek wordt toegepast in de ertsverwerkende industrie, papier/kunststof scheiding, koper/kunststof scheiding en de voedselverwerkende industrie.

7.2 Nadere selectie van de droge deeltjesscheidingstechnieken en koppeling hiervan aan de geselecteerde afvalstromen

De mogelijkheden voor het toepassen van de in de vorige paragraaf geselecteerde droge deeltjesscheidingstechnieken zijn sterk afhankelijk van de geselecteerde afvalstroom.

Zoals uit de vorige hoofdstukken is gebleken zijn de geselecteerde afvalstromen onder te verdelen in de volgende categorieën.

Met betrekking tot het volume:
- 3 afvalstromen met een volume groter dan 100.000 ton/jaar en
- 4 afvalstromen met een volume kleiner dan 10.000 ton/jaar.

Met betrekking tot de herkomst:
- 6 produktafvallen en
- 1 procesafval.

Met betrekking tot de aard:
- 5 materialenmengsels en
- 2 complex samengestelde produktgroepen.

Tevens is gebleken dat deze factoren van belang zijn bij de te volgen recyclingsroute. Zowel de keuze van het voortraject (verkleining/ontmanteling) als de toe te passen (combinatie van) scheidingsmethode(n), zijn afhankelijk van bovenstaande factoren.
Andere factoren, zoals het aantal, de aard en de concentraties van de aanwezige materialen in het te scheiden materialenmengsel, de door de afzetmarkten gedicteerde kwaliteiten en de stand der ontwikkeling van de verschillende droge deeltjesscheidingstechnieken zijn ook belangrijke factoren in relatie tot de keuze van de in te zetten scheidingstechnieken.

In deze paragraaf zal een nadere selectie plaatsvinden van droge deeltjesscheidingstechnieken gekoppeld aan de geselecteerde afvalstromen.
Hiertoe is in eerste instantie een samenvatting gegeven van de in bijlagen 1 tot en met 7 weergegeven karakteriseringsgegevens. In tabel 7.1 wordt een overzicht gegeven van de in de geselecteerde afvalstromen aanwezige concentraties van de belangrijkste materiaalklassen. Dit betreffen ferro-metalen, non-ferro metalen, kunststoffen, rubbers, papier/karton, glas, overige keramische materialen (waaronder steenachtige materialen) en hout.

Tabel 7.1 Kwalitatief overzicht van de concentraties aan belangrijkste materiaalklassen aanwezig in de geselecteerde prioritaire afvalstromen

Hierbij hebben de toegepaste symbolen de volgende betekenis:
- ● *concentratie is < 2,5%*
- ■ *< 25% concentratie > 2,5%*
- ▲ *concentratie > 25%*

Materiaal-klassen	Geselecteerde prioritaire afvalstromen						
	bouw- en sloopafval	straal-grit	kunst-stoffen	verpak-kingen	kabel-afval	wit-goed	bruin-goed
ferro metalen	●	●		■	■	▲	▲
non-ferro-metalen	●			●	▲	■	■
kunststoffen	●		▲	■	▲	■	■
rubbers						●	
papier en karton				▲	●		
glas	●			■		●	▲
keramische materialen	▲ [1)]	▲				●	●
hout	■					●	●

1) Inclusief 20% asfalt

Met behulp van deze gegevens is in tabel 7.2 vervolgens de mogelijke inzetbaarheid van de in de vorige paragraaf geselecteerde technieken voor de verschillende afvalstromen weergegeven.
Hierbij is in het kader van mogelijke stimulering van ontwikkelingen, aangegeven in welke fase van de ontwikkeling de desbetreffende scheidingstechniek zich bevindt.

Tabel 7.2 Overzicht van de mogelijkheden voor de verschillende droge deeltjesscheidingstechnieken voor de verschillende geselecteerde afvalstromen

Hierbij hebben de toegepaste symbolen de volgende betekenis:

- ● *De techniek is nog (gedeeltelijk) in het ontwikkelingsstadium, maar er lijken mogelijkheden aanwezig voor de geselecteerde afvalstroom.*
- ■ *De techniek is nog (gedeeltelijk) in het ontwikkelingsstadium, maar lijkt zeer kansrijk te zijn voor de geselecteerde afvalstroom.*
- ▲ *De techniek is commercieel beschikbaar, maar wordt voor deze afvalstroom niet of nauwelijks toegepast.*
- ◆ *De techniek wordt reeds commercieel voor betreffende afvalstroom toegepast en verdere ontwikkeling lijkt dan ook niet zinvol.*

Droge scheidings-technieken	Geselecteerde prioritaire afvalstromen						
	bouw- en sloopafval	straal-grit	kunst-stoffen	verpak-kingen	kabel-afval	wit-goed	bruin-goed
zeven	◆	●			●	● [1)]	● [1)]
lucht-classificatie	▲		▲	▲	▲	▲	▲
tafel-technieken	▲	■		●	◆	▲	▲
fluidbed-technieken		●				●	●
ferromagn. technieken	◆				◆	◆	▲
wervelstroom technieken	■	●		▲	●	■	■
Elektrosta-tische techn.			●			■	■

1) eventueel in combinatie met cryogene verkleining

Het resultaat van een dergelijke scheidingsstap zal over het algemeen positief zijn als een scheiding moet plaatsvinden tussen materialen die afkomstig zijn uit verschillende materiaalklassen.
Hierbij wordt er van uitgegaan dat de noodzakelijke voortrajecten, zoals beschreven in de bijlagen, zijn uitgevoerd.
De parameters dichtheid, grootte, vorm en (elektro)magnetische eigenschappen en de daaraan gekoppelde droge deeltjesscheidingstechnieken zijn voldoende in staat een scheiding tussen materialen van verschillende klassen tot stand te brengen.

Een veel moeilijkere opgave is het scheiden van een aantal materialen slechts uit een enkele materiaalklasse. De mogelijkheden voor het toepassen van droge deeltjesscheidingstechnieken zijn in dit geval veel beperkter. In tabel 7.3 is een

overzicht gegeven van de mogelijkheden en kansen van droge deeltjesscheidingstechieken voor het scheiden van materialen binnen materiaalklassen.

Tabel 7.3 Overzicht van mogelijkheden voor toepassing van droge deeltjesscheidingstechnieken ten behoeve van het scheiden van materialen binnen een bepaalde materiaalklasse

Hierbij hebben de toegepaste symbolen de volgende betekenis:

- ● *De techniek is nog (gedeeltelijk) in het ontwikkelingsstadium, maar er lijken mogelijkheden aanwezig voor de geselecteerde materiaalklasse.*
- ■ *De techniek is nog (gedeeltelijk) in het ontwikkelingsstadium, maar lijkt zeer kansrijk te zijn voor de geselecteerde materiaalklasse.*
- ▲ *De techniek is commercieel beschikbaar, maar wordt voor deze mengsels niet of nauwelijks toegepast.*
- ◆ *De techniek wordt reeds commercieel voor betreffende materialenmengsels toegepast*

Materiaal-klassen	Geselecteerde droge deeljesscheidingstechnieken						
	zeven	lucht-classi-ficatie	tafel-tech-nieken	fluïd-bed techn.	magn. tech-nieken	wervel-stroom-techn.	elektro-stat. techn.
ferro metalen					◆	■	
non-ferro-metalen [1]		●	▲	■		▲	●
kunst-stoffen		▲ [2]					
hout							
glas							
papier en karton							
steenachtige materialen	◆						

1) Vooral de lichtere non-ferro metalen (in het bijzonder aluminium en koper)
2) Het betreft vooral een concentrering naar lichte en zware kunststoffen

Hoewel vanuit de kwaliteit en afzetmarkten juist wordt aangegeven dat de verschillende materialen ook binnen een klasse zo homogeen mogelijk moeten kunnen worden afgescheiden, zijn de mogelijkheden van de toepassing van droge deeltjesscheidingstechnieken voor afscheiding van materialen binnen een materiaalklasse, op een paar uitzonderingen na (voornamelijk met betrekking tot metalen) beperkt.

In het bijzonder technisch problematisch zijn de volgende mengsels:
- steenachtige materialen onderling;
- de meeste non-ferro legeringen onderling;
- kunststoffen/rubbers onderling;
- papiersoorten onderling;
- hout soorten onderling;
- glassoorten onderling.

Op dit terrein liggen mogelijk ter aanvulling extra kansen voor het verder ontwikkelen van herkenningstechnieken of geavanceerder scheidingstechnieken.

8 Evaluatie

In de onderzoeksformulering is ervan uitgegaan dat door de inzet van bestaande technieken of verder te ontwikkelen technieken het aanbod van afvalstromen en de vraag naar secundaire grondstoffen op elkaar aangesloten kunnen worden. Hierbij dienen echter wel enige kanttekeningen geplaatst te worden.
Er is vrijwel geen sprake van een vrije zuigende markt, bestaande uit deelmarkten, alwaar secundaire grondstoffen moeiteloos hun toepassing zullen vinden. Vanwege de duidelijk hoge taakstellingen voor de prioritaire afvalstromen zullen verscheidene deelmarkten als het ware afgedwongen dienen te worden. Door de inzet van faciliterende instrumenten kan de overheid er voor zorgdragen dat het ondernemende bedrijfsleven meer gebruik gaat maken van secundaire grondstoffen. Indien zo'n trend duidelijk ingezet is zal technologie-ontwikkeling nodig zijn en opgepakt worden om de benodigde kwantiteit en kwaliteit met betrekking tot secundaire grondstoffen te genereren. Opgemerkt kan nog worden dat bij duidelijk meer toepassingen van secundaire grondstoffen enerzijds vanwege sterke concurrentie prijsdalingen ontmoedigend kunnen werken en anderzijds het fenomeen dat vele secundaire grondstoffen naar dezelfde deelmarkt stromen vermeden dient te worden.

Ondanks het aspect dat er meer van een afgedwongen markt sprake zal zijn, gaat het verschijnsel van vraag en aanbod nog steeds op.
Vereenvoudigd kan gesteld worden dat het aanbod bestaat uit enerzijds complex samengestelde goederen (zoals witgoed, bruingoed, autowrakken) en anderzijds mengsels bestaande uit diverse materialen (zoals verpakkingen, kunststoffen, bouw- en sloopafval). Na de vereiste demontage en (selectieve) verkleining van complexe goederen en de soms toegepast (selectieve) ontsluiting van materialenmengsels ontstaan ontsloten materialenmengsels met veelal verontreinigen. De materialenmengsels bestaan uit verschillende materialenklassen (non-ferro's, kunststoffen, etc.) die afzonderlijk weer diverse materialen omvatten.
De vraag wordt gekarakteriseerd door kwantiteit, kwaliteit en continuïteit. Uit de analyse van de vraag blijkt dat ondanks de concurrentie met primaire en andere secundaire grondstoffen kringloopsluiting veelal weer in de eigen keten plaatsvindt. Kortlevende produkten worden weer kortlevende produkten (zoals verpakkingen) en langlevende produkten worden weer langlevende produkten (zoals bouwmaterialen). Dit houdt in dat verhoging van de afzet meer volume in de 'eigen' markt betekent. Kunststoffen kan eventueel als een uitzondering daarop gekenmerkt worden. Hierbij kunnen cascades optreden, waarbij de secundaire kunststoffen achtereenvolgens in steeds massiever wordende produkten worden verwerkt. Dit wordt veroorzaakt door het feit dat degradatie van eigenschappen optreedt. Het vertragen van kwaliteitsvermindering met de tijd is een belangrijk aandachtspunt.

Toepassing in de eigen keten is op zich niet verwonderlijk. Materialen worden ontworpen op hun latere toepassingen (afgedankt TV-glas is ongeschikt, te zwaar, voor de vervaardiging van verpakkingsglas). Er is sprake van het 'fit to purpose'-principe. Dit houdt in dat als materialen ongeschikt zijn voor substitutie in de eigen keten de route via de basisgrondstoffen snel gevolgd wordt. Een duidelijk voorbeeld vormen de metalen; via raffinageprocessen zijn metalen weer inzetbaar voor velerlei toepassingen ('fit to purpose'). Voor kunststoffen gaat dat onderzocht worden (met name in Duitsland): 'Back to monomer'- en 'back to feedstock'-processen.

Dus het verkrijgen van de vereiste kwaliteit van de diverse materialen in hun toepassingen vormt een voortdurend aandachtspunt en daardoor een onderzoeksaspect. De kennis en het beheer van de kwaliteitsparameters binnen de materialenklassen is het belangrijkste uitgangspunt. Om de benodigde eigenschappen te waarborgen worden bij de toepassing van hergebruiksprocessen materiaalklassen onderling gescheiden, verontreinigingen afgescheiden en materialen binnen de klasse afgescheiden.
Om dit te kunnen bewerkstelligen is bronscheiding met daarna de eventuele inzet van demontageprocessen en verkleiningsprocessen noodzakelijk.

De geselecteerde technieken, op basis van de fysische eigenschappen van deeltjes zoals afmeting, vorm, dichtheid, magnetische en elektrische eigenschappen, zijn selectief inzetbaar. Zij richten zich met name op de scheiding tussen de materiaalklassen onderling en de afscheiding van verontreinigingen. Voorbeelden van mengsels zijn:
- non-ferro's/steenachtige materialen;
- hout/steenachtige materialen;
- kunststoffen/steenachtige materialen;
- non-ferro's/kunststoffen;
- glas/metalen;
- glas/kunststoffen;
- papier/metalen.

Voor het scheiden van materialen binnen een materialenklasse worden de geselecteerde technieken beperkt ingezet. Gezien de veelheid aan vrijkomende combinaties van materialenklassen en verontreinigingen is een duidelijke keuze voor specifieke technieken moeilijk te maken. Elk van de beschouwde techniekengroepen kent het eigen toepassingsgebied. Daarnaast is er sprake van een duidelijk verschil in ontwikkelingsstadium. Op basis van commerciële beschikbaarheid en brede inzetbaarheid bieden tafeltechnieken en luchtclassificatie duidelijk perspectieven. Worden daarentegen ook de technische ontwikkelingen en de toepasbaarheid binnen materiaalklassen (metalen en kunststoffen) meegewogen, dan kan gesteld worden dat elektro statische technieken een brede belangstelling genieten.

9 Conclusies en aanbevelingen

Conclusies

- Voor de zeven geselecteerde afvalstromen die in aanmerking komen voor droge deeltjesscheidingstechnieken vallen er zes onder de categorie produktafval en één onder de categorie procesafval (100.000 ton/jaar). Deze laatste betreft jarosiet. Van de zes produktafvallen zijn er drie met een volume > 100.000 ton/jaar (heterogene samengestelde mengsels).
  De overige drie hebben elk een volume < 100.000 ton/jaar (complex samengestelde produkten). Dit betreffen witgoed, kabelafval en bruingoed.
  Dit betreffen bouw- en sloopafval, kunststofafval en verpakkingsafval.

- In de geselecteerde afvallen zou de volgende materiaalklassen dominant aanwezig:
  - Bouw- en sloopafval/straalgrit: anorganische materialen (silicaten).
  - Verpakkingsafval: papier en/of kunststoffen; glas.
  - Kunststofafval: kunststoffen.
  - Kabelafval: non-ferro's; kunststoffen.
  - Witgoed: staal en RVS.
  - Bruingoed: glas, metalen en kunststoffen.

  Met behulp van scheidingsprocessen wordt in eerste instantie een concentratie naar dominante materiaalklassen nagestreefd.

- Voor hoogwaardig hergebruik van materialen en isolering van milieubelastende stoffen worden de volgende voortrajecten als noodzakelijk geacht:
  - Wit/bruingoed: ontmantelen; onderdelen vrijmaken.
  - B&S, kunststoffen, kabelafval en een deel van de verpakkingen: verkleinen; materialen ontsluiten.

- In geselecteerde afvallen dominant aanwezige materiaalklassen:
  - B&S en straalgrit: anorganische materialen (silicaten).
  - Verpakkingsafval: papier en/of kunststoffen; glas.
  - Kabelafval: non-ferro's en kunststoffen.
  - Witgoed: staal en roestvrijstaal.
  - Bruingoed: glas, metalen, kunststoffen.
  - Scheiding: concentratie dominante materialen.

- Witgoed/bruingoed: ontmantelen; onderdelen vrijmaken.
  B&S; kunststof; kabelafval en deels verpakkingen; verkleinen; materialen ontsluiten.

- Voor complex samengestelde goederen: tot hoever ontmantelen, opdat er op volgende verklarings-, ontsluitings- en fysische scheidingsprocessen optimaal kunnen functioneren voor afdoende afscheiding.

- Het aanbod voor de verdere verwerking (droog fysisch) bestaat uit mengsels van materialen uit verschillende materiaalklassen en verontreinigingen. Is één materiaalklasse dominant in één stroom (bijvoorbeeld steenachtige materialen in B&S), dan wordt de rest nog al eens als verontreiniging beschouwd.

- Samenstelling is de belangrijkste kwaliteitsparameter die verantwoordelijk is voor de afzetmogelijkheden. De kwaliteit van het secundaire materiaal wordt hierbij als hoog verondersteld als het met minimale verdere behandelingen en minimale verliezen weer kan worden ingezet in gelijkwaardige toepassingen (waarvan de samenstelling binnen gedefinieerde grenzen ligt).

- Bij metalen wordt de veelheid en diversiteit aan legeringselementen gezien als vorm van kwaliteitsachteruitgang in het geval van hergebruik. Metalen zijn echter volledig regenereerbaar en door middel van raffinageprocessen kunnen de vereiste kwaliteiten gerealiseerd worden.

- De problematiek van het hergebruik van kunststoffen in samenhang met de kwaliteitsachteruitgang kan worden uitgesplitst naar intrinsieke en extrinsieke kwaliteitsachteruitgang met betrekking tot extrinsieke kwaliteitsachteruitgang kan worden gesteld dat de kwaliteitseisen ten aanzien van variatie in samenstelling (inclusief verontreinigingen) dermate hoog zijn, dat de huidige technieken nog veelal tekortschieten wat betreft de toepasbaarheid.

- De kwaliteit van glas wordt eenduidig bepaald door de efficiëntie van de scheiding en de aard van de aanwezige verontreinigingen. Daarnaast speelt kleur en vermenging een belangrijke rol in geval van degradatie.

- De kwaliteit van papier wordt bepaald door de vezellengte en de verontreinigingen.

- Impregneermiddelen, verf, kleefstoffen en andere zeer moeilijk verwijderbare verontreinigingen geven naast houtrot en bacteriologische achteruitgang een kwaliteitsachteruitgang van hout.

- Steenachtige materialen kennen in het hergebruiksstadium veelal ongebonden toepassingen (als wegfunderingsmateriaal) waarvoor de kwaliteitseisen minder hoog zijn. Gebonden toepassingen (waarvoor de eisen duidelijk hoger zijn) worden in beperkte mate gerealiseerd. Toepassingen in de betonmortel en betonwarenindustrie (als vervanger van zand en grind zijn perspectiefvol, maar kennen eveneens kwaliteitsrestricties.

- Produkten uit afval vinden hun weg terug naar een plaats in een van de daarvoor in aanmerking komende ketens. De keuze van de keten en de plaats daarin – is er sprake van een voortbrengingsproces gericht op een basisprodukt, halffabricaat of eindprodukt – hangt af van de aard en de kwaliteit van het gerecyclede produkt. De in aanmerking komende ketens vormen een samenhangende cascadestructuur (van hoogwaardig naar laagwaardig): de keten van produktvervaardiging → de keten van materiaalproduktie → de keten van nuttige toepassing → de keten van energieproduktie → de keten van finale berging.

- Aangezien materialen veelal volgens het 'fil to purpose' principe ontwikkeld en vervaardigd worden, vindt hergebruik veelal in de 'eigen' keten plaats: puingranulaten in woning-, weg- en waterbouw; houtafval als geperste of 'gelaste' bouwprodukten; kortlevende papierprodukten weer in kortlevende

papierprodukten; glasbakkenglas in glazen verpakkingen, straalgrit wordt weer straalgrit, etc.

- Bij de toepassing van kunststoffen (polyolefinen) kan er sprake zijn van een cascadestructuur: dunne folie → dikke folie → bloempot → voederbak → omrasteringsprodukt.

- Wat de afzet van beschouwde stromen betreft, gaat het in eerste plaats om hergebruik van nuttige toepassing. Gezien de taakstellingen van de overheid gaat het om een afgedwongen markt. Dit biedt zeker mogelijkheden, zoals energiebesparing in de industrie in de jaren zeventig en tachtig is gerealiseerd.

- Alleen door lage(re) prijzen en (betere) kwaliteit van secundaire grondstoffen kunnen deze een eigen marktaandeel verwerven. Marktpenetratie in een stabiele of afnemende markt vereist extra maatregelen.
  Daarnaast werkt het grote aanbod van verschillende primaire en secundaire materialen sterk concurrerend, zoals in de bouw te zien is. Dit geeft stagnatie en substitutieprocessen.

- Vanuit economische overwegingen bieden stimulansen voor techniekontwikkelingen gericht op kwaliteitsverbetering en confrontatie van het bedrijfsleven met afgedwongen markten oplossingen voor duidelijke verhogingen van het hergebruik.

- De inzet van droge deeltjesscheidingstechnieken richt zich vooral op de scheiding tussen de verschillende materiaalklassen en/of het afscheiden van verontreinigingen. De parameters dichtheid, grootte, vorm en (elektro)magnetische eigenschappen en de daaraan gekoppelde droge deeltjesscheidingstechnieken zijn voldoende in staat een scheiding tussen materialen van verschillende klassen tot stand te brengen.

- Hoewel vanuit de kwaliteit en afzetmarkten juist wordt aangegeven dat de verschillende materialen ook binnen een klasse zo homogeen mogelijk moeten kunnen worden afgescheiden, zijn de mogelijkheden van de toepassing van droge deeltjesscheidingstechnieken voor afscheiding van materialen binnen een materiaalklasse beperkt (mogelijkerwijs metalen en kunststoffen uitgezonderd).

- Op basis van commercieel beschikbare technieken (mogelijkerwijs met enige modificaties), gericht op een snelle introductie voor de verwerking van mengsels die nu nog niet gescheiden worden, bieden tafeltechnieken en luchtclassificatie duidelijk perspectieven.

- Met betrekking tot de stimulering van nog te ontwikkelen technieken die een brede toepassing in zich kunnen hebben zijn vooral de ogen gericht op elektrostatische technieken (met name ook voor de scheiding van materialen binnen één materiaalklasse).

Aanbevelingen

- Gezien het belang van de kennis van fysische en chemische eigenschappen van materialen in afvalstromen verdient het aanbeveling meer inzicht te krijgen in de karakterisering van deze stromen. Met name inzicht in de samenstellingen, verontreinigingsgraden, degradatie- en verouderingsverschijnselen is broodnodig om de perspectieven voor hergebruik, c.q. nuttige toepassingen beter te kunnen aangeven.
  Aangezien de afvalstromen op zich uniek zijn, dienen deze op zich beschouwd te worden. Met de meer diepgaande kennis van de kwaliteit van de materialen/stoffen in de bewuste afvalstromen kan nauwkeuriger aangegeven worden in welke marktsegmenten de afzetkansen het hoogst zijn. Dit zal dan dienen te geschieden tegen de achtergrond dat de bewuste marktsegmenten hun eigen kwaliteitseisen stellen. Echter met kennis van de haalbare en de noodzakelijke kwaliteit kunnen de desbetreffende eisen op hun waarde en noodzaak worden getoetst. Zichtbaar wordt dan in ieder geval in hoeverre hergebruik in de 'eigen keten' nog mogelijk en wanneer er meer in cascadestructuren gedacht dient te worden.

- Het verdient aanbeveling om de afzetperspectieven van de verschillende materialen in de verschillende economische sectoren beter in kaart te brengen. De afzet gebeurt of dominant in één sector (woning-, weg- en waterbouw), waar vele secundaire grondstoffen naar toe gaan, of in de eigen sector (bijvoorbeeld papier/karton en verpakkingen). In de bewuste sectoren wordt aangenomen dat op korte termijn verzadigingsverschijnselen een rol gaan spelen. Het denken in cascadestructuren is in de bewuste sectoren vreemd, omdat dan andere bedrijfskolommen geconsulteerd dienen te worden.
  Het in kaart brengen van de diverse afzetperspectieven in een cascadestructuur zal uitgewerkt dienen te worden alvorens bewuste bedrijfskolommen geconsulteerd gaan worden.

- Als de karakteristieke kwaliteitsparameters van de verschillende materialenklassen en daaropvolgend van de materialen, uit de diverse afvalstromen bekend zijn, kunnen transformaties naar potentiële toepassingen worden gemaakt in fysieke zin. Daarbij kan gedacht worden aan nieuwe toepassingen (nieuwe produkten) van de desbetreffende secundaire grondstoffen op zich of aan combinaties van primaire grondstof(fen) + secundaire grondstof(fen) of secundaire grondstoffen gezamenlijk.
  Het uitvoeren van laboratoriumproeven kan aantonen welke mogelijkheden duidelijk perspectieven bieden en haalbaar zijn.

- Het verdient aanbeveling om de geselecteerde technieken, luchtclassificatie, tafeltechnieken en elektrostatische technieken verder te onderzoeken en te ontwikkelen met twee demo's, respectievelijk uit de groep complex samengestelde goederen en uit de groep heterogeen samengestelde mengsels materialen. Daarbij kan gesteld worden dat de verschillende combinaties van materiaalklassen en daarbinnen materialen voldoende aan bod komen.
  Uit de groep complex samengestelde goederen wordt witgoed voorgesteld (naar autowrakken in volume en massa de grootste groep uit deze categorie) en uit de groep heterogeen samengestelde mengsels, materialen, bouw- en sloopafval (hout, glas, kunststoffen, metalen en steenachtige materialen komen er in voor).

10 Verantwoording

Naam en adres van de opdrachtgever
Ministerie van VROM
Postbus 450
2260 MB Leidschendam

Namen en functies van de medewerkers
Ir. A. Ansems
Ir. J.H. Ekkelenkamp
Dr. J. Quakernaat
C. Verschut

Namen van instellingen waaraan een deel van het onderzoek is uitbesteed

Datum waarop, of tijdsbestek waarin, het onderzoek heeft plaatsgehad

Ondertekening	Goedgekeurd door
Ir. A.M.M. Ansems onderzoekleider	Ir. B.L. van der Ven werkgroepleider

Bijlage 1 Karakterisering bouw en sloop afvallen

1 Hoeveelheid

Jaarlijks (1990) komt circa 12,2 * miljoen ton bouw en sloop afval in Nederland vrij. Naar verwachting zal de hoeveelheid en samenstelling hiervan in de komende 10 jaren stijgen tot circa 14 * miljoen ton.
De bouw en sloop afvallen zijn afkomstig van de volgende bronnen:

Tabel B.1.1 Bronnen en hoeveelheden bouw- en sloopafval

Woningbouw:	
bouw	1,4 * miljoen ton
sloop	1,4 * miljoen ton
Utiliteitsbouw:	
bouw	0,9 * miljoen ton
sloop	4,5 * miljoen ton
Weg en Waterbouw:	
bouw	1,3 * miljoen ton
sloop	2,7 * miljoen ton
Totaal	12,2 * miljoen ton

Deze hoeveelheid is inclusief grond, exclusief zand.

2a Samenstelling

In bouw en sloop afvallen komen de volgende materialen voor:

metselwerkpuin	beton
hout	papier en karton
kunststoffen	bitumeuze dakbedekking
textiel	isolatie materialen
ijzer	non ferro metalen
asfaltbeton	glas
asbest	K.C.A.

De belangrijkste materialen komen in de volgende samenstelling voor in de bovenvermelde bronnen.

Tabel B.1.2 Samenstelling en hoeveelheden Bouw en Sloop afval. hoeveelheden in 10 kton

	Woning-bouw		Utiliteits-bouw		Weg en Waterbouw		Totaal	
	hoev.	%	hoev.	%	hoev.	%	hoev.	%
beton	530	19	3800	70	1000	25	5330	44
metselwerk	1500	54,0	1340	25	480	12	3320	27
asfalt	0	0	0	0	2500	63	2500	20
diverspuin	400	14	20	0,4	0	0	420	3,4
dakpannen	60	2,1	10	0,2	0	0	70	0,6
Totaal Steenfractie	2490	89	5170	96	3980	100	11640	95
hout	225	8	50	0,9	0	0	275	2,3
metaal	35	1,1	140	2,6	0	0	175	1,4
teerhoudend mat.	10	0,3	10	0,2	0	0	20	0,2
kunststoffen[1)]	15	0,4	5	0,1	20	0,5	40	0,3
rest	35	1,1	25	0,6	0	0	60	0,5
Totaal per bron	2800	23	5400	44	4000	33	12200	

1) Kunststof afvalsamenstelling is als volgt:

	Woning/ Utiliteitsbouw	Weg/ Waterbouw
PVC	40%	76%
PE + PP	30%	18%
PS	10%	
PUR	10%	
rest	10%	6%

Hergebruik Bouw en Sloop afvallen (1990).

Beton/metselwerkgranulaat	7000 kton (weg en waterbouw)
asfalt	500 kton (weg en waterbouw)
diversen(boerenmix)	400 kton (erfverhardingen en dergelijke)
hout	50 kton
metalen	150 kton

Bij de bewerkingsinrichtingen voor bouw en sloopafval ontstaan tijdens opwerken van beton/metsel/asfalt puin circa:
- 100 kton niet steenachtig afval;
- 650 kton zeefzand verontreinigd met PAK's.

2b Selectie uit de afvalstroom die in aanmerking komt voor deeltjesscheiding

Vooral de niet steenachtige afvalstromen zoals:
hout;
metaal;
kunststoffen.

Scheiding aan de bron is aan te bevelen!

2c Samenstelling geselecteerde fracties

Zie 2a.

3 Vaststelling noodzakelijk voortraject

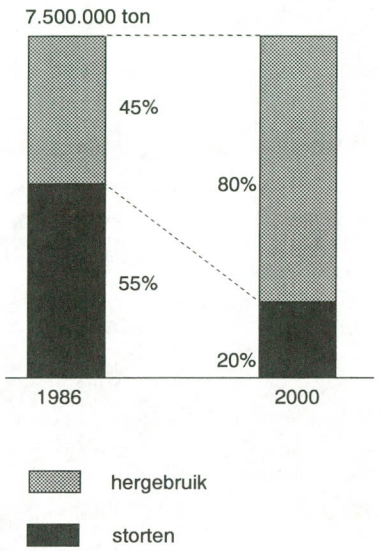
Ontsluiten van de afzonderlijke materialen door middel van voor- en naverkleinen is noodzakelijk. Te realiseren deeltjesgrootte afhankelijk van de soort afval en toe te passen scheidingstechniek.

4 Taakstelling

zie 2a.

Informatie bronnen:
Informatiedocument Bouw en Sloopafval RIVM 1991.
TNO rapport 92-096. Bouw en Sloopafval. Hoeveelheden en samenstelling situatie 1990/2000.

Selectie van de te ontwikkelen droge deeltjesscheidingstechnieken
Concept-rapport



Bouw- en sloopafval

Hoeveelheid (x 1000 ton)	**1986**	**Taakstelling 2000**	**Opmerkingen**
Preventie t.o.v. 1986			Kwalitatieve preventie
Hergebruik	3.200	6.000	
Verbranden	100	-	
Storten	4.200	1.500	
Totaal	7.500	7.500	

Bijlage 2 Karakterisering straalgrit

1 Hoeveelheid

Straalgrit wordt geproduceerd door breken, zeven, ziften etc. van de smeltslak van met poederkool gestookte centrales, voornamelijk uit Duitsland. De smeltslak uit Nederlandse centrales is hiervoor niet geschikt.

Gebruikte hoeveelheden:
1987 105000 ton
1988 102000 ton
1989 114000 ton
1990 100000 ton

Verwacht wordt dat het verbruik van straalgrit de komende jaren zal afnemen. In 2000 wordt een reductie van 40% ten opzichte van het verbruik in 1989 ingeschat.

Toepassing:

scheepswerven/dokken	21%
bruggen/sluizen/stuwen	10%
staalconstructies groot	20%
olieraffinaderijen	15%
staalconstructies	17%
offshore	4%
wegmarkering	4%
betonreparatie	6%
sierbeton	3%

Verbruik straalgrit is 30-50 kg/m^2 oppervlak.
20% door 950 bedrijven <100 ton/j
20% door 130 bedrijven 100-500 ton/j
60% door 40 bedrijven >500 ton/j

2a Samenstelling

Nieuw straalgrit bevat:

Al en Si oxiden	75%
Fe, Ca, K, Mg oxiden	20%
rest metalen als oxiden	5%

Korrelgrootte 0,2-1,4, 0,5-1,4 en 0,8-2 mm.

Gebruikt straalgrit bevat:
5 tot 10% verontreinigingen van de hoeveelheid nieuw grit.
Deze verontreinigingen zijn;
1,8-5% organische componenten (verfresten);
2,5-4% magnetisch materiaal;
0-500 mg/kg PAK.

Korrelgrootte 0-50 mm.
Geschat inzamelbaar gebruikt straalgrit ca 70% van totale hoeveelheid.

Tabel B.2.1 Gehalte metalen:
(Waarschijnlijk niet representatief)

	Nieuw grit mg/kg	Gebruikt grit mg/kg
Cd	1	1-2
As	1-20	5-16
Pb	10-140	80-2750
Cu	16-300	100-2950
Cr	20-170	62-170
Sb	1-7	
Hg	0,1	
Zn	0-110	760-11000
Co	0-27	
Ba	0-730	

2b Selectie uit de afvalstroom die in aanmerking komt voor deeltjesscheiding

Hiervoor komt in aanmerking de totale hoeveelheid ingezameld gebruikt straalgrit. In de praktijk betreft dit slechts ca 70% van het verbruikte nieuwe straalgrit waaraan 5 - 10% aan verontreinigingen zijn toegevoegd.

2c Samenstelling geselecteerde fracties

Zie 2a.

3 Vaststelling noodzakelijk voortraject

Geen voortraject noodzakelijk.

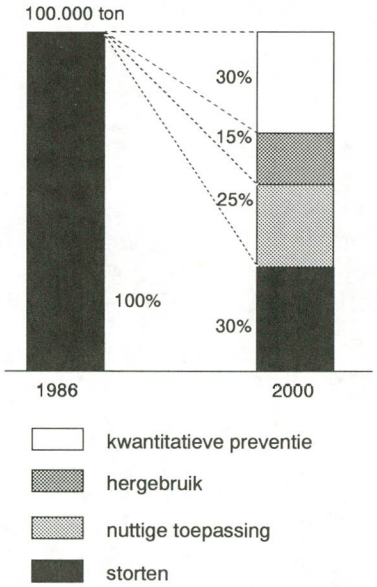
4a Fysische eigenschappen geselecteerde fractie

Korrelgrootte 0-50 mm.
fractie >5 mm variabel (puin etc.) fractie 1-5 mm ca 25%, fractie <1 mm ca 75%
Dichtheden:
Straalgrit fractie (90-95%) ca. 2500kg/m^3
Magnetisch fractie (2,5-4%) ca. 7000kg/m^3
Organische fractie (1,8-5%) ca. <2000kg/m^3

4b Chemische eigenschappen geselecteerde fractie

Straalgrit zie 2a.
Magnetische fractie hoofdzakelijk Fe.
Organische fractie hoofdzakelijk verfresten.

5 Taakstelling



Straalgrit

Hoeveelheid (x 1000 ton)	1986	Taakstelling 2000	Opmerkingen
Preventie t.o.v. 1986		X	
Hergebruik	-	70	
Verbranden	-	-	
Storten	100	< 30	- incl. difusse verspreiding bij gebruik
Totaal	100	< 100	

Bijlage 3 Karakterisering kunststofafval

1 Hoeveelheid

De hoeveelheid kunststofafval ingedeeld naar categorie afval, herkomst en verwijderingswijze in 1986 is in tabel B3.1 aangegeven.

Tabel B3.1 Hoeveelheid kunststofafval naar categorie, herkomst en verwijderingswijze

Herkomst (SBI)		Categorisch afval	Hoeveelheid (ton/jaar)		
			Totaal	Hergebr.	Verbr./storten
0	Landbouw	Agrarisch afval	30.500	4.700	25.800
	Visserij		PM		
1	Delfst. winn.		1.500	-	1.500
2/3	Industrie	Industrie-afval	131.000	46.000	85.000
4	Openb. nutsb.		650	-	650
5	Bouwnijv.	Bouw- en sl. afv.	14.000	0	14.000
6/9	Dienstverl.[1]	KWD[2] afval	152.000	2.000	150.000
	Shredders	Shredderafval	30.000	-	30.000
	Ziekenhuizen	Ziekenhuisafval	17.000	-	17.000
	Huishoudens	Huishoudel. afval	290.000	0	290.000
		Grof huisafval	55.000	0	55.000
		Veeg- en zwerfvuil	?		?
Totaal (afgerond)[3]			722.000	53.000	669.000

1) Handel, transport, banken, verzekeringswezen, zakelijke en overige
2) Kantoor-, winkel- en dienstenafval
3) Exclusief vocht is de hoeveelheid kunststofafval lager (in kunststof, in huishoudelijk afval bijvoorbeeld bevindt zich ongeveer 20% vocht)

Deze inschatting is gemaakt als voorbereiding op de Strategische Afvalstoffen Discussie (STRAF) 'Kunststoffen'. Tijdens deze discussie zijn nieuwe analyses gemaakt. In de volgende tabellen zijn achtereenvolgens de volgende situaties verwoord.

Tabel B3.2 Huidige en toekomstige hoeveelheden kunststofafval exclusief verpakkingen bij ongewijzigd beleid (autonome ontwikkeling) per sector.
Tabel B3.3 De samenstelling van de kunststofafvalstromen (exclusief verpakkingsafval) in de diverse sectoren naar soort kunststof in 1986.
Tabel B3.4 Samenvattend overzicht van het totaal aan kunststofverpakkingsafval (1986), ton/j.
Tabel B3.5 Kunststofafval van consumentenverpakkingen naar kunststofsoort (met betrekking tot 1986), ton/j.

Tabel B3.6 Samenstelling van kunststofafval van industriële verpakkingen in industrie-afval (1986) ton/j.

Tabel B3.7 Samenstelling van kunststofafval van industriële verpakkingen in agrarisch afval (1986), ton/j.

Tabel B3.2 Huidige en toekomstige hoeveelheden kunststofafval exclusief verpakkingen en ongewijzigd beleid (autonome ontwikkeling) per sector

Sector	Produktgroep/ Subsector	Situatie 1986			Situatie 2000	
		Totaal (Kton)	Verdeling over prod.-groepen (Kton)	Her-verwerkt (Kton)	Totaal (Kton)	Verdeling over prod.-groepen (Kton)
Autowrakken		26		0	57	
	personenauto's		23			51
	bedrijfsauto's		3			6
Bouw en Sloop[1)]		29		0,3	54	
	kabels		13			20
	leidingbuizen		3			6
	overig		13			28
Huishoudens + KWD[2)]		167		0	221	
	wegwerpartikelen		50			59
	huishoudelijk en kantoorartikelen		35			39
	inrichting en apparatuur		45			79
	vloer-/wandbedekking		37			44
Industrie		63		34	105	
	procesafval		15			
	produktieafval		34			
	produktafval		14			
Land- en tuinbouw[1)]		16,3		4,3	26	
	folies (glas)tuinbouw		6,3			16,5
	folies veehouderij		10			10
Totaal		301		39	463	

1) Cijfers gebaseerd op 1988
2) Exclusief bouwmaterialen (beschouwd bij bouw en sloop) en kleding/overigen (niet beschouwd binnen dit project)

Tabel B3.3 De samenstelling van de kunststofafvalstromen (exclusief verpakkingsafval) in de diverse sectoren naar soort kunststof in 1986

Sector	Afvalhoeveelheid 1986/Kton	PE %	PP %	PVC %	PS %	Overig[1] %
Autowrakken	26	7	5	30	n.a.	58
Bouw en Sloop[2]	29	20		55	5	20
Huishoudens +KWD	167	37		22	13	28
- wegwerp-, huishoudelijke en kantoorartikelen		50		10	20	20
- inrichting/apparatuur		25		15	10	50
- vloer-/wandbedekking		20		60	-	20
Industrie	63	28	13	20	11	28
Land- en tuinbouw[2]	16,3	-100	-	-	-	-
Totaal	301	37		24	10	29

1) ABS, PUR, PA, PET, PPE, PC, PPMA, POM, etc.
2) Cijfers gebaseerd op 1988, in plaats van 1986
- Verwaarloosbaar
n.a. Niet aangegeven

Tabel B3.4 Samenvattend overzicht van het totaal aan kunststofverpakkingsafval (1986), ton/j

	Huishoudelijk afval	KWD afval	Industrie afval	Overig afval[1]	Totaal
Verpakking van levensmiddelen	110.000	35.000	7.000	13.000	165.000
- Food 1	60.000				70.000
- Food 2	20.000				35.000
- Food 3	20.000				35.000
- Food 4	10.000				25.000
Verpakking van gebruiksgoederen	60.000	15.000	3.000	12.000	90.000
Draagtassen	25.000	-	-	-	25.000
Industriële verpakking					
- van grondstoffen/ halffabrikaten	-	-	50.000	22.000	72.000
- omverpakking eindprodukten	1.000	43.000	1.000	1.000	46.000
Afvalverpakking	23.000	10.000	10.000	6.000	49.000
Produktieafval	-	-	15.000	-	15.000
Totaal	219.000	103.000	86.000	54.000	462.000

1) Bouw- & sloopafval, agrarisch afval, ziekenhuisafval
- Verwaarloosbare hoeveelheid

Tabel B3.5 Kunststofafval van consumentenverpakkingen naar kunststofsoort (met betrekking tot 1986), ton/j

	PE	PP	PS	PVC	Overig	Totaal
Huishoudelijk afval						
Verpakking van: **Levensmiddelen** (incl. dranken)	47	14	22	16	11	110
Verpakking van: **Gebruiksartikelen** ('non-food')	40	8	5	6	1	60
Draagtassen (incl. draagzakken)	25	-	-	-	-	25
KWD-afval						
Verpakking van: **Levensmiddelen** (incl. dranken)	20	2	6	2	-	30
Verpakking van: **Gebruiksartikelen** ('non-food')	15	2	1	2	-	20
	147	**26**	**34**	**26**	**12**	**245**
Industrie-afval						10
Bouw- en sloopafval						4
Ziekenhuisafval						11
Veeg-, markt- en plantsoenafval						10
Totaal						**280**

Tabel B3.6 Samenstelling van kunststofafval van industriële verpakkingen in industrie-afval (1986) ton/j

Industrieafval	LDPE	LLDPE	HDPE	PP	PVC	PS/EPS	Overig	Totaal
Produktverpakking								
- jerrycans/vaten emmers/kratten etc.			12.500	2.500				15.000
- industriezakken	10.000							10.000
- FIBC's	200			2.000	300			2.500
- overige zakken	5.000							5.000
Transportverpakking								
- rekfolie		2.000						2.000
- krimpfolie	10.000							10.000
- banden				2.500				2.500
- schokwering						400	100	500
- etiketten/kleefbanden/etc.					1.500	600	400	2.500
Totaal	**25.200**	**2.000**	**12.500**	**7.000**	**1.800**	**1.000**	**500**	**50.000**
Fractie van totaal	**50%**	**4%**	**25%**	**14%**	**4%**	**2%**	**1%**	

Tabel B3.7 Samenstelling van kunststofafval van industriële verpakkingen in argrarisch afval (1986), ton/j

Agrarisch afval	Hoeveelheid (ton/j)	Materiaal/opmerkingen
- industriezakken	7.500	PE vaak in combinatie met papier
- bestrijdingsmiddelen verp.	3.000	PE vaten/zakken
- kratten/kisten	2.000	HDPE
- folies/vaten/jerrycans	3.500	PE

Duidelijk is dat de hoeveelheid kunststofafval naar 2000 toe zal nemen.

2a Globale samenstelling

In de tabellen B3.3, B3.5, B3.6 en B3.7 zijn samenstellingen naar polymeersoorten gegeven.
Duidelijk is dat de bulkpolymeren PE, PP, PVC en PS met name in verpakkingen, agrarische produkten, bouw- en sloopafval toegepast worden.
De technische polymeren ABS, PUR, PA, PET, PPE, PC, PPMA, POM, etc. worden met name in autowrakken, inrichting apparatuur teruggevonden.

Procesafvallen bestaan uit deeltjes, maar deze stromen zijn zodanig schoon dat recycling nagenoeg volledig plaatsvindt.
De overige afvallen bestaan uit afgedankte discrete produkten en/of onderdelen. Daarnaast komen in deze stromen veelal produkten van andere materialen voor of is er sprake van afgedankte produkten, bestaande uit meerdere materialen. Bovendien kunnen stoffelijke verontreinigingen, al dan niet biologisch van aard, voorkomen.

Hierna volgt per deelstroom een globale beschrijving van de verontreinigingsvormen.

Autowrakken
Uit autowrakken kunnen zuivere kunststofstromen (specifieke onderdelen), kunststofmengsels (specifieke onderdelenmengsels) en heterogene stromen (kunststoffen + metalen + glas + rubbers + technisch textiel + hout) voorkomen. Shredderafval behoort tot de laatste stroom. Specifieke combinaties van demontage- en verkleiningsactiviteiten zullen bepalen wat de samenstellingen van de resulterende stromen zijn.

De volgende samenstelling van het kunststoffendeel in automobielen is berekend of wordt voorspeld:

	'75-'80		1986		1990		1994		2000	
	%	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%	kg
PUR	20	10,4	19	17,1	18	17,8	16	18,7	14	18,9
PP	5	2,6	15	13,5	17	16,8	20	23,4	22	29,7
PVC	30	15,6	14	12,6	13	12,9	10	11,7	6	8,1
PE	7	3,6	8	7,2	8	7,9	8	9,4	8	10,8
ABS	20	10,4	12	10,8	11	10,9	10	11,7	8	10,8
PP-EPDM	5	2,6	6	5,4	6	5,9	6	7,0	6	8,1
PPO-mod.	-		3	2,7	3	3,0	2	2,3	2	2,7
PA	-		6	5,4	6	5,9	5	5,9	5	6,8
PC	-		3	2,7	3	3,0	2	2,3	2	2,7
POM	-		3	2,7	3	3,0	3	3,5	3	4,1
composiet[1)]	-		6	5,4	9	8,9	10	11,7	12	16,2
overig	13	6,8	5	4,5	3	3,0	3	3,5	3	4,1
nieuw materiaal[2)]	-		-		5	5,9	9	12,2		
	100	52	100	90	100	99	100	117	100	135

1) (Glas)vezel gewapende materialen, zowel op basis van thermoharde als thermoplastische kunststoffen
2) Nieuw te ontwikkelen materialen, voornamelijk blends/alloys

Bouw- en sloopafval

Voor kabelafval is een apart karakteriseringsdocument opgesteld.
De gescheiden ingezamelde leidingsystemen zijn verontreinigd met grond, stenen, metalen en ingeklemde/gelijmde rubberen afdichtingsringen. Na selectief slopen kunnen kunststoffen/rubber mengsels resteren.
Het bouw- (en sloopafval) kan PVC-profielen, diverse PE- en PVC-produkten, PS-schuim en PUR/PIR bevatten.
Afgescheiden stromen kunststoffen na opwerking van bouw- en sloopafval kunnen met name steenachtige materialen, hout en metalen bevatten.

De volgende samenstellingen van het kunststoffendeel in de diverse categorieën bouw- en sloopafval zijn berekend of worden voorspeld.

		1988	verp.	2000	verp.
Kunststofkabelafval		13 kt	-	20	
Leidingbuissysteem		3	-	6	-
Overig	Totaal	13	6	28	6
	waarvan:				
	PVC-profielen	0,5	-	2	-
	Overige PVC-produkten	?	-	?	-
	PS-schuim	?	-	?	-
	PE-produkten	?	3	?	3
	PUR	?	-	?	-
	Composiet	gering	-	?	-
	Divers	?	3	?	3
Totaal		29,5	12	56	12

Huishoudens en KWD-sector

Kunststoffen uit huishoudens en KWD-sector kan in de volgende vier afvalcategorieën voorkomen: huishoudelijk afval, grof huisafval, KWD-afval en containerafval.

Daarbinnen wordt het in verschillende produkten herkend.

Hierna is de hoeveelheid kunststofafval van huishoudens en KWD per produktgroep (exclusief verpakkingen in 1986 [ton/j] gegeven.

		Huishoudens	KWD[1)]	Totaal
I	Huishoudelijke en kantoorartikelen	45.000	40.000	85.000
	1. wegwerpartikelen	20.000	30.000	50.000
	2. keukenartikelen	15.000	5.000	20.000
	3. overigen	10.000	5.000	15.000
II	Inrichting en apparatuur	35.000	10.000	45.000
	1. elektrische apparatuur	15.000	5.000	20.000
	2. matrassen en kussens	+	+	15.000
	3. meubels	+	+	10.000
III	Stoffering en bouwmateriaal	34.000	8.000	42.000
	1. vloerbedekking	24.000	8.000	32.000
	2. wandbekleding	5.000	-	5.000
	3. bouwmateriaal	5.000	-	5.000
IV	Kleding en overigen	35.000	10.000	45.000
	1. kleding	20.000	-	20.000
	2. overigen	15.000	10.000	25.000
	Totaal	149.000	68.000	217.000

1) Betreft KWD-afval en kantoor- + kantine-afval van de industrie
\+ Onvoldoende gegevens bekend
\- Te verwaarlozen hoeveelheid

Daarnaast is per categorie de samenstelling naar polymeersoorten per produktgroep ingeschat voor 1986 en hierna gegeven.

		PE/PP	PVC	PS	Overig
I	Huishoudelijke en kantoorartikelen	50%	10%	20%	20%
II	Inrichting en apparatuur	25%	15%	10%	50%
III	Stoffering en bouwmateriaal	20%	60%	-	20%
IV	Kleding en overigen	10%	10%	-	80%
	Totaal	30%	20%	10%	40%

\- Te verwaarlozen hoeveelheid.

Evenals bij autowrakken kan gesteld worden dat of relatief zuivere kunststofstromen, of kunststofmengsels, of heterogene stromen kunnen vrijkomen.
In het geval van heterogene stromen kunnen in principe vele overige materialen voorkomen, zoals steenachtige materialen, hout, rubber, glas en metalen.

Land- en tuinbouw

In de land- en tuinbouw komen over het algemeen foliën (over het algemeen PE) en verpakkingsafval (PE, PP en PS worden veelvuldig toegepast). Hierna zijn hoeveelheden en verdelingen voor het jaar 1988 gegeven (ton/j).

1. Tuinbouw		6.250
1. Glastuinbouw		
a. loopfolie	2.050	
b. inluierfolie	2.050	
c. schermfolie	1.000	
d. overig glastuinbouw	-	
2. Vollegrondsgroenteteelt		
a. afdekfolie		1.100
3. Overige tuinbouwsectoren		
a. folies in champignon-, bloembollen, boom- en fruitteelt	20	
b. folies in tunnelteelt		40
2. Akkerbouw	-	-
3. Veehouderij		10.000
a. kuilfolie	10.000	
4. Visserij	PM	PM
Totaal		16.250

\- Te verwaarlozen hoeveelheid

1. Tuinbouw		7.200
1. Glastuinbouw		
a. substraatbodemzakken glastuinbouw	100	
b. zaaitrays en schuimdraagtrays van pot- en perkplantenbedrijven	1.200	
c. zakken, bakken, potten tuinonderhoudsector	300	
d. kunstmestzakken (gehele tuinbouw)	200	
2. Vollegrondsgroenteteelt	-	
3. Overige tuinbouwsectoren	-	
4. Tuinbouwveilingen		
a. Groente- en fruitveilingen		
– doosjes, zakjes, hoezen (rek- en krimpfolie)	(100)	
– kratten en kisten	(300)	
b. Bloemenveilingen		
– hoezen, trays, potten e.d.	(5.000)	
2. Akkerbouw		1.500
Kunstmestzakken		
3. Veehouderij		
a. kunstmestzakken		
b. krimphoezen pallets kunstmest (inclusief akkerbouw)	140	
c. veevoerzakken	2.500	
d. jerrycans, reinigingsmiddelen melkinstallaties	350	
4. Gewasbeschermingsmiddelen		2.000
Fust en verpakking alle land- en tuinbouwsectoren	2.000	
5. Visserij	PM	PM
Totaal		15.700

- Te verwaarlozen hoeveelheid

De stromen zullen vooral verontreinigd zijn met zand en organisch materiaal.

Slotopmerking
Afhankelijk van het toepassingsgebied en de wijze en plaats van vrijkomen zijn de kunststofprodukten al dan niet vermengd met andere materialen en/of verontreinigingen.

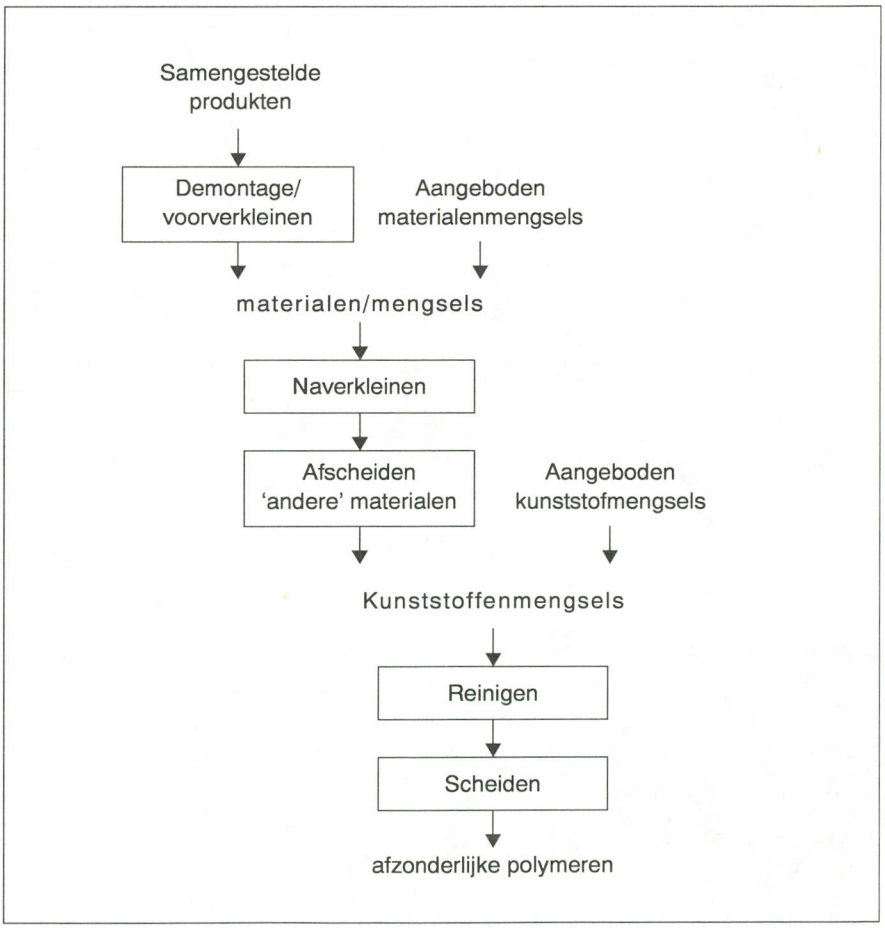
Voorkomen in samengestelde produkten:
- Autowrakken.
- Huishoudelijk- en KWD-afval.
- Bouw- en sloopafval (bijvoorbeeld kabels).

Voorkomen te zamen met andere materialen:
- Bouw- en sloopafval (bijvoorbeeld bouwafval).
- Huishoudelijk- en KWD-afval.

Specifieke kunststofmengsels verontreinigd met grond/organisch materiaal:
- Bouw- en sloopafval (bijvoorbeeld leidingbuizen).
- Land- en tuinbouwafval.

3 Voortraject/deeltjesscheiding

Kunststofprodukten en -onderdelen kennen zo'n uitgebreid scala aan toepassingen, dat ze nagenoeg in alle afvalcategorieën en -fracties te onderkennen zijn. Om kunststofmengsels en daaropvolgende polymeersoorten te ontsluiten, te isoleren, wordt in generieke zin het volgende gedachtenschema doorlopen.



Dus in de praktijk kunnen kunststoffen vooral in de volgende combinaties voorkomen:

1. Kunststoffen/metalen/overige polymeren (papier/hout/rubbers/textiel)/anorganische materialen (zand/steen/glas).
2. Kunststoffen/metalen/overige polymeren.
3. Kunststoffen/metalen.
4. Kunststoffen/overige polymeren.
5. Kunststoffen/anorganische materialen.
6. Kunststoffen/grond/organisch materiaal.

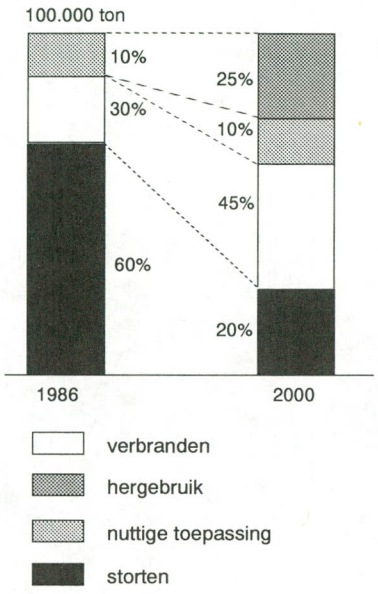
Bovendien kunnen de fracties al dan niet verkleind worden aangeboden. In kunststofmengsels en het hierboven aangegeven mengsel (4) is sprake van geringe dichtheidsverschillen tussen de materialen onderling. In de andere aangegeven mengsels komen deelfracties voor, waaraan gesteld kan worden dat de parameter dichtheid duidelijk verschilt met die van de overige.

4 Fysische en chemische eigenschappen

Het vertrekpunt met de te beschouwen mengsels is:

- Onverkleinde fracties
  - mengsels kunststoffen/overige materialen;
  - kunststoffenmengsels.
- Verkleinde fracties
  - mengsels kunststoffen/overige materialen;
  - kunststoffenmengsels.

5 Taakstelling



Kunststofafval

Hoeveelheid (x 1000 ton)	**1986**	**Taakstelling 2000**	**Opmerkingen**
Preventie t.o.v. 1986		X	kwalitatieve preventie
Hergebruik	55	200	
Verbranden	160	240	
Storten	325	100	
Totaal	540	540	

Bijlage 4 Karakterisering verpakkingsafval

1 Hoeveelheid

De hoeveelheid verpakkingsafval in 1986 naar plaats van vrijkomen (ton) bedraagt:

Huishoudelijk afval[1)]	1.068.000
Kantoor-, winkel- en dienstenafval	585.000
Industrie-afval	420.000
Overig[2)]	54.000
Totaal	2.127.000[3)]

1) Ruim 20% (naar gewicht) en 40 à 50% (naar volume) van het totaal vrijkomend huishoudelijk afval
2) Bouw- en Sloopafval agrarisch afval, ziekenhuisafval
3) Hoeveelheid exclusief produkthergebruik (statiegeld)

De hoeveelheid verpakkingsafval naar materiaalsoort (ton) bedraagt:

Kunststofverpakkingen	462.000
Papier- en karton verpakkingen	946.000
Glasverpakkingen (éénmalig)	522.000
Blik (Fe)	177.000
Aluminiumverpakkingen[1)]	20.000
Totaal	2.127.000

1) Inclusief aluminiumdeksels bij blik (Fe) en aluminium-laminaattoepassingen

Indien bovenstaande cijfers worden samengetrokken, wordt het volgende beeld van specifieke materiaalsoorten per plaats van vrijkomen in 1986 (ton) verkregen.

Tabel B4.1 Verpakkingsafval per materiaalsoort en bron

	Kunststof-verp.	P/K verp.	Eenmalig glas	Blik (Fe)	Al verp.	Totaal
HHA	219.000	293.000	453.000	86.000	17.000	1.068.000
KWD	103.000	447.000	11.000	21.000	3.000	585.000
Industrie	86.000	206.000	58.000	70.000		420.000
Overige	54.000	-				54.000
Totaal	462.000	946.000	522.000	177.000	20.000	2.127.000

2a Globale samenstelling

In tabel B4.2 is een samenstelling van het kunststof verpakkingsafval uit huishoudens gegeven.
Daarnaast is in tabel B4.3 de samenstelling van consumentenverpakkingen in KWD-afval gegeven. Tabel B4.4 geeft een overzicht van de samenstelling van industriële verpakkingen in het industrie-afval en tabel B4.4 geeft een overzicht van de samenstelling van industriële verpakkingen in agrarisch afval.

Tabel B4.2 Kunststof verpakkingsafval in huishoudelijk afval [ton/jaar], B&G-schatting met betrekking tot 1986; exclusief vuilniszakken]

Verpakking van:	PE	PP	PS	PVC	Overig	Totaal
Voedsel (incl. dranken)	47.000	14.000	22.000	16.000	11.000	110.000
Gebruiksartikelen ('non-food')	40.000	8.000	5.000	6.000	1.000	60.000
Draagtassen (incl. draagzakken)	25.000	-	-	-	-	25.000
Totaal	112.000	22.000	27.000	22.000	12.000	195.000

Tabel B4.3 Kunststofafval van consumentenverpakkingen in KWD-afval [ton/jaar], B&G-schatting met betrekking tot 1986]

Verpakking van:	PE	PP	PS	PVC	Overig	Totaal
Levensmiddelen[1)]	20.000	2.000	6.000	2.000	-	30.000
Gebruiksartikelen[1)]	15.000	2.000	1.000	2.000	-	20.000
Totaal	35.000	4.000	7.000	4.000	<1.000	50.000

[1)] Verpakking van levensmiddelen is gerelateerd aan kantine-afval, verpakking van gebruiksartikelen aan kantoorafval

Tabel B4.4 Samenstelling van het kunststofafval van industriële verpakkingen in het industrie-afval [ton/jaar; B&G-schatting met betrekking tot 1986]

Industrie-afval	LDPE	LLDPE	HDPE	PP	PVC	PS/EPS	Overig	Totaal
Produktverpakking								
- jerrycans/vaten emmers/kratten etc.			12.500	2.500				15.000
- industriezakken	10.000							10.000
- FIBC's	200			2.000	300			2.500
- overige zakken	5.000							5.000
Transportverpakking								
- rekfolie		2.000						2.000
- krimpfolie	10.000							10.000
- banden				2.500				2.500
- schokwering						400	100	500
- etiketten/kleefbanden/etc.					1.500	600	400	2.500
Totaal	**25.200**	**2.000**	**12.500**	**7.000**	**1.800**	**1.000**	**500**	**50.000**
Fractie van totaal	**50%**	**4%**	**25%**	**14%**	**4%**	**2%**	**1%**	

Tabel B4.5 Samenstelling van het kunststofafval van industriële verpakkingen in het agrarisch afval [ton/jaar; B&G-schatting met betrekking tot 1986]

Agrarisch afval	Hoeveelheid (ton/j)	Materiaal/opmerkingen
- industriezakken	7.500	PE vaak in combinatie met papier
- bestrijdingsmiddelen verp.	3.000	PE vaten/zakken
- kratten/kisten	2.000	HDPE
- folies/vaten/jerrycans	3.500	PE

In tabel B4.6 is het verbruik aan papieren/kartonnen verpakkingen in 1986 verdeeld naar type verpakkingen en naar afvalstroom in kton. De verdeling naar food en non-food in kton is in tabel B4.7 gegeven.

Tabel B4.6 Het verbruik aan p/k verpakkingen in 1986 verdeeld naar type verpakkingen en naar afvalstroom in kton

	Transport + produkt-verpakkingen van grondstoffen/ halffabrikaten		Omver-pakking van eindprod.	Konsumenten verpakking		Totaal
	karton	papier	karton	karton	papier	
Huishoudelijk afval	-	<1	20	226	47	293
KWD-afval	-	-	400	35	5	440
Industrie-afval[1)]	234	12	3	(K/K-afv. bij KWD)		246
Overig	6	13				19
Totaal	240	25	420	261	52	998

1) Teruggerekend in 1986

Tabel B4.7 Het verbruik aan p/k-verpakkingen in 1986 verdeeld naar food, non-food in kton

	Consumenten verpakking		Overige		
	food	non food	food	non-food	Totaal
Huishoudelijk afval	168	105	15	5[1)]	293
KWD-afval[2)]	40[3)]	-	196	204	440
Industrie-afval	-	-	85	161	246
Overig	-	-	-	19	19
Totaal	208	105	296	389	998

1) Betreft: voornamelijk dozen uit supermarkten ten behoeve van transport naar huis
2) KWD: kantoor-, winkel- en dienstenafval
3) Betreft: voornamelijk kantine-afval uit KWD en industrie en wordt dus tot food gerekend

In tabel B4.8 is aangegeven welke hoeveelheden glas in de glasbak gedeponeerd zijn, terwijl in tabel B4.9 de hoeveelheden opgesomd zijn, die in het huishoudelijk afval zijn teruggevonden.

Tabel B4.8 Glasbakanalyses

	Totaal aan glas-verpakking in glas-bak gedeponeerd[1] (ton/jaar)	Percentage glas van dranken-verpakkingen[2] (%)	Totale hoeveelheid glas van dranken-verpakkingen in glasbak (ton/jaar)
1978	25.000	80[2]	20.000
1981	115.000	75[2]	86.000
1984	200.000	71[2]	142.000
1986	200.000 [3]		
1987	215.000	71[2]	152.000
1988	225.000	71[4]	160.000
1989	244.000 [5]		

1) Stuurgroep Promotie Glasbak
2) Schatting SVM
3) Informatiedocument RIVM
4) Metingen glasinzamelaar
5) Gegevens, verstrekt door Maltha

Tabel B4.9 Hoeveelheid glasverpakkingsafval in huishoudelijk afval

	Hoeveelheid huishoudelijk afval (ton)	Gehalte glas in huishoudelijk afval (%)	Hoeveelheid glas in huishoudelijk afval (ton)
1984	4.000.000	6,0	240.000
1985	4.000.000	6,8	272.000
1986	4.080.000	5,9	240.000
1987	4.330.000	6,8	294.000
1988	4.500.000	5,9	265.500
1989	4.600.000 (voorlopig)	5,8	266.800

De desbetreffende glazenverpakkingen zijn hoofdzakelijk groene, bruine en transparante flessen en potten.

In tabel B4.10 is een samenstellingsanalyse van blikverpakkingen in huishoudelijk afval gegeven.

Uit welke typen en soorten aluminiumverpakkingen (in met name huishoudelijk afval) bestaan, wordt geïllustreerd in tabel B4.11.

Tabel B4.10 Hoeveelheid afval van blikverpakkingen[1] (× 1000 ton) en gehaltes ervan in huishoudelijk afval

	1986	1987	1988
Dranken	12,2 (0,3%)	12,9 (0,3%)	13,5 (0,3%)
Voedsel	65,3 (1,6%)	65,0 (1,5%)	67,5 (1,5%)
Overige verpakkingen (onder andere deksels, doppen, verfblikken)	8,2 (0,2%)	8,6 (0,2%)	13,5 (0,3%)
Totaal verpakking	85,7 (2,1%)	86,6 (2,0%)	94,5 (2,1%)

1) Onder blikjes worden ook trommels en dergelijke gerekend

Tabel B4.11 Jaarlijks verbruik aluminiumverpakkingen (peiljaar 1989)

Monomaterialen		9.000 ton
– Bussen: - drankenbusjes alu (800 ton) - drankenbusjes staal (1.600 ton) - conserven (2.700 ton)	5.100 ton	
– Tubes/aërosols/buisjes	1.100 ton	
– Enkelvoudige folie/bakjes: - huishoudfolie (1.000 ton) - bakjes (1.100 ton)	2.100 ton	
– Deksels/doppen	700 ton	
Laminaten/gelakte folie		4.500 ton
Opgedampt		p.m.
Totaal		13.500 ton

Zoals in paragraaf 1 te zien is, komen verpakkingen voor in de categorieën huishoudelijk afval; kantoor-, winkel- en dienstenafval; industrie-afval; bouw- en sloopafval; agrarisch afval en ziekenhuisafval. In deze stromen komen vele andere afgedankte produkten, materialen en stoffen voor. Daarom wordt in algemene zin erkend dat hergebruik slechts zin heeft bij gescheiden inzameling van verpakkingen. Voor papier/karton en glas geldt reeds, dat dit voor een deel plaatsvindt.

In 1991 is tussen overheid en industrie een convenant 'Verpakkingen' afgesloten. Daarbij wordt ook geanticipeerd op de gescheiden inzameling van verpakkingen. In globale zin worden daarop voortbordurend de volgende scheidingsregels veelal in acht genomen, c.q. beproefd:

1. Separate inzameling en opwerking van vrij zuivere grote verpakkingen van karton, kunststof, blik en aluminium (veelal industriële verpakkingen en transportverpakkingen).

2. Gescheiden inzameling van droge papieren/kartonnen verpakkingen met kranten/tijdschriften.
3. Gescheiden inzameling van glas, zoveel mogelijk op kleur.
4. De gezamenlijke inzameling van kunststofverpakkingen, metalen verpakkingen en drankenkartons (het betreft veelal consumentenverpakkingen): het KMD-mengsel.

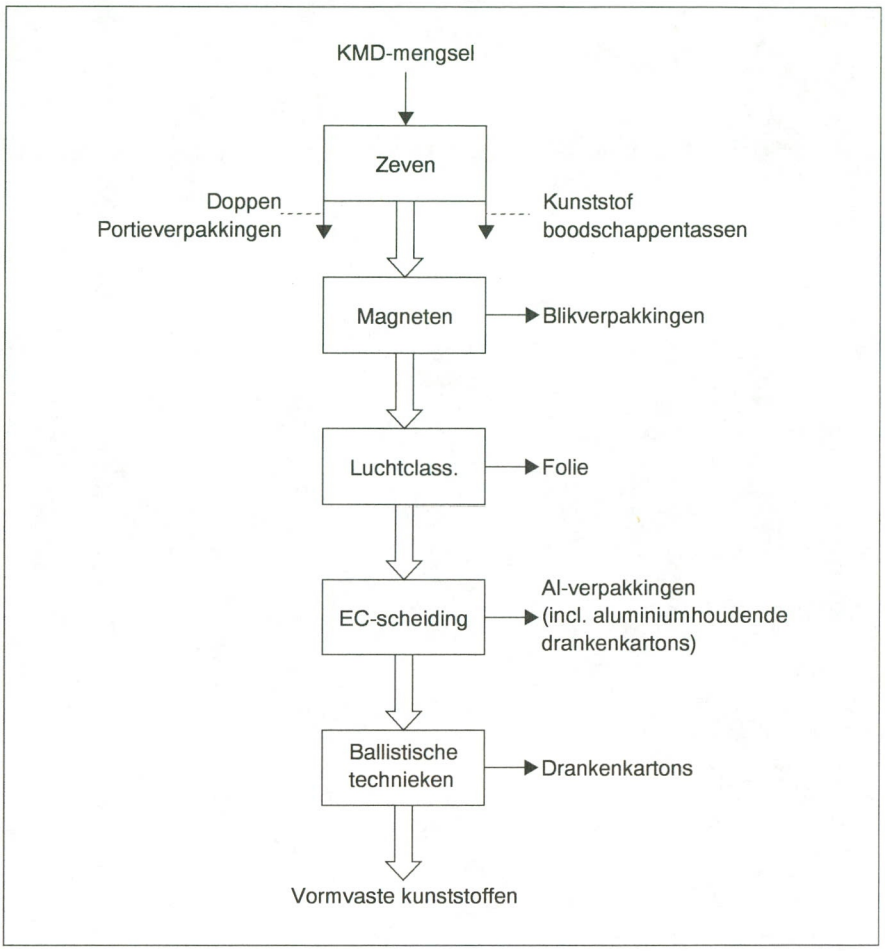
Deze stromen worden hierna apart beschouwd:

ad 1
De vrij zuivere stromen verpakkingen worden veelal direct toegeleverd naar de grondstoffenverwerkende industrie.
Een eventuele afscheiding van verontreinigingen vindt dan reeds plaats.

ad 2
Na de gescheiden inzameling van de fractie papier/karton kan een verdere scheiding naar papiersoorten plaatsvinden. In de praktijk geschiedt dat veelal handmatig en wordt dit door de handel uitgevoerd. Dit geldt eveneens voor de grovere verontreinigingen.
De verdergaande afscheiding van verontreinigingen geschiedt tijdens de papierverwerking tot industriële grondstof zelf (tijdens de pulpprocessen).

ad 3
In het huidige glasverwerkingsproces (de verwerking van gemengde kleurfracties) worden de verontreinigingen door middel van mechanische processen en handscheiding verwijderd.
Daarnaast wordt steeds meer kleursortering aan de bron gepropageerd en ingevoerd. Additionele kleursortering wordt beproefd met optische scheiding en ook verder ontwikkeld. Eveneens worden stenenafscheiders op basis van optische systemen steeds meer als inzetbare technieken gekenmerkt.

ad 4
De gescheiden inzameling en verwerking van een verpakkingsmengsel bevindt zich nog in een ontwikkelingsstadium. In het convenant 'Verpakkingen' is afgesproken dat een proef in een middelgrote gemeente (dit is Breda geworden) zal worden uitgevoerd. In Breda worden kunststofverpakkingen, metalen verpakkingen en drankenkartons gescheiden in een zak, ingezameld. De afscheiding van halffabrikaten (de scheiding tussen kunststoffen, metalen en drankenkartons) volgt in principe de volgende routing.



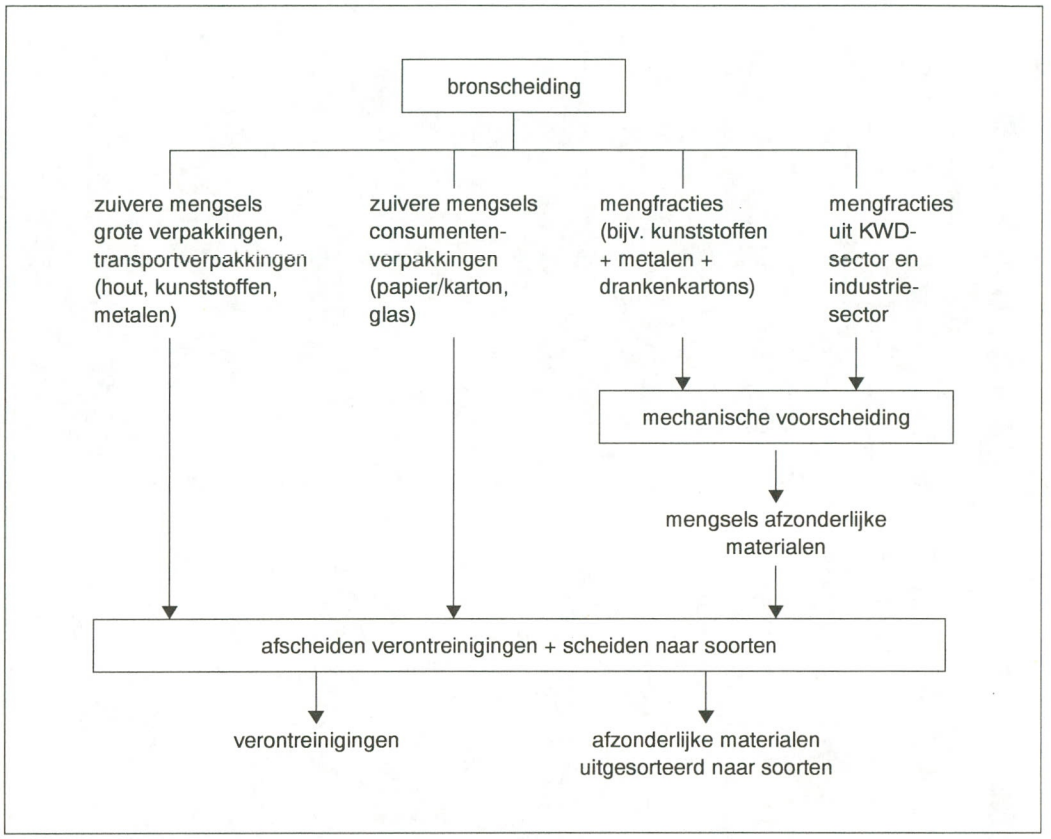
De verkregen fracties, halffabrikaten, worden vervolgens opgewerkt tot secundaire grondstoffen of energiedragers (dit zou eventueel kunnen gelden voor sommige kunststoffenfracties).

Slotopmerking

Afhankelijk van de aard van de toepassing (transportverpakking, bulkverpakking, consumentenverpakking) en de wijze en plaats van vrijkomen zijn de verpakkingsmaterialen vermengd met andere materialen (al dan niet van afgedankte produkten). De grootste concentraties verpakkingen zijn terug te vinden in huishoudelijk afval, kantoor-, winkel- en dienstenafval en industrieafval. Materiaalhergebruik wordt pas perspectiefvol als er gescheiden inzameling van verpakkingen plaatsvindt.

3 Voortraject

Zoals reeds in de paragrafen 1 en 2 opgemerkt is, is bronscheiding een vereiste om verdergaande materiaalrecycling mogelijk te maken. Deze scheiding vindt dan in principe bij vele bronnen plaats. In generieke zin wordt het volgende schema doorlopen:



Dus in de praktijk kunnen verpakkingen in de volgende materialenmengsels voorkomen:

1. papier/karton/kunststoffen/glas/metalen/hout;
2. kunststoffen/metalen/hout/karton (KWD-afvallen);
3. kunststoffen/metalen/drankenkartons (consumentenafvallen);
4. papier/karton-mengsels;
5. gemengd glas;
6. kunststoffenmengsels.

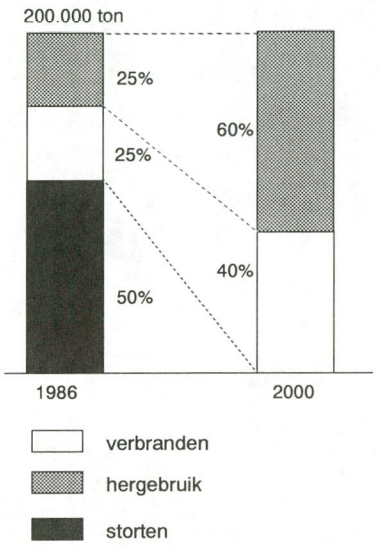
De fracties zullen nog vervuild kunnen zijn met voedselresten, zeepresten, etc. (dus resten verpakt produkt), met vocht, stof, zand etc.

De fracties zouden al dan niet verkleind aangeboden kunnen worden. Behalve uit metalen en glas bestaan de verpakkingsmaterialen uit koolwaterstoffen. Voor deze laatste groep verpakkingsmaterialen geldt dat de parameter dichtheid onderling weinig verschilt.

4 Deeltjeseigenschappen

Het vertrektpunt met de te beschouwen mengsels is
- Onverkleinde mengsels
  - mengsels verpakkingsmaterialen
  - materiaalfractie bestaande uit soorten
- Verkleinde mengsels
  - mengsels verpakkingsmaterialen
  - materiaalfractie bestaande uit soorten

5 Taakstelling



Verpakkingsafval

Hoeveelheid (x 1000 ton)	1986	Taakstelling 2000	Opmerkingen
Preventie t.o.v. 1986		-	kwalitatieve preventie
Hergebruik	500	1.200	
Verbranden	500	800	
Storten	1.000	-	
Totaal	2.000	2.000	

Bijlage 5 Karakterisering kabelafvallen

1 Hoeveelheid

Jaarlijks komt ruw geschat 50 - 55000 ton kabelafval in Nederland vrij. Naar verwachting zal de hoeveelheid en samenstelling hiervan in de komende 10 jaren niet sterk wijzigen.
De kabelafvallen zijn afkomstig van de volgende bronnen:

Produktie afval	ca 5000 ton
Energie kabel	ca 15000 ton
Installatiedraad/kabel	ca 20000 ton
Telecommunicatie kabel	ca 3000 ton
Kleinkabel afval	
Huishoud apparatuur	ca 4000 ton
Kantoor/industrie	ca 4000 ton
Voertuigen	ca 3000 ton
Totaal	ca 54000 ton

2a Samenstelling

Gewichts %:						
	Cu	Al	Fe	Pb	pap/jute/bit	polymeren
Produktie afval (1*)	39	1,5	7,5	19	10,5	22,5
Energie kabel (2*)	23	3	15	38	21	-
Installatiedraad/kabel	55	-	-	-	-	45
Telecommunicatie kabel	23	-	21	39	17	-
Kleinkabel afval	39	-	-	-	-	61
Hoeveelheden tonnen/jaar						
	Cu	Al	Fe	Pb	pap/jute/bit (3*)	polymeren
Produktie afval (1*)	1950	75	375	950	525	1125
Energie kabel (2*)	3450	450	2250	5700	3150	-
Installatiedraad/kabel	11000	-	-	-	-	-
Telecommunicatie kabel	690	-	630	1170	510	-
Kleinkabel afval	4290	-	-	-	-	6710
Totaal tonnen/jaar	21380	525	3255	7820	4185	16835
Totaal %	39,6	1,0	6,0	14,5	7,8	31,1

1* Produktie afval 50% energie en 50% installatiekabel
2* Energiekabel 80% Cu en 20% Al geleider
3* Samenstelling papier/jute/bitumen 50% bitumen en 50% papier/jute

Samenstelling polymeerfractie:

Weekgemaakt PVC	70%	=	10938 ton/jaar
PE (LD en XL)	16%	=	2500 ton/jaar
Diverse thermoplasten	2%	=	313 ton/jaar
Diverse rubbers	12%	=	1875 ton/jaar

2b Selectie uit de afvalstroom die in aanmerking komt voor deeltjesscheiding

Totale hoeveelheid ingezamelde kabelafvallen.
Scheiding aan de bron op geleider en isolatiemateriaalsoort is aan te bevelen!

2c Samenstelling geselecteerde fracties

Zie 2a.

3 Vaststelling noodzakelijk voortraject

Ontsluiten van de afzonderlijke materialen door middel van voor- en naverkleinen is noodzakelijk. Te realiseren deeltjesgrootte afhankelijk van de soort kabelafval en toe te passen scheidingstechniek.

4a De deeltjeseigenschappen van de geselecteerde fractie

	Cu	Al	Fe	Pb	PVC	PE
Dichtheid kg/m^3	8900	2700	7900	11300	1300	950
Geleidbaarheid S m/mm^2	57	35	9,5	4,8	0,2*10E-15	10E-20
Smeltpunt °C	1083	659	1539	328	165	125
Verwekingspunt °C	60	70				

Bijlage 6 Karakterisering witgoed

1 Hoeveelheid

Witgoed vormt een onderdeel van het grof huishoudelijk afval. Deze vormt één van de negenentwintig prioritaire afvalstromen uit de notitie preventie en hergebruik.
Jaarlijks komt er ongeveer 80.000 à 90.000 ton witgoed vrij bij de consument. De belangrijkste verwijderingskanalen zijn de grof huisvuil depots van de gemeente en de leveranciers van witgoed.
Verwacht wordt dat de hoeveelheid vrijkomend witgoed de komende jaren flink zal toenemen als gevolg van de stijgende penetratiegraad van een aantal apparaten uit deze produktgroep (afwasautomaat en wasdroger) en de introductie van nieuwe apparaten, die momenteel nog vrij weinig in het afval voorkomen (magnetron).

2 Samenstelling

2.1 Samenstelling categorie witgoed

De belangrijkste produkten uit de categorie 'witgoed' zijn weergegeven in Tabel B6.1.
Hierbij is tevens aangegeven het gemiddelde gewicht, de gemiddelde levensduur, het aantal vrijkomende apparaten per jaar (1991), het totaal gewicht aan vrijkomende apparaten per jaar, het huidige marktaandeel binnen de categorie witgoed en trends hierin.

Tabel B6.1 Samenstelling categorie witgoed

gegevens: produkt:	gemidd. gewicht (kg)	gemidd. levensduur (per jaar)	aantal vrijkomend (jaar)[1]	hoeveelheid[2] (ton/jr)	huidig marktaandeel[3]	trend marktaandeel[4]
magnetron	10	10	17.000	170 ton	17%	stijgend
wasmachine	85	10	483.000	33910 ton	21%	stabiel
koelkast	38	14	385.000	14540 ton	23%	stabiel
afwasmachine	45	12	41.000	1822 ton	6%	stijgend
diepvriezer	46	14	184.000	8464 ton	8%	stabiel
wasdroger	32	10	93.000	2976 ton	10%	stijgend
fornuis (ingeb.)	60	15	105.000	6300 ton	7%	stabiel
fornuis (losse)	60	20	248.000	14780 ton	6%	dalend
centrifuge	10	16	153.000	1530 ton	3%	dalend
kookplaat	10	18	16.000	160 ton	2%	dalend
Totale hoeveelheid witgoed die per jaar vrijkomt:			**1725.000**	**84660 ton**		

1) Op grond van penetratiegraad, levensduur en afdankgedrag van Nederlandse bevolking
2) Op grond van gemiddeld gewicht en aantal vrijkomend per jaar
3) Op grond van verkoopcijfers 1990
4) Op grond van verkoopcijfers 1985-1990 en voorlopige verkoopcijfers 1991

2.2 Materiële produktsamenstelling

De globale samenstelling van de verschillende produkten is weergegeven in Tabel B6.2.

Tabel B6.2 Materiële samenstelling van produkten uit de categorie witgoed

Materiële samenstelling (percentages) van de produkten uit de categorie witgoed										
materiaal / produkt	staal[1]	edel-staal[2]	non ferro[3]	kunst-stof[4]	glas	hout	beton	PUR	rub-ber	overig[5]
magnetron[6]	72%	-	5%	4%	9%	-	-	-		10%
wasmachine	55%	5%	3%	5%	1%	1%	21%	-	2%	7%
koelkast (losse)	61%	-	8%	13%	-	-	-	9%	0.6%	8%
koelkast (ingeb)	50%	-	7%	20%	-	-	-	9%	0.6%	13%
afwasmachine	50%	22%	2%	9%	-	1%	1%	-	3	12%
diepvriezer	60%	-	13%	8%	-	-	-	11%	0.5%	7%
wasdroger	75%	5%	2%	12%	-	1%	-	-	1%	4%
fornuis (ingeb)	72%	-	-	3%	6%	-	-	-	-	24%
fornuis (losse)	75%	-	2%	3%	5%	-	-	-	-	15%
centrifuge	80%	15%	1%	1%	-	-	-	-	-	3%
kookplaat [6]	75%		3%	5%	-	-	-	-	-	17%

1) Dit betreft ongelakt, gelakt, verzinkt en van andere coatings voorziene staalsoorten. Het staal kan zowel gegoten als gewalst zijn
2) Dit betreft voornamelijk chroomhoudende staalsoorten. Chroom-Nikkel stalen worden al langere tijd vrijwel niet meer toegepast (met uitzondering van de verwarmingselementen in wasmachines)
3) De toegepaste non-ferro metalen bestaan hoofdzakelijk uit aluminium en koper. Verder worden hoofdzakelijk zink, lood en messing toegepast
4) De toegepaste kunststoffen bestaan vooral uit verschillende soorten thermoplasten. De belangrijkste daarvan die worden toegepast in deze categorie zijn PP, ABS, PS, PA, POM en PVC
5) Dit bestaat uit een groot aantal verschillende materialen. Naast produktgebonden bestanddelen, zoals kwikschakelaars, olie, isolatiemateriaal, magneetband, bakeliet, R11, R12, resopal, condensator, buisdiode etc. bestaat dit uit kit, lijm, keramisch materiaal, printplaatjes, lak, bekabeling en vezelmateriaal
6) Bij gebrek aan voldoende samenstellingsgegevens is deze geschat

3 Selectie uit de afvalstroom witgoed die in aanmerking komt voor deeltjesscheiding

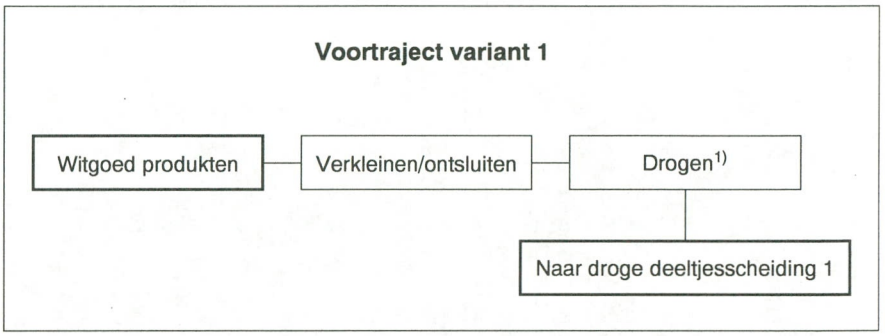
3.1 Selectie van representatieve verwerkingsvarianten

In principe zijn hier meerdere varianten mogelijk. De voor droge deeltjesscheiding geselecteerde fractie uit de witgoed sector is direct afhankelijk van de mate van ontmanteling voor de droge deeltjesscheiding.
Om een goed overzicht te verkrijgen van de mogelijkheden worden een drietal varianten behandeld. Dit zijn:

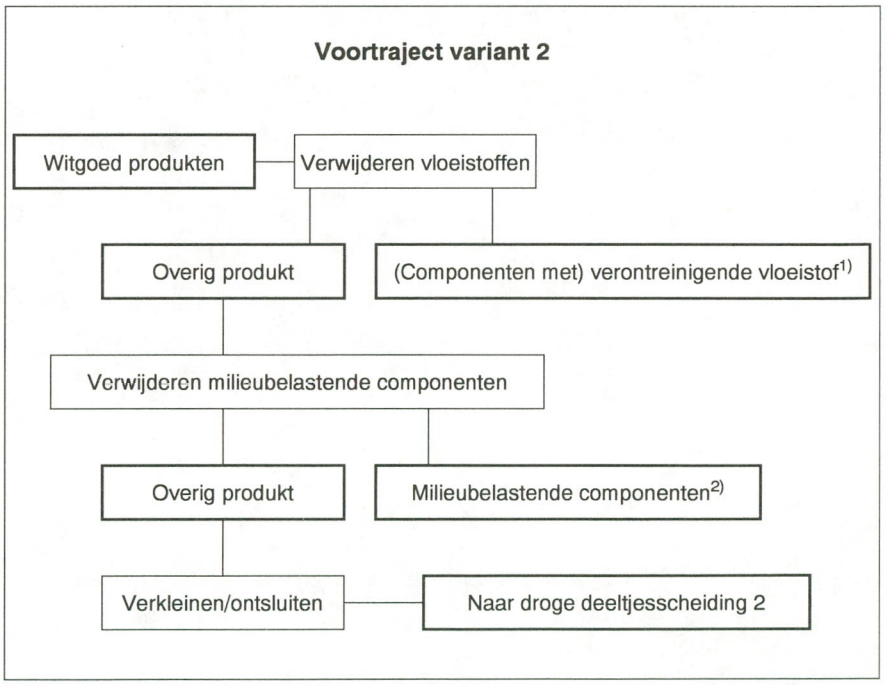
Variant 1: Integrale verkleining gevolgd door droge deeltjesscheiding;
Variant 2: Verwijdering milieubelastende componenten gevolgd door droge deeltjesscheiding van de restfractie;
Variant 3: Selectieve demontage gevolgd door individuele verkleining van een niet afzetbare metaalrijke en een niet afzetbare metaalarme restfractie.

3.2 Vaststelling noodzakelijke voortrajecten

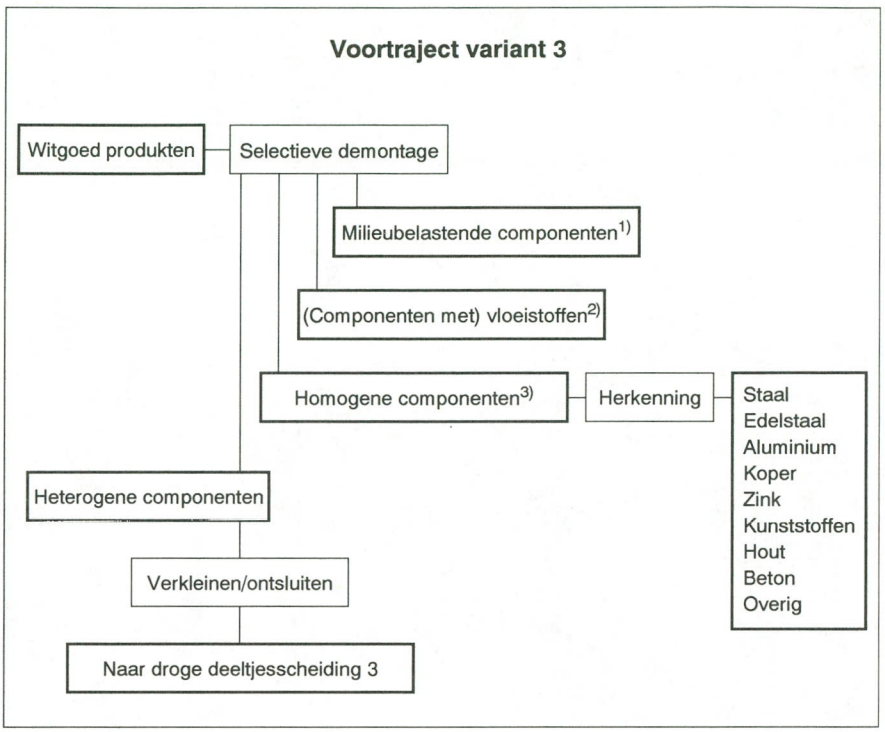
Bij de beschrijving van de noodzakelijke voortrajecten wordt niet ingegaan op de verwerkingsmogelijkheden voor resulterende fracties die niet voor droge deeltjesscheiding in aanmerking komen. Bij variant 1 en variant 2 betreft dit voornamelijk fracties met een chemisch afval karakter. Bij variant 3 betreft het zowel fracties met een chemisch afval karakter als direct afzetbare, uit slechts een enkele materiaalsoort samengestelde fracties.



Opmerkingen:
1) Drogen is noodzakelijk in verband met de aanwezige vloeistoffen



Opmerkingen:
1) Dit betreft onder andere de volgende produktgebonden componenten:
   - reservoir (afwasmachine)
   - olie (koelkast/diepvriezers)
2) Dit betreft onder andere de volgende produktgebonden componenten:
   - buisdiode (magnetron)
   - condensatoren (wasmachine)
   - PUR/R12 (koelkast/diepvriezer)
   - R11 (koelkast/diepvriezer)



Opmerkingen:

1) Dit betreft onder andere de volgende produktgebonden componenten:
   - buisdiode (magnetron)
   - PUR (koelkast/diepvriezer)
   - R11/R12 (koelkast/diepvriezer)
   - condensatoren (wasmachine)

2) Dit betreft onder andere de volgende produktgebonden componenten:
   - reservoir (afwasmachine)
   - olie (koelkast/diepvriezer)

3) Dit betreft de bulk van de hoeveelheid witgoed (gekoppeld middels losneembare verbindingen) en bevat onder andere de volgende componenten:
   - omkasting (hout en staal)
   - grote homogene kunststof onderdelen (> 100 gr.)
   - siermateriaal (onder andere aluminium)
   - edelstaal (kuip, trommel en verwarmingselementen)
   - slangen (rubber)
   - glas (deuren etc.)

4) Bij de resulterende fracties voor droge deeltjesscheidingstechnieken wordt vooraf een splitsing gemaakt tussen componenten met een laag metaalgehalte (non ferro) en een hoog metaalgehalte (non ferro)

3.3 Samenstelling geselecteerde fracties

In Tabel B6.3 is een overzicht gegeven van de verwachte materiële samenstelling van de fracties die in de vorige paragraaf zijn geselecteerd voor droge deeltjesscheiding.

Tabel B6.3 Materiële samenstelling potentiële fracties na voortraject volgens variant 1, 2 en 3

	variant 1		variant 2		variant 3	
	hoeveelh. (ton)	perc.	hoeveelh. (ton)	perc.	hoeveelh. (ton)	perc.
staal	50.915	60.2%	48.000	61.8%	7.000	51.5%
edelstaal	3.758	4.4%	3.758	4.8%	150	1.1%
aluminium	3.500	4.1%	3.000	3.9%	300	2.2%
koper	4.000	4.7%	3.950	5.1%	3.000	22.1%
zink	200	0.2%	200	0.3%	60	0.4%
lood	150	0.2%	150	0.2%	40	0.3%
tin	10	verw.	10	verw.	10	< 0.1%
messing	10	verw.	10	verw.	2	< 0.1%
thermopl.	4.850	5.7%	4.250	5.5%	800	5.8%
rubber	900	1.1%	800	1.0%	150	1.1%
glas	1.850	2.2%	1.850	2.4%	50	0.4%
hout	1.500	1.8%	1.500	1.9%	20	0.1%
beton	7.200	8.5%	7.200	9.3%	-	
PUR	2.240	2.6%	-	-	-	
overig[1)]	4.000	4.7%	3.000	3.9%	2.000	14.7%
Totaal	84.660	100%	77.678	100%	13.582	100%

verw. = verwaarloosbaar < 0.1%

1) Dit is een heterogene mix van materialen. De samenstelling hiervan is onbekend voor alle varianten.
In het kader van deze studie wordt uitgegaan van de volgende kwalitatieve samenstelling: zeepresten, zand, vezelmateriaal, lak, hout en emaille.
In het geval van variant 3 wordt geadviseerd om deze fractie niet te vermengen met de voor droge deeltjesscheiding geselecteerde fractie

4 Fysische en chemische eigenschappen

In deze paragraaf zullen fysische en chemische eigenschappen van de voor de droge deeltjesscheiding geselecteerde fracties nader worden geanalyseerd.
Hierbij is een onderscheid gemaakt tussen materiaalafhankelijke eigenschappen en afvalstroomafhankelijke eigenschappen.
Aangezien er tussen de verschillende, in deze fase van het project, geselecteerde afvalstromen veel overeenkomsten zijn tussen de te scheiden materialen, is besloten om een centraal overzicht te presenteren waarin de materiaalafhankelijke eigenschappen worden vermeld.
In deze paragraaf zullen enkele voor deze afvalstroom relevante deeltjeseigenschappen worden geanalyseerd.
De deeltjeseigenschappen worden grotendeels gedicteerd door de voorafgaande verkleining. Deze bepaalt in grote mate de deeltjesgrootte en de deeltjesvorm.
De mate van verkleining wordt weer gedicteerd door de gewenste ontsluitingsgraad. De gewenste ontsluitingsgraad hangt op zijn beurt weer samen met de verschillende afzetmarkten.

In Tabel B6.4 zijn voor de drie varianten de voor de droge deeltjesscheiding interessante eigenschappen aangegeven. Hierbij wordt uitgegaan van een potentiële afzetmarkt van minimaal 75% van de te scheiden deeltjes.

Tabel B6.4 Afvalstroom gebonden deeltjeseigenschappen om na droge deeltjesscheiding een afzetmarkt van minimaal 75% te kunnen garanderen

Varianten / Eigenschappen	Variant 1	Variant 2	Variant 3
gemiddelde grootte	10 - 20 MM	10 - 20 MM	1 - 5 MM
grootteverdeling	breed	breed	smal[1)]
gemiddelde vorm	grillig	grillig	rond
vorm verdeling	breed	breed	smal
mate van verontreiniging	1% - 5%	< 1%	< 1%
aard van verontreiniging	gekleefd	los	los
ontsluitingsgraad	matig	matig	goed
oppervlakte gesteldheid	nvt	nvt	glad
vochtigheidsgraad	hoog (olie)	laag	laag

1) Classificatie na verkleining mogelijk noodzakelijk
nvt niet van toepassing

Informatiebronnen

TNO rapport 92-138, Verwerking complexe huishoudelijke apparatuur.

TNO interne rapportage, Demoproject verwerking wasmachine, afwasmachine en wasdroger.

Bijlage 7 Karakterisering bruingoed

1 Hoeveelheid

Bruingoed vormt een onderdeel van het grof huishoudelijk afval en huishoudelijk afval. Deze vormt één van de negenentwintig prioritaire afvalstromen uit de notitie preventie en hergebruik.
Jaarlijks komt er ongeveer 30 Kton bruingoed vrij bij de consument. De belangrijkste verwijderingskanalen zijn de grof huisvuil depots van de gemeente en de leveranciers van bruingoed.
Verwacht wordt dat de hoeveelheid vrijkomend bruingoed de komende jaren zal toenemen als gevolg van de stijgende penetratiegraad van een aantal apparaten uit deze produktgroep (computer, videorecorder en CD speler) en versneld afdanken van apparatuur (platenspelers).
Daarnaast is het aannemelijk te veronderstellen dat produkten als zwart/wit TV, bandrecorders en platenspelers in 2000 nauwelijks nog zullen voorkomen in bruingoed afval.
De huidige afzet van deze afvalstromen wordt geschat op:

34% in grof huisvuil;
21% leverancier;
45% hergebruik.

2 Samenstelling

2.1 Samenstelling categorie bruingoed

De belangrijkste produkten uit de categorie 'bruingoed' zijn weergegeven in Tabel B7.1.
Hierbij is tevens aangegeven het gemiddelde gewicht, de gemiddelde levensduur, het aantal vrijkomende apparaten per jaar (1991), het totaal gewicht aan vrijkomende apparaten per jaar, en trends hierin.

Tabel B7.1 Samenstelling categorie bruingoed

gegevens: produkt:	gemidd. gewicht (kg)	gemidd. levensduur (per jaar)	aantal vrijkomend (jaar)[1]	hoeveelheid[2] (ton/jr)	trend markt-aandeel
kleuren TV	30,0	10	494.000	14820 ton	stabiel
videorecorder	16,6	7	251.000	4176 ton	stijgend
zwart/wit TV	14,0	7	133.000	1862 ton	dalend
platenspeler	6,2	15	296.000	1824 ton	dalend
radio/tuner	5,0	15	355.000	1765 ton	stabiel
computer	16,5	8	89.000	1471 ton	stijgend
tape/band rec.	3,0	10	422.000	1265 ton	dalend
versterker	9,9	15	110.000	1088 ton	stabiel
PC randapp.	7,2	8	45.000	324 ton	stijgend
CD speler	3,7	10	55.000	206 ton	stijgend
dia/film proj.	3,1	25	66.000	206 ton	stabiel
walkman	1,0	10	172.000	176 ton	stabiel
videocamera	2,7	10	11.000	30 ton	stijgend
Totale hoeveelheid bruingoed die per jaar vrijkomt:			**2499.000**	**29183 ton**	

1) Op grond van penetratiegraad, levensduur en afdankgedrag van Nederlandse bevolking
2) Op grond van gemiddeld gewicht en aantal vrijkomend per jaar

2.2 Materiële produktsamenstelling

De globale samenstellingen van de verschillende produkten zijn weergegeven in Tabel B7.2a en Tabel B7.2b.
In Tabel B7.2a worden de samenstellingen van de produkten in onderdelen gepresenteerd. In Tabel B7.2b zijn de samenstellingen van de produkten in materialen gepresenteerd.
Voor TV's zijn deze gegevens gebaseerd op de resultaten van een recent door TNO uitgevoerde sloopproef met 33 zwart/wit en 67 kleuren TV's. Voor de andere apparaten zijn slechts gegevens gebaseerd op sloopproeven met hooguit enkele apparaten beschikbaar. Deze gegevens zijn dus zeker niet voldoende representatief voor deze apparaten stromen. Voor het verkrijgen van representatieve samenstellingsgegevens voor deze apparaten moeten grotere sloopproeven worden uitgevoerd.

Tabel B7.2a Onderdelen samenstelling van produkten uit de categorie bruingoed

Onderdelen samenstelling (percentages) van de produkten uit de categorie bruingoed					
onderdelen / produkt	behuizing	beeldbuis	print-platen	bedrading	rest 4*
TV	23%	57%	16%	1,5%	2,5%
videorecorder	44%	-	16%	3%	37%
platen speler *2	42%	-	-	1,5%	56,5%
radio/tuner *1	30%	-	18%	3%	37%
computer	34%	20%	14%	4%	28%
tape/band rec *1	30%	-	18%	3%	49%
versterker *1	30%	-	18%	3%	49%
PC rand app. *3	41%	-	18%	4%	37%
CD speler *1	30%	-	18%	3%	49%
dia/film proj. *2	42%	-	-	1,5%	56,5%
walkman *1	30%	-	18%	3%	49%

*1) Alleen voor radio/cassette combinatie zijn gegevens beschikbaar. Deze zijn ook toegepast voor de produkten: tape/band recorder, CD speler, versterker en walkman.
*2) Alleen voor platenspeler zijn gegevens beschikbaar. Deze zijn ook toegepast voor de dia/film projector.
*3) PC randapparatuur is gelijk gesteld aan computer samenstelling zonder beeldbuis.
*4) Rest is niet in alle gevallen van gelijke samenstelling. Rest bestaat uit allerlei onderdelen zoals: bevestigingsmateriaal, motoren, trafo's en speakers.

Tabel B7.2b Materialen samenstelling van produkten uit de categorie bruingoed

Materialen samenstelling (percentages) van de produkten uit de categorie bruingoed							
materialen / produkt	glas	hout	kunst-stof	ferro	non-ferro*3	print-plaat*2	rest 1*
TV	47%	13%	13,5%	12%	5%	7,5%	2%
videorecorder	-	-	25%	44%	15%	16%	-
platen speler	-	12%	33%	47%	8%	-	-
radio tuner	-	-	19%	54%	9%	18%	-
computer	18%	-	22%	27%	19%	12%	2%
tape/band rec	-	-	19%	54%	9%	18%	-
versterker	-	-	19%	54%	9%	18%	-
PC rand app.	-	-	26%	33%	23%	15%	3%
CD speler	-	-	19%	54%	9%	18%	-
dia/film proj	-	- %	38%	53%	9%	-	-
walkman	-	-	19%	54%	9%	18%	-

1*) Rest bestaat vaak uit allerlei kleine elektronische componenten. Veelal combinaties van kunststof en ferro/non ferro.

2*) Printplaten: globale samenstelling.

harsen/kunststoffen/additieven	50%
glas/keramiek	5%
Br en Cl in brandvertragers	2%
non ferro (Al en Cu)	20%
ferro	10%
lood/tin (40/60)	7%
zink	2,5%
mangaan	1,5%
nikkel	1,5%
rest	0,5% (o.a. Sb, Cr, Ag, Cd en Au)

*3) Non ferro Cu/Al = 4/1

3 Selectie uit de afvalstroom bruingoed die in aanmerking komt voor deeltjesscheiding

3.1 Selectie van representatieve verwerkingsvarianten

In principe zijn hier meerdere varianten mogelijk. De voor droge deeltjesscheiding geselecteerde fractie uit de bruingoed sector is direct afhankelijk van de mate van ontmanteling voor de droge deeltjesscheiding.
Om een idee te verkrijgen over de mogelijkheden worden een drietal varianten behandeld. Dit zijn:

Variant 1: Integrale verkleining gevolgd door droge deeltjesscheiding;

Variant 2: Verwijdering van enkele hoofd onderdelen (beeldbuis en omkasting) gevolgd door verkleining en droge deeltjesscheiding van de restfracties;

Variant 3: Selectieve demontage waarbij zoveel mogelijk direct afzetbare fracties ontstaan (beeldbuis, omkasting, bedrading, spoelen + trafo's + motoren + speakers) gevolgd door verkleining en droge deeltjes scheiding van de restfracties.

3.2 Samenstelling geselecteerde fracties

In Tabel B7.3 is een overzicht gegeven van de verwachte materiële samenstelling van de fracties die in de vorige paragraaf zijn geselecteerd voor droge deeltjesscheiding.

Tabel B7.3 Materiële samenstelling potentiële fracties na voortraject volgens variant 1, variant 2 en variant 3

	variant 1		variant 2		variant 3	
	hoeveelh. (ton)	perc.	hoeveelh. (ton)	perc.	hoeveelh. (ton)	perc.
glas	8.105	28%	0	0%	0	0%
hout	2.388	8%	0	0%	0	0%
kunststof	5.237	18%	957	9%	554	8%
ferro	7.738	27%	4.224	39%	2.634	36%
non ferro	2.385	8%	2.385	22%	797	11%
printplaat	2.957	10%	2.957	27%	2.957	40%
rest	372	1%	372	3%	372	5%
Totaal	29.182	100%	10.895	100%	7.314	100%

4 Fysische en chemische eigenschappen

De in de fracties, die in aanmerking voor droge deeltjesscheiding komen, aanwezige belangrijkste materialen zijn:

Metalen:
Gehalte in te scheiden fracties > 1%
IJzer, aluminium, koper, lood, tin, mangaan en nikkel.
Gehalte in te scheiden fracties < 1%
Antimoon, chroom, zilver, cadmium en goud.

Kunststoffen:
PS, PE, PVC, ABS, PP en PC

Informatie bronnen:
TNO rapport 89-021. Scheiding en recycling van non ferrometaal/kunststofcombinaties.

TNO rapport 90-158. Terugwinnen van non ferro metalen uit printplaten van elektronische apparatuur.

TNO rapport 86-297. Zware metalen, afkomstig van elektrotechnische en elektronische apparatuur.

TNO gegevens uit IOP 'Recycling non ferro/kunststofcombinaties' 1992.

TNO rapport 92-138. Verwerking complexe huishoudelijke apparatuur.

Bijlage 8 Overzicht fysische en chemische eigenschappen per materiaalklasse

Tabel B8.1 Kwantitatieve fysische en chemische materiaaleigenschappen materiaalklasse: metalen

Materiaal / Eigenschap	IJzer	Cr-St 13Cr2C	NiCr St	Al	Cu	Pb	Messing 6Cu-4Zn	Zn	Tin w-tetra	0.1 % C-staal
Dichtheid	7,9	7,8	7,8	2,7	8,9	11,3	8,5	6,9	7,3	7,8
Smeltpunt (K)	1812	1780		932	1365	601	1170	693	505	1802
Hardheid (HB) [1]				20	50	5	60	35	6	105
St. weerst. (10e-8 Om)	10,5			2,7	1,7	21	6	6,2	11,5	
Lin.uitz.co. (10E-5/K)	1,2	1,0		2,4	1,7	2,9	2,1	3,0	2,2	1,2
St. warmte (100J/KgK)	4,6	4,6		8,8	3,9	1,3	3,8	3,9	2,3	
El. mod. (10E10 Pa)	22	20		7,0	12	1,5	10	9,3	5,5	
Warmte gel. coëff (W/mK)	75	50		220	390	35	120	110	65	60
Magnetisme	zacht	hard		para	dia					

1) In zachtgegloeide toestand

Tabel B8.2 Kwantitatieve fysische en chemische materiaaleigenschappen materiaalklasse: kunststoffen en rubbers

Materiaal / Eigenschap	PVC (hard)	PP (HDPE)	PE	PC	PS	ABS	PA nylon 6
Soortelijke massa	1,39	0,92	0,92	1,2	1,05	1,07	1,13
Smeltpunt (C)	120-130	160	108	225	160	220	210-220
Verwekingspunt (C)	80	90	48	170	70	90	215-220
Lin.uitz.coëf. (m/C)	80e-6	160e-6	230e-6	60e-6	90e-6	85e-6	95e-6
Th. gel. (kcal/mhC)	0.14	0.19	0.30	0.17	0.15	0.18	0.23
Soo. warm. (kcal/kgC)	0.24	0.46	0.55	0.28	0.14	0.15	0.4-0.5
Soo. weer. (ohm cm)	5e15	5e17	1e18	1e16	>1e15	1e16	5e14
Dielectr. const.	3,3	2,4	2,3	3,0	2,7	4,5	3,8-6,3
e modulus (10e6 N/m^2)	3000	1300	240	2200	2600	2500	1300
Wrijvingscoëfficiënt[1]	0,55	0,5	0,6	0,55	0,5	0,5	< 0,45

1) Ten opzichte van staal

Tabel B8.3 Kwantitatieve fysische en chemische materiaaleigenschappen materiaalklasse: minerale materialen

Eigenschap \ Materiaal	Beton (droog)	Glas (marmer)	Baksteen	Zand	Steen
Dichtheid (10E3Kg/m^3)	1,5 - 2,4	2,6	1,8	1,6	2,7
Elasticiteitsmodulus (10E10 Pa)	2 - 4	5 - 10	?	?	4 - 5
Lin. uitzet. coëff. (10e-5/K)	1,2	0,8	0,3 - 0,9	1,2	
Soortelijke warmte (100J/KgK)	9,2	8,4	7,5	8,0	8,8
Warmtegeleidingscoëff. (W/mK)	1,7	0,93	0,6	1	2 - 4
Soortelijke weerstand (ohmm)	?	10E12	?	?	10E09

Tabel B8.4 Kwantitatieve fysische en chemische materiaaleigenschappen materiaalklasse: overige organische materialen

Eigenschap \ Materiaal	Hout (vuren)	Papier
Dichtheid (10E3Kg/m^3)	0,58	0,7 - 1,2
Elasticiteitsmodulus (10E10 Pa)	1 - 2	
Lin. uitzet. coëff. (10e-5/K)	0,5	
Soortelijke warmte (100J/KgK)		
Warmtegeleidingscoëff. (W/mK)	0,3 - 0,5	0.18
Soortelijke weerstand (ohmm)	1e12	1e10

Selectie van de te ontwikkelen droge deeltjesscheidingstechnieken
Concept-rapport

Bijlage 9 Zelfregulerende kringlopen Verpakkingsmaterialen

Ir. A. Ansems

Instituut voor Milieu- en Energietechnologie TNO (IMET)
Afdeling Milieutechnologie
Laan van Westenenk 501
7334 DT Apeldoorn

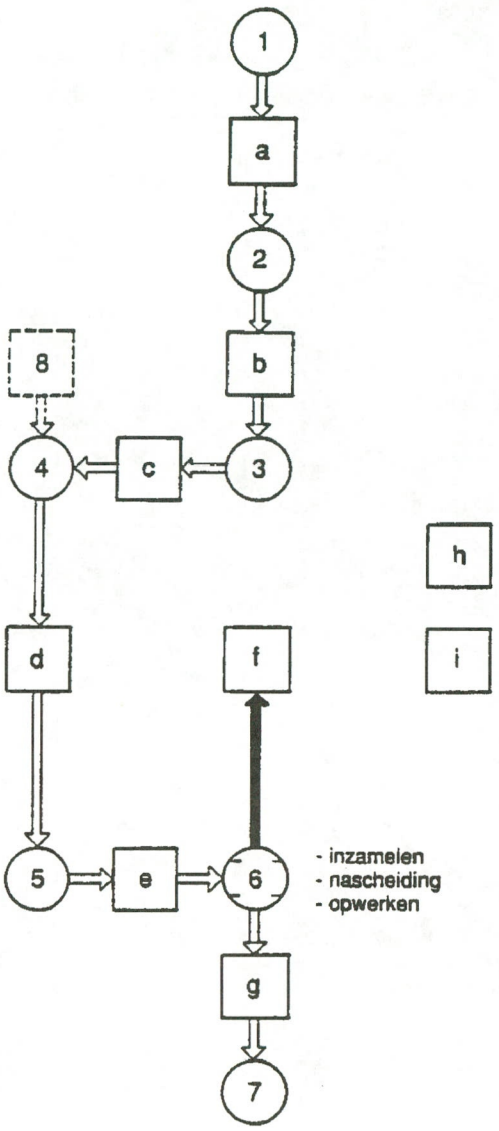
augustus 1992

Zelfregulerende kringlopen

Bij het nastreven van een duidelijke verhoging van het materiaalhergebruik kunnen de verschillende actoren in de keten besluiten tot samenwerking. Er ontstaan zogenaamde ketenschappen, materiaalgerichte organisaties.
Grondstofproducenten, verpakkingenproducenten, verpakkingengebruikers, handel en recyclaars maken afspraken over de te produceren verpakkingen, distributiesystemen van nieuwe verpakkingen, inzamelsystemen van gebruikte verpakkingen, herverwerking en opwerking van deze verpakkingen. Er ontstaan zelfregulerende kringlopen. Met andere woorden zelfregulerende kringlopen zijn kringlopen, waarbinnen gegeven marktconforme randvoorwaarden grondstofproducenten, verpakkingenproducenten, verpakkingengebruikers, handel en recyclaars samenwerken om gebruikte verpakkingen weer in te nemen, deze op te werken en de verkregen secundaire grondstoffen toe te passen.
Voor het in stand houden van de desbetreffende kringloopsystemen zullen met name met de lagere overheden afspraken gemaakt moeten worden over de ketenschakel 'inzameling van gebruikte verpakkingen'.
De keten is zo sterk als de zwakste schakel, met andere woorden in zelfregulerende kringlopen zal het ketenschap er naar streven minder goed participerende schakels in positieve zin bij te sturen, dus te versterken.
Dit behoeft in principe niet de inzameling van gebruikte verpakkingen te zijn, maar kan ook het ontwerp en in het verlengde daarvan de materiaalkeuze betreffen. Daarnaast zullen de verwerkings- en opwerkingsprocessen continu aandacht vereisen. Kringloopprocessen zijn vanzelfsprekend afhankelijk van een blijvende stroom van gerecycleerde, dus secundaire materialen.
Bovendien heeft zelfregulering betrekking op het in staat zijn te anticiperen op het feit dat de maatschappij bestaat uit dynamische processen. Dit houdt in dat er ruimte moet zijn om innovaties op de gebieden van materiaalontwikkeling, distributie- en inzamelsystemen en recyclingtechnologie toe te passen. Het betreft dan innovaties die verdergaande ketensluiting en verhoging van hergebruik inhouden. De dynamische processen zullen vooral het wegnemen, of het omzeilen van eventuele maatschappelijke belemmeringen inhouden.

De volgende figuren illustreren het zelfregulerende karakter van de kringlopen van verpakkingsmaterialen.

Selectie van de te ontwikkelen droge deeltjesscheidingstechnieken
Concept-rapport



Figuur 1 Verpakkingsketen

Legenda bij figuur 1

1. *Produktie grondstoffen voor verpakkingsmateriaal.*
2. *Fabricage verpakkingsmateriaal.*
3. *Fabricage van de verpakking.*
4. *Toepassing van de verpakking.*
5. *Gebruik van verpakte produkten door consumenten.*
6. *Herverwerking gebruikte verpakkingen.*
7. *Eindverwerking restafval.*
8. *Te verpakken produkt.*

a. Grondstoffen voor verpakkingsmateriaal.
b. Verpakkingsmateriaal.
c. Verpakking.
d. Verpakte produkten.
e. Gebruikte verpakking.
f. Herverwerkte verpakking.
g. Restafval.
h. Alternatief produkt.
i. Brandstof.

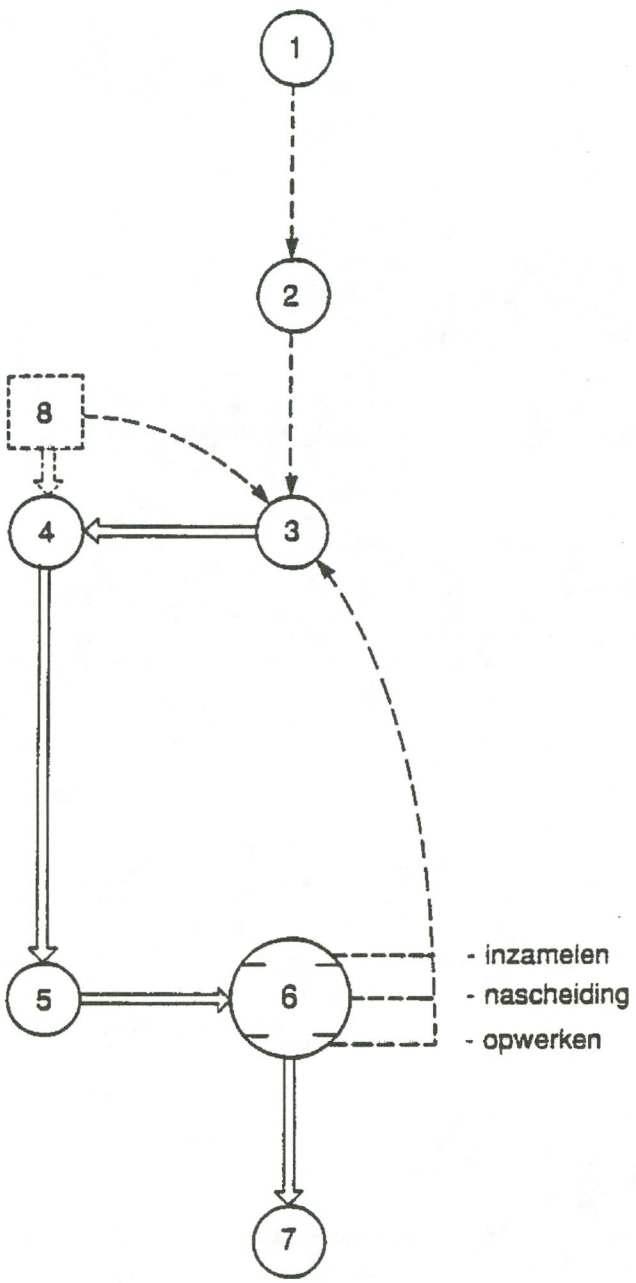
In figuur 1 wordt de verpakkingsketen, ook wel de produktlevensloop van verpakkingsmateriaal genoemd, getoond. De cirkels in de figuur representeren de verschillende handelingen c.q. procesbewerkingen die in de verpakkingsketen voorkomen. De vierkanten geven de corresponderende produkten weer. Een belangrijke cirkel is nummer 6 die de herverwerking van gebruikte verpakkingen weergeeft. Herverwerking omvat de stappen inzamelen, nascheiding en opwerken, zodat kringloopsluiting kan plaatsvinden (zie 6 → f).

In de figuur is goed te zien dat de herverwerkingsketen van het verpakkingsmateriaal diverse kringlopen binnen de verpakkingsketen tot stand brengt. Er zijn, afhankelijk van het uitgangsmateriaal, verschillende kringlopen mogelijk. Zo is er de gesloten kringloop naar het oorspronkelijk verpakkingsmateriaal of een alternatief verpakkingsmateriaal (vierkant b). Bovendien kan kringloopsluiting het aansluiten op de produktie van de grondstoffen voor het verpakkingsmateriaal betekenen. Ook hier kan een onderscheid gemaakt worden tussen grondstoffen voor het verpakkingsmateriaal of voor een materiaal met alternatieve toepassingsdoeleinden.

Voor een aantal materialen bestaat er de mogelijkheid om tot kringloopsluiting te komen in een andere dan de verpakkingsketen. Ook hier zijn verschillende mogelijkheden te onderkennen (vierkant h). Tenslotte komen bepaalde hoeveelheden verpakkingsmateriaal in aanmerking om als brandstof te dienen voor energieopwekking.

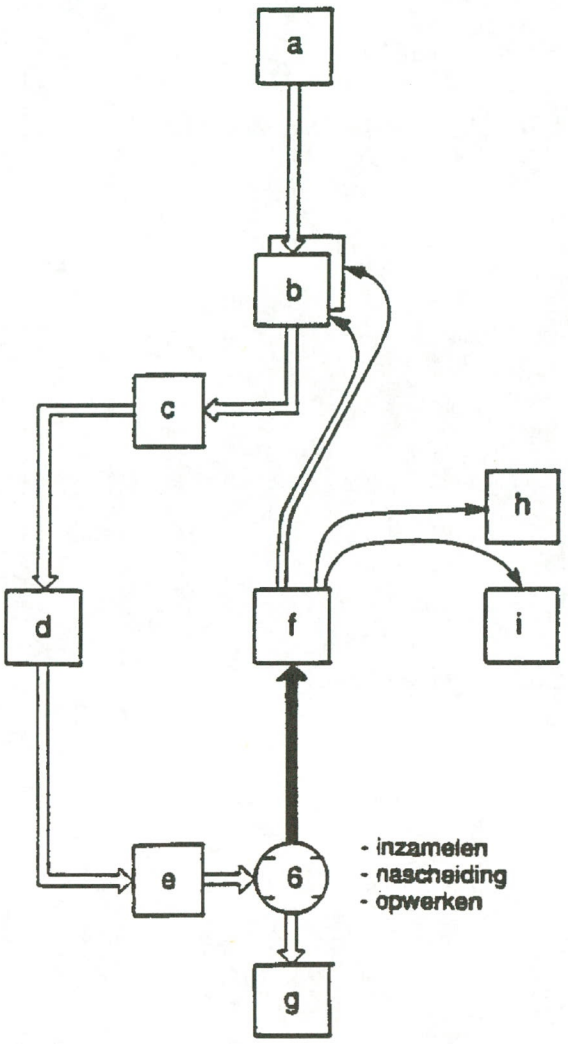
Een belangrijke drijfveer voor het verder uitbouwen van de zelfregulerende kringlopen is het recyclingbewuste basisontwerp van de verpakking. Onder 'design for recycling' wordt een dusdanig aangepast ontwerp voor verpakkingen verstaan dat het percentage herverwerking van gebruikte verpakkingen belangrijk verhoogd kan worden. In figuur 2 is aangegeven welke informatie- c.q. kennisstromen in het spel zijn (zie gebroken pijlen). Allereerst is er de ervaring met de inzameling, de nascheiding en het opwerken (cirkel 6), die de nodige informatie oplevert voor de produktie van recyclingbewuste verpakkingen (cirkel 3). Maar ook is er de invloed van de kant van het te verpakken produkt (vierkant 8). Als daar vanuit milieu-overwegingen aanpassingen in het design van het te verpakken produkt worden aangebracht, zal dat gevolgen kunnen hebben voor de verdere verpakking. Op soortgelijke wijze is er de invloed van de kant van de produktie van de grondstoffen voor de verpakkingsmaterialen (cirkel 1) en de fabricage van de verpakkingsmaterialen (cirkel 2).

Hierna volgen op illustratieve wijze de desbetreffende kringlopen van de zes verpakkingsmaterialen papier/karton; glas; kunststoffen; blik; aluminium en drankenkartons.



Figuur 2 Design for recycling

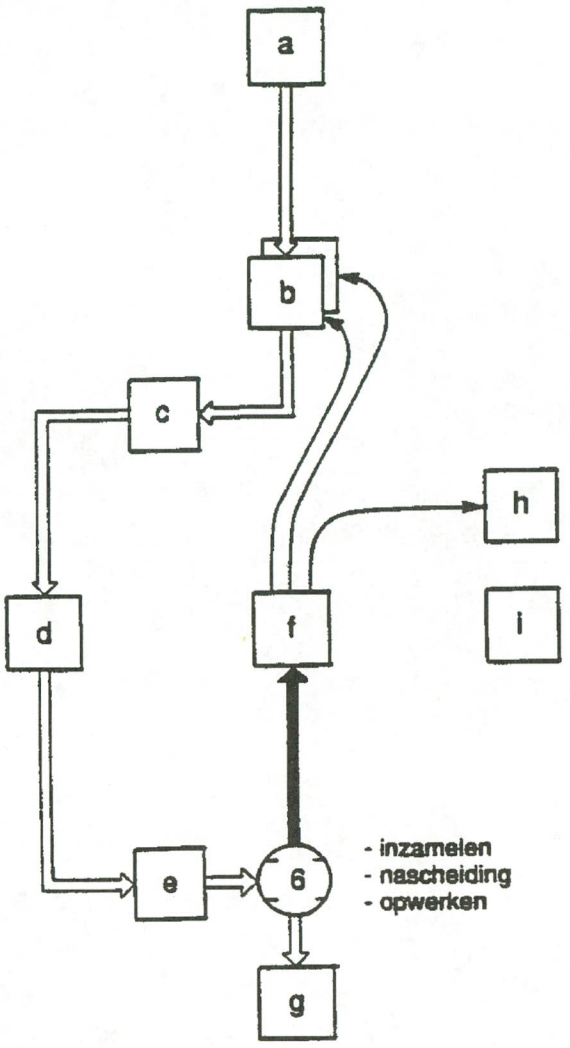
Informatie- en kennisstromen voor 'Design for recycling'
(1. produktie grondstoffen voor verpakkingsmateriaal; 2. fabricage verpakkingsmateriaal; 3. fabricage van de verpakking; 4. toepassing van de verpakking; 5. gebruik van verpakte produkten door consumenten; 6. herverwerking gebruikte verpakkingen; 7. eindverwerking restafval; 8. te verpakken produkt).



Figuur 3 De papierkringloop in de verpakkingsketen

(6. herverwerking gebruikte verpakkingen;
a. grondstoffen voor verpakkingsmateriaal; b. verpakkingsmateriaal; c. verpakking;
d. verpakte produkten; e. gebruikte verpakking; f. herverwerkte verpakking; g. restafval;
h. alternatief produkt; i. brandstof).

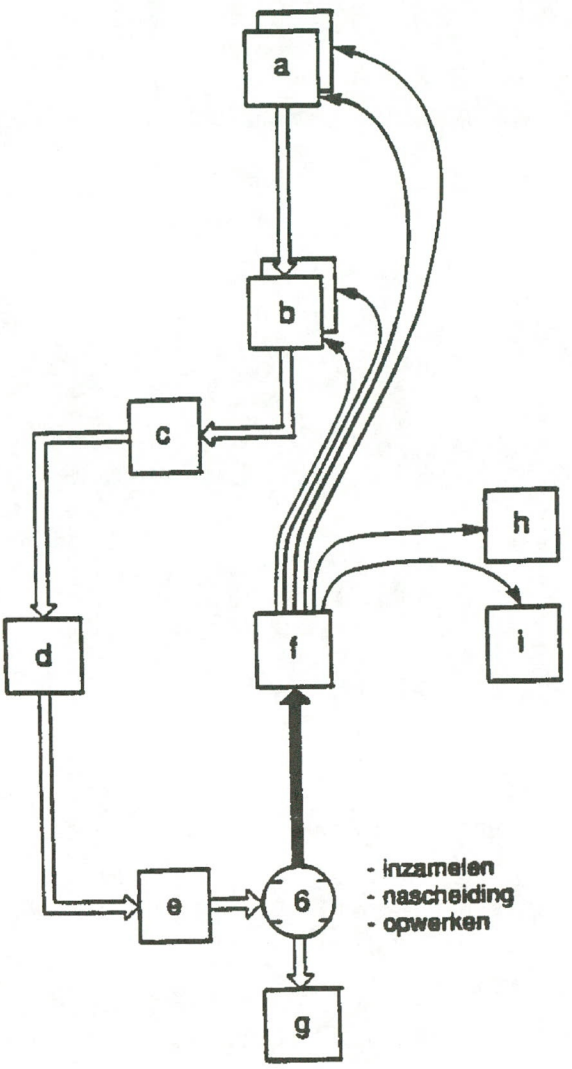
Secundair papier kan op vier manieren worden afgezet:
in de produktie van het oorspronkelijk of een alternatief verpakkingsmateriaal (bijvoorbeeld kartonnen dozen); in de produktie van materiaal voor een alternatief produkt buiten de verpakkingsketen (bijvoorbeeld hygiënisch papier) en als brandstof.



Figuur 4 De glaskringloop in de verpakkingsketen

(6. herverwerking gebruikte verpakkingen;
a. grondstoffen voor verpakkingsmateriaal; b. verpakkingsmateriaal; c. verpakking;
d. verpakte produkten; e. gebruikte verpakking; f. herverwerkte verpakking; g. restafval;
h. alternatief produkt; i. brandstof).

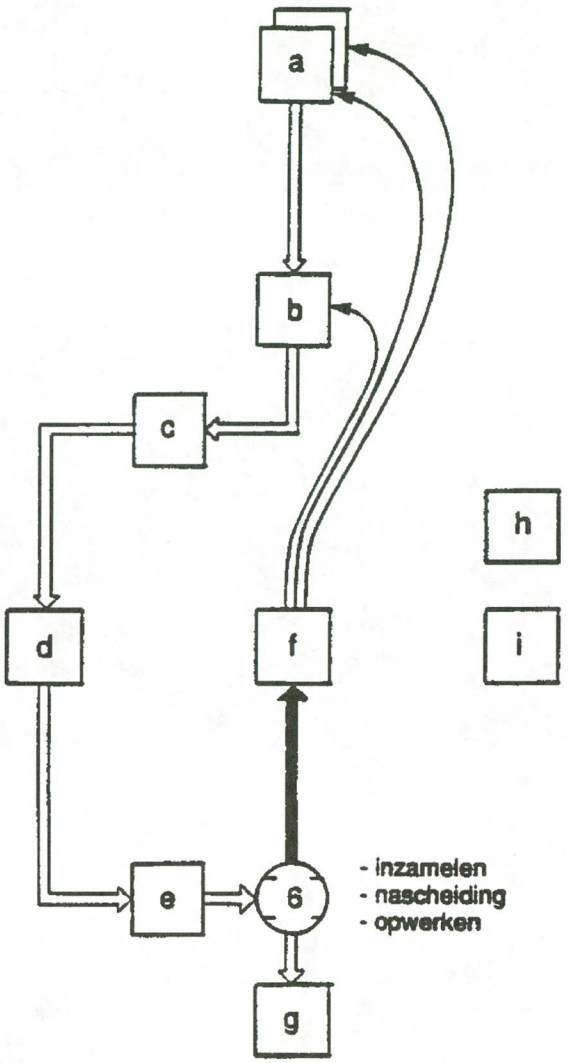
Secundair glas kan op drie manieren worden afgezet:
in de produktie van het oorspronkelijk (bijvoorbeeld wit glas) of alternatief verpakkingsmateriaal (bijvoorbeeld groen glas) en als materiaal voor een alternatief produkt buiten de verpakkingsketen (bijvoorbeeld bouwmateriaal).



Figuur 5 De kunststoffenkringloop in de verpakkingsketen

(6. herverwerking gebruikte verpakkingen;
a. grondstoffen voor verpakkingsmateriaal; b. verpakkingsmateriaal; c. verpakking;
d. verpakte produkten; e. gebruikte verpakking; f. herverwerkte verpakking; g. restafval;
h. alternatief produkt; i. brandstof).

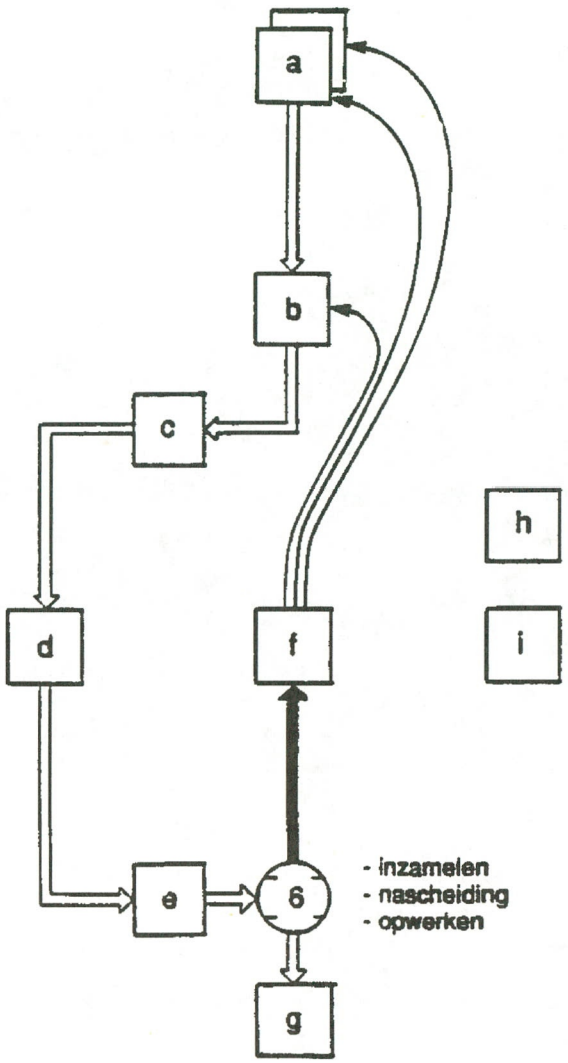
Secundaire kunststoffen kunnen op zes manieren worden afgezet:
in de produktie van het oorspronkelijk of alternatief verpakkingsmateriaal; of in de produktie van de grondstof voor het oorspronkelijk verpakkingsmateriaal; of in de produktie van de grondstof voor een alternatieve materiaaltoepassing ('back to feedstock') en tenslotte als materiaal voor een alternatief produkt buiten de verpakkingsketen (bijvoorbeeld klerenhangers) of als brandstof.



Figuur 6 De blikkringloop in de verpakkingsketen

(6. herverwerking gebruikte verpakkingen;
a. grondstoffen voor verpakkingsmateriaal; b. verpakkingsmateriaal; c. verpakking;
d. verpakte produkten; e. gebruikte verpakking; f. herverwerkte verpakking; g. restafval;
h. alternatief produkt; i. brandstof).

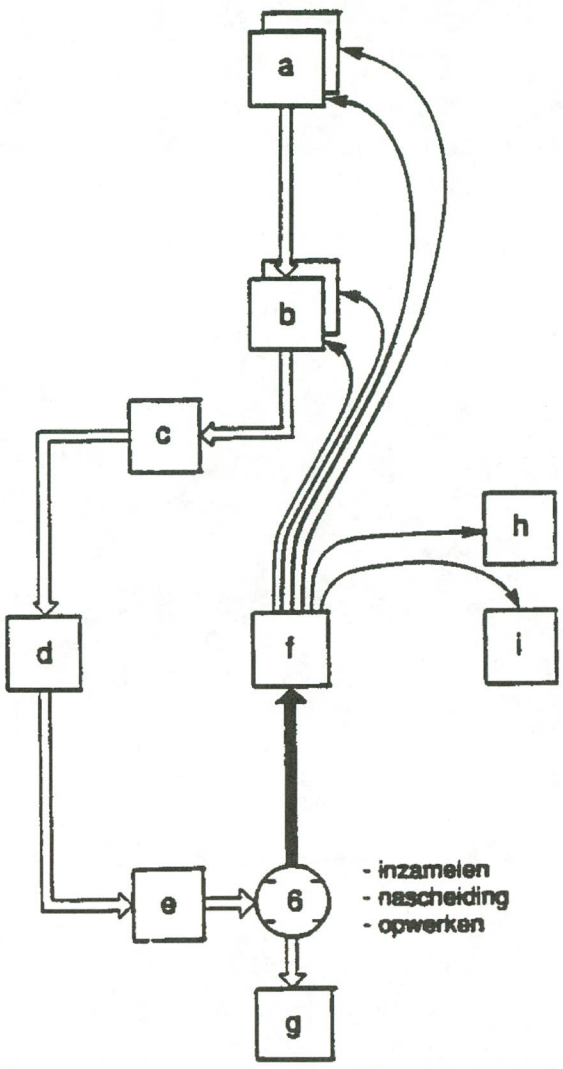
Secundair blik kan op drie manieren worden afgezet:
in de produktie van kritische staalprodukten, zoals verpakkingsstaal; in de produktie van de grondstof voor hoogwaardige staalsoorten (onder andere in de automobielsector en voor verpakkingsstaal); of in de produktie van de grondstof voor minder hoogwaardige staalsoorten (bijvoorbeeld toepassingen in de bouw).



Figuur 7 De aluminiumkringloop in de verpakkingsketen

(6. herverwerking gebruikte verpakkingen;
a. grondstoffen voor verpakkingsmateriaal; b. verpakkingsmateriaal; c. verpakking;
d. verpakte produkten; e. gebruikte verpakking; f. herverwerkte verpakking; g. restafval;
h. alternatief produkt; i. brandstof).

Secundair aluminium kan op drie manieren worden afgezet:
in de produktie van kritische aluminiumprodukten, zoals verpakkingsmateriaal; in de produktie van de grondstof voor hoogwaardige aluminiumsoorten (onder andere in de automobielsector en voor verpakkingsmateriaal); of in de produktie van de grondstof voor minder hoogwaardige aluminiumsoorten (bijvoorbeeld toepassingen in de bouw).



Figuur 8 De drankenkartonkringloop in de verpakkingsketen

(6. herverwerking gebruikte verpakkingen;
a. grondstoffen voor verpakkingsmateriaal; b. verpakkingsmateriaal; c. verpakking;
d. verpakte produkten; e. gebruikte verpakking; f. herverwerkte verpakking; g. restafval;
h. alternatief produkt; i. brandstof).

Drankenkartons zijn samengestelde verpakkingen bestaande uit karton/polyetheen of karton/aluminium/polyetheen. De secundaire materialen uit herverwerkt drankenkarton kunnen op zes manieren worden afgezet. Allereerst in de produktie van verpakkingsmaterialen in de vorm van karton, polyetheen of aluminium; in de produktie van de grondstoffen voor de oorspronkelijke verpakkingsmaterialen (karton, Aluminium, PE); of in de produktie van grondstoffen voor alternatieve materiaaltoepassingen. Tenslotte kunnen karton en PE direct in de produktie van een alternatief produkt buiten de verpakkingsketen om ingezet worden (bijvoorbeeld hygiënisch papier respectievelijk klerenhangers) of als brandstof.

Selectie van de te ontwikkelen droge deeltjesscheidingstechnieken

Referentienummer 92-381
Dossiernummer 112322-24070
Datum februari 1993
NP

Auteur
Ir. A. Ansems
Ir. J.H. Ekkelenkamp
Dr. J. Quakernaat
C. Verschut

Trefwoorden
- afvalstoffen
- verwerking
- onderzoeksprogramma
- deeltjesscheiding
- technologieën

Bestemd voor
Ministerie van VROM
Postbus 450
2260 MB Leidschendam

Voorwoord

De technologie-ontwikkeling wordt als een noodzaak onderkend om een sterke verhoging van het hergebruik van secundaire materialen te bewerkstelligen.
De afdeling specifieke Afvalstoffen (S), voorheen Verwijderingstechnologie (VT) van de Directe Afvalstoffen (A) van het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (VROM) tracht met behulp van het Project T-2000 onderzoek naar en de ontwikkeling van verwerkingstechnologieën te stimuleren. Een van de geselecteerde (typen), verder te ontwikkelen, technologieën is 'deeltjesscheiding'. De afdeling S heeft aan TNO, Instituut voor Milieu- en Energietechnologie (IMET) de opdracht gegeven uit de groep droge technieken een selectie te maken. De keuze is met name gebaseerd op de toepasbaarheid bij de verwerking van een belangrijk aantal prioritaire afvalstromen of fracties daaruit.

Duidelijk is dat de techniekenkeuze, de aard van de toe te passen opwerkingsprocessen, enerzijds afhankelijk is van de eigenschappen van de vrijkomende afvalstoffen en anderzijds afhankelijk is van de erop volgende toepassingen c.q. markten. Van een zevental, in overleg met de afdeling S, geselecteerde afvalstromen zijn de karakteriseringsgegevens (de kwaliteitsbepalende eigenschappen) en de afzetmogelijkheden in beeld gebracht.
Op basis hiervan wordt in het rapport aanbevolen de technieken luchtclassificatie, tafeltechnieken en elektrostatische technieken verder te onderzoeken en te ontwikkelen.

Het TNO-onderzoeksteam
Ir. A. Ansems
Ir. J. Ekkelenkamp
Dr. J. Quakernaat
C. Verschut

Samenvatting

In dit rapport is in het kader van het T-2000 programma, een nadere selectie uitgevoerd ten behoeve van mogelijk op te starten onderzoeksprogramma's voor de ontwikkeling van droge deeltejesscheidingstechnieken, gekoppeld aan specifieke prioritaire afvalstromen.
De selectie is uitgevoerd in een tweetal fasen; in de eerste fase is een 7-tal afvalstromen nader geanalyseerd. In de tweede fase zijn twee afvalstromen geselecteerd, waarvoor onderzoeksprogramma's worden aanbevolen.

Tijdens de uitvoering van het project is de belangrijkste aandacht uitgegaan naar het spanningsveld tussen enerzijds de eigenschappen van de vrijkomende afvalstoffen en anderzijds de hergebruiksmogelijkheden c.q. markten van de gerecycelde materialen. Beide aspecten staan centraal bij de uiteindelijke keuze voor de potentiële inzet van droge deeltjesscheidingstechnieken.

Met behulp van een omvangrijke selectieprocedure, waarbij globale keuzecriteria rond de thema's afvalkarakterisering, droge deeltjesscheidingstechnieken en afzetperspectieven zijn gegroepeerd, is in eerste instantie een zevental afvalstromen geselecteerd. Hiervan vallen er zes onder de categorie produktafval en één onder de categorie procesafval. In onderstaande tabel worden de geselecteerde afvalstromen nader aangeduid. Tevens is hierbij aangegeven wat de omvang van de stromen is.

De geselecteerde afvallen voor de nadere selectieprocedure

Afvalstroom	Hoeveelheid (ton/jaar)	Produkt-/procesafval
bouw- en sloopafval	12.200.000	produktafval
verpakkingsafval	2.127.000	produktafval
kunststofafval	722.000	produktafval
straalgrit	100.000	procesafval
witgoed	85.000	produktafval
kabelafval	54.000	produktafval
bruingoed	30.000	produktafval

Vervolgens is per stroom de materiële samenstelling bepaald en zijn de relevante fysische en chemische deeltjeseigenschappen aangegeven (karakterisering). Daarna is onderzocht welke kwaliteitsaspecten een rol spelen en welke potentiële afzetmarkten reeds beschikbaar zijn of gecreëerd kunnen worden. Tenslotte wordt een aantal droge deeltjesscheidingstechnieken beschreven en is aangegeven wat de huidige en toekomstige toepasbaarheid voor specifieke afvalstromen is.

Hierna zullen de verschillende aspecten van het beschreven spanningsveld kort worden toegelicht.

Karakterisering
In de geselecteerde afvalstromen zijn dominant aanwezige materialen(klassen) te onderkennen.
Voor de zeven geselecteerde afvalstromen zijn het de volgende materialen(klassen):

- silicaten (bouw- en sloopafval);
- papier (verpakkingen);
- kunststoffen (verpakkingen, kabelafval, bruingoed);
- glas (verpakkingen, bruingoed);
- metalen (kabelafval, bruingoed, witgoed).

Het toepassen van droge deeltjesscheidingstechnieken in het opwerkingstraject kan slechts optimaal plaatsvinden als het dominant aanwezige materiaal in hoge mate ontsloten is van de overige materialen. Het voortraject zal mogelijk bestaan uit (afhankelijk van de aard van de afvalstroom) selectieve demontage en/of verkleining.

Kwaliteitsaspecten
De materiële samenstelling en vooral de variatie hierin, vormt de belangrijkste kwaliteitsparameter en bepaalt daarom in belangrijke mate de afzetperspectieven. De kwaliteit van het secundaire materiaal wordt hierbij als hoog verondersteld als het met een minimum aantal verdere behandelingen en minimale verliezen weer kan worden ingezet in gelijkwaardige toepassingen. Belangrijk hierbij is dat de samenstelling binnen een gedefinieerde marge ligt. Bij alle materialen is sprake van kwaliteitsachteruitgang (zowel intrinsiek als extrinsiek). De volgende kwaliteitsaspecten zijn in het bijzonder van belang voor de aanwezige materialenklasse:

- Metalen : de veelheid en diversiteit aan legeringen betekent kwaliteitsachteruitgang. Echter door middel van raffinage is het oorspronkelijke kwaliteitsniveau wederom realiseerbaar.
- Kunststoffen :extrinsieke kwaliteitsachteruitgang geschiedt door vervuiling en vermenging met andere kunststoffen en/of materialen en de grote mate van variatie in samenstelling. Intrinsieke kwaliteitsachteruitgang komt tot stand door verouderingsverschijnselen.
- Glas : de kwaliteit wordt éénduidig bepaald door de efficiëntie van de scheiding (onder andere kleur en soort) en de aard en hoeveelheid van de aanwezige verontreinigingen.
- Papier : de vezellengte en de aard van de verontreinigingen spelen een dominante rol bij vastlegging van de kwaliteitsachteruitgang.
- Steenachtige materialen : als gevolg van de intrinsieke kwaliteitsachteruitgang kunnen deze materialen veelal slechts in ongebonden toepassingen (vulstoffen) worden hergebruikt.

Afzetperspectieven
Aangezien materialen veelal volgens het 'fit to purpose' principe ontwikkeld en vervaardigd worden, vindt hergebruik veelal in de eigen keten plaats. De plaats van introductie in de eigen keten hangt sterk af van de kwaliteit van het gerecycelde materiaal. De in aanmerking komende ketens zijn hierbij voor de zeven afvalstromen opgedeeld in een samenhangende cascadestructuur, van hoogwaardig naar laagwaardig. De huidige afzetmogelijkheden buiten de eigen keten beperken zich tot nuttige toepassingen en laagwaardig hergebruik.
Gezien de gestelde taakstellingen door de overheid zal er veelal sprake zijn van een afgedwongen markt. Alleen door lage(re) prijzen en een substantiële verhoging van de kwaliteit van de secundaire materialen kunnen deze een eigen marktaandeel verwerven.
Marktpenetratie in een stabiele of afnemende markt vereist een extra pakket aan maatregelen. Daarnaast geeft het grote aanbod van verschillende primaire en secundaire materialen sterke concurrentie.
Op basis van economische overwegingen bieden extra stimulansen voor technieken ontwikkeling, primair gericht op kwaliteitsversterking en confrontatie van het bedrijfsleven met afgedwongen markten, oplossingen voor verhoging van het hergebruik.

Droge deeltjesscheidingstechnieken
De toepassing van droge deeltjesscheidingstechnieken is in het algemeen gericht op de scheiding tussen verschillende materialenklassen en/of het afscheiden van verontreinigingen. Voor de metalen en in mindere mate de kunststoffen geldt tevens dat er een scheiding mogelijk is tussen een aantal materialen binnen de klasse.
De verschillen in dichtheid, grootte, vorm en (elektro)magnetische eigenschappen vormen in hoofdzaak de basis voor scheiding en liggen ten grondslag aan de ontwikkeling van de verschillende droge deeltjesscheidingstechnieken.
Op basis van onder andere commerciële beschikbaarheid bieden tafeltechnieken en luchtclassificatie (mogelijkerwijs met enige modificaties) momenteel de meeste perspectieven.
Met betrekking tot stimulering van de ontwikkeling ervan, gericht op een brede toepasbaarheid, bieden elektrostatische technieken de meeste perspectieven.

Aanbevolen wordt om aan de hand van de afvalstromen witgoed en bouw- en sloopafval, respectievelijk uit de groep complex samengestelde produkten en uit de groep heterogeen samengestelde mengsels, de voorgestelde technieken als onderdelen van verwerkingstrajecten, verdergaand te onderzoeken en te ontwikkelen.

Abstract

The aim of this project is, within the frame of the T-2000 programme, to obtain an argumented selection, favouring the development and application of specific dry particle separation technologies for different wastes.
The selection procedure has been performed in two different stages.
The first stage, the global waste selection stage, has resulted in the selection of seven categories. These wastes are:

- demolition waste;
- packaging waste;
- plastics;
- waste cables;
- waste blast abrasive;
- end-of-life consumer electronics;
- end-of-life white goods.

In the second stage the following relevant aspects are investigated for each selected waste stream.

- Characterisation : The material composition and the relevant physical and chemical properties of the particles.
  The required pre- and postprocessing steps related to dry separation.
- Quality aspects : The quality levels of the resulting secondary materials are discussed and compared to the (higher) quality levels required for recycling of the materials.
- Markets : Problems related with the marketing of the secondary materials are discussed. For each material a closed loop cascade structure is presented.
  Prepositions for increase of the recycling of these materials are presented.
- Dry separation technologies : Several existing and some new dry separation technologies are discussed.
  Furthermore the most promising commercial available and new technologies for different waste streams are distinguished

Finally some recommendations are made with respect to the implementation and development of three dry separation techniques for processing (fractions of) two different waste streams (end-of-life white goods and demolition waste).

Inhoudsopgave

Voorwoord 2

Samenvatting 3

Abstract 6

1 Inleiding 9

2 Plan van aanpak 12

3 Selectie prioritaire afvalstromen 13
3.1 Criteria 13
3.2 Score afvalstromen aan de hand van criteria en randvoorwaarden 17
3.3 Weegfactoren en multicriteria-analyse 18

4 Karakterisering stromen 24
4.1 Algemeen 24
4.2 Hoeveelheden 25
4.3 Samenstelling 25
4.4 Voortraject 26
4.5 Materiaaleigenschappen 30

5 Kwaliteitsaspecten 31
5.1 Inleiding 31
5.2 De metalen 32
5.3 Kunststoffen 35
5.4 Glas 37
5.5 Papier 38
5.6 Hout 40
5.7 Steenachtige materialen 40

6 Afzetperspectieven 44
6.1 Inleiding 44
6.2 Ketens en deelmarkten 44
6.3 Beschrijving (potentiële) deelmarkten 45
6.3.1 Bouw- en sloopafval 45
6.3.2 Kunststofafval 47
6.3.3 Verpakkingsafval 50
6.3.4 Straalgrit 53
6.3.5 Kabelafvallen 54
6.3.6 Witgoed 56
6.3.7 Bruingoed 58
6.4 Evaluatie marktaspecten algemeen 59
6.5 Conclusies 61

7 Techniekenoverzicht en selectie 62
7.1 Droge deeltjesscheidingstechnieken 62
7.1.1 Algemeen 62
7.1.2 Techniekenoverzicht 62
7.2 Nadere selectie van de droge deeltjesscheidingstechnieken en koppeling hiervan aan de geselecteerde afvalstromen 67

8 Evaluatie 72

9 Conclusies en aanbevelingen 74

10 Verantwoording 79

Bijlage 1 *Karakterisering Bouw- en sloopafvallen*
Bijlage 2 *Karakterisering Straalgrit*
Bijlage 3 *Karakterisering Kunststofafval*
Bijlage 4 *Karakterisering Verpakkingsafval*
Bijlage 5 *Karakterisering Kabelafvallen*
Bijlage 6 *Karakterisering Witgoed*
Bijlage 7 *Karakterisering Bruingoed*
Bijlage 8 *Overzicht fysische en chemische eigenschappen per materiaalklasse*
Bijlage 9 *Zelfregulerende kringlopen verpakkingsmaterialen*

1 Inleiding

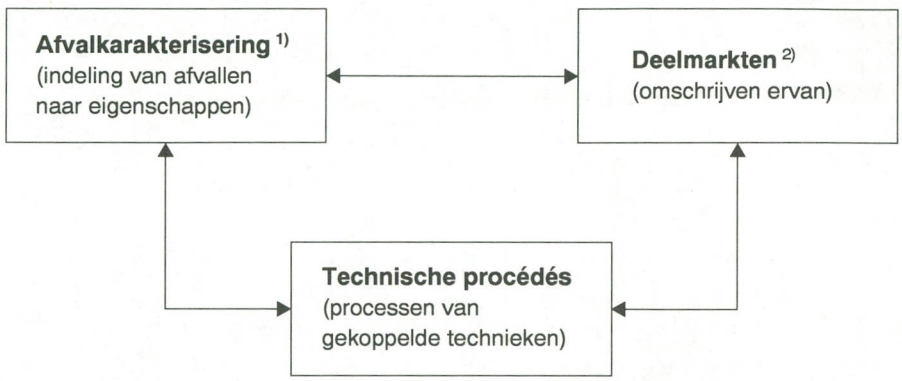
De afdeling Specifieke Afvalstoffen (S), voorheen Verwijderingstechnologie (VT) van de Directie Afvalstoffen (A) van het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (VROM) tracht met behulp van het Project T-2000 onderzoek naar en de ontwikkeling van verwerkingstechnologieën voor afvalstoffen te stimuleren. Een van de activiteiten hierbij is het opstellen van een meerjarenprogramma voor verwerkingstechnieken van afvalstoffen. Fase 1 van het onderzoek is reeds afgesloten. Deze fase omvatte de selectie van verwerkingstechnologieën, waaraan in het op te stellen onderzoekprogramma prioriteit zal worden gegeven. Een van de geselecteerde (typen) technologieën is 'deeltjesscheiding'.

In principe omvat deeltjesscheiding zowel droge als natte technieken. Voorbeelden van droge technieken zijn automatisch sorteren, (wind)ziften, ballistiek, triltafeltechnieken, Eddy-currentscheiding, elektrostatische scheiding, herkenningstechnieken. De groep droge technieken omvat deeltjesscheiding op basis van verschil in grootte, vorm, dichtheid en elektromagnetische eigenschappen. De afdeling S heeft aan TNO, Instituut voor Milieu- en Energietechnologie (IMET) de opdracht gegeven uit de groep droge technieken een selectie te maken. Het doel van het project is het selecteren van te ontwikkelen droge deeltjesscheidingstechnieken op basis van een uitgevoerde knelpuntenanalyse, gegeven enkele demonstratiestromen vaste afvalstoffen uit de 29 prioritaire afvalstoffen. Het onderhavige onderzoek wordt opgevat als een definitiestudie.

Na preventie krijgt hergebruik van afvalstoffen de hoogste prioriteit in het beleid van de nationale overheid. Hergebruik is mogelijk als na gescheiden inzameling en eventueel verwerking/opwerking van afvalstoffen, de afgescheiden materialen bepaalde toepassingen, c.q. markten vinden. Door het vinden van meer afzetmogelijkheden en/of creëren van afzetperspectieven, zullen verscheidene afvallen een toepassing vinden. Wat betreft toepassing zijn de volgende opties in het geding:

- Hergebruik in dezelfde keten
- Hoogwaardig hergebruik in andere ketens
- Laagwaardig hergebruik in toepassingen waarvoor dezelfde specifieke materialen worden toegepast
- Nuttige toepassing
- Energetische benutting

Duidelijk is dat de techniekenkeuze, de aard van de toe te passen opwerkingsprocessen, enerzijds afhankelijk is van de eigenschappen van de vrijkomende afvalstoffen en anderzijds afhankelijk van de erop volgende toepassingen, c.q. markten. Dit maakt dat de hierna gepresenteerde driehoeksverhouding verder inhoud gegeven zal moeten worden.



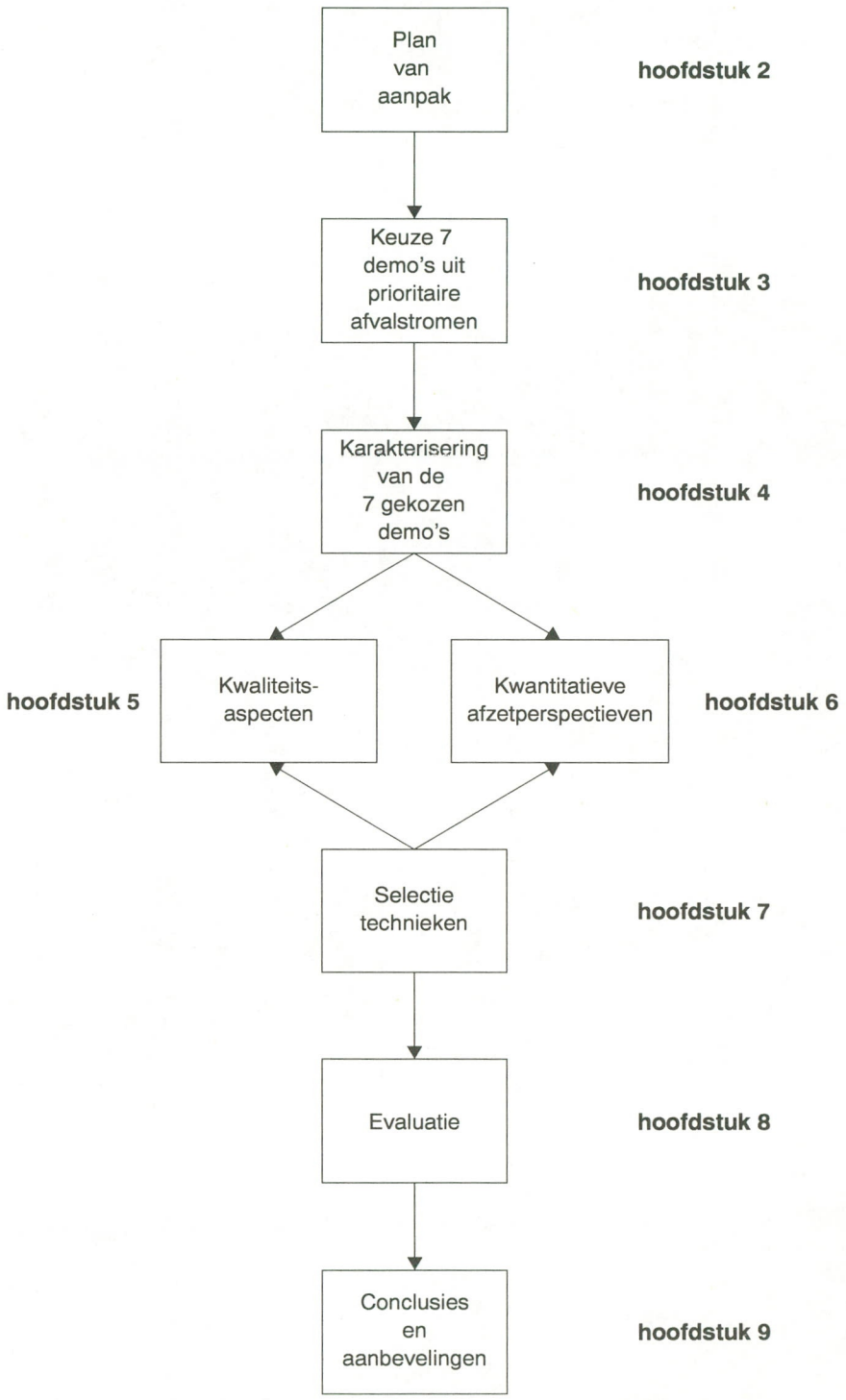
1) Behalve dat er sprake is van afvallen, kan het eveneens gaan om gedegradeerde produkten, die na upgrading dezelfde toepassing (dus afzet in dezelfde markt) krijgen.

2) Het betreft hier eveneens produkten die na upgrading, eventueel voorzien van de nieuwste technologische ontwikkeling, weer een (uitgebreidere) toepassing/functie krijgen.

De geschetste onlosmakelijke driehoeksverhouding is in de onderhavige bureaustudie verder uitgewerkt. De resultaten van deze studie vormen een onderdeel van het keuzeproces en onderbouwen de uiteindelijke keuze voor specifiek te onderzoeken deeltjesscheidingstechnieken.

Na deze inleidende woorden volgt in hoofdstuk 2 het plan van aanpak. Het selectieproces om te komen tot een groep van 7 verder te onderzoeken prioritaire afvalstromen wordt in hoofdstuk 3 beschreven. De karakterisering is in hoofdstuk 4 geanalyseerd.
De kwalitatieve eigenschappen van de beschouwde stromen spelen een belangrijke rol. Aspecten die deze eigenschappen beïnvloeden zijn in hoofdstuk 5 uitgewerkt. De potentiële afzetmarkten van de onderzochte stromen zijn in hoofdstuk 6 nader omschreven. Het techniekenoverzicht en de nagestreefde selectie volgen in hoofdstuk 7. De evaluatie geschiedt in hoofdstuk 8 en de conclusies en aanbevelingen volgen tenslotte in hoofdstuk 9.
In figuur 1.1 zijn de relaties tussen de verschillende hoofdstukken weergegeven.

Selectie van de te ontwikkelen droge deeltjesscheidingstechnieken



Figuur 1.1 Keuzeproces technieken

2 Plan van aanpak

Het keuzeproces omvat een route die leidt tot de selectie van 2 à 3 demonstratiestromen (uit de 29 prioritaire afvalstromen), die gebruikt worden voor de ontwikkeling van een paar groepen specifieke droge deeltjesscheidingstechnieken.
Aan de hand van nader omschreven criteria met betrekking tot de thema's afvalstroomkarakterisering, afzetmarkten, droge scheidingsprocédé's en door VROM geformuleerde additionele beleidsrandvoorwaarden, wordt een selectieprocedure doorlopen. Een uitgevoerde multicriteria-analyse onderscheidt zeven afvalstromen, waarvan de keuze is afgestemd met VROM.

Van deze zeven stromen worden de karakterisering en de potentiële afzetmarkten nader onderzocht. De karakterisering zal hoofdzakelijk gebaseerd zijn op bestaande gegevens. Het betreft met name vrijkomende hoeveelheden, samenstellingen, noodzakelijke voorbewerking (demontage, verkleinen, etc.) en de fysische en chemische eigenschappen van de verkregen deeltjes in de beschouwde afvalstromen. Bij de verkenning van potentiële deelmarkten zal met name aandacht geschonken worden aan de prijs/kwaliteit-verhouding. Dit wordt deels verkregen door de analyse en evaluatie van het reeds bereikte hergebruiksgehalte van de diverse stromen. Daarnaast zal het potentiële additionele hergebruik nader bestudeerd worden. Uiteraard streeft men hierbij naar zoveel mogelijk hoogwaardige kringloopsluiting. Karakterisering en afzetanalyses geven indicaties van de beschikbare kwaliteit, haalbare kwaliteit en de vereiste kwaliteit van de beschouwde prioritaire stromen.

Beheersing van het alom dreigende kwaliteitsverlies wordt tegengegaan door de keuze voor de meest geëigende inzamelstructuur, in combinatie met de inzet van de noodzakelijke droge deeltjesscheidingstechnologie. Alvorens een technieken-keuze te kunnen maken is een geordende indeling van de beschikbare droge technieken gemaakt. De inventarisatie geeft eveneens inzicht in de toepassingsmogelijkheden (de reikwijdte ervan) en de potentieel optredende technische knelpunten. De verkregen inzichten in de kwaliteitsbeïnvloedende parameters en de inzetmogelijkheden van de verschillende droge technieken geven richting in de keuze van verder te ontwikkelen technieken.

Met behulp van een multicriteria-analyse zal uit het overzicht van de droge technieken een nadere selectie gemaakt worden. De weging geschiedt met behulp van facetten uit de thema's karakterisering afvalstromen, potentiële afzet en kwaliteitsbeheer materiaaleigenschappen. In samenspraak met VROM zal na de keuze van het deelgebied 'droge deeltjesscheiding' de selectie van twee demonstratiestromen plaatsvinden. De keuze uit zeven stromen houdt in principe een kansen/knelpunten-analyse in. Een evaluatie leidt tot de uiteindelijke keuze. Beleidsuitgangspunten spelen hierbij een belangrijke rol.

3 Selectie prioritaire afvalstromen

Hierna zijn een aantal selectiecriteria geformuleerd, die richting geven aan de selectie van de nader te onderzoeken 7 afvalstromen.
De criteria zijn gegroepeerd rond de in het onderzoeksvoorstel aangegeven thema's afvalkarakterisering, droge deeltjesscheidingstechnologie en deelmarkten van de gescheiden afvalstromen.
Vervolgens is een overzicht gegeven van een aantal afvallen die in principe in aanmerking kunnen komen voor droge deeltjesscheiding. Deze afvallen zijn geselecteerd uit onder andere de lijst van 75 afvalstromen zoals geformuleerd in het 'Werkrapport TNO/RIVM-activiteiten in het kader van het project T-2000' en de 29 prioritaire afvalstromen.

In de hierna volgende tabel 3.1 zijn de criteria middels ++, +, +-, - of -- aan de verschillende afvalstromen getoetst. Het betreft hier slechts een globale indicatie en weegfactoren zijn niet in tabel 3.1 vermeld. De criteria zijn aangevuld met enkele mogelijk relevante randvoorwaarden die, indien noodzakelijk, onder de tabel van enige toelichting zijn voorzien.

3.1 Criteria

Het formuleren van criteria ten behoeve van het selecteren van afvalstromen voor onderzoek hangt nauw samen met de doelstelling van het voorgenomen onderzoek. Men dient zich te realiseren dat door toetsing van afvalstromen aan criteria een bewuste sturing plaatsvindt. Derhalve dient vóór toetsing vast te staan welk ideaal beeld men heeft van afvalstromen, die in aanmerking komen voor onderzoek met droge deeltjestechnologie.
Zoals eerder aangegeven zijn de criteria gegroepeerd rond de in het onderzoeksvoorstel aangegeven thema's afvalkarakterisering, droge deeltjesscheidingstechnologie en deelmarkten van de gescheiden afvalstromen. Navolgend wordt per thema aangegeven welke kenmerken een kansrijke afvalstroom dient te bezitten om geselecteerd te kunnen worden.

A Afvalkarakterisering
Binnen dit thema is de redenering dat die afvalstromen de meeste kans hebben om geselecteerd te worden
- waarvoor thans nog onvoldoende mogelijkheden voor hergebruik en nuttige toepassing bestaan;
- waarvoor vanwege hoge verwijderingskosten in financieel opzicht kansen bestaan om droge deeltjesscheiding toe te passen;
- die nog niet zijn ondergebracht in een lekvrije verwijderingsstructuur en waarvoor door middel van technologisch onderzoek gezamenlijk met de producenten, ontdoeners en/of andere bij de afvalstroom betrokken partijen kansen worden geboden om op termijn een dergelijke structuur te realiseren;
- die gelet op het bovenstaande duidelijk kunnen worden geïdentificeerd met de producent van de afvalstoffen;
- die verspreid in Nederland vrijkomen;
- die vanwege de omvang (tonnen/jaar) een wezenlijke stempel drukken op de eindverwerkingscapaciteit;

- die vanwege de eigenschappen zich het meest lenen voor toepassing van droge deeltjesscheiding;
- waarover voldoende informatie bekend is om verantwoorde toetsing aan de criteria te doen plaatsvinden.

B Scheidingstechnologie
Binnen dit thema is de redenering dat die afvalstromen de meeste kans hebben om geselecteerd te worden
- waarvoor ingeschat wordt dat met geringe inspanning droge deeltjestechnologie kan worden toegepast. Dit wil zeggen dat voor de bewerking van de bewuste afvalstoffen geen extra voorzieningen benodigd zijn anders dan de deeltjestechnologie, opdat voldoende rendement kan worden behaald. Inschatting kan plaatsvinden aan de hand van bevindingen met toegepaste scheidingstechnologieën op qua karakterisering soortgelijke afvalstromen;
- waarvoor de indruk bestaat dat eventuele knelpunten die gepaard gaan met het toepassen van een technologie eenvoudig wegneembaar zijn;
- waarvoor het afscheidingsrendement van de deeltjestechnologie met geringe inspanning kan worden verhoogd;
- waarvoor bij toepassing van de eventueel verbeterde deeltjestechnologie de huidige milieubelasting aanzienlijk verbetert;
- waarvan de verwachting is dat de kosten van toepassing van droge deeltjestechnologie laag zijn;
- waarover voldoende informatie bekend is om verantwoorde toetsing aan de criteria te doen laten plaatsvinden.

C Deelmarkten
Binnen dit thema is de redenering dat die afvalstromen de meeste kans hebben om geselecteerd te worden
- die na toepassing van droge deeltjestechnologie maximaal hergebruik van componenten mogelijk maken;
- die bij toepassing van de droge deeltjestechnologie hooguit reststoffen opleveren, die onder normale condities kunnen worden verbrand danwel gestort;
- waarvan de verkregen componenten met geringe inspanning afzetbaar zijn tegen positieve opbrengsten;
- waarover voldoende informatie bekend is om verantwoorde toetsing aan de criteria te doen laten plaatsvinden.

Hierna zijn groepsgewijs de gehanteerde criteria voor 'afvalkarakterisering', 'scheidingstechnologie' en 'deelmarkten' beschreven.

A Afvalkarakterisering

-1- Voldoende informatie beschikbaar
(onder andere informatiedocument etc.);
score: (++) = ruim voldoende, (+) = voldoende, (+-) = matig,
(-) = onvoldoende, (--) = vrijwel niets

-2- Verandering van huidige verwijderingstraject gewenst als gevolg van onvoldoende mogelijkheden tot hergebruik c.q. nuttige toepassingen;
score: (++) = noodzakelijk, (+) = zeer gewenst, (+-) = gewenst,
(-) = niet noodzakelijk, (--) = niet gewenst

-3- Verandering van huidige verwijderingsmethode gewenst als gevolg van huidige hoge verwijderingskosten;
score: (++) = noodzakelijk, (+) = zeer gewenst, (+-) = gewenst, (-) = niet echt noodzakelijk, (--) = niet gewenst

-4- Totale hoeveelheid vrijkomend (ton/jaar);
score: (++) > 5.000.000, (+) > 500.000, (+-) > 50.000, (-) > 5.000, (--) < 5.000

-5- Inschatting van de mogelijkheid om op grond van verschillen in vorm, grootte/dichtheid, magnetische en elektrische eigenschappen, droge deeltjesscheidingstechnieken toe te passen op de desbetreffende afvalstroom
score: (++) = zeer kansrijk, (+) = kansrijk, (+-) = mogelijk, (-) = weinig zinvol, (--) = af te raden

-6- Reeds beschikbare verwijderingsstructuur
score: (--) = onmogelijk realiseerbaar,(-) = reeds lekvrij aanwezig, (+-) = reeds aanwezig (> 50% rendement), (+) = reeds aanwezig echter rendement < 50%, (++) = niet aanwezig op genoemde afvalstroom, doch in principe realiseerbaar.

-7- Procesafval of produktafval
score: (++) = procesafval en (--) = produktafval

-8- Herkomst: verspreide bronnen of geconcentreerde bronnen
score: (--) = verspreid en (++) is geconcentreerd

B Scheidingstechnologie

-1- Voortraject (bijvoorbeeld ontmantelen en/of verkleinen) en/of natraject (bijvoorbeeld natmechanische, chemische, thermische en/of hydrometallurgische opwerking) noodzakelijk
score: (++) = niet noodzakelijk, (+) = een enkele extra processtap noodzakelijk, (+-) = alleen voortraject noodzakelijk, (-) = alleen natraject noodzakelijk, (--) = zowel voor- en natraject noodzakelijk.

-2- Inschatting van de huidige beschikbaarheid van specifieke droge deeltjesscheidingstechnologie
score: (++) = technologie wordt toegepast op betreffende afvalstroom, (+-) = technologie wordt toegepast, echter op andere afvalstroom, (+-) = technologie in ontwikkeling, (--) = kansloos om specifieke droge deeltjesscheidingstechnologie te ontwikkelen.

-3- Inschatting van de kosten van de specifieke scheidingstechnologie
score: (++) = erg laag, 1 eenvoudige scheidingsstap, (+) = laag, (+-) = matig, (-) = vrij hoog, (--) = zeer hoog.

-4- Voldoende informatie beschikbaar
(onder andere informatiedocument etc.)
score: (++) = ruim voldoende, (+) = voldoende, (+-) = matig,
(-) = onvoldoende, (--) = vrijwel niets

-5- Knelpunten droge deeltjesscheidingstechnologie
(betreft knelpunten ten aanzien van verschil in vorm, grootte/dichtheid, magnetisme en elektrische eigenschappen van deeltjes)
score: (++) = makkelijk wegneembare knelpunten, (+) = wegneembare knelpunten, (+-) = met moeite wegneembare knelpunten (-) = moeilijk wegneembare knelpunten, (--) = zeer moeilijk wegneembare knelpunten.

-6- Rendementen droge deeltjesscheidingstechnologie
score: (++) = laag doch verbeterbaar, (+) = hoog doch verbeterbaar, (-) = laag, doch niet verbeterbaar, (--) = hoog, doch niet verbeterbaar.

-7- Verandering van de droge deeltjesscheidingstechnologie is gewenst om huidige milieubelasting aanzienlijk te verminderen
(indien toepasbaar)
score: (++) = noodzakelijk, (+) = zeer gewenst, (+-) = gewenst,
(-) = niet noodzakelijk, (--) = niet gewenst, (+-) = niet van toepassing)

C Deelmarkten

-1- Inschatting van het percentage her te gebruiken materialen
score: (++) = conform taakstelling, (+) = > 75% taakstelling,
(+-) = > 50% taakstelling, (-) = > 25% taakstelling,
(--) = < 25%

-2- Inschatting van de kwaliteit van de her te gebruiken materialen
score: (++) = hergebruik in dezelfde keten, (+) = hoogwaardig hergebruik in andere keten, (+-) = laagwaardig hergebruik in toepassingen waar voor dezelfde materiaalsoort wordt gebruikt, (-) = nuttige toepassing, (--) = energetische benutting

-3- Aard en verwerking van resterende afvalstoffen
score: (++) = normaal storten/verbranden. (+) = tijdelijke opslag, (+-) = immobilisatie, (-) = gecontroleerd verbranden of gecontroleerd storten (chemisch afval)

-4- Volume van de potentiele deelmarkten (ton/jaar)
score: (++) > 5.000.000, (+) > 500.000, (+-) > 50.000,
(-) > 5.000, (--) < 5.000

-5- Gemiddelde baten van de potentieel deelmarkten (*f*/kg)
score: (++) = > *f* 5.00, (+) = > *f* 2.50, (+-) = > *f* 1.00, (-) = < *f* 1.00, (--) = er moet geld worden bijgelegd

-6- Voldoende informatie beschikbaar
(onder andere informatiedocument etc.)
score: (++) = ruim voldoende, (+) = voldoende, (+-) = matig,
(-) = onvoldoende, (--) = vrijwel niets

3.2 Score afvalstromen aan de hand van criteria en randvoorwaarden

In tabel 3.1 is van de in aanmerking komende afvalstromen een overzicht gegeven van de in de vorige paragraaf geformuleerde criteria rond de thema's karakterisering, scheidingstechnieken en deelmarkten. De daarbij behorende scores zijn tevens in de tabel aangegeven.
Vervolgens is aangegeven of er sprake is van bijzondere randvoorwaarden. Hierbij is onderscheidt gemaakt tussen categorie A en B. De verklaringen van A en B zijn als volgt:

A.1 Er bestaan reeds afspraken met betrokkenen middels implementatieplan of andere overeenkomsten (■).
A.2 Implementatieplan in voorbereiding (●).
A.3 Convenant in voorbereiding (▲).
B. De huidige knelpunten moeten op andere wijze worden opgelost (bijvoorbeeld lekvrije inzamelingsstructuur);
   1. knelpunt voornamelijk van financiële aard,
   2. knelpunt voornamelijk bij inzamelstructuur,
   3. taakstelling hergebruik 0%,
   4. regeling via KWS 2000.

Tabel 3.1 Score aan de hand van de geformuleerde criteria ten behoeve van de selectie van afvalstromen

	Karakterisering								Scheidingstechn.							Deelmarkten						Randv.	
Criterium nummer	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**A**	**B**
Procesafval																							
jarosiet	++	+-	+-	+-	-	++	++	++	-	--	-	+	-	-	+-	-	-	-	-	--	+-		
verbrandingsslak	++	+-	-	+	+-	+-	++	++	-	+-	+-	+	+-	++	+-	+	-	-	+-	-	+	●	
vliegas	++	+-	--	+	-	+-	++	++	-	--	+-	+	-	-	+-	++	-	-	+	--	+-	●	
straalgrit	++	+-	+-	+-	+	+	++	--	+	++	--	+	+-	++	+	+-	++	-	-	-	+-	●	
shredderafval	+	+-	+	+-	+	+-	++	++	++	++	-	+	+-	-	+	-	-	-	--	--	-	■	
ziekenhuisafval	--	-	+-	+-	-	+	++	++	-	--	-	+	-	-	-	-	--	++	--	--	-		3
scheepsafval	-	+-	+-	+-	-	+	++	--	-	++	-	-	-	-	+-	-	-	++	--	-	-	■	3
hl. klwst.h.afval	++	+-	+	+-	--	+-	++	--	--	--	--	+-	--	-	+-	++	-	++	-	--	+		4
Produkt afval																							
kunststofafval	+-	--	+-	+	+	++	++	--	-	++	-	+	+-	++	++	+	+-	++	+-	-	+-	▲	
KWD-afval	+-	+	+-	+	+	+	--	--	-	++	+-	+-	+-	++	+	+	+-	++	+	+-	+-		
afgedankte kabels	++	+-	+-	+-	++	+-	--	--	+-	+-	+-	+	+	+	+-	+	++	+	+-	+	+		
bouw- en sloopafval	++	+-	+-	++	+	+-	--	--	+	++	+-	+	+	+	+	+	++	++	++	-	+	■	
huishoudelijk afval	+	+-	+-	++	+	+	++	--	+-	++	+	+-	+-	++	++	+-	+-	++	+	-	+-	■	
autowrakken	+	+-	-	+	+	+-	--	--	+-	++	-	+	+	+	+	+	+	-	+-	-	+-	■	
autobanden	+	+-	-	+-	+	+-	--	++	+	+-	+-	+	+	+	+-	++	+-	++	-	-	+-	■	
batterijen	++	+	++	--	-	+	--	++	--	--	--	+	+-	-	+-	+	-	-	--	--	+-	■	
bruingoed	+	++	+-	+-	+	++	--	--	--	++	-	+	+-	++	++	+	+	-	+-	-	+-	●	
witgoed	+	++	+-	+-	+	++	--	--	--	++	+-	+	+-	++	++	+	++	-	+-	-	+-	●	
condensatoren	-	+-	+-	--	+-	++	--	--	+-	++	-	+-	+-	-	+-	+	+	-	--	--	+-		
gasontladingslampen	+-	+-	+-	-	+	+	--	--	+-	+-	+-	+-	+-	++	+-	+	+-	-	--	-	+-		2
kwikgevulde thermom.	-	+-	+	--	+	+	--	--	+-	--	-	+-	+-	-	-	+	+-	-	--	-	+-		
tapijten	--	+-	-	+-	-	+	--	--	+-	++	+-	+-	+-	++	+	+-	-	++	-	-	-		
wegwerpartikelen	+-	+-	-	+-	-	+	--	--	+-	++	+-	+-	+-	++	++	+-	-	++	-	--	+-		
meubelen	--	+-	-	+-	+-	+	--	--	+-	++	+-	-	+	++	+-	+-	+-	++	-	-	+-		
verpakkingsafval	+	+	-	+	+-	+	--	--	+-	++	+-	+	+	++	+	+-	+-	++	+	-	+	■	
glas	+	-	-	+-	-	+-	--	--	+	+-	+-	+	+	+	+-	+-	++	++	+-	-	++	■	
papier/karton	+	+-	-	+	-	+-	-	--	+	+-	+	+	+	+	+-	+-	+	++	+	-	++		

3.3 Weegfactoren en multicriteria-analyse

Om tot een nadere selectie te komen van een 7-tal afvalstromen is in deze paragraaf een multicriteria-analyse uitgevoerd.
Hiertoe is in eerste instantie een gewicht toegekend aan de in tabel 3.1 gepresenteerde criteriascores.

De zwaarte per criterium wordt hierbij gelijkgesteld. Daarnaast zijn de volgende gewichten aan de scores gegeven: ++: 5 punten
+ : 4 punten
+- : 3 punten
- : 2 punten
-- : 1 punt

Vervolgens is in samenwerking met VROM een criteria indeling gemaakt naar vier velden. De resultaten hiervan zijn als volgt.

- technisch (criteria A5, B1, B2, B5, B6)
- milieuhygiënisch (criteria A2, A4, A6, A7, B7, C1, C2, C3, C4)
- economisch (A3, B3, C5)
- overig (A11, A8, B4, C6)

De resultaten van deze indeling zijn vervolgens in tabel 3.2 weergegeven.

Tabel 3.2 Score overzicht naar thema's (3) en velden (4) ten behoeve van de selectie van afvalstromen

	Karakterisering (A)								Scheidingstechn. (B)							Deelmarkten(C)						Velden			
Criterium nummer	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**T**	**M**	**E**	**O**
Procesafval																									
jarosiet	5	3	3	3	2	5	5	5	2	1	2	4	2	2	3	2	2	2	2	1	3	9	27	6	17
verbrandingsslak	5	3	2	4	3	3	5	5	2	3	3	4	3	5	3	4	2	2	3	2	4	16	29	7	18
vliegas	5	3	1	4	2	3	5	5	2	1	3	4	2	2	3	5	2	2	4	1	3	9	31	5	17
straalgrit	5	3	3	3	4	4	5	1	4	5	1	4	3	5	4	3	5	2	2	2	3	21	31	6	13
shredderafval	4	3	4	3	4	3	5	5	5	5	2	4	3	2	4	2	2	2	1	1	2	19	25	7	15
ziekenhuisafval	1	2	3	3	2	4	5	5	2	1	2	4	2	2	2	2	1	5	1	1	2	9	25	6	12
scheepsafval	2	3	3	3	2	4	5	1	2	5	2	2	2	2	3	2	2	5	1	2	2	13	28	7	7
hl. klwst.h.afval	5	3	4	3	1	3	5	1	1	1	1	3	1	2	3	5	2	5	2	1	4	6	31	6	13
Produkt afval																									
kunststofafval	3	5	3	4	4	5	1	1	2	5	2	4	3	5	5	4	3	5	3	2	3	19	35	7	11
KWD-afval	3	4	3	4	4	4	1	1	2	5	3	3	3	5	4	4	3	5	4	3	3	19	35	9	10
afgedankte kabels	5	3	3	3	5	3	1	1	3	3	3	4	4	4	3	4	5	4	3	4	4	19	29	10	14
bouw- en sloopafval	5	3	3	5	4	3	1	1	4	5	3	4	4	4	4	4	5	5	5	2	4	21	35	8	14
huishoudelijk afval	4	3	3	5	4	4	1	1	3	5	4	3	3	5	5	3	3	5	4	2	3	20	33	9	11
autowrakken	4	3	2	4	4	3	1	1	3	5	2	4	4	4	4	4	4	2	3	2	3	20	28	6	12
autobanden	4	3	2	3	4	3	1	5	4	3	3	4	4	4	3	5	3	5	2	2	9	19	28	9	16
batterijen	5	4	5	1	2	4	1	5	1	1	1	4	3	2	3	4	2	2	1	1	3	9	22	7	17
bruingoed	4	5	3	3	4	5	1	1	1	5	2	4	3	5	5	4	4	2	3	2	3	18	32	7	12
witgoed	4	5	3	3	4	5	1	1	1	5	3	4	3	5	5	4	5	2	3	2	3	18	33	8	12
condensatoren	2	3	3	1	3	5	1	1	3	5	2	3	3	2	3	4	4	2	1	1	3	16	24	6	9
gasontladingslampen	3	3	3	2	4	4	1	1	3	3	3	3	3	5	3	4	3	2	1	2	3	18	23	8	10
kwikgevulde thermom.	2	3	4	1	4	4	1	1	3	1	2	3	3	2	2	4	3	2	1	2	3	13	21	8	9
tapijten	1	3	2	3	2	4	1	1	3	5	3	3	3	5	4	3	2	5	2	2	2	18	27	7	7
wegwerpartikelen	3	3	2	3	2	4	1	1	3	5	3	3	3	5	5	3	2	5	2	1	3	18	28	6	10
meubelen	1	3	2	3	3	4	1	1	3	5	3	2	4	5	3	3	3	5	2	2	3	20	27	7	7
verpakkingsafval	4	4	2	4	3	4	1	1	3	5	3	4	4	5	4	3	3	5	4	2	4	20	32	7	13
glas	4	2	2	3	2	3	1	1	4	3	3	4	4	4	3	3	5	5	3	2	5	17	28	7	14
papier/karton	4	3	2	4	2	3	1	1	4	3	4	4	4	4	3	3	4	5	4	2	5	17	30	8	14

Aan de hand van deze tabel is vervolgens een correctie uitgevoerd ten aanzien van het aantal criteria per criteriaveld (anders zouden criteriavelden met veel criteria onevenredig zwaar wegen).
Vervolgens is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd met een 6-tal gevoeligheidsscenario's. Hierbij zijn de relatieve gevoeligheden tussen de 4 velden als volgt geselecteerd (tabel 3.3). Hierbij wordt vooral nader bekeken wat de relatieve invloeden zijn van de criteria 'technische en milieuhygiënische'.

Tabel 3.3 Indeling gestelde criteria en formulering gevoeligheidsscenario's

Indeling van de verschillende gestelde criteria										Gevoeligheidsscenario's					
Groep	Criteria									1	2	3	4	5	6
Technisch	A5	B1	B2	B5	B6					70%	0%	35%	40%	25%	50%
Milieuhygiënisch	A2	A4	A6	A7	B7	C1	C2	C3	C4	0%	70%	40%	35%	25%	50%
Economisch	A3	B3	C5							15%	15%	15%	15%	25%	0%
Overig	A1	A8	B4	C6						5%	5%	5%	5%	25%	0%
Totaal										100%	100%	100%	100%	100%	100%

Aan de hand van tabel 3.2 en 3.3 wordt vervolgens een correctie uitgevoerd ten aanzien van het aantal criteria per veld en vindt de gevoeligheidsanalyse voor de 6 scenario's plaats. De resultaten van de correctie en de gevoeligheidsanalyse staan vermeld in tabel 3.4

Tabel 3.4 Correctie gevoeligheidsanalyse ten behoeve van de selectie van afvalstromen

	voor correctie:				na correctie:				gevoeligheidsanalyse per scenario					
Criterium veld	T	M	E	O	T	M	E	O	1	2	3	4	5	6
Procesafval														
jarosiet	9	27	6	17	1.80	3.00	2.00	4.25	1.77	2.61	2.34	2.28	2.76	2.40
verbrandingsslak	16	29	7	18	3.20	3.22	2.33	4.50	2.81	2.83	2.98	2.98	3.31	3.21
vliegas	9	31	5	17	1.80	3.44	1.67	4.25	1.72	2.87	2.47	2.38	2.79	2.62
straalgrit	21	31	6	13	4.20	3.44	2.00	3.25	3.40	2.87	3.31	3.34	3.22	3.82
shredderafval	19	25	7	15	3.80	2.78	2.33	3.75	3.24	2.53	3.02	3.07	3.17	3.29
ziekenhuisafval	9	25	6	12	1.80	2.78	2.00	3.00	1.71	2.39	2.19	2.14	2.40	2.29
scheepsafval	13	28	7	7	2.60	3.11	2.33	1.75	2.25	2.61	2.59	2.56	2.45	2.86
hl. klwst.h.afval	6	31	6	13	1.30	3.44	2.00	3.25	1.44	3.01	2.40	2.28	2.50	2.37
Produkt afval														
kunststofafval	19	35	7	11	3.80	3.89	2.33	2.75	3.14	3.20	3.37	3.36	3.19	3.85
KWD-afval	19	33	9	10	3.80	3.67	3.00	2.50	3.29	3.20	3.43	3.43	3.24	3.74
afgedankte kabels	19	29	10	14	3.80	3.22	3.33	3.50	3.43	3.03	3.39	3.42	3.46	3.51
bouw- en sloopafval	21	35	8	14	4.20	3.89	2.67	3.50	3.64	3.41	3.72	3.73	3.56	4.05
huishoudelijk afval	20	33	9	11	4.00	3.67	3.00	2.75	3.45	3.22	3.53	3.55	3.35	3.84
autowrakken	20	28	6	12	4.00	3.11	2.00	3.00	3.33	2.70	3.17	3.21	3.02	3.56
autobanden	19	28	9	16	3.80	3.11	3.00	4.00	3.30	2.81	3.21	3.24	3.47	3.46
batterijen	9	22	7	17	1.80	2.44	2.33	4.25	1.95	2.39	2.29	2.25	2.70	2.12
bruingoed	18	32	7	12	3.60	3.56	2.33	3.00	3.13	3.13	3.29	3.29	3.18	3.58
witgoed	18	33	8	12	3.60	3.67	2.67	3.00	3.17	3.21	3.37	3.37	3.24	3.64
condensatoren	16	24	6	9	3.20	2.67	2.00	2.25	2.74	2.36	2.68	2.71	2.53	2.94
gasontladingslampen	18	23	8	10	3.60	2.56	2.67	2.50	3.11	2.38	2.85	2.92	2.83	3.08
kwikgevulde thermom.	13	21	8	9	2.60	2.33	2.67	2.25	2.39	2.20	2.42	2.43	2.46	2.47
tapijten	18	27	7	7	3.60	3.00	2.33	1.75	3.00	2.58	2.94	2.97	2.67	3.30
wegwerpartikelen	18	28	6	10	3.60	3.11	2.00	2.50	3.04	2.70	3.02	3.05	2.81	3.34
meubelen	20	27	7	7	4.00	3.00	2.33	1.75	3.28	2.58	3.08	3.13	2.77	3.50
verpakkingsafval	20	32	7	13	4.00	3.56	2.33	3.25	3.43	3.12	3.45	3.47	3.28	3.78
glas	17	28	7	14	3.40	3.11	2.33	3.50	3.04	2.84	3.09	3.11	3.09	3.26
papier/karton	17	30	8	14	3.40	3.33	2.67	3.50	3.07	3.02	3.21	3.22	3.22	3.37

Aan de hand van de afvalstroom 'jarosiet' zal de gehele procedure, resulterende in de 6-tal scores voor de verschillende scenario's, ter illustratie worden uitegewerkt.

Stap 1: Score van de afvalstroom naar de thema's karakterisering, scheidingstechnieken en deelmarkten.
Resultaat: zie tabel 3.1.

Stap 2: Weging van de geformuleerde criteria (++ = 5, etc.).
Resultaat: zie tabel 3.2 (eerste deel).

Stap 3: Indeling van criteria naar 4 velden en score aan de hand van de wegingsfactoren (zie tabel 3.2, tweede deel).
Resultaat:

technisch:	9 punten
milieuhygiënisch:	27 punten
economisch:	6 punten
overig	17 punten

Stap 4: Correctie van de score naar aantal criteria per veld. Dit wil zeggen delen door het aantal criteria per veld (zie tabel 3.4).
Resultaat:

technisch:	9/5	=	1,8 punten
milieuhygiënisch:	27/9	=	3,0 punten
economisch:	6/3	=	2,0 punten
overig	17/4	=	4,25 punten

Stap 5: Uitvoeren van gevoeligheidsanalyse aan de hand van de in tabel 3.3 geformuleerde scenario's (zie tabel 3.4).
Resultaat:

scenario 1: $0,7 \times 1,8 + 0,15 \times 2,0 + 0,05 \times 4,25 = 1,77$
scenario 2: $0,7 \times 3,0 + 0,15 \times 2,0 + 0,05 \times 4,25 = 2,61$
scenario 3: $0,35 \times 1,8 + 0,4 \times 3,00 + 0,15 \times 2,00 + 0,05 \times 4,25 = 2,34$
scenario 4: $0,40 \times 1,8 + 0,35 \times 3,0 + 0,15 \times 2,0 + 0,05 \times 4,25 = 2,28$
scenario 5: $0,25 \times 1,8 + 0,25 \times 3,0 + 0,25 \times 2,0 + 0,25 \times 4,25 = 2,76$
scenario 6: $0,5 \times 1,8 + 0,5 \times 3,0 = 2,40$

Met behulp van de waarden uit tabel 3.4 zijn voor de zes uitgevoerde scenario's telkens een top 10 van afvalstromen samengesteld. Deze zijn weergegeven in tabel 3.5.

Tabel 3.5 De top 10 van afvalstromen conform de 6 scenario's (gevoeligheidsanalyses)

Scenario 1 (70 - 0 - 15 - 5)			Scenario 2 (0 - 70 -15 - 5)		
1	bouw- en sloopafval	3.64	1	bouw- en sloopafval	3.41
2	huishoudelijk afval	3.45	2	huishoudelijk afval	3.22
3	afgedankte kabels	3.43	3	witgoed	3.21
4	verpakkingsafval	3.43	4	kwd afval	3.20
5	straalgrit	3.40	5	kunststof afval	3.20
6	autowrakken	3.33	6	bruingoed	3.13
7	autobanden	3.30	7	verpakkingsafval	3.12
8	kwd afval	3.29	8	afgedankte kabels	3.03
9	meubelen	3.28	9	papier/karton	3.02
10	shredderafval	3.24	10	hl. klwst. h. afval	3.01
Scenario 3 (35 - 40 - 15 - 5)			**Scenario 4 (40 - 35 - 15 - 5)**		
1	bouw- en sloopafval	3.72	1	bouw- en sloopafval	3.73
2	huishoudelijkafval	3.53	2	huishoudelijk afval	3.55
3	verpakkingsafval	3.45	3	verpakkingsafval	3.47
4	kwd afval	3.43	4	kwd afval	3.43
5	afgedankte kabels	3.39	5	afgedankte kabels	3.42
6	kunststof afval	3.37	6	witgoed	3.37
7	witgoed	3.37	7	kunststofafval	3.36
8	straalgrit	3.31	8	straalgrit	3.31
9	bruingoed	3.29	9	bruingoed	3.29
10	papier/karton	3.21	10	autobanden	3.24
Scenario 5 (25 - 25 - 25 - 25)			**Scenario 6 (50 - 50 - 0 - 0)**		
1	bouw- en sloopafval	3.56	1	bouw- en sloopafval	4.05
2	autobanden	3.47	2	kunststofafval	3.85
3	afgedankte kabels	3.46	3	huishoudelijkafval	3.84
4	huishoudelijkafval	3.35	4	straalgrit	3.82
5	verbrandingsslak	3.31	5	verpakkingsafval	3.78
6	verpakkingsafval	3.28	6	kwd afval	3.74
7	witgoed	3.24	7	witgoed	3.64
8	kwd afval	3.24	8	bruingoed	3.58
9	straalgrit	3.22	9	autowrakken	3.56
10	papier/karton	3.22	10	afgedankte kabels	3.51

Daar het gaat om het opzetten van een onderzoekprogramma, waarbij aan technische en milieuhygiënische aspecten een hoger relatief gewicht wordt toegekend dan aan economische en overige aspecten, wordt scenario 4 (en in mindere mate het vergelijkbare scenario 3) als het meest relevante scenario gezien.

Na overleg met VROM zijn uiteindelijk de volgende afvalstromen geselecteerd voor verder onderzoek:

1. Bouw- en sloopafval
2. Kunststofafval
3. Verpakkingsafval
4. Afgedankte kabels
5. Straalgrit
6. Witgoed
7. Bruingoed

Zoals uit de geselecteerde stromen blijkt, is gekozen voor stromen, bestaande uit specifieke afgedankte produkten.
De keuze is niet gericht op heterogeen samengestelde afvallen, zoals huishoudelijk afval en kantoor-, winkel en dienstenafval. Hiervoor is bronscheiding een voor de hand liggende keuze.

Aan de hand van deze afvalstromen is een nader onderzoek rond de thema's karakterisering, kwaliteitsaspecten, potentiële afzetmarkten en droge deeltjes scheidingstechnologiën uitgevoerd.

4 Karakterisering afvalstromen

4.1 Algemeen

In dit hoofdstuk zal de karakterisering en de daaruit afgeleide materiaaleigenschappen centraal staan.
Hierbij wordt uitgegaan van de in 3 geselecteerde afvalstromen. Na een uiteenzetting van de hoeveelheid vrijkomend per jaar en de samenstelling, zal er in paragraaf 3 een relatie worden gelegd tussen de aard van de afvalstroom en het uit te voeren voortraject, voordat de uiteindelijk te selecteren droge deeltjesscheidingstechnieken kunnen worden ingezet. Hierbij worden enkele varianten uitgewerkt. Tenslotte zullen de relevante en beschikbare fysische en chemische materiaaleigenschappen worden geïnventariseerd. Hierbij is een onderscheid gemaakt tussen globale verschillen tussen materiaalklassen en meer gedetailleerde verschillen binnen de belangrijkste materiaalklassen.

Uit de in 3 uitgevoerde selectie zijn de volgende 7 stromen gekomen:
- Bouw- en sloopafvallen (produktafval);
- Straalgrit (procesafval);
- Kunststofafval (produktafval);
- Verpakkingsafval (produktafval);
- Kabelafvallen (produktafval);
- Witgoed (produktafval);
- Bruingoed (produktafval).

Zoals aangegeven houdt de selectie in dat het zes produktafvalstromen en een procesafvalstroom betreft. Op zich is dit niet verwonderlijk, aangezien de oplossingen voor het vermijden, c.q. hergebruiken van procesafvallen steeds meer bedrijfsintern of branchegewijs gezocht worden. De verwerking van afgedankte consumentenprodukten en kapitaalgoederen (produktafval) wordt daarmede sterker geaccentueerd. De keuze voor de nadere analyse van zes produktafvalstromen is daarom niet vreemd.

In de bijlagen 1 tot en met 7 is de nadere karakterisering van de zeven stromen uitgevoerd. In deze bijlagen zijn achtereenvolgens de hierondergenoemde aspecten nader verkend:
1. Hoeveelheid;
2. Samenstelling;
3. Vaststelling noodzaak voortraject (gescheiden inzameling (?) → ontmanteling (?) → verkleining (?));
4. Eigenschappen verkregen deeltjesmengsels.

Afhankelijk van de beschikbaarheid van basisinformatie zijn deze aspecten in de bijlagen verder uitgewerkt. In de volgende paragrafen zijn de bovengenoemde aspecten samengevat.

4.2 Hoeveelheden

De vrijkomende hoeveelheden bedragen als volgt:
- Bouw- en sloopafvallen: 12.200.000 t/j (1990);
- Straalgrit: 100.000 t/j (1990);
- Kunststofafval: 722.000 t/j (1986);
- Verpakkingsafval: 2.127.000 t/j (1986);
- Kabelafvallen: 54.000 t/j (1991);
- Witgoed: circa 85.000 t/j (heden);
- Bruingoed: circa 30.000 t/j (heden).

Duidelijk is dat op kwantitatieve basis twee groepen te onderscheiden zijn:
= Stroom >100.000 t/j: Bouw- en sloopafval, kunststofafval, verpakkingsafval;
= Stroom <100.000 t/j: Straalgrit (verbruik gaat afnemen), kabelafvallen, witgoed, bruingoed.

4.3 Samenstelling

Op basis van materiaalanalyses zijn de samenstellingen van de onderhavige stromen bepaald. In het kader van (economisch) hergebruik of eindbestemming is het noodzakelijk in kwantitatieve zin de materiaalsamenstellingen te kennen. Bij de inzet van scheidingstechnieken zijn de concentraties van de verschillende materialen/stoffen eveneens belangrijk. In de praktijk echter is er geen sprake van de toepassing van één techniek, maar van een aantal aaneengeschakelde technieken. Tijdens de verwerking van voedingsstromen met een gegeven samenstelling veranderen de concentraties van specifieke materialen in restfracties bij de afscheiding van beoogde fracties. Deze restfracties en afgescheiden fracties worden veelal in het vervolg van het totale proces verder opgewerkt. Vanwege het verschijnsel dat een specifieke concentratie zowel kan toenemen als afnemen wordt hier volstaan met een opsomming van welke materialen in de zeven stromen kunnen voorkomen. In de bijlagen 1 tot en met 7 zijn enkele samenstellingen en deelsamenstellingen van de uitgangsstromen gegeven.

In de hierna opgesomde mengsels komen deeltjes met specifieke eigenschappen voor. Het betreft mengsels waarin de materialen ontsloten naast elkaar voorkomen. De daarvoor noodzakelijke voorbewerkingen worden in 4.4 besproken. In precieze zin is er sprake van materiaalklassen, waarbinnen de materialen gelijkenis vertonen, wat betreft fysische en/of chemische eigenschappen. Bij de inzet van droge deeltjesscheiding worden veelal eerst de diverse klassen van elkaar gescheiden, waarna de scheiding binnen klassen volgt. De te onderscheiden klassen zijn onder andere metalen, kunststoffen, anorganische (steenachtige) materialen.

In de zeven stromen zijn de volgende materialenmengsels te onderscheiden:
- Bouw- en sloopafvallen; anorganische materialen, metalen, hout, kunststoffen, teerachtige materialen;
- Straalgrit; anorganisch materiaal, magnetisch materiaal (ferro), organisch materiaal (verf);

- Verpakkingsafval;
  - = papier/karton, kunststoffen, metalen, glas, hout;
  - = kunststoffen, metalen, hout, karton;
  - = kunststoffen, metalen, drankenkartons
  - = papier/karton-mengsels;
  - = gemengd glas (naar kleur);
  - = kunststoffenmengsels;
- Kunststofafval;
  - = kunststoffen, metalen, overige polymere materialen (papier, hout, rubbers, textiel), anorganische materialen (zand, steen, glas);
  - = kunststoffen, metalen, overige polymere materialen;
  - = kunststoffen, metalen;
  - = kunststoffen, overige polymere materialen;
  - = kunststoffen, anorganische materialen;
  - = kunststoffen, grond, organisch (biologisch afbreekbaar) materiaal;
  - = kunststoffen(mengsels);
- Kabelafvallen; metalen (inclusief ferro), kunststoffen, papier, jute, bitumen;
- Witgoed; ferro, non-ferro's, kunststoffen, glas, hout, beton, overige polymere en anorganische materialen;
- Bruingoed; ferro, non-ferro's, kunststoffen, glas, hout.

Uit de samenstellingsanalyses is wel duidelijk geworden, dat in mengsels vele materialen in wisselende samenstellingen naast elkaar voor kunnen komen. Daarnaast kan gesteld worden dat in relatief veel mengsels materialen in dominante hoeveelheden voorkomen. Voorbeelden zijn:

- In bouw- en sloopafvallen en straalgrit; anorganische materialen (silicaten);
- In verpakkingsafvallen; papier/karton en/of kunststoffen of glas;
- In kabelafvallen; non-ferro's en kunststoffen;
- In witgoedprodukten; staal en roestvrij staal;
- In bruingoedprodukten; glas, ferro, non-ferro's en kunststoffen.

De geopteerde scheidingstechnieken richten zich dan op de concentrering van de dominant voorkomende materialen, of op de afscheiding van de in kleine hoeveelheden voorkomende restmaterialen.

4.4 Voortraject

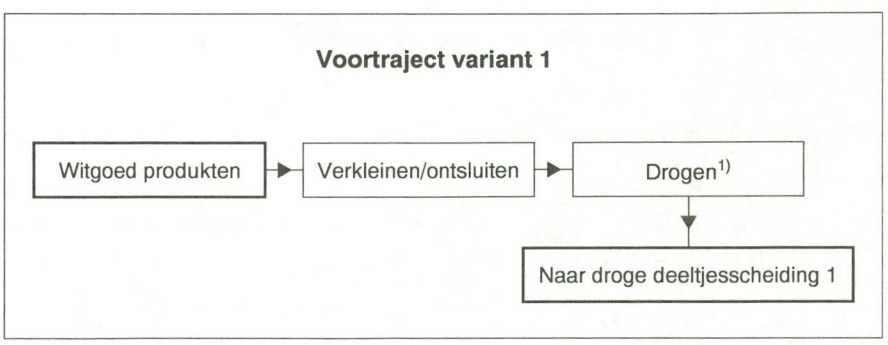
Voordat er te scheiden materiaalmengsels verkregen zijn, dient veelal een voortraject doorlopen te worden. Het doel van de dan optredende procesmatige handelingen is het volledig vrijmaken, het volledig ontsluiten van de samenstellende materialen. Het betreft hierbij ontmantelings- en verkleiningsprocessen. Ontmantelingsprocessen worden ingezet bij de verwerking van complex samengestelde produkten. Dat zijn produkten, samengesteld uit onderdelen, die met verschillende verbindingstechnieken geïntegreerd het geheel vormen. De ontmanteling is gericht op het vrijmaken van specifieke onderdelengroepen, waardoor bepaalde materialen of potentieel milieubelastende stoffen geconcentreerd worden. Bij de vorming van bouw- en sloopafval geschiedt dat minder bewust. Voordat panden tegen de grond gaan, zijn veelal metalen bevattende delen reeds verwijderd (zoals koperen leidingen).
Indien we de betreffende handelingen niet verdisconteren, kunnen we over het algemeen spreken over twee groepen afvalstromen:

1. Afvallen, complex van samenstelling, waarbij als voortraject selectieve ontmanteling noodzakelijk is.
2. Afvallen, bestaande uit meerdere materialen, waarbij als voortraject door toepassing van verkleiningsprocessen erop volgende scheidingsprocessen geschikter uit te voeren zijn. Het kan hierbij ook gaan om mengsels die verkregen zijn na selectieve ontmanteling. Over het algemeen heeft verkleining twee doeleinden;
   - homogenisering naar deeltjesgrootte;
   - volledig ontsluiten van de materialen.

In globale zin zien de voortrajecten van de onderhavige 7 stromen er als volgt uit:
- ontmanteling + verkleining;
  witgoed en bruingoed;
- verkleining;
  bouw- en sloopafvallen, kunststofafval, verpakkingsafval en kabelafvallen;
- geen voortraject;
  straalgrit.

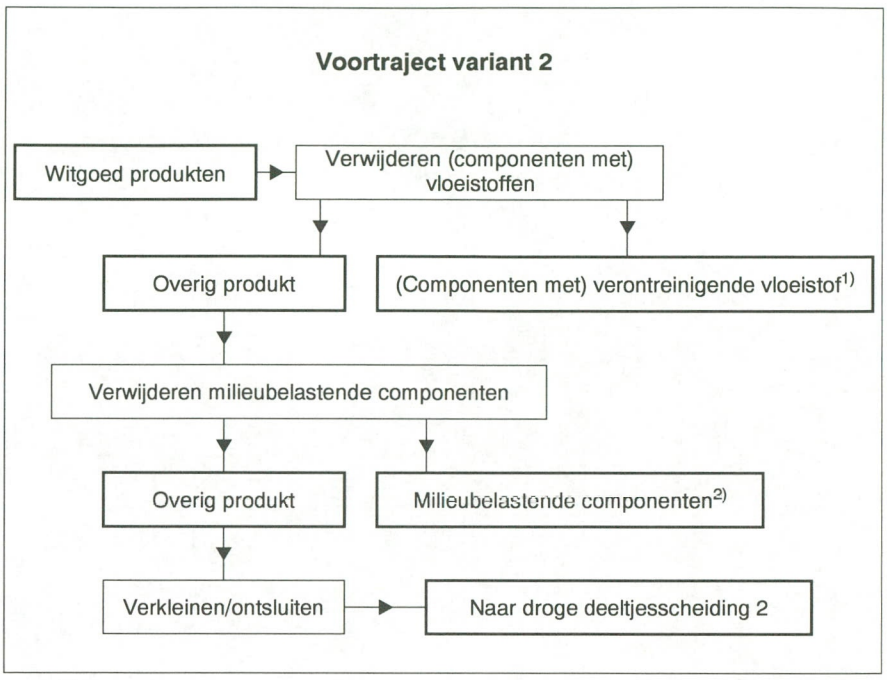
Uitgaande van kwalitatief hoogwaardig hergebruik en verregaande isolering van potentieel milieubelastende stoffen zullen enerzijds bestaande verwijderingsstructuren moeten worden herzien. De alternatieve verwijderingswijzen bevinden zich veelal nog in het ontwikkelingsstadium. Daarbij is de vraag aan de orde tot hoever complex samengestelde goederen ontmanteld dienen te worden opdat de erop volgende verkleinings- en scheidingsprocessen optimaal functioneren. Vanuit kostenoverwegingen wordt ontmanteling tot een minimum beperkt. Dit mag echter niet tenkoste gaan van de mogelijkheden om commercieel afzetbare materialen en potentieel milieubelastende stoffen/elementen te kunnen afscheiden/concentreren. Dat er in principe binnen de grenzen van maximale en minimale ontmantelingsgraad meerdere varianten bestaan wordt hierna met het voorbeeld voor witgoed geïllustreerd.
Optimaliseringsonderzoek zal moeten uitwijzen welke ontmantelingsvariant voor produktengroepen uit onder andere de witgoed-groep de voorkeur verdient.

Bij de beschrijving van de noodzakelijke voortrajecten in dit voorbeeld wordt slechts ingegaan op het voortraject en niet op de verwerkingsmogelijkheden voor resulterende fracties die niet voor droge deeltjesscheiding in aanmerking komen. Bij variant 1 en variant 2 betreft dit voornamelijk fracties met een chemisch afval karakter. Bij variant 3 betreft het zowel fracties met een chemisch afval karakter als direct afzetbare, uit slechts een enkele materiaalsoort samengestelde fracties.



Opmerkingen:
1) Drogen is noodzakelijk in verband met de aanwezige vloeistoffen

Selectie van de te ontwikkelen droge deeltjesscheidingstechnieken

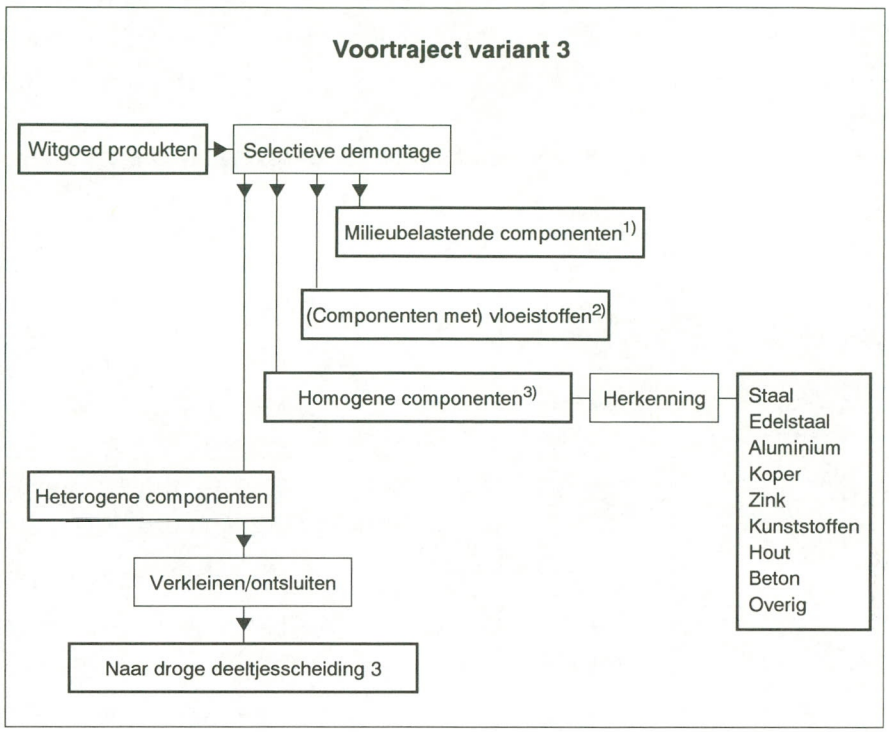


Opmerkingen:

1) Dit betreft onder andere de volgende produktgebonden componenten:
   - reservoir (afwasmachine)
   - olie (koelkast/diepvriezers)

2) Dit betreft onder andere de volgende produktgebonden componenten:
   - buisdiode (magnetron)
   - condensatoren (wasmachine)
   - PUR/R12 (koelkast/diepvriezer)
   - R11 (koelkast/diepvriezer)

Selectie van de te ontwikkelen droge deeltjesscheidingstechnieken



Opmerkingen:

1) Dit betreft onder andere de volgende produktgebonden componenten:
   - buisdiode (magnetron)
   - PUR (koelkast/diepvriezer)
   - R11/R12 (koelkast/diepvriezer)
   - condensatoren (wasmachine)

2) Dit betreft onder andere de volgende produktgebonden componenten:
   - reservoir (afwasmachine)
   - olie (koelkast/diepvriezer)

3) Dit betreft de bulk van de hoeveelheid witgoed (gekoppeld middels losneembare verbindingen) en bevat onder andere de volgende componenten:
   - omkasting (hout en staal)
   - grote homogene kunststof onderdelen (> 100 gr.)
   - siermateriaal (onder andere aluminium)
   - edelstaal (kuip, trommel en verwarmingselementen)
   - slangen (rubber)
   - glas (deuren etc.)

4) Bij de resulterende fracties voor droge deeltjesscheidingstechnieken wordt vooraf een splitsing gemaakt tussen componenten met een laag metaalgehalte (non ferro) en een hoog metaalgehalte (non ferro)

4.5 Materiaaleigenschappen

Voor een aantal fysische en chemische eigenschappen geldt dat ze inherent zijn aan het materiaal, zogenaamde materiaaleigenschappen. Deze inherente eigenschappen zijn in de onderstaande tabellen verwerkt. Hierbij is aanvankelijk een 'grove' indeling gemaakt naar verschillen in eigenschappen tussen de vijf materiaalklassen (metalen, kunststoffen, rubbers, minerale materialen en organische materialen).
Vervolgens zijn in bijlage 8 per materiaalklasse meer gedetailleerde overzichten gegeven van de verschillen in materiaaleigenschappen van de in de onderzochte afvalstromen aanwezige materialen uit de verschillende klassen.

Tabel 4.4 Globaal overzicht van relevante fysische en chemische eigenschappen naar materiaalklassen

Materiaalklasse / Eigenschappen	Metalen	Kunst-stoffen	Rubbers	Minerale mat.	Organische mat.
Hardheid	zeer hoog	laag	zeer laag	hoog	zeer laag
Elasticiteit	laag	hoog	zeer hoog	zeer laag	divers
Ductiliteit	medium	hoog	zeer hoog	zeer laag	divers
Hitte bestendigheid	hoog	laag	zeer laag	zeer hoog	laag
Glans	hoog	medium	laag	zeer laag	laag
Kristallijn/amorf	kristallijn	veelal amorf	amorf	vrijwel amorf	amorf
Geleidbaarheid	zeer hoog	laag	laag	laag	laag
Magnetische eigensch.	divers	laag	laag	laag	laag
Lichtdoorlatend	geen	divers	divers	geen	divers
Smeltpunt	hoog	laag	laag	nvt	nvt
Aantal elementen	1 hoofdelem.	2 of meer	3 of meer	2 of meer	vele
Homogeniteit	hoog	divers	divers	divers	divers
Veroudering	vrijwel niet	divers	hoog	laag	divers

In deze paragraaf zijn de materiaaleigenschappen aangegeven. Daarnaast is binnen materialenmengsels nog sprake van deeltjeseigenschappen (grootte, vorm, oppervlakteruwheid, etc.). Deze eigenschappen worden deels verkregen door de aard van de toegepaste verkleiningsprocessen. De deeltjeseigenschappen worden in hoofdstuk 7 diepgaander besproken.

5 Kwaliteitsaspecten

5.1 Inleiding

Hergebruik van materialen treft men in vele processen aan. Zo worden er bijvoorbeeld kringlopen geïntroduceerd om processen te beheersen of in stand te kunnen houden. Daarnaast vindt er in veel bedrijven produktie-afkeur plaats of ontstaat er produktie-afval, waarbij in vele gevallen het materiaal direct weer ergens in het proces kan worden hergebruikt. In deze gevallen is de samenstelling van het materiaal dat wordt hergebruikt, volledig bekend. Dergelijke kringlopen bestaan reeds lange tijd en zijn vanuit economisch oogpunt door de toepassers geïntroduceerd. Veelal zijn ze niet een gevolg van specifiek overheidsbeleid. Voorwaarde hiervoor is dat de samenstelling goed gedefinieerd is.
De samenstellingen van de materialen die in het kader van deze studie in aanmerking komen voor hergebruik zijn veelal niet bekend. Zelfs niet nadat de droge deeltjesscheidingstechnieken sommige materialen tot een hoge concentratie hebben opgewerkt.
Samenstelling is de belangrijkste kwaliteitsparameter die in het kader van deze studie verantwoordelijk is voor de afzetmogelijkheden.
Het grote probleem van secundaire materialen is namelijk het vinden van geschikte afzetmarkten, waarvoor het noodzakelijk is de samenstelling binnen een bepaalde marge te krijgen.
De kwaliteit van het secundaire materiaal wordt hierbij als hoog verondersteld als het met minimale verdere behandelingen en minimale verliezen weer kan worden ingezet in gelijkwaardige toepassingen (waarvan de samenstelling binnen gedefinieerde grenzen ligt).

Zoals uit dit hoofdstuk zal blijken zijn er slechts enkele materialen die kunnen worden ingezet voor dezelfde toepassingen als die waarvoor ze oorspronkelijk zijn ingezet. In tweede instantie zal men moeten streven (binnen de economische randvoorwaarden) naar maximaal haalbare kwaliteit omdat het afzetgebied dan ook maximaal is. Daarnaast zal men zich in toenemende mate moeten realiseren dat downcycling zoveel mogelijk moet worden vermeden omdat de markten voor laagwaardige toepassingen verzadigd dreigen te geraken.

In dit hoofdstuk zal dan ook aan de hand van de verschillende mengsels die ontstaan na toepassing van droge deeltjesscheidingstechnieken nader worden ingegaan op de kwaliteitsachteruitgang die ontstaan is, de kwaliteitseisen die worden gesteld ten aanzien van hergebruik en de richtingen die noodzakelijk zijn om de gewenste kwaliteitsverbetering tot stand te brengen.

5.2 De metalen

Met behulp van droge deeltjesscheiding is het in principe mogelijk een aantal metalenmengsels te verkrijgen met een redelijke hoge concentratie van een bepaalde soort metaal. In dit geval ontstaan na droge deeltjesscheiding de volgende mengsels:

- magnetische ferro-fractie;
- koperrijke fractie;
- aluminiumrijke fractie;
- niet-magnetische ferro-fractie (edelstaal);
- niet magnetische metalenmix.

Hoewel de eerste drie fracties relatief weinig niet-metallische verontreinigingen bevatten, zijn deze mengsels, op grond van de veelheid en diversiteit aan legeringselementen, van een zodanige kwaliteit dat ze veelal als zodanig niet geschikt zijn voor hergebruik (Denk hierbij bijvoorbeeld aan de veelheid aan toegepaste Al-legeringen). Direct hergebruik van de mengsels met de desbetreffende kwaliteiten die resulteren na de droge deeltjesscheiding is dan ook niet aanwezig. Verdere bewerkingen ten behoeve van de kwaliteitsverbetering zijn zonder meer noodzakelijk.

In het geval van metalen zijn zowel de economische als technische barrières voor verdere opwerking relatief klein om de volgende redenen:

- De metalen zijn in tegenstelling tot de andere materiaalklassen volledig regenereerbaar (onder andere via smeltprocessen), als gevolg van de niet veranderbare chemische en fysische eigenschappen van de metaalatomen. In vrijwel alle gevallen kan de kwaliteit van primaire grondstoffen worden geëvenaard.
- Voor de winning van metalen (met uitzondering van goud) zijn min of meer complexe, dure en milieuvervuilende chemische processen noodzakelijk terwijl bij de recycling van metalen niet het gehele winningsproces doorlopen hoeft te worden. Veelal is alleen de raffinagestap noodzakelijk mits aan bepaalde kwaliteitseisen (vergelijkbaar met die van de primaire stoffen voor de raffinage) wordt voldaan.
- Metalen vallen onder de categorie niet-hernieuwbare grondstoffen. Voor een aantal metalen kan men zelfs spreken van schaarse metalen.

Enkele specifieke problemen die samenhangen met de kwaliteitsaspecten van de verschillende metalenmengsels die ontstaan na de droge deeltjesscheiding en de daarbij behorende mogelijke oplossingsrichtingen worden in het onderstaande nader toegelicht.

Magnetische ferro-fractie

Met behulp van de droge deeltjesscheidingstechnieken is een redelijke kwaliteit gemengd staal en gietijzer te verwachten, die direct in de raffinage kan worden ingezet. Hier worden de verontreinigingen en de meeste legeringselementen verwijderd. Een uitzondering hierop vormen koper en in mindere mate zink. Deze elementen zijn niet (economisch verantwoord) uit het smeltbad te verwijderen. De hergebruiksmogelijkheden van het ijzer worden dan ook vooral bepaald door het

gehalte koper in het uiteindelijke smeltbad. De volgende richtlijn kan worden gehanteerd:

- Concentratie Cu < 0,05% levert een hoge kwaliteit staal die onder andere kan worden ingezet in de automobielbranche (verantwoordelijk voor 35% van de staalafzet).
- Concentratie Cu > 0,05% levert een lage kwaliteit staal die slechts kan worden ingezet in de bouw.

Vanuit de staalindustrie worden er signalen gegeven dat het toegeleverde schroot in de toekomst minder koper moet bevatten dan tot nu toe het geval is omdat de gemiddelde hoeveelheid koper (onder andere als gevolg van de vele downcyclingskringlopen) langzamerhand groter wordt.
Om hieraan tegemoet te komen moet worden gestreefd de hoeveelheid koper waarmee de magnetische ijzerfractie is verontreinigd (onder andere als gevolg van insluitingen ontstaan door het huidige shredderproces), te minimaliseren.
In de praktijk zal dit betekenen dat het shredderproces zodanig gewijzigd moet worden dat dit probleem kan worden voorkomen of dat vooraf door middel van ontmanteling, vermenging van koper en ferro wordt vermeden.

Daarnaast levert recycling van staalschroot ook staalslakken op. Deze zijn als vulstof in de grond-, weg-, en waterbouw veelal te gebruiken als secundaire bouwstof. Echter verscherping van de milieu-eisen bezorgt de afzet van staalslakken nog de nodige hindernissen. De kwaliteitswaarborging speelt hierbij een voorname rol. Mochten de milieu-eisen nog meer verscherpt worden (ten aanzien van de maximale concentraties zware metalen) dan zal onderzocht moeten worden of door aanpassing van het staalproces of door scheiding van deelstromen een groter deel van de slakken kan worden ingezet als bouwstof. Daarnaast zal men een nog schonere schroot toevoer moeten kunnen garanderen.

Aluminiumrijke fractie

Aluminiumschroot bestaat lang niet alleen uit Al metaal. Er kunnen tot maar liefst 15% aan legeringselementen zijn toegevoegd (Si, Mg, Cu, Zn etc.). Daarnaast zijn er verschillende verontreinigingen en oxides aanwezig.
Mede hierom worden primair en secundair aluminium separaat opgewaardeerd.
Evenals bij de ferro-fractie kunnen de verontreinigingen, de oxides en een groot gedeelte van de legeringselementen in een enkele raffinagestap (om aan de minimum eisen van afzetbaarheid te voldoen) worden verwijderd. De kwaliteit van het resulterende mengsel is van dien aard dat het materiaal kan worden afgezet als gietlegering (bijvoorbeeld in de automobielbranche).
Verkoopbaar secundair aluminium moet dan ook minimaal de volgende reinheid hebben:

- Cu maximaal 0,2 - 0,5%;
- Zn maximaal 0,1 - 0,3%;
- Fe maximaal 1,3%;
- overige ongewenst maximaal 1,0%

(de verwijdering van Mg vormt over het algemeen een probleem).
Aangezien het gebruik van secundair aluminium in vergelijking met primair aluminium energetisch zeer gunstig is, is de markt voor dergelijke laagwaardige legeringen min of meer verzadigd. Verhoging van het recyclingspercentage zal de prijs nog meer doen dalen.
Het produceren van hoogwaardigere (kneed)legeringen uit aluminiumschroot of minimalisatie van het raffinageproces kan alleen als er minder legerings-

elementen aanwezig zijn. Dit kan worden verwezenlijkt indien scheiding van aluminiumlegeringen aan de bron wordt geactiveerd. In eerste instantie kan een onderscheid gemaakt worden tussen gietlegeringen en kneedlegeringen. Dit zal echter voorlopig handmatig moeten plaatsvinden.

Daarnaast geldt ook voor aluminium dat er naast het metaal, tijdens de resmelt een grote hoeveelheid smeltzout ontstaat. Ook hiervoor zal maximaal hergebruik gewaarborgd moeten worden.

De koperrijke fractie

In tegenstelling tot de ferro-fractie en de aluminium fractie wordt bij de koperrecycling altijd zuiver koper geproduceerd. Dit hangt samen met het raffinageproces (pyrometallurgisch/elektrolyse). Problemen met mogelijk aanwezige legeringselementen zijn dan ook niet relevant. Het aantal raffinagestappen is gerelateerd aan het gehalte koper in het mengsel. De opbrengstprijs van het kopermengsel is dus direct gerelateerd aan het gehalte aan koper terwijl de afzetmarkt in principe geen relatie heeft met het gehalte aan koper in het mengsel.
Er zal dus altijd gestreefd moeten worden naar maximale koperconcentraties (zolang droge deeltjesscheiding goedkoper en milieuvriendelijker is dan het raffinageproces). Vooral het aandeel kunststoffen kan gedurende de raffinage voor problemen zorgen. Dit zal dan ook grotendeels vooraf afgescheiden moeten worden.
Om enige indicatie te geven van de gewenste kopergehaltes kunnen de volgende gegevens als richtlijn dienen:

- > 95% Cu: hoogwaardig kopermengsel: kan direct en probleemloos tot 99,5% zuiverheid worden omgewerkt.
- 70 - 95% Cu: middelwaardig kopermengsel: extra concentreringsstap (veelal selectief smelten) noodzakelijk voor uiteindelijke raffinage.
- 20 - 70% Cu: laagwaardig koperschroot: extra droge deeltjesscheidingsstap noodzakelijk om het te kunnen afzetten.

De niet-magnetische ferro-fractie

Het betreft hier zogenaamde roestvaste legeringen (met een hoog gehalte aan chroom (minimaal 13%) en in sommige gevallen nikkel.
Voor dergelijke legeringen geldt dat naast staal en chroom, vooral het legeringselement nikkel wordt teruggewonnen. De waarde van deze fractie is meer dan proportioneel gerelateerd aan de hoeveelheid nikkel in het mengsel. Er zal dus moeten worden gestreefd om dit percentage te maximaliseren. Op dit moment is scheiding aan de bron de enige mogelijkheid. In de toekomst zal naar alle waarschijnlijkheid detectie-apparatuur ingezet kunnen worden die de nikkelarme en nikkelrijke fracties separeert.

Het niet-magnetische metalenmengsel

Dit mengsel zal hoofdzakelijk bestaan uit aluminium, koper, lood, tin, zink en roestvast ferro en een aanzienlijke hoeveelheid verontreinigingen.
De mogelijkheden tot afzet zijn beperkt. Recycling bestaat uit selectief smelten, gevolgd door verdere opwerking volgens een of meerdere bovenstaande routes. De kwaliteit (en de prijs) is afhankelijk van de verdeling van de verschillende metalen en verontreinigingen en de deeltjesgrootte.

De afzetgebieden daarentegen zijn onafhankelijk van de kwaliteit, mits er aan een minimum wordt voldaan (selectieve smelters stellen uiteraard ook eisen aan de samenstelling en minimale deeltjesgrootte).

5.3 Kunststoffen

In vergelijking met metalen vormen de kunststoffen in samenhang met mogelijk materiaalhergebruik een groot probleem. Hierbij spelen niet alleen de aan het kunststof regranulaat meetbare eigenschappen een rol, maar ook de kosten die moeten worden gemaakt om dat niveau van eigenschappen te bereiken.
In de VS is momenteel de prijs van secundaire kunststoffen ingestort. Er is nauwelijks vraag naar en de kwaliteit is veelal minder dan 'virgin' materiaal, dat bovendien nog goedkoper is.
Betrokken op de geselecteerde afvalstromen blijkt herverwerking zich tot op heden voornamelijk te beperken tot op de eerste plaats produktie- en procesafval, verder kunststoffolie uit de agrarische sector en uit de KWD-sector, PVC-buizen uit bouw- en sloopafval en verpakkingen van industriële grondstoffen.

De problematiek van het hergebruik van kunststoffen in samenhang met de kwaliteitsachteruitgang kan worden uitgesplitst naar intrinsieke en extrinsieke kwaliteitsachteruitgang. In het algemeen kan gesteld worden dat met betrekking tot de intrinsieke achteruitgang nog veel onderzoek moet worden verricht. Met name in relatie tot het niveau van de gestelde kwaliteitseisen voor hergebruik.
In het geval van extrinsieke kwaliteitsachteruitgang is deze relatie met gestelde kwaliteitseisen veel duidelijker. Uitgaande van "hoogwaardige" hergebruikstoepassingen (als vervanging voor primaire kunststoffen) zijn de kwaliteitseisen ten aanzien van de variatie in samenstelling (dat wil zeggen gewenste reinheid van het materiaal, de toe te laten hoeveelheid verontreinigingen en (milieubelastende) bijmengingen etc.) dermate hoog dat de huidige stand van de techniek (droge deeltjesscheidingstechnieken) in de meeste gevallen onvoldoende in staat is dit voor elkaar te krijgen.

In het volgende overzicht worden de belangrijkste kwaliteitsreductieparameters aangestipt die samenhangen met het hergebruik van de kunststoffen. Hierbij is een onderscheid gemaakt tussen intrinsieke kwaliteitsachteruitgang en extrinsieke kwaliteitsachteruitgang.

Intrinsieke kwaliteitachteruitgang:
- Kunststoffen zijn onder te verdelen in serie klassen thermoplasten, thermoharders en elastomeren. De kwaliteitsachteruitgang is sterk afhankelijk van de klassen. Globaal kan men stellen: thermoplasten zijn hersmeltbaar, thermoharders zijn niet hersmeltbaar en elastomeren zijn onder bepaalde omstandigheden weer in plastische toestand terug te brengen. Materiaalhergebruik komt dus in eerste plaats in aanmerking voor thermoplasten.
- In hun zuivere vorm worden kunststoffen vrijwel nooit toegepast; er worden vrijwel altijd vul- en kleurstoffen, weekmakers, stabilisatoren etc. aan toegevoegd. Hierdoor worden de hergebruiksmogelijkheden ingeperkt ten opzicht van het zuivere kunststof en kan men spreken van een intrinsieke blijvende kwaliteitsachteruitgang. (Enkele van deze additieven gelden ook nog eens als potentieel milieubelastend.)

- Onder invloed van temperatuur, vochtigheid, UV-straling en andere omgevingsfactoren gaat de kwaliteit van de kunststof (inclusief een deel van de additieven) veelal achteruit. Dit wordt aangeduid met het begrip veroudering. In het geval van de kunststof is er veelal sprake van een verbreking van een aantal verbindingen waardoor de fysische eigenschappen veranderen. In de meeste gevallen is deze verandering niet gewenst.
- In het geval van thermoharders zijn er in principe alleen laagwaardige toepassingen (vooral als vulstof) mogelijk omdat deze niet direct hersmeltbaar zijn. De belangrijkste parameter hierbij is dat thermoharders niet meer in plastische toestand zijn terug te brengen als gevolg van niet omkeerbare reacties tijdens het produktieproces.
  Hergebruik als vulstof, bijvoorbeeld in GVK's (Glasvezel Versterkte Kunststoffen), kan worden geïntensiveerd indien de vermenging met andere materialen (in het bijzonder de glasvezel) kan worden vermeden.

Extrinsieke kwaliteitsachteruitgang:

- Vermenging met niet-kunststoffen
  Een gedeelte van de geselecteerde prioritaire afvalstromen bevat kunststoffen die zelfs na de droge deeltjesscheiding en een wasstap nog in sterke mate zijn verontreinigd met niet-kunststoffen. Een gedeelte hiervan is zelfs nietlosneembaar verbonden met de kunststofdeeltjes (lijmresten, deklagen etc.). Vooral niet smeltbare verontreinigingen geven problemen bij de verdere verwerking tot produkten, vooral in de smeltstap. Inzetten van geavanceerde reinigings- en scheidingstechnieken (na droge deeltjesscheiding) geeft een betere materiaalkwaliteit, echter de economische ruimte hiervoor is niet beschikbaar omdat de kostprijs van primaire kunststoffen dan lager is.
  Kunststoffen zijn als regel verkoopbaar als hoogwaardig granulaat als de reinheidsgraad minimaal 99% is.
- Vermenging met andere soorten kunststoffen
  Hergebruik van gemengde kunststoffen is vooral een economisch probleem. Toch moet ook de kwaliteit omhoog voordat het na een smeltstap tot verkoopbare produkten kan worden verwerkt.
  Een groot aantal van de relevante scheidingstechnische fysische eigenschappen van de toegepaste kunststoffen (zoals de dichtheid) liggen zo dicht bij elkaar, dat het scheidingsrendement van de mogelijk toe te passen technieken over het algemeen laag is.
  Dat wil zeggen dat de verschillende kunststoffen vrijwel niet van elkaar te scheiden zijn (noot: hier liggen misschien mogelijkheden voor herkenningstechnieken in combinatie met sortering, echter deze vallen buiten de scope van deze studie). Een uitzondering hierop is overigens het verschil in vormvastheid, waardoor kunststofoliën en vormvaste kunststoffen tot op zekere hoogte van elkaar kunnen worden gescheiden.
  De kwaliteit van een gemengde kunststofgranulaat is veel slechter dan een granulaat van een homogene kunststof (bijvoorbeeld oppervlakte-eigenschappen, transparantheid, mechanische eigenschappen). Daarnaast is de variatie in eigenschappen veel groter. Sommige mengsels zijn echter toepasbaar voor dikwandige produkten. De kunststoffen in het mengsel moeten dan wel enigszins elkaar verdragen (bijvoorbeeld PE/PP). Een betere verdraagzaamheid kan ook bereikt worden door gebruik van "compatibilizers". Toepassing hiervan vereist echter nog veel onderzoek. Men moet zich hierbij echter wel realiseren dat de economische ruimte aanzienlijk kleiner is dan bij hoogwaardige toepassingen omdat de concurrerende materialen (vulstof, hout etc.) een prijsniveau lager liggen dan bijvoorbeeld primaire kunststoffen.

— Vermenging van kunststoffen uit een familie
In nog sterkere mate dan bij metalen is er bij kunststoffen sprake van het zogenaamde "fit to purpose" principe waardoor er ontstellend veel verschillende kunststofuitvoeringen, zelfs binnen een familie, op de markt aanwezig zijn. Voor de recycling is deze variatie belemmerend, omdat er grondstoffen worden aangevoerd waarvan de exacte samenstelling niet bekend is, met als gevolg een grote spreiding in eigenschappen. Vaak wordt een extra themische behandeling gegeven om de constantheid van de eigenschappen beter te kunnen garanderen.
Daarnaast worden de recyclingsmogelijkheden beperkt, bijvoorbeeld omdat er sprake kan zijn van korte en lange ketens, met verschillende smelttrajecten.
Tevens zullen de speciaal milieubelastende bijmengingen verwijderd moeten worden tot een maximaal toelaatbare concentratie (in sommige besluiten, zoals het cadmiumbesluit en het binnenkort van kracht tredende brandvertragersbesluit zijn hiervoor wettelijke richtlijnen opgesteld).

Zoals uit deze opsomming blijkt zijn de kwaliteitseisen ten aanzien van hoogwaardig hergebruik dermate hoog dat alleen inzet van droge deeltjesscheidingstechnieken niet tot de gewenste kwaliteiten leidt. Kwaliteitsverbetering kan gestimuleerd worden door de volgende maatregelen:

— Scheiding aan de bron (verpakkingsafval/bouw- en sloopafval) en verregaande demontage (witgoed/bruingoed), waardoor het percentage verontreinigingen en vermenging met andere materiaalklassen geminimaliseerd wordt. De kansen voor droge deeltjesscheiding en hergebruik zijn dan aanmerkelijk beter.
— Na demontage, kan herkenning en vervolgens scheiden van afzetbare kunststoffen in veel gevallen een beter resultaat geven dan toepassing van droge deeltjesscheidingstechnieken. Dit betreft grotere onderdelen van technische kunststoffen waarvoor de economische obstakels ten aanzien van hergebruik relatief gering zijn.
— Om de kwaliteitsachteruitgang tegen te gaan kan vermenging van gerecycelde kunststoffen met primaire kunststoffen een reële optie zijn. In enkele gevallen wordt dit reeds toegepast.
— Voor laagwaardige toepassingen is het noodzakelijk beter in kaart te brengen welke specifieke kwaliteitseisen gesteld worden zodat met de te uit te voeren scheidingstechnieken beter aansluiting kan worden gevonden. Hierdoor kunnen de mogelijkheden van het toepassen van elkaar verdragende kunststoffen (eventueel met compatibilizers) nader in kaart worden gebracht.
— Naast materiaalrecycling door middel van deeltjesscheidingstechnieken zijn er recyclingsopties waarbij, evenals bij veel van de metalen, het materiaal verder terug gaat in de kringloop (back to feedstock, back to monomer). Deze technieken zijn nog in het ontwikkelingsstadium.

5.4 Glas

De kwaliteit van glas wordt eenduidig bepaald door de efficiëntie van de scheiding en de aard en de hoeveelheden van de aanwezige verontreinigingen. In het geval van verpakkingsglas wordt momenteel bij de recycler een groot gedeelte van de hergebruiksverstorende materialen uit het glas verwijderd en wordt

het glas gebroken tot de juiste scherfgrootte-verdeling (granulometrie), waarna de scherven als grondstof ingezet kunnen worden door glasfabrieken. Hiermee is de kringloop voor glasverpakkingen overigens gesloten. Het totale hergebruik van eenmalige glasverpakkingen, die op de Nederlandse markt worden gebracht bedraagt reeds circa 70%.
De knelpunten voor het feit dat dit percentage niet hoger ligt zijn slechts ten dele van recyclingstechnische grondslag. Globaal kan men de knelpunten bij de recycling van verpakkingsglas als volgt samenvatten.

- Inzamelingspercentage is niet maximaal
- Er worden nog glassoorten gebruikt met toevoegingen die de recycling in de weg staan.
- Inmenging bij de bron van hergebruiksverstorende materialen en toevoegingen (papier, kunststof, ferro, non-ferro, steen, aardewerk etc.). Enerzijds is het hergebruik van deze toevoegingen na de scheiding niet optimaal geregeld. Anderzijds kan de scheiding tussen glas en de verontreinigingen nog verder geoptimaliseerd worden.
- Slechts een geringe kleursortering bij de bron (glasbak). In geval van hergebruikstoepassingen voor witglas moet de inmenging met groen en bruin glas minimaal zijn. Daarnaast zijn de toepassingen voor groen glas min of meer verzadigd.
- Kleursortering als onderdeel van de recycling wordt in beperkte mate toegepast (optische technieken als middel van herkenning/sortering).

Met betrekking tot mogelijke kwaliteitsverbetering in het kader van deze studie (droge deeltjesscheidingstechnieken) zal gestreefd moeten worden naar optimalisering van de glas/verontreinigingen scheidingstechnieken door optimalisatie van de scheidingsinstallaties voor onzuiverheden (bijvoorbeeld stenen afscheiders)

Met betrekking tot de categorie TV- en monitorenglas spelen andere factoren een rol. Deze zijn echter niet van scheidingstechnische aard. Het voornaamste probleem met betrekking tot de kwaliteit en afzetmarkt is het gevolg van de inherente samenstellingsverschillen tussen de verschillende merken en typen beeldbuizen.

Met betrekking tot glasafval uit de categorie bouw- en sloopafval (vensterglas) geldt niet het probleem van grote samenstellingsverschillen. Evenals bij verpakkingsglas bestaat dit uit circa 75% SiO_2, 15% Na_2O en 12% CaO. Echter de mate en vooral de aard van de vervuiling (veel niet eenvoudig af te scheiden vervuilingen, zoals verf en stopmiddel) van deze afvalstroom is een dermate groot obstakel, dat hergebruik niet wordt toegepast.

5.5 Papier

In een aantal landen is de papierindustrie momenteel in staat het oudpapieraandeel (secundaire vezels) in de totale produktie van nieuw papier tot meer dan 50% op te schroeven.
Deze ontwikkeling is dan ook de afgelopen jaren zowel in technisch opzicht als in financieel opzicht zeer veeleisend geweest. Mede omdat gedurende de laatste tien jaar de kwaliteitseisen voor nieuw papier sterk zijn verhoogd, terwijl het gebruik van hergebruiksonvriendelijke composieten (papier/kunststof etc.) sterk is toegenomen.

Hoewel dit een zeer positief beeld lijkt te geven van de papierrecycling moet men zich wel realiseren dat verreweg het grootste gedeelte van het hergebruikte oudpapier wordt toegepast in papierdoeleinden van de laagste kwaliteitsklasse. Hier voor zijn de kwaliteitseisen het laagst. Dit betreffen hygiënisch papier, karton en verpakkingsmateriaal.
Aangezien de markt voor dergelijke toepassingen grotendeels verzadigd is, moet worden gestreefd naar hoogwaardigere toepassingen.
Een voor de hand liggende keuze is het gebruik van oud druk- en schrijfpapier ten behoeve van de produktie van druk- en schrijfpapier ("closed loops"). In de praktijk vindt dit echter nauwelijks plaats omdat er een aantal knelpunten zijn waardoor niet aan de gestelde kwaliteitseisen kan worden voldaan.
Enkele belangrijke, overigens technisch niet onoverkomelijke aspecten die de haalbaarheid van dit kwaliteitsniveau belemmeren zijn:

- Alleen papier dat primair wordt toegepast ten behoeve van druk- en schrijfpapier is intrinsiek in staat om aan de gestelde kwaliteitseisen van respectievelijk druk- en schrijfpapier te voldoen. Aangezien papier vrijwel altijd gemengd wordt ingezameld en een scheiding achteraf nauwelijks tot goede resultaten leidt, is men niet in staat de hoogwaardigere kwaliteit te behalen. Dit probleem kan overigens worden opgelost indien het ingezamelde papier wordt gesorteerd of, nog beter, de verschillende papierkwaliteiten gescheiden worden ingezameld. In deze gevallen kan men spreken van een gesloten systeem (echte recycling), in alle andere gevallen is er sprake van "downcycling".
- Oud papier bezit bestanddelen die storend werken op hoogwaardig hergebruik. Deze bestanddelen zijn onder te verdelen in vier verontreinigingsklassen:
  1. verontreinigingen niet vast met het papier verbonden
  2. inhoudelijke verontreinigingen
  3. oppervlaktebehandelingen
  4. vervuiling tijdens en na gebruik

  bij 1; Deze verontreinigingen zijn voor een groot gedeelte met behulp van droge technieken van het papier te scheiden. Het betreft hier onder andere metalen, maar ook steen e.d.

  bij 2; Deze verontreinigingen zijn slechts ten dele te verwijderen met behulp van natte technieken (onder andere flotatie) en andere reinigingstechnieken. Het betreft onder andere drukinkt.

  bij 3; Deze verontreinigingen zijn slecht te scheiden van het materiaal door middel van natte technieken (bijvoorbeeld intensief pulpen). Gebruik van chemische technieken (duur) geeft een beter resultaat. Het betreft hier onder andere kunststofcoatings (onder andere PE), aluminiumcoatings, lijmresten etc.

  bij 4; Afhankelijk van de aard van de verontreinigingen zijn deze of met behulp van droge technieken te verwijderen of in het geheel niet te verwijderen.

- De waterstofbruggen die tijdens de produktie van het papier zijn ontstaan tussen de verschillende vezels zijn niet voor 100% afbreekbaar waardoor niet de oorspronkelijke bindingsmogelijkheden van de verschillende vezels ter beschikking komen. Na een aantal keren recycling is er op microniveau een achteruitgang van de kwaliteit van het papier. Deze kwaliteitsachteruitgang kan alleen worden geminimaliseerd door inzet van dure recyclingstechnieken.

— Tijdens de opwerking van oud papier tot nieuw papier treedt, onder andere als gevolg van de mechanische/thermische belasting, een verkorting op van de gemiddelde papiervezellengte. Echter een minimale gemiddelde vezellengte is noodzakelijk om een goed samenhangende laag te kunnen vormen. Als het papier reeds een aantal malen is gerecycled (zonder toevoeging van vers materiaal) wordt de vezellengte tenslotte zo kort dat het niet meer voor papierproduktie kan worden ingezet.

Voor hoogwaardig hergebruik lijkt vooral het papierafval uit de KWD-sector meer mogelijkheden te bieden dan momenteel benut wordt.

5.6 Hout

Hoewel de materiaalrecycling van hout, vooral uit bouw- en sloopafval, uit grondstofpolitieke overwegingen zeer gewenst is, zijn de mogelijkheden hiertoe slechts beperkt omdat allerlei problemen, veelal samenhangend met de kwaliteit, niet zijn opgelost. Impregneermiddelen, verf, kleefstoffen en andere niet verwijderbare verontreinigingen geven een dermate grote kwaliteitsverlaging dat hoogwaardig hergebruik überhaupt niet ter discussie staat. Hierdoor wordt verreweg het grootste gedeelte van het bij bouw- en sloopafval ontstane hout momenteel gestort of in mindere mate verbrand.
Daarnaast is het nog onduidelijk in welke mate houtrot en bacteriologische aantasting een verdere verlaging van de kwaliteit tot gevolg heeft.
Een positieve ontwikkeling is het selectieve slopen en selectieve inzameling. Hierdoor kan voor een gedeelte van het sloophout het niveau en de aard van de verontreinigingen gereduceerd worden.
Overigens wordt een gedeelte van het sloophout (< 20%) reeds jaren hoogwaardig hergebruikt. Hieronder vallen planken, deuren en balkhout. De belangrijkste kwaliteitsaspecten die hierbij een rol spelen zijn lengte, hoeveelheid en aard van de beschadigingen en de hoeveelheid aangebrachte spijkers.
Dergelijk sloophout wordt dan ook selectief verwijderd.

In principe kan het verontreinigde hout als grondstof voor de spaanplaatindustrie dienen. De redenen waarom deze route niet wordt toegepast zijn niet van kwaliteittechnische aard.

5.7 Steenachtige materialen

Deze materialen komen vooral voor in bouw- en sloopafvallen vanuit het afdankstadium beschouwd. Het betreft met name beton, metselwerk (bakstenen) en divers puin.
Gezien vanuit de toegepaste produkten/materialen kan men spreken van:
— Betonwaren en betonmortel. Beton is een bouwmateriaal bestaande uit een kunstmatig aaneengekit of versteend mengsel van een bindmiddel en één of meer toeslagstoffen.
Het bindmiddel kan zijn cement, kalk, asfalt en dergelijke. Als toeslagstoffen zijn voor normaal constructiebeton, zand, grind en steenslag het meest gebruikelijk.

Van de toeslagstoffen is vooral de korrelgrootte en korrelgrootteverdeling belangrijk. Dit houdt onder andere verband met de benodigde druksterkte. Deze is hoger als het beton minder poriën bevat. Dit is te bereiken bij:

1. Gunstige korrelverhouding van de toeslagstoffen;
2. Beperking van de hoeveelheid aanmaakwater tot het hoogst noodzakelijke;
3. Toevoeging van doelmatige hulpstoffen;
4. Kunstmatige verdichting van de specie door schokken en trillen.

— Bakstenen (metselbakstenen, straatklinkers, binnenmuurstenen).
De stenen in blokvorm worden verkregen door het verhitten (bakken) van klei op een maximum temperatuur van circa 1100 °C. Afhankelijk van de hoogte van de temparatuur, de duur van de verhitting en de keuze van de soort klei krijgt men verschillende soorten stenen. Aan de klei kan ook zand en baksteenpoeder worden toegevoegd.

— Keramische produkten (dakpannen, tegels, sanitair, etc.)
Een mengsel van grondstoffen, met name kleimineralen, wordt gesmolten en daarna afgekoeld. Daarbij wordt een glazen structuur gevormd. Het betreft materialen met een bros karakter. Vormen kunnen ook vervaardigd worden door het binden van deeltjes in een sinterproces.
Daardoor wordt een sterk produkt verkregen.

De grondstoffen van de genoemde drie categorieën produkten zijn veelal uniek, wat betreft eigenschappen en de produktieprocessen zijn irreversibel. Dit houdt in dat ontleding van de afgedankte produkten naar de oorspronkelijke basis grondstoffen (bijvoorbeeld cement, klei, kleimineralen) niet wezelijk is. Het gevolg daarvan is dat in het afvalstadium de desbetreffende stoffen als hulp- en toeslagstoffen gebruikt worden.

De eigenschappen die belangrijk zijn bij de toepassing van de afvalstoffen zijn:

— korrelverdeling;
— gloeiverlies;
— vochtgehalte;
— verbrijzeling;
— porositeit;
— chemische samenstelling (met name verontreiniging);
— constantheid kleur;
— volumieke massa;
— wateropname;
— polijstwaarde.

Met het oog voor deze eigenschappen worden bouwmaterialen met afvalstoffen als toeslag nog nader onderzocht.
Momenteel wordt verreweg het grootste gedeelte afgezet als vulmateriaal 'onder de grond, voornamelijk wegenbouw.
De kwaliteitseisen hiervoor zijn, ten opzichte van hoogwaardigere toepassingen, lager.

Bij toepassing in de wegenbouw is van vijf segmenten sprake:

1. erf- en terreinverharding;
2. agrarische wegen c.q. plattelandswegen;
3. gemeentelijke wegen;
4. provinciale wegen;
5. rijkswegen.

In de eerste drie segmenten wordt het meeste puingranulaat toegepast. In de laatste twee segmenten worden de kwaliteitseisen hoger. (Met name de mechanische sterkte van het wegdek). Functionele materiaaleigenschappen die inzicht geven in het gedrag van de wegconstructie zijn de elastische en plastische stijfheid. De elastische stijfheid speelt bij de huidige dimensioneringsmethoden een belangrijke rol bij de dimensionering van asfaltverhardingen, terwijl de plastische stijfheid bepalend is voor de optredende spoorvorming in een wegconstructie met een elementenverharding. Onderzoek heeft aangetoond dat elastische en plastische stijfheden van betongranulaat en menggranulaat ten minste even goed zijn als die van traditioneel ongebonden steenfunderingsmaterialen.
De elastische stijfheid van metselgranulaat is vergelijkbaar met die van een goed zand; de plastische stijfheid van metselwerkgranulaat is vergelijkbaar met die van traditioneel ongebonden steenfunderingsmaterialen.
Bovendien is gebleken dat de bijdrage van een fundering van betongranulaat en menggranulaat aan de constructieve sterkte van een flexibele verhardingsconstructie direct na aanleg vergelijkbaar is met die van een extra laag grindasfaltbeton. Enige maanden na aanleg is de bijdrage van de fundering echter groter dan die van een extra laag asfalt. Dit wordt veroorzaakt doordat de beton- en menggranulaatfundering met de tijd stijver wordt. Toepassing van beton-, meng- en metselgranulaat dragen bij aan het bestrijden van de spoorvorming.

Het bovenstaande geeft aan dat ook op de toepassing van asfalt bespaard kan worden. Bovendien kan in grindasfaltbeton het grind vervangen worden door betonpuin. Dus ook met betrekking tot provinciale wegen en rijkswegen zijn er toepassingsmogelijkheden voor puingranulaten.

Door de aanwezigheid van een aantal knelpunten blijkt het toepassingsgebied veelal beperkt tot de hierboven beschreven minder hoogwaardige toepassingen waarbij het meestal in ongebonden toestand wordt hergebruikt.
Hoogwaardige hergebruiksmogelijkheden, bijvoorbeeld in de betonmortel- en betonwarenindustrie (gesloten kringloop) wordt vooral gehinderd door de bestaande milieuwetgeving en economische aspecten.
Kwaliteit wordt in de bouw steeds belangrijker, niet alleen door het grotere aandeel van de vrije sector in het bouwvolume, maar ook door meer certificeringseisen.
De 'sick building' problemen en het stringenter opnemen van milieu-eisen aan zowel primaire als secundaire grondstoffen voor de bouw geven additionele knelpunten.
Voor de aanbieders van secundaire grondstoffen wordt het dientengevolge economisch steeds interessanter de kwaliteit van de afvalstoffen te verbeteren. Echter enkele bestaande toepassingen van secundaire grondstoffen kunnen in toenemende mate ter discussie komen te staan.

De belangrijkste kwaliteitsaspecten samenhangend met toepassingen in de bouw (als vervanger van zand en grind in beton zijn):

— mate en aard van verontreinigingen: hout, papier, textiel, rubber, glas, isolatiemateriaal en planteresten worden als nadelig voor de kwaliteit beschouwd. De maximaal toe te laten hoeveelheid is beperkt.
  - Chloriden (vooral in beton aan de kust) hebben een negatief effect op de corrosie van het betonstaal.
  - Sulfaten hebben, in grotere hoeveelheid, een negatief effect op de mechanische eigenschappen (druksterkte) als gevolg van gips- en eternietvorming (carbonatatie).
  - IJzer- en vanadiumverbindingen hebben een negatief effect op de homogeniteit van de kleur. Dit is vooral van belang bij vrije oppervlak toepassingen.

— De poreusheid; dit is vooral van belang in verband met de wateropname en de daarmee samenhangende zwelling en verwerkingscondities (onder andere uithardingstijd). Tevens heeft dit een effect op de uiteindelijke kwaliteit van het beton (met name drukbelasting).

— De korrelgrootte, de korrelgrootteverdeling en de korrelvorm.
De eisen hiervoor zijn enigszins afhankelijk van de specifieke toepassing, met uitzondering van de vorm. Hiervoor wordt altijd een kubische vorm (homogeniteit van betoneigenschappen) nagestreefd.
Overigens zijn deze parameters redelijk te sturen met de specifieke verwerkingsmethode van het bouw- en sloopafval.

Kwaliteitsverbetering kan slechts ten dele tot stand komen door optimalisatie van de scheidingsapparatuur. Met name de chloriden en sulfaten zijn moeilijk af te scheiden uit het granulaat. Een betere optie, ten aanzien van de kwaliteit van de secundaire grondstoffen is in dit geval het scheiden aan de bron c.q. selectief slopen. Met name de betonpuingranulaten uit de niet-kuststreken kunnen uitstekend dienen als vervanger voor grind.

6 Afzetperspectieven

6.1 Inleiding

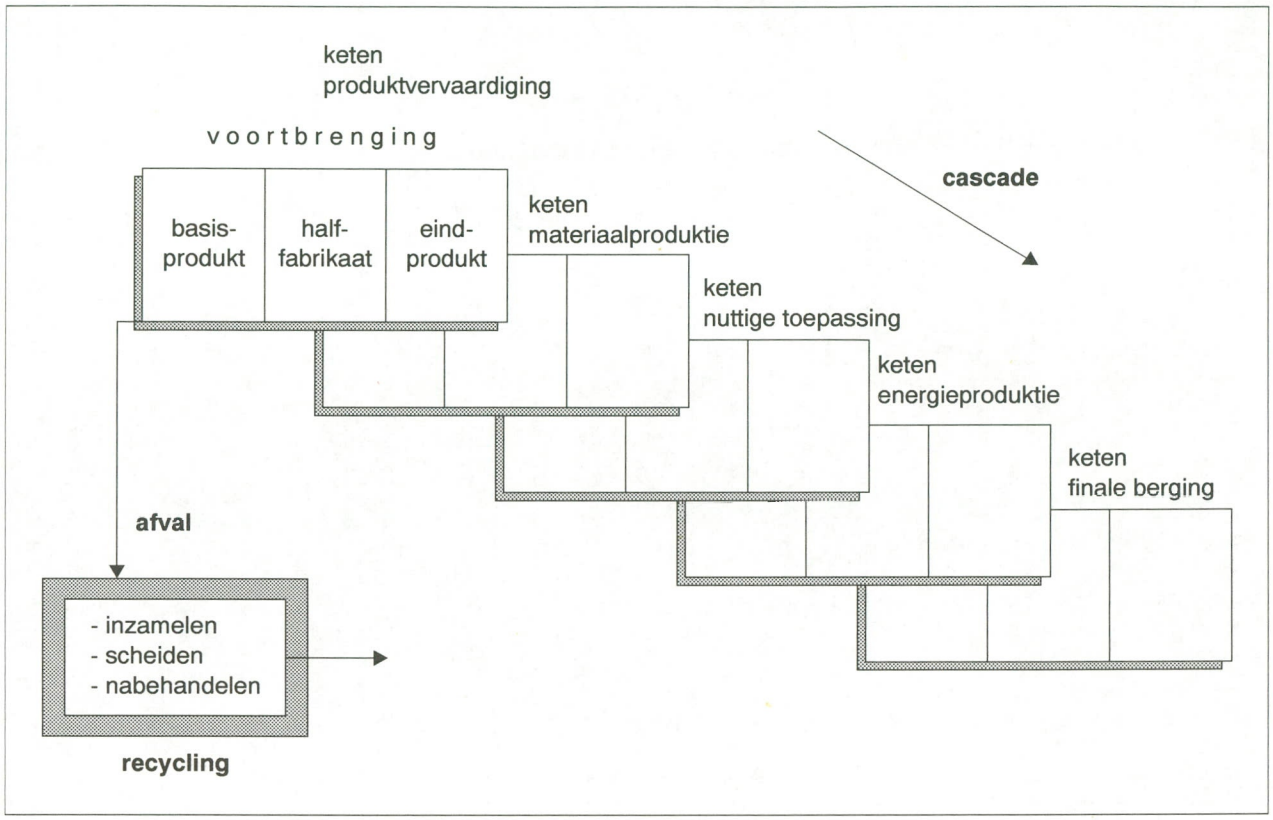
In dit hoofdstuk wordt antwoord gegeven op de vraag op welke deelmarkten de secundaire materiaalstromen uit de afvalstromen aangewezen zijn, wil er sprake zijn van een toename in het hergebruikspercentage.

Ter verduidelijking van het beeld waar secundaire materiaalstromen het beste in de markt ingezet kunnen worden is in figuur 6.1 een eenvoudig concept gegeven, waarin de betrokken deelmarkten als onderdeel van een cascadestructuur zichtbaar gemaakt worden.

De bespreking van de secundaire materiaalstromen gebeurt op basis van de kwantitatieve indeling van de stromen:
- stromen groter dan 100.000 ton per jaar;
  - bouw- en sloopafval;
  - kunststofafval;
  - verpakkingsafval.
- stromen kleiner dan 100.000 ton per jaar;
  - straalgrit;
  - kabelafvallen;
  - witgoed;
  - bruingoed.

6.2 Ketens en deelmarkten

Een eindprodukt kan beschouwd worden als het resultaat van alle voortbrengingsstappen in de keten van de produktvervaardiging, vanaf het basisprodukt, via het halffabrikaat tot en met het eindprodukt. Ieder eindprodukt zal na korte of lange tijd van gebruik afgedankt worden en als afval aangemerkt worden. Afval markeert dus het moment dat een gegeven eindprodukt aan het eind is gekomen van zijn gebruiksstadium. Afval wordt vervolgens ingezameld, gescheiden en nabehandeld en de produkten van het aldus gerecyclede afval vinden hun weg terug naar een plaats in een van de daarvoor in aanmerking komende ketens. De keuze van de keten en de plaats daarin - is er sprake van een voortbrengingsproces gericht op een basisprodukt, halffabrikaat of eindprodukt - hangt af van de aard en de kwaliteit van het gerecyclede produkt. De in aanmerking komende ketens vormen een samenhangende cascadestructuur. Hierbij is sprake van een aflopende reeks toepassingen, van hoogwaardig tot laagwaardig, waarbij getrapt gebruik gemaakt wordt van secundaire materialen. De ketens waar het hier om gaat kunnen als volgt aangeduid worden (van hoogwaardig naar laagwaardig):
- Hoogwaardige toepassing;
  - de keten van produktvervaardiging;
  - de keten van materiaalproduktie;
  - de keten van nuttige toepassing;
  - de keten van energieproduktie;
  - de keten van finale berging;
- Laagwaardige toepassing.



Figuur 6.1 Ketens en deelmarkten in een cascadestructuur

6.3 Beschrijving (potentiële) deelmarkten

6.3.1 Bouw- en sloopafval

In tabel 6.1 zijn een aantal gegevens met betrekking tot bouw- en sloopafvallen bijeengebracht. In figuur 6.2 zijn de diverse deelmarkten in de cascadestructuur aangegeven.

Componenten uit bouw- en sloopafval die direct verhandelbaar zijn worden gescheiden ingezameld: diverse metalen, houten balken, kozijnen, dakpannen en dergelijke. Er is sprake van eindprodukten in de keten produktvervaardiging. Daarnaast worden asbest en chemisch afval gescheiden ingezameld met het oog op gecontroleerde verwijdering.

Hergebruik van hout als materiaal betreft uitsluitend massief hout. Spaanplaat, zachtboard, triplex en dergelijke worden niet geaccepteerd door de recyclingbedrijven. Oplossingen naar de markt toe lijken gezocht te moeten worden in de richting van geperste produkten, hetgeen echter grotere investeringen vereist.

Tabel 6.1 Gegevens bouw- en sloopafval

Sector	Situatie 1986 (kton)	Herverwerkt 1986 (kton)	Dominant materiaal bouw- en sloopafval
steenfracties, waarvan			
beton	5330	} 7000	betongranulaat
metselwerk	3320		
asfalt	2500	500	asfaltbeton
divers puin	420	400	
dakpannen	70		
hout	275	50	hout
metaal	175	150	
teerhoudende mat.	20		
PVC	20		
overige kunststoffen	20		
rest	60		
Zeefzand van verwerkingsinstallaties	650 (met PAK verontreinigd)		zeefzand

Knelpunten deelmarkten

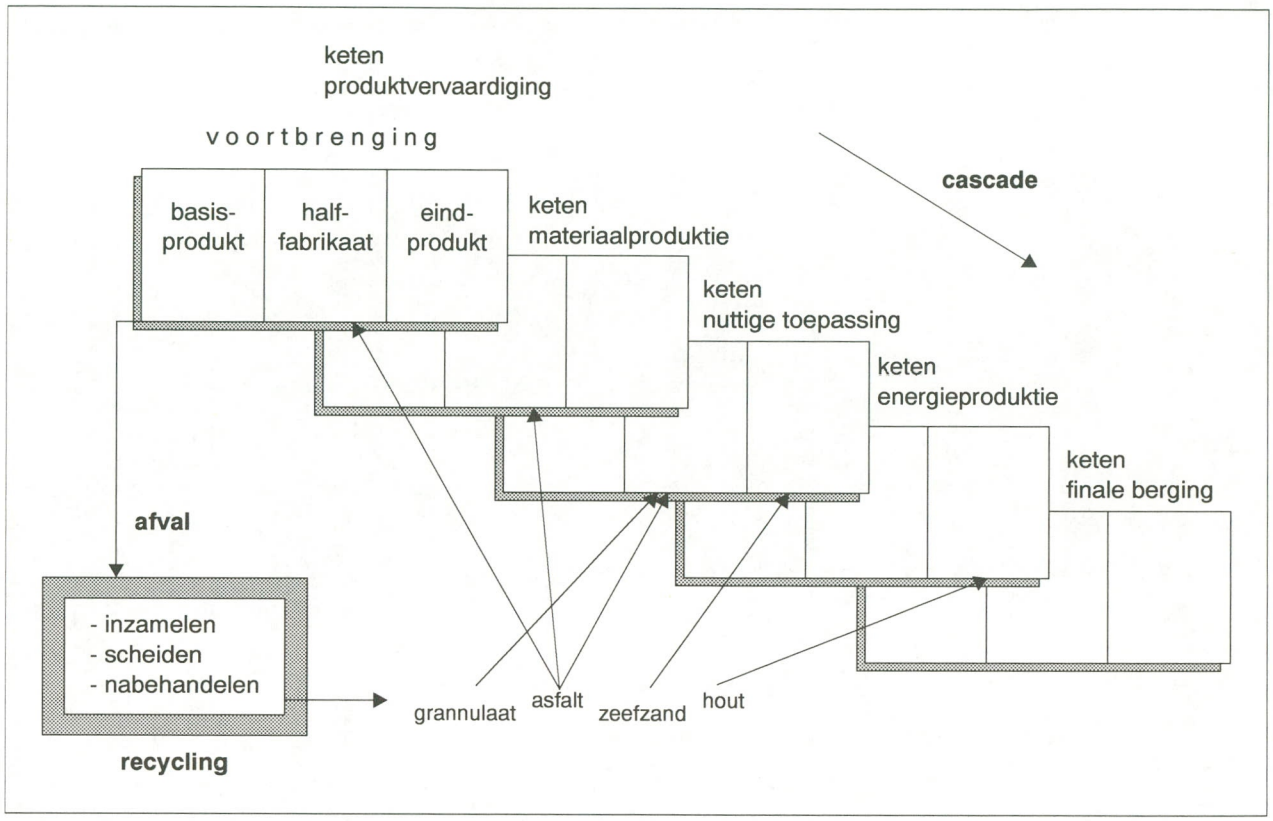
De hergebruiksmarkten voor de diverse produkten uit bouw- en sloopafval ontwikkelen zich relatief langzaam daar de diverse hergebruiksprodukten moeten voldoen aan verschillende materiaaltechnische en milieu-eisen. Met name het Bouwstoffenbesluit stelt voorwaarden aan de toepassing van afvalstoffen. De chemische samenstelling hiervan is daarbij een belangrijk criterium. Daarnaast kan gesteld worden dat vele afvalstromen (zoals hoogovenslakken, metaalslakken, verbrandingsslakken, kolenvliegassen, bouw- en sloopafvallen, etc.) op dezelfde markt penetreren. Met betrekking tot hout zijn de vele houtsoorten met additieven een belemmering voor materiaalhergebruik.

Kansen deelmarkten

Door toename van gescheiden inzameling zullen meer componenten van bouw- en sloopafval voor hergebruik in aanmerking komen. Toepassing van min of meer nieuwe materialen in de bouw zal in de toekomst een wijziging in de samenstelling van het bouw- en sloopafval tot gevolg hebben. Hierbij kan gedacht worden aan isolatiematerialen, kunststoffen en dergelijke.

Granulaten die van steenachtig materiaal en asfaltbeton worden gemaakt, worden vrijwel geheel afgezet als funderingsmateriaal en in toepassingen voor weg- en waterbouw. Regeneratie van oud asfalt geeft hernieuwd materiaal voor weglagen. Door ook granulaten toe te passen als grindvervanger in beton kan een toename van het hergebruikspercentage tegemoet worden gezien. Op het ogenblik beslaat de substitutiegraad nog slechts 0,07% van het grindverbruik.

Zeefzand wordt vrijwel geheel afgezet in de wegenbouw. Momenteel wordt er onderzoek verricht om de in het zeefzand aanwezige PAK te verwijderen. Het voorkomen van PAK belemmert de toepassing van zeefzand aanzienlijk



Figuur 6.2 Deelmarkten bouw- en sloopafval

De bevordering van hergebruik van hout is mogelijk in geperste produkten, zoals in spaanplaat of het verlijmen van houtafval tot grotere delen ('vingerlassen').

Gezien de aard van de produkten wordt hergebruik in eigen keten nagestreefd. Voor zowel steenachtige materialen als houtsoorten geldt dat de produkten weer toepassing krijgen in de woning-, weg- en waterbouw. Men kan zeggen dat langlevende produkten (> 10 jaar) weer 'hernieuwde' langlevende produkten worden.

6.3.2 Kunststofafval

In onderstaande tabel 6.2 zijn een aantal algemene gegevens met betrekking tot kunststofafval bijeengebracht. In figuur 6.3 zijn de diverse deelmarkten in de cascadestructuur aangegeven.

Alleen in de industrie wordt herverwerkt. Procesafvallen zijn zodanig schoon dat recycling nagenoeg volledig plaatsvindt.

Daarnaast worden eenduidige produktafvallen, zoals kunststofoliën uit agrarische sector, industriële sector, KWD-sector en PVC-buizen uit bouw- en sloopafval hergebruikt.

Van de totale hoeveelheid kunststofafval wordt 7 - 10% hergebruikt, 25 - 27% verbrand en 65 - 67% gestort (1986). Het percentage hergebruik kan (enigszins) toenemen wanneer kunststoffen selectief gescheiden kunnen worden van papier, hout, rubbers, overige polymeren, metalen en anorganische materialen, zoals zand, steen en glas. Kunststofafval uit huishoudens en de KWD-sector is echter zeer heterogeen van samenstelling. Er is dus een grotere inspanning (sorteren, wassen, nascheiding) nodig om een hoogwaardig produkt te kunnen maken.

Tabel 6.2 Gegevens kunststofafval

Sector	Situatie 1986 (kton)	Herverwerkt 1986 (kton)	Dominant materiaal kunststofafval	
autowrakken	26	0	PVC	(30%)
bouw en sloop	29	0,3	PVC	(55%)
			PE+PP	(20%)
huishoudens + KWD	167	0	PE+PP	(34%)
			PVC	(22%)
			PS	(13%)
industrie	63	34	PE+PP	(41%)
			PVC	(20%)
land/tuinbouw	16	4	PE	(100%)

Knelpunten deelmarkten

Om stagnatie in de markt te voorkomen moet er voor de te hergebruiken kunststoffen een markt zijn. Is deze er niet of nauwelijks, dan dient deze (kunstmatig) gecreëerd te worden.

Het aangeboden kunststofafval moet zo zuiver mogelijk zijn om een zo hoogwaardig mogelijk produkt te krijgen. Is dit niet het geval, dan vindt dit afval al snel zijn weg aan het eind van de hergebruikscascade: verbranding met energie-opwekking en stort.

Het ruime assortiment kunststoffen bemoeilijkt het hergebruik. Nog steeds worden nieuwe soorten kunststoffen, en vooral ook mengsels van kunststoffen onderling (in blends) of met andere materialen vervaardigd. Het aantal deelmarkten is hierdoor groot en de stromen in veel gevallen te klein om bedrijfseconomisch interessant te kunnen zijn. Met name de huishoudens en de KWD-sector vormen vele bronnen met kleine hoeveelheden. Dit geeft een inzameltechnische, dus logistiek probleem.

Een aantal kunststoffen heeft eigenschappen die negatieve gevolgen voor het milieu kunnen hebben bij het afdanken. Het is bekend dat al geruime tijd gewezen

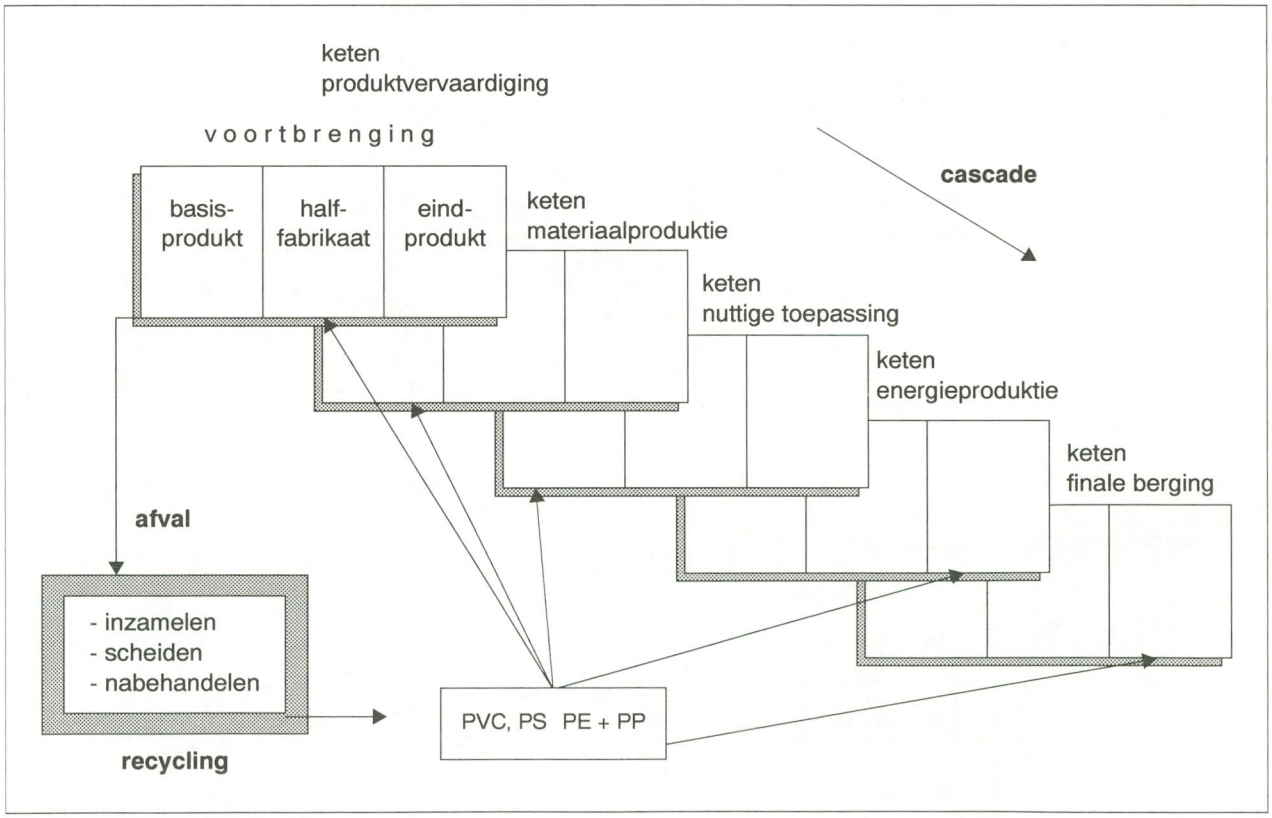
wordt op de aanwezigheid van hoge percentages chloor in chloorhoudende polymeren en de daarbij, onder andere als stabilisator, gebruikte verbindingen die zware metalen kunnen bevatten.

Kansen deelmarkten

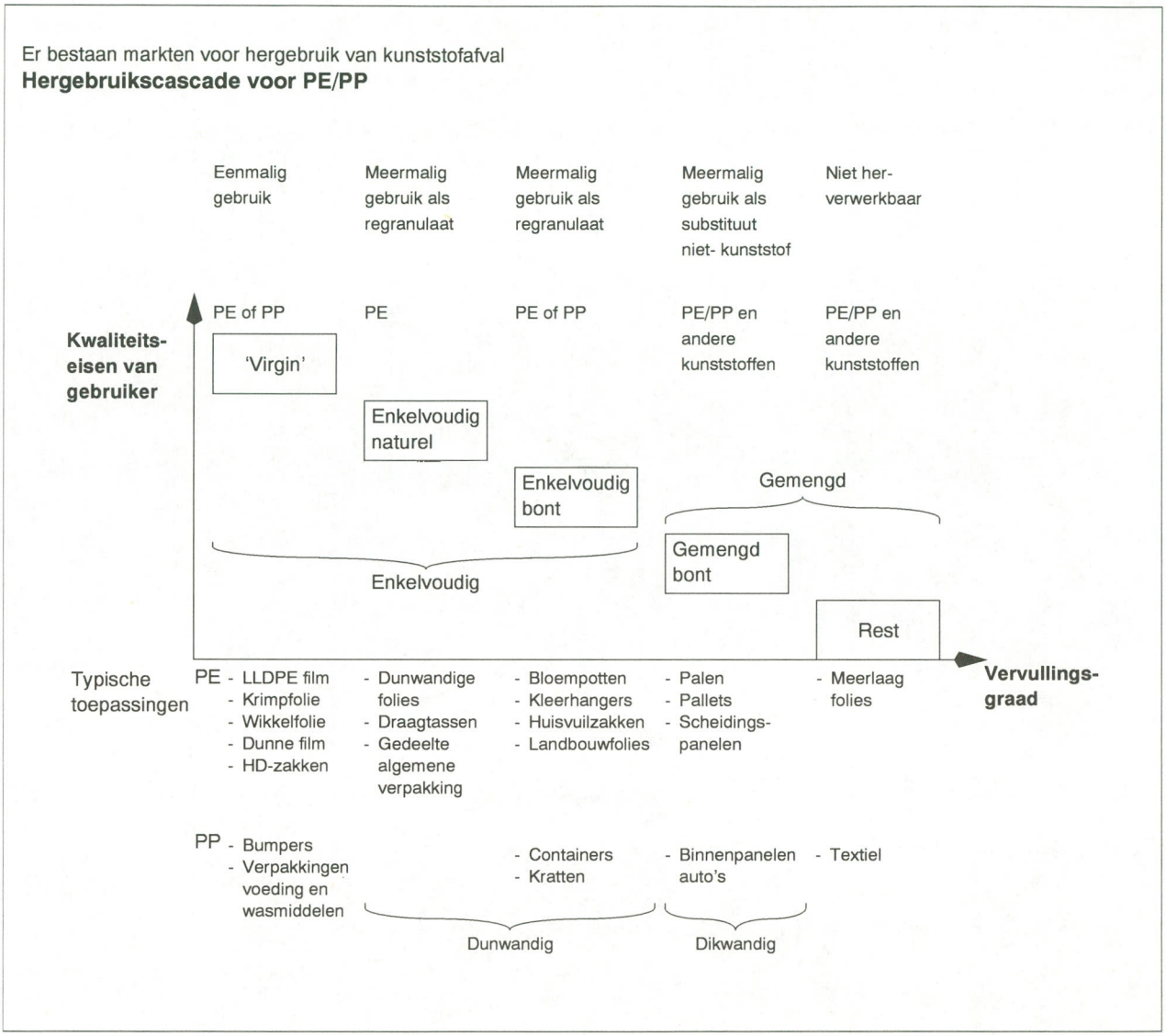
Door de sterke groei in het gebruik van kunststoffen mag worden verwacht dat het percentage kunststofafval afkomstig van produkten met een langere levensduur sterker zal toenemen.

Het gescheiden houden en hergebruiken van PVC, wanneer dit te zijner tijd vrij komt, biedt mogelijkheden in de bouw.

Het vervangen van een kunststof door een andere kunststof met betere mogelijkheden voor hergebruik, zoals het overstappen op PE, biedt perspectieven voor de groei van deze deelmarkt. Een grotere uniformiteit in kunststoffen voor dezelfde toepassingen zou een grote verbetering zijn.
Standaardisatie naar polyolefinen (PE, PP) geeft goede mogelijkheden voor het denken in en de introductie van kunststofcascaden.
Men ziet dat kortlevende produkten (verpakkingen, enkele weken) achtereenvolgens verwerkt worden in steeds langer levende produkten (tot palen; > 20 jaar). In figuur 6.4 is de hergebruikscascade voor PE/PP gegeven.



Figuur 6.3 Deelmarkten kunststofafval



Figuur 6.4 Hergebruikscascade voor PE/PP

6.3.3 Verpakkingsafval

In onderstaande tabel 6.3 zijn een aantal algemene gegevens met betrekking tot verpakkingsafval bijeengebracht. In figuur 6.5 zijn de diverse deelmarkten in de cascadestructuur aangegeven.

De grootste concentraties verpakkingen zijn terug te vinden in huishoudelijk afval, kantoor-, winkel- en dienstenafval en industrie-afval. Materiaalhergebruik wordt pas perspectiefvol als er gescheiden inzameling van materialen/verpakkingen plaatsvindt.

Tabel 6.3 Gegevens verpakkingsmateriaal

Sector	Situatie 1986 (kton)	Herverwerkt 1986 (kton)	Dominant materiaal verpakkingsmateriaal
kunststof	462	41	HPDE LDPE
papier/karton	945	196	
glas	522	258	karton
blik	177	107	
aluminium	20		

Knelpunten deelmarkten

Het gelijktijdig aanwezig zijn van vele materialen en afdedankte produkten naar soorten, vormen, afmetingen en kleuren in de afvalstromen van huishoudelijk afval, KWD-afval en industrie-afval is een belangrijke technisch-economische en logistieke belemmering voor hergebruik van verpakkingsmateriaal.

Ook is de aanwezigheid van kleine hoeveelheden van specifieke materialen in bulkafvalstromen een probleem. Om deze waardevolle materialen te kunnen selecteren is een relatief grote inspanning vereist.

Een ander belangrijk knelpunt is gelegen in het feit van de toenemende vermenging van materialen en dat het voorkomen van coatings, etiketten en dergelijke het scheiden bemoeilijkt.

Kansen deelmarkten

Kansen voor deelmarkten ontstaan wanneer er inzamelstructuren ontstaan voor de afscheiding van relatief zuivere verpakkingsfracties, geënt op bronscheiding op basis van een eenduidige scheidingsregel.

Secundair papier kan op vier manieren worden afgezet. In de produktie van het oorspronkelijke of een alternatief verpakkingsmateriaal (bijvoorbeeld kartonnen dozen), in de produktie van materiaal voor een alternatief produkt (bijvoorbeeld hygiënisch papier) en als brandstof (zie bijlage 8).

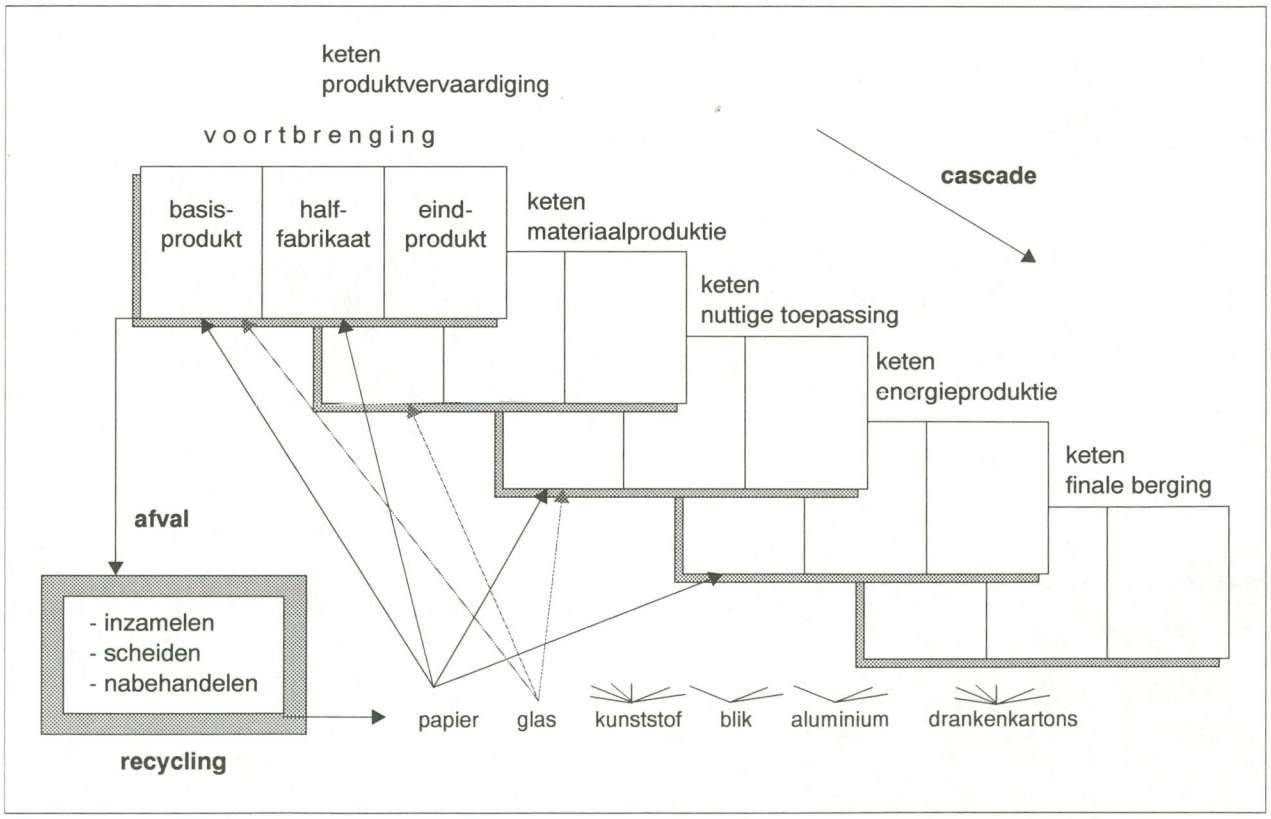
Secundair glas kan op drie manieren worden afgezet. In de produktie van het oorspronkelijke (bijvoorbeeld wit glas) of alternatieve verpakkingsmateriaal (bijvoorbeeld groen glas) en als materiaal voor een alternatief produkt (bijvoorbeeld bouwmateriaal) (zie bijlage 8).

Secundaire kunststoffen kunnen op zes manieren worden afgezet. In de produktie van het oorspronkelijke of alternatieve verpakkingsmateriaal. In de produktie van de grondstof voor het oorspronkelijke verpakkingsmateriaal of in de produktie van de grondstof voor een alternatieve materiaaltoepassing ('back to feedstock') en tenslotte als materiaal voor een alternatief produkt (bijvoorbeeld klerenhangers), of als brandstof (zie bijlage 8).

Secundair blik kan op drie manieren worden afgezet. In de produktie van kritische staalprodukten, zoals verpakkingsmateriaal. In de produktie van de grondstof voor hoogwaardige staalsoorten (onder andere in de automobielsector en voor verpakkingsmateriaal) of in de produktie van de grondstof voor minder hoogwaardige staalsoorten (bijvoorbeeld toepassingen in de bouw) (zie bijlage 8).

Secundair aluminium kan op drie manieren worden afgezet. In de produktie van aluminiumprodukten zoals verpakkingsmateriaal. In de produktie van de grondstof voor hoogwaardige aluminiumsoorten (onder andere in de automobielsector en voor verpakkingsmateriaal) of in de produktie van de grondstof voor minder hoogwaardige aluminiumsoorten (bijvoorbeeld in de bouw) (zie bijlage 8).

Drankenkartons zijn samengestelde verpakkingen bestaande uit karton/polyetheen of karton/aluminium/polyetheen. De secundaire materialen uit herverwerkt drankenkarton kunnen op zes manieren worden afgezet. Allereerst in de produktie van verpakkingsmaterialen in de vorm van karton, polyetheen en aluminium. In de produktie van de grondstoffen voor de oorspronkelijke verpakkingsmaterialen (karton, Al, PE) of in de produktie van grondstoffen voor alternatieve materiaaltoepassingen. Tenslotte kunnen karton en PE direct in de produktie van een alternatief ingezet worden, bijvoorbeeld hygiënisch papier, respectievelijk klerenhangers of als brandstof (zie bijlage 8).



Figuur 6.5 Deelmarkten verpakkingsmateriaal

Behalve voor de metalen geldt dat hier sprake is van de transformatie van kortlevende produkten naar kortlevende produkten: glas (glazen verpakkingen worden glazen verpakkingen, papier/karton (nieuwsdragers worden dozen, verpakkingen worden hygiënisch papier, etc.).
Voor kunststoffen zou een cascade kunnen gelden. De produktie van transportverpakkingen uit consumentenverpakkingen is daarvan een voorbeeld.

6.3.4 Straalgrit

In onderstaande tabel 6.4 zijn een aantal algemene gegevens met betrekking tot straalgrit bijeengebracht. In figuur 6.6 zijn de diverse deelmarkten in de cascadestructuur aangegeven.

Voor nuttige toepassing van gerecycled grit komt de toepassing als vulstof in bepaalde kunstharsen of polyesterbeton in aanmerking. Verder is er de toepassing van zandvervangend materiaal in beton. Tenslotte is er het gebruik als grondstof voor de steenindustrie.
Gezien de korrelgrootte-verdeling van gereinigd grit in relatie tot die van veel gebruikte gritsoorten zou 60 tot 80% van het gereinigde grit als straalmiddel opnieuw kunnen worden toegepast. Hierbij is er van uitgegaan dat de fractie kleiner dan 0,2 mm afgezeefd dient te worden.
Straalgrit doorloopt een korte hergebruikscascade: smeltslak wordt straalgrit, het vervuilde straalgrit wordt na reiniging opnieuw als straalgrit of als opvulmiddel of ophoogmiddel of als stortgoed gebruikt.

Tabel 6.4 Gegevens straalgrit

Sector	Situatie 1986 (kton)	Dominant mat straalgrit
straalgrit	100	straalgrit fijne fractie

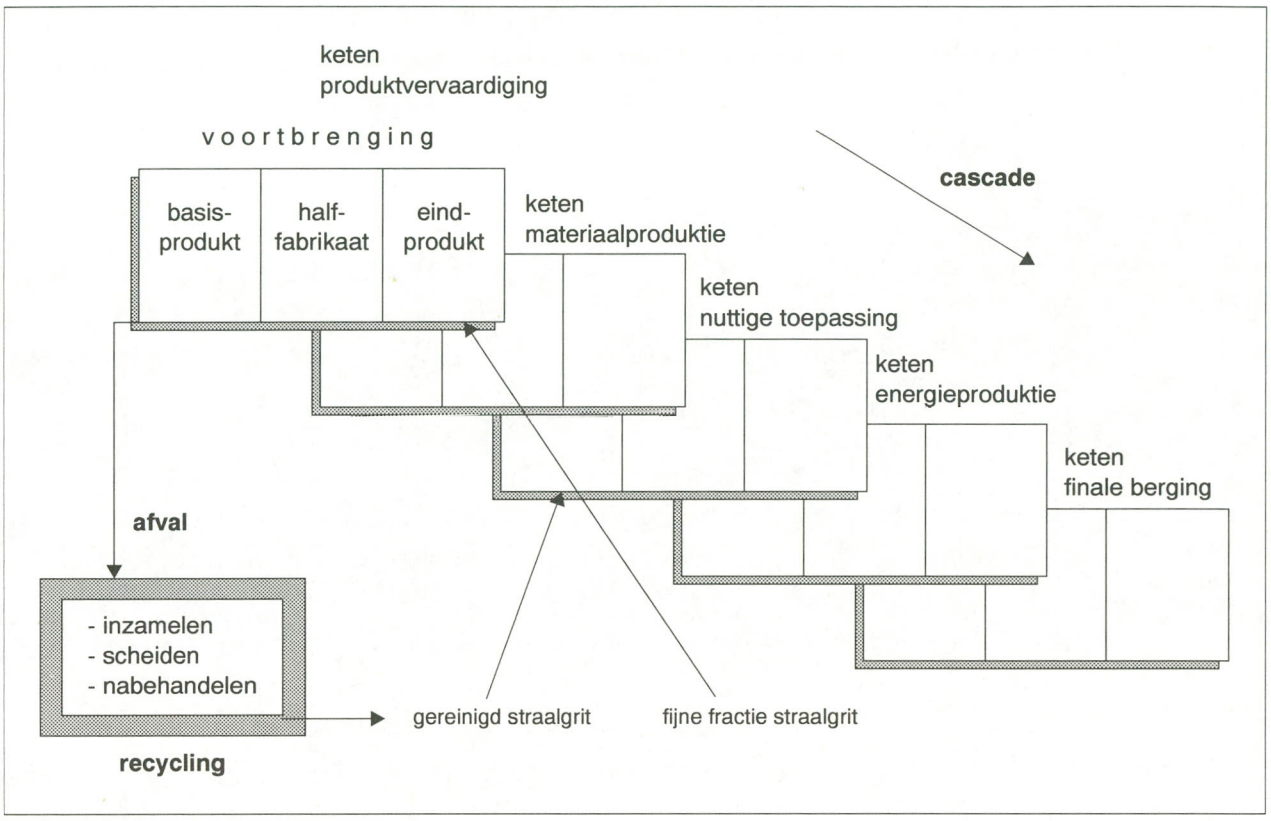
Knelpunten deelmarkten

In secundair straalgrit kunnen te hoge gehaltes aan koper, lood, nikkel, zink en PAK's en anionen voorkomen, waardoor het grit volgens het Bouwstoffenbesluit niet mag worden toegepast.

Kansen deelmarkten

Naast het gebruik van gereinigd straalgrit als straalmiddel voor de oorspronkelijke toepassing zijn er een viertal nuttige toepassingen voor de fijne fractie van het gereinigde grit te noemen: de toepassing als vulstof in bepaalde kunstharsen of polyesterbeton, de toepassing als zandvervangend materiaal in beton, het eventueel gebruik als grondstof voor de steenindustrie en het gebruik als toeslagstof in as-

falt. Echter het hernieuwde gebruik van dit relatief kortlevende produkt in de eigen keten biedt de meeste vooruitzichten (60 - 80%).



Figuur 6.6 Deelmarkten straalgrit

6.3.5 Kabelafvallen

In onderstaande tabel 6.5 zijn een aantal algemene gegevens met betrekking tot kabelafvallen bijeengebracht. In figuur 6.7 zijn de diverse deelmarkten in de cascadestructuur aangegeven.

Kabelafval is typisch een produkt waarbij de deelmarkten non-ferro, met koper als belangrijkste vertegenwoordiger, sterk geïnteresseerd zijn in kwaliteitsverbetering. Gescheiden, zuiver metaal heeft een hoge marktwaarde.

De vrijkomende kunststoffractie bevat nog metaalresten. De kunststoffracties, die voornamelijk bestaan uit weekgemaakt polyvinylchloride zijn op dit moment niet recyclebaar.

Tabel 6.5 Gegevens kabelafval

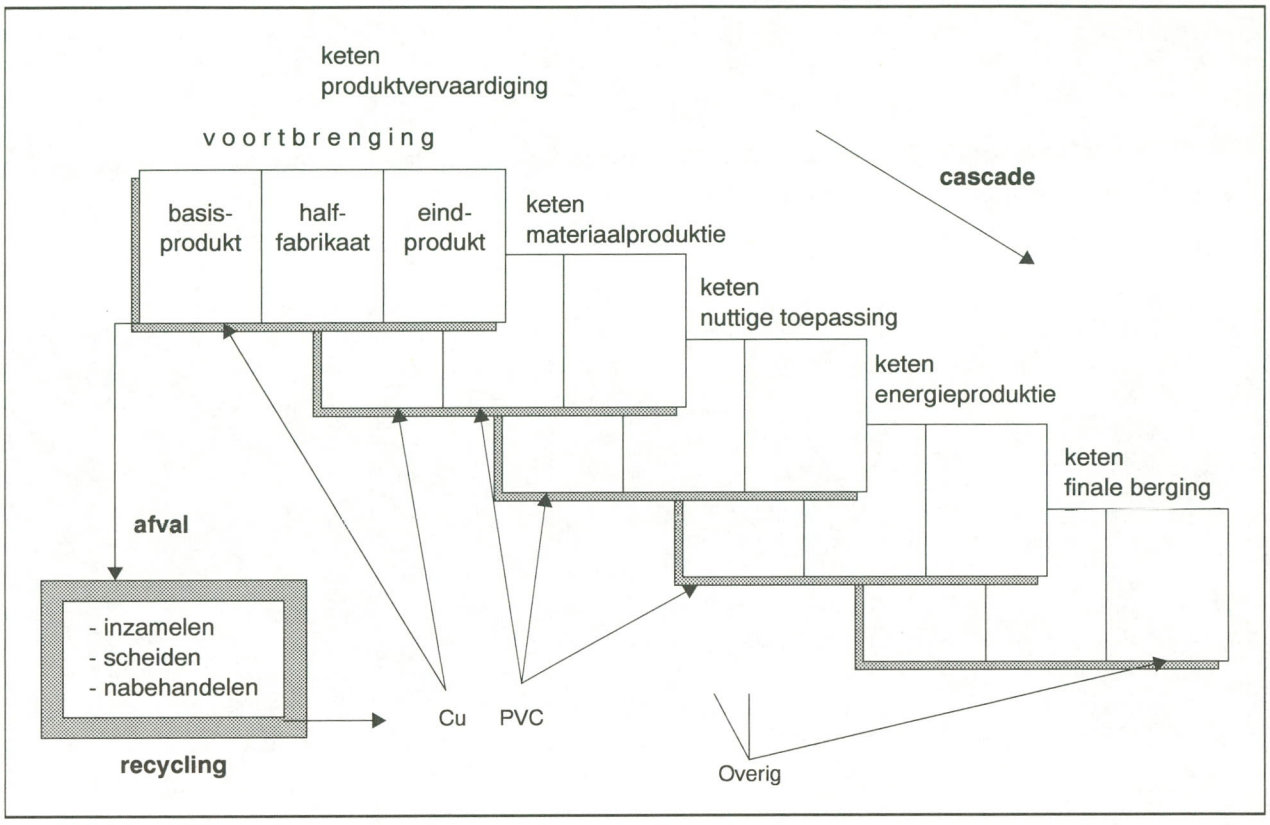
Sector	Situatie 1986 (kton)	Dominant materiaal
energiekabel	15	Cu (23%)
installatiekabel	20	Cu (55%) PVC (32%)
telecommunicatie	3	Cu (23%)
kleinkabel	11	Cu (39%) PVC (43%)
produktieafval	5	Cu (39%) PVC (16%)

Knelpunten deelmarkten

Het belangrijkste knelpunt voor de deelmarkten voor non ferro's uit kabelafval is de zuiveringsgraad. Als deze gewaarborgd verbeterd kan worden zal het hergebruik voor hoogwaardige toepassingen aanzienlijk kunnen toenemen.

Kansen deelmarkten

Zorgvuldige sortering van het aangeboden kabelafval zal, in combinatie met de relatief hoge opbrengsten van non-ferro's een stimulering voor de markt kunnen betekenen.



Figuur 6.7 Deelmarkten kabelafval

6.3.6 Witgoed

In onderstaande tabel 6.6 zijn een aantal algemene gegevens met betrekking tot witgoed bijeengebracht. In Figuur 6.8 zijn de diverse deelmarkten in de cascadestructuur aangegeven.

Tabel 6.6 Gegevens witgoed

Sector	Situatie 1991 (kton)	Dominant materiaal witgoed
koelkast	15	staal/roestvrij staal (64%)
wasmachine	34	
overig	36	

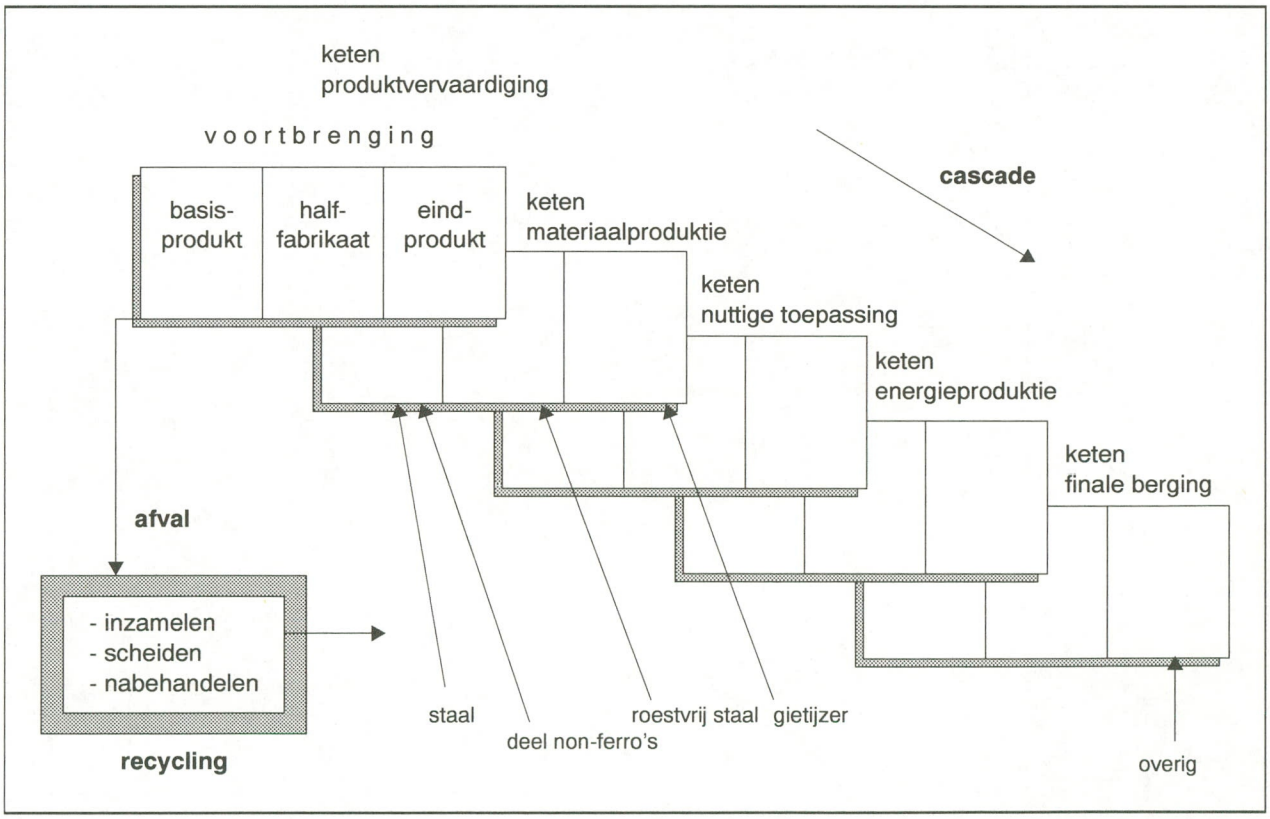
Afgedankte witgoedprodukten met relatief veel ferro worden door de schroothandel geaccepteerd en verwerkt.

Knelpunten deelmarkten

De inzameling van witgoed ten behoeve van hergebruik van staal, roestvrij staal en non-ferro's moet nog aanzienlijk verbeteren wil er sprake zijn van een substantiële verbetering van het hergebruikspercentage. Een deel wordt momenteel te zamen met autowrakken verwerkt, hetgeen betekent dat een deel van het ferro en de non-ferro's wordt gerecycled.

Kansen deelmarkten

Voor de levering van schoon, zuiver staal, gietijzer en roestvrij staal bestaat een goede afzetmarkt. Voor de overige delen van het witgoed, waarin onder meer non-ferro's voorkomen zal dat pas het geval zijn als deze verder in hun onderdelen gescheiden zullen zijn. In dat kader zou een aparte selectieve voorontmanteling passen.



Figuur 6.8 Deelmarkten witgoed

6.3.7 Bruingoed

In onderstaande tabel 6.7 zijn een aantal algemene gegevens met betrekking tot bruingoed bijeengebracht. In figuur 6.9 zijn de diverse deelmarkten in de cascadestructuur aangegeven.

Bruingoed is een relatief nieuwe groep afgedankte eindprodukten die zich leent voor de terugwinning van secundaire materialen. De apparaten zijn kleiner van formaat dan die uit de witgoedsector en kenmerken zich door een relatief hoger gehalte aan elektronika-onderdelen.

Tabel 6.7 Gegevens bruingoed

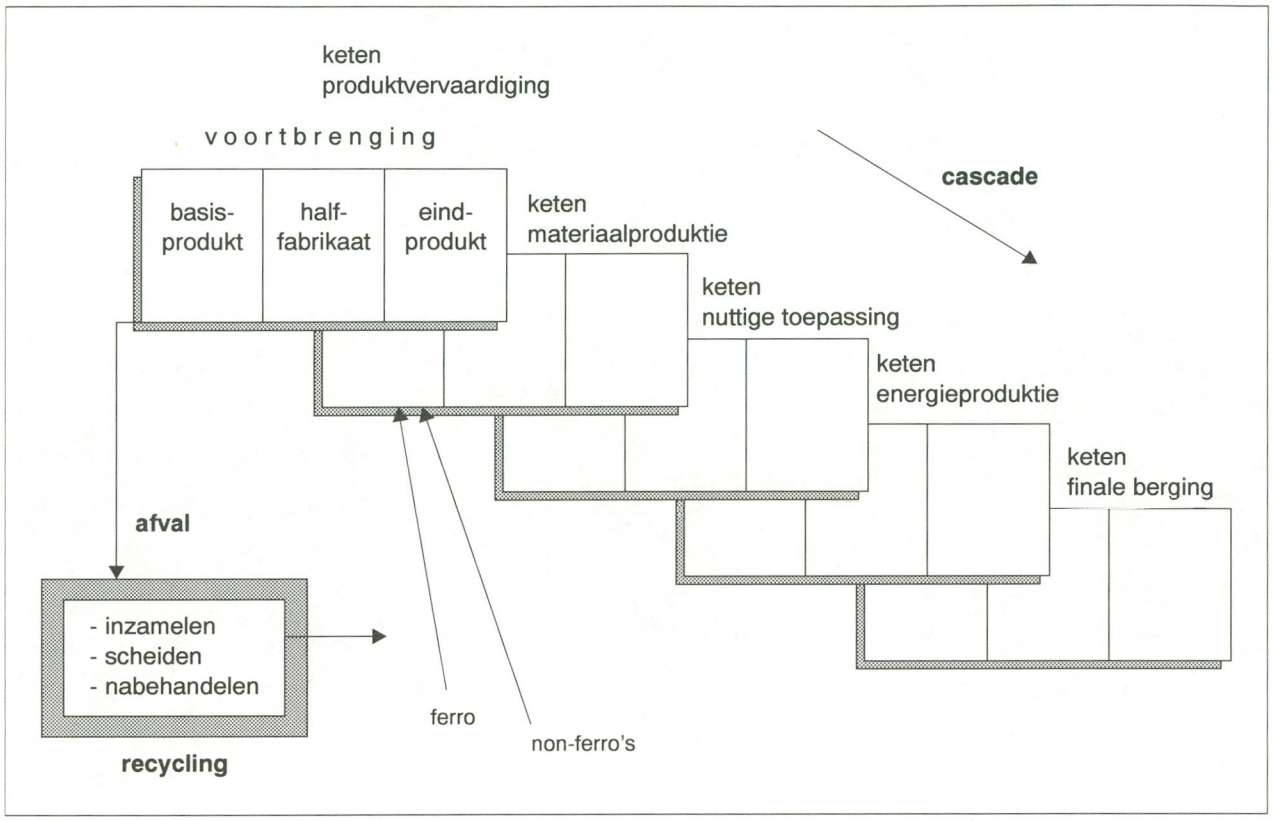
Sector	Situatie 1991 (kton)	Dominant materiaal bruingoed	
kleuren TV	15	ferro	(27%)
videorecorder	4	kunststof	(18%)
overig	10	non-ferro's	(8%)
		glas	(28%)

Knelpunten deelmarkten

Het belangrijkste knelpunt voor het afzetten van secundaire materialen uit bruingoed is de inzameling. Pas wanneer er sprake is van een goed functionerend logistiek systeem zal er voldoende gecontroleerd aanbod zijn om de diverse deelmarkten te kunnen voorzien.

Kansen deelmarkten

Het afzetten van de relatief kleine stromen secundair ferro en non-ferro's, verkregen uit recycling van bruingoed, zal, gezien de bestaande infrastructuur voor schroot, waarschijnlijk geen probleem opleveren. Voor kunststoffen, glas en elektronika ligt dit anders; hier zal eerst een passende inzamel- en verwerkingsstructuur voor ontwikkeld moeten worden.



Figuur 6.9 Deelmarkten bruingoed

6.4 Evaluatie marktaspecten algemeen

Niet alleen zijn de intrinsieke kwaliteitskenmerken binnen een gegeven secundaire grondstofstroom relatief variabel, maar is de variabiliteit tussen verschillende, overigens sterk op elkaar gelijkende gerecyclede materiaalstromen, zo groot dat men, gezien het principe van 'the economy of scale', de corresponderende deelmarkten niet eenvoudigweg kan samenvoegen. Een voorbeeld is kunststoffen, die uit verschillende afgedankte produkten komen, kunnen in het recyclingstadium, vanwege onderlinge kleine samenstellingsverschillen niet integraal verwerkt worden. Zo is PS van een beker niet hetzelfde als PS van een computerbehuizing.

Voor de betrokken afzetstromen gaat het, wat de deelmarkten betreft, in de eerste plaats om hergebruik en nuttige toepassing. Daarbij worden twee typen materiaalstromen aangehouden: complex samengestelde goederen en heterogeen samengestelde mengsels van materialen. De produkten kunnen zowel in de eigen als in een geheel andere produktketen gebruikt worden.

Markttechnisch bezien is er sprake van een afgedwongen markt: de overheid stelt de voorwaarden vast waarbinnen tot het jaar 2000 zekere taakstellingen in termen van hergebruik en nuttige toepassing 'gehaald' moeten worden. Er bestaat verschil in omvang in de onderscheiden deelmarkten. Zo is de omvang van de

deelmarkten van granulaat als toeslagmateriaal in de bouw groot (ca. 4 miljoen ton) en die van straalgrit relatief klein (0,1 miljoen ton). Toepassing van het principe van de afgedwongen markt heeft de beste kans van slagen, zoals energiebesparing in de industrie, in de zeventiger en tachtiger jaren, is bewerkstelligd.

Alleen door lage(re) prijzen en (betere) kwaliteit van secundaire grondstoffen kunnen de 'nieuwe' grondstoffen zich een eigen marktaandeel verwerven. Marktpenetratie in een bestaande of nog nieuw te ontsluiten markt is evenwel alleen mogelijk wanneer er sprake is van een groeiende markt. Marktpenetratie in een stabiele (en afnemende markt) vereist extra maatregelen zoals bijvoorbeeld overheidsbeïnvloeding.

Of de bestaande kleine deelmarkten met hun relatief kleine winstmarges ooit in staat zullen zijn om op eigen kracht die investeringen te doen die nodig zijn om hun marktdeel substitutioneel, zelfdragend te vergroten is de vraag. De verschillen in kostprijs van een eindprodukt afkomstig van een voortbrengingsproces, gebaseerd op het gebruik van primaire of secundaire grondstoffen, zijn doorgaans zo marginaal, dat een producent niet zonder meer kiest voor de secundaire grondstof. Ook als er een licht prijsvoordeel bestaat ten gunste van het gebruik van een secundaire grondstof is de kans op acceptatie gering gezien de kans op ongewenste effecten in het introductieproces, zoals additionele technische specificaties, bijzondere handlingsfaciliteiten en dergelijke.

Door het ruime aanbod van primaire en secundaire materialen beconcurreren de aanbieders elkaar hevig. Doorgaans kan geen van de aanbieders echter zelf het prijsniveau bepalen, men is geheel afhankelijk van de markt. De introductie van (meer) nieuwe secundaire materialen kan zo tot gevolg hebben dat er geen stabiele afzetprijzen voor de nieuwe materialen ontstaan, met als gevolg een stagnatie in het substitutieproces in de markt.

Markttechnisch bezien liggen de knelpunten in eerste instantie aan de vraagzijde en niet aan de aanbodzijde, met mogelijke uitzondering die van granulaat als toeslagmateriaal in beton. De knelpunten aan de vraagzijde kunnen als volgt kort worden samengevat:

- het gerecyclede produkt voldoet in de ogen van veel afnemers niet aan de kwaliteitseisen;
- de prijs is in verhouding tot de primaire grondstof ongunstig; op veel locaties maken de inzamel- en transportkosten de optie van het gebruik van secundaire grondstoffen prohibitief;
- de promotie van 'het nieuwe produkt' in de markt schiet nog tekort.

Kwaliteitsverbetering in termen van constante samenstelling, gewenste sorteergraad en andere functionele technische eisen, alsmede een aantal milieuhygiënische doelstellingen wordt algemeen gezien als een mogelijkheid om hergebruik en nuttige toepassing concreet te stimuleren.

In zijn algemeenheid geldt dat de recyclingsmarkt zich hoe dan ook snel instelt op de geboden kansen, maar dat de wet van de verminderde meeropbrengsten spoedig van zich laat spreken. Dit betekent dat de overheid gedwongen wordt wettelijke maatregelen te treffen (stimulerende en ontmoedigende instrumenten) om

de bedrijfseconomisch minder attractieve opties de toegang tot de markt te vergemakkelijken c.q. te verzekeren.

6.5 Conclusies

De in de notitie Preventie en Hergebruik van Afvalstoffen aangereikte taakstellingen voor toenames in preventie, hergebruik en nuttige toepassing voor de diverse stromen afvalstoffen zijn normatief van aard. De in het dagelijks leven aan de taakstellingen verbonden concrete deelmarkten conformeren zich evenwel aan het vrije marktmechanisme. Economische substitutie van kwalitatief hoogwaardige materialen is op zich een goed hulpmiddel om de introductie van secundaire grondstoffen te bevorderen, mits er geen gelijktijdig meervoudig aanbod van hergebruiksprodukten optreedt. Want het economisch principe werkt toch door: de winstmarges worden te gering of kunnen zelfs negatief worden. De tijdpaden van de taakstellingen worden dan eenvoudigweg verlengd.

Op dit moment lijken de deelmarkten waar het hier om gaat niet vanuit economisch zicht zo te beschrijven dat er harde aanwijzingen voor een preferent technisch ontwikkelingsprofiel uitkomen. Het ziet er naar uit dat er een 'kip en ei' probleem bestaat. Enerzijds wacht de techniek op preferente deelmarkten om een altijd nog onzekere ontwikkelingsrichting verantwoord te kunnen ingaan, anderzijds neemt iedere deelmarkt 'per definitie' een verantwoorde afwachtende houding aan.

Enerzijds is er de oplossing om onmiddellijk opdracht te geven de techniek te laten ontwikkelen: generiek gericht op kwaliteitsverbetering van ontmantelingsprocessen voor complex samengestelde produkten en scheidingsprocessen voor heterogeen samengestelde materialen. Anderzijds is er de oplossing om eerst de politiek te doen spreken en het bedrijfsleven te confronteren met een versterkte vorm van een afgedwongen markt. Deze zal dan, gezien de autonome ontwikkelingen in de markt, vroeg of laat behoefte krijgen aan technologieverbetering c.q. technologisch onderzoek.

7 Techniekenoverzicht en selectie

7.1 Droge deeltjesscheidingstechnieken

7.1.1 Algemeen

Deze technieken berusten op het principe dat materialenmengsels, als gevolg van verschillen in fysische eigenschappen tussen de afzonderlijke materialen, te splitsen zijn in deelstromen.
In principe kunnen alle fysische eigenschappen van materialen worden gebruikt om scheiding tussen materialen te realiseren. De meest toegepaste scheidingstechnieken zijn echter gebaseerd op enkele eenvoudige fysische materiaaleigenschappen en deeltjeseigenschappen zoals afmeting, vorm, dichtheid, magnetische en elektrische eigenschappen. In het kader van het project T 2000 zijn dit ook de geselecteerde technieken.
Met behulp van deze droge deeltjesscheidingstechnieken worden in het algemeen materialen niet voor 100% van elkaar gescheiden. Veelal past men deze technieken toe om materialen te concentreren. De uiteindelijk te bereiken zuiverheid van de afgescheiden materialen wordt enerzijds bepaald door de materiaaleigenschappen en uitvoering van de scheidingsapparatuur en combinaties. Anderzijds heeft vooral de voorbewerking (ontsluiten en verkleinen) van de te scheiden materialen een wezenlijke invloed op de prestaties van de scheidingsapparatuur. De prijs/kwaliteit verhouding die de potentiele afzetmarkt voor afgescheiden materialen stelt, bepaalt voor een belangrijk deel de toepasbare combinaties van voorbewerkings- en scheidingstechnieken.

7.1.2 Techniekenoverzicht

Zeven

Het principe hiervan berust op het scheiden van deeltjes naar grootte en/of vorm. Materialenmengsels worden hiertoe op een zeefoppervlak gedoseerd. Dit zeefoppervlak is voorzien van openingen. Deze openingen kunnen qua vorm en afmetingen variëren. Voor het passeren van deeltjes door de zeefopeningen moeten de deeltjes ten opzichte van het zeefoppervlak bewegen. Dit wordt gerealiseerd door het bewegen van het zeefoppervlak (trilzeef, schudzeef) of het onder een hoek opstellen van het zeefoppervlak (trommelzeef) waardoor de materialen onder invloed van de zwaartekracht over het zeefoppervlak bewegen.
Zeven is bij uitstek een methode om selectief deeltjes van een bepaalde grootte of vorm af te scheiden. De zuiverheid van de afgescheiden materialen wordt vooral bepaald door het verschil in deeltjesgrootte en/of vorm tussen de te scheiden materialen. Goed gedefinieerde verschillen in deeltjesgrootte en/of vorm tussen te scheiden materialen kunnen mogelijk via selectieve verkleining worden gerealiseerd. Meestal blijkt dit in de praktijk maar zeer zelden uitvoerbaar.
Het scheiden van materialenmengsels via zeven in verschillende deeltjesgrootten wordt echter zeer vaak toegepast als voorbewerking voor scheidingstechnieken die gebaseerd zijn op verschillen in dichtheid en elektro/magnetische eigenschap-

pen van de te scheiden materialen. Uniforme voeding en deeltjesgrootte hebben bij deze technieken een enorme invloed op het scheidend vermogen.

Luchtclassificatie

Het principe hiervan berust op het scheiden van deeltjes op grond van verschillen in dichtheid, vorm en grootte.
Windziften is een techniek waarbij deeltjes worden gescheiden op hun valgedrag in een luchtstroom. 'Lichte' deeltjes met een relatief groot oppervlak worden eerder met de luchtstroming meegenomen dan 'zware' deeltjes met een relatief klein oppervlak. Bij alle uitvoeringsvormen van windzifters worden de te scheiden materialenmengsels in een regelbare luchtstroom gebracht. Deze luchtstroom is dwars of tegengericht aan de materiaalstroom, ook combinaties van dwars- en tegenstroom komen voor. Afhankelijk van de materiaaleigenschappen worden materialen wel of niet door de luchtstroom meegevoerd. De met de luchtstroom meegevoerde lichte fractie moet vervolgens nog wel van de lucht worden gescheiden. Hiervoor worden meestal cyclonen of filterinstallaties toegepast. Op deze manier ontstaan verschillende materiaalfracties.
Er zijn vele uitvoeringsvormen van windzifters. Apparaten met rechthoekige, ronde en zig zag vormige kanalen komen voor. Daarnaast kunnen kanalen roterend worden uitgevoerd. Een veel toegepaste windzifter is de zig zag zifter. Voordeel van deze zifter is dat materialen meerdere malen in één apparaat aan het ziftproces worden onderworpen.
Belangrijke invloed op het scheidend vermogen en rendement van windzifters hebben:
Deeltjesgrootte, deeltjesgrootte verdeling en dichtheidsverschil van de te scheiden materialen, verhouding vaste stof/lucht en luchtsnelheid.
Optimalisatie van windzifters wordt vaak proefondervindelijk uitgevoerd.
Windzifters worden toegepast voor scheiden van huishoudelijk afval, shredderafval en kunststof/metaal-afvallen.
Vaak worden windzifters toegepast als eerste grove scheidingsstap. Verdere concentratie van materialen wordt vervolgens met bijvoorbeeld tafel- en/of magneto/elektrische technieken uitgevoerd.

Tafeltechnieken

Het principe hiervan berust voornamelijk op het scheiden van deeltjes op grond van verschillen in dichtheid. Afhankelijk van de tafeluitvoering spelen ook vorm en grootte hierbij een rol.
De tafeltechnieken kunnen worden ingedeeld in de volgende hoofdklassen:

a. Scheiden in een pulserende opwaartse luchtstroom (droge jig).
   Het principe hiervan is gebaseerd op het verschil in bewegingssnelheid tussen lichte en zware deeltjes als gevolg van de zwaartekracht.
   Door middel van een pulserende luchtstroom worden de te scheiden materialen periodiek opgeschud. De zwaarste deeltjes gaan hierbij het snelst weer naar beneden. Eventueel kan een extra medium (glazen kogels en dergelijke) worden toegepast. Hierdoor worden de door de deeltjes af te leggen afstanden en het relatieve snelheidsverschil tussen de materialen vergroot.

b. Scheiden op een uniform bewegend ruw oppervlak.
Het principe hiervan is gebaseerd op het verschil in dichtheid en oppervlakte ruwheid tussen deeltjes. Op een langzaamlopende schuin opgestelde band worden deeltjes gedoseerd. Afhankelijk van de dichtheid en wrijving zullen deeltjes wel of niet door de band tegen de zwaartekracht in worden meegenomen.

c. Scheiden op een vibrerend ruw oppervlak.
Principe hiervan is gelijk aan b. Hier echter worden deeltjes op een schuin opgesteld in één richting vibrerend oppervlak gebracht. Afhankelijk van de dichtheid en wrijving zullen deeltjes wel of niet in de vibratierichting worden verplaatst. Vaak worden meerdere units na elkaar geplaatst.

d. Scheiden op een luchtdoorlatend schuin opgesteld oppervlak.
Het principe hiervan is gebaseerd op het verschil in dichtheid tussen deeltjes. Vorm en grootte van de deeltjes hebben wel een grote invloed op de prestaties van deze techniek.
Wordt een mengsel van materialen op een doorlatend oppervlak gebracht waardoor lucht wordt geblazen dan zullen deeltjes afhankelijk van hun dichtheid zweven of zinken in deze luchtstroom. De deeltjes die zinken, en dus op het oppervlak rusten, zullen als gevolg van de zwaartekracht zich bewegen in een richting die wordt bepaald door de helling waaronder het oppervlak is opgesteld. Ook de zwevende deeltjes, die zich min of meer als een vloeistof gedragen, zullen zich in dezelfde richting verplaatsen. Door het aanbrengen van een separatiebalk zijn deze zinkende en zwevende materiaalfracties van elkaar te scheiden.

e. Scheiden op een luchtdoorlatend schuin opgesteld en vibrerend oppervlak.
Het principe hiervan is gebaseerd op het verschil in dichtheid tussen deeltjes. Vorm en grootte van de deeltjes hebben wel een grote invloed op de prestaties van deze techniek.
Wordt een mengsel van materialen op een doorlatende oppervlak gebracht waardoor lucht wordt geblazen dan zullen deeltjes afhankelijk van hun dichtheid zweven of zinken in deze luchtstroom. De deeltjes die zinken, en dus op het oppervlak rusten, zullen als gevolg van de trilbeweging, die tegengesteld gericht is aan de op de deeltjes werkende zwaartekracht, zich bij een juiste instelling van de apparatuur bewegen in de richting van de trilbeweging. De deeltjes die zweven zullen zich echter bewegen in de richting van de zwaartekracht. Zware en lichte deeltjes verplaatsen zich dus in tegengestelde richtingen waardoor scheiding wordt gerealiseerd.
Men heeft verschillende uitvoeringen van dit apparaat. Er zijn tafels die alleen in de lengterichting schuin kunnen worden versteld, maar ook uitvoeringen waarbij de tafel zowel in de lengte als in de dwarsrichting kan worden versteld.
Bij tafels die alleen in de lengterichting kunnen worden versteld bewegen lichte en zware deeltjes zich in tegengestelde lengterichting. Hierbij ontstaan dus twee materialen fracties die aan de twee uiteinden van de tafel worden afgetapt.

Bij tafels met zowel lengte- als dwarsrichting verstelmogelijkheden bewegen de materialen zich gedeeltelijk tegengesteld(lengterichting) en gedeeltelijk parallel(-dwarsrichting). Materialen worden in de dwarsrichting afgetapt. Door deze uitvoering ontstaat een overgangsgebied tussen lichte en zware materialen. Materialen in dit overgangsgebied worden teruggevoerd in het scheidingsproces.

Fluïdbed scheiding

Het principe hiervan berust op het scheiden van deeltjes op grond van verschillen in dichtheid. De deeltjesgrootte speelt hierbij ook een belangrijke rol.
Indien men, via een poreuze bodem ingeblazen, lucht gelijkmatig verdeelt over een fijn poedervormig materiaal zoals bijvoorbeeld zand, ijzerpoeder, magnetiet en dergelijke zal bij een bepaalde luchtsnelheid het poedervormige materiaal fluïdiseren waardoor het zich min of meer als een 'vloeistof' gedraagt. Deze vloeistof heeft dan een schijnbare dichtheid die afhankelijk van de luchtsnelheid en materiaalsoort kan variëren.
Brengt men nu in deze vloeistof een mengsel van materialen dat niet deelneemt aan de fluïdisatie (wordt bepaald door de combinatie deeltjesgrootte en dichtheid) dan zullen deze materialen net zoals in normale vloeistoffen, afhankelijk van hun dichtheden, drijven of zinken. Op deze manier zijn materialen van elkaar te scheiden.
Fluïdbed scheiding functioneert soms ook zonder gebruik van poedervormige fluïde media. In dat geval moet een van de te scheiden materialen als fluïde medium dienst doen. Meestal zal dit resulteren in een minder goede scheiding van de materialen.
Fluïdbed scheiding wordt momenteel nog slechts beperkt toegepast en is nog in ontwikkeling.

Ferromagnetische technieken

Het principe hiervan berust op het gegeven dat ferromagnetische of zeer sterk paramagnetische materialen worden aangetrokken door een magneet en zodoende kunnen worden gescheiden van materialen die niet door de magneet worden aangetrokken.
Het te scheiden materialenmengsel wordt langs een magnetisch oppervlak geleid dat de magnetische materialen aantrekt. De scheiding vindt dan plaats doordat de aangetrokken deeltjes op een andere plaats dan de niet aangetrokken deeltjes worden losgelaten. Er zijn verschillende uitvoeringsvormen van magneetscheiders zoals, bovenbandmagneten, pijpmagneten, magneettrommels en blokmagneten. Als magneten worden permanente en elektromagneten toegepast.
Deze techniek wordt op vrij brede schaal toegepast om magnetische materialen uit afvalstromen terug te winnen of te verwijderen. Verwijderen van de magnetische fractie is noodzakelijk alvorens andere scheidingstechnieken voor afscheiden van kunststoffen, non-ferro's of zwak paramagnetische materialen kunnen worden toegepast.

Wervelstroom technieken

Het principe hiervan berust op het gegeven dat indien men een geleidend metaaldeeltje in een wisselend magneetveld brengt er een wervelstroom (Eddy-current) in het deeltje gaat lopen. Deze wervelstroom verwekt op zijn beurt een magneetveld dat tegengesteld gericht is aan het aangelegde veld. Hierdoor wordt

het deeltje afgestoten. Daarbij is de afstotende kracht groter naarmate de opgewekte wervelstroom in het deeltje groter is. De opgewekte wervelstroom in een deeltje wordt bepaald door de geleidbaarheid en grootte van dat deeltje en de sterkte van de magneet. Daarnaast speelt de dichtheid van het deeltje een belangrijke rol. De verhouding geleidbaarheid/dichtheid is met name bepalend voor de afstand waarover het deeltje wordt afgestoten.
De laatste jaren zijn Eddy-current scheiders ontwikkeld waarbij het wissellende magneetveld wordt opgewekt door zeer sterke permanente magneten, gemaakt uit zeldzame aarden. Deze magneten maken deel uit van een roterende trommel. De afstotende kracht is hierdoor loodrecht op de bewegingsrichting van de deeltjes en dus worden wegspringende deeltjes niet langer gehinderd door niet afgestoten deeltjes.
Afhankelijk van de uitvoering van de Eddy-current scheider kunnen deeltjes tussen 0,5 tot circa 100 mm worden gescheiden. Indien deeltjes met een klein verschil in geleidbaarheid/dichtheid moeten worden gescheiden is een uniforme deeltjesgrootte noodzakelijk. Ferromagnetische materialen dienen bij voorkeur vooraf te worden verwijderd omdat hechten hiervan aan de magneetrol storend kan werken.

Elektrostatische technieken

Elektrostatische scheiding van deeltjes is gebaseerd op verschillen in aantrekkingskracht of afstotingskracht van elektrisch geladen deeltjes onder invloed van een elektrisch veld. Voor het opladen van deeltjes kunnen verschillende technieken worden toegepast. Door wrijving krijgen deeltjes van verschillende materialen tegengestelde ladingen. Bij geleidende inductie krijgen deeltjes hun lading door een geladen oppervlak te raken. Ook kunnen deeltjes worden opgeladen door ze met ionen te bestoken. In een elektrisch veld zullen gelijk geladen deeltjes elkaar afstoten en ongelijk geladen deeltjes elkaar aantrekken.
Elektrostatische scheiding van een mengsel is mogelijk wanneer deze elektrostatische krachten groot genoeg zijn om de zwaarte- of traagheidskrachten te overwinnen. De deeltjes mogen niet te klein (< 75 micron) zijn omdat anders de afscheiding verstoord kan worden door luchtverplaatsingen. Verwerking van grote deeltjes (> 2 mm) heeft tot gevolg dat de hoeveelheid lading op het oppervlak te klein is in vergelijking met de zwaartekracht. Verder is het belangrijk dat het materiaal niet te nat is, omdat er dan geen verschillen in lading kunnen optreden. Voor een volledige scheiding zijn vaak meerdere stappen nodig.
Deze technieken kunnen zeer algemeen worden toegepast omdat ze in principe geschikt zijn om allerlei soorten materialen te scheiden. Deze techniek wordt toegepast in de ertsverwerkende industrie, papier/kunststof scheiding, koper/kunststof scheiding en de voedselverwerkende industrie.

7.2 Nadere selectie van de droge deeltjesscheidingstechnieken en koppeling hiervan aan de geselecteerde afvalstromen

De mogelijkheden voor het toepassen van de in de vorige paragraaf geselecteerde droge deeltjesscheidingstechnieken zijn sterk afhankelijk van de geselecteerde afvalstroom.

Zoals uit de vorige hoofdstukken is gebleken zijn de geselecteerde afvalstromen onder te verdelen in de volgende categorieën.

Met betrekking tot het volume:
- 3 afvalstromen met een volume groter dan 100.000 ton/jaar en
- 4 afvalstromen met een volume kleiner dan 100.000 ton/jaar.

Met betrekking tot de herkomst:
- 6 produktafvallen en
- 1 procesafval.

Met betrekking tot de aard:
- 5 materialenmengsels en
- 2 complex samengestelde produktgroepen.

Tevens is gebleken dat deze factoren van belang zijn bij de te volgen recyclingsroute. Zowel de keuze van het voortraject (ontmanteling/verkleining) als de toe te passen (combinatie van) scheidingsmethode(n), zijn afhankelijk van bovenstaande factoren.
Andere factoren, zoals het aantal, de aard en de concentraties van de aanwezige materialen in het te scheiden materialenmengsel, de door de afzetmarkten gedicteerde kwaliteiten en de stand van zaken in de ontwikkeling van de verschillende droge deeltjesscheidingstechnieken zijn ook belangrijke factoren in relatie tot de keuze van de in te zetten scheidingstechnieken.

In deze paragraaf zal een nadere selectie plaatsvinden van droge deeltjesscheidingstechnieken gekoppeld aan de geselecteerde afvalstromen.
Hiertoe is in eerste instantie een samenvatting gegeven van de in bijlagen 1 tot en met 7 weergegeven karakteriseringsgegevens. In tabel 7.1 wordt een overzicht gegeven van de in de geselecteerde afvalstromen aanwezige concentraties van de belangrijkste materiaalklassen. Dit betreffen ferro-metalen, non-ferro metalen, kunststoffen, rubbers, papier/karton, glas, overige keramische materialen (waaronder steenachtige materialen) en hout.

Tabel 7.1 Kwalitatief overzicht van de concentraties aan belangrijkste materiaalklassen aanwezig in de geselecteerde prioritaire afvalstromen

Hierbij hebben de toegepaste symbolen de volgende betekenis:
- ● *concentratie is < 2,5%*
- ■ *< concentratie tussen 2,5% – 25%*
- ▲ *concentratie > 25%*

Materiaal-klassen	Geselecteerde prioritaire afvalstromen						
	bouw- en sloopafval	straal-grit	kunst-stoffen	verpak-kingen	kabel-afval	wit-goed	bruin-goed
ferro metalen	●	●		■	■	▲	▲
non-ferro-metalen	●			●	▲	■	■
kunststoffen	●		▲	■	▲	■	■
rubbers						●	
papier en karton				▲	●		
glas	●			■		●	▲
keramische materialen	▲ 1)	▲				●	●
hout	■					●	●

1) Inclusief 20% asfalt

Met behulp van deze gegevens is in tabel 7.2 vervolgens de mogelijke inzetbaarheid van de in de vorige paragraaf geselecteerde technieken voor de verschillende afvalstromen weergegeven.
Hierbij is, in het kader van mogelijke stimulering van ontwikkelingen, aangegeven in welke fase van de ontwikkeling de desbetreffende scheidingstechniek zich bevindt.

Tabel 7.2 Overzicht van de mogelijkheden voor de verschillende droge deeltjesscheidingstechnieken voor de verschillende geselecteerde afvalstromen

Hierbij hebben de toegepaste symbolen de volgende betekenis:

- ● *De techniek is nog (gedeeltelijk) in het ontwikkelingsstadium, maar er lijken mogelijkheden aanwezig voor de geselecteerde afvalstroom.*
- ■ *De techniek is nog (gedeeltelijk) in het ontwikkelingsstadium, maar lijkt zeer kansrijk te zijn voor de geselecteerde afvalstroom.*
- ▲ *De techniek is commercieel beschikbaar, maar wordt voor deze afvalstroom niet of nauwelijks toegepast.*
- ◆ *De techniek wordt reeds commercieel voor betreffende afvalstroom toegepast en verdere ontwikkeling lijkt dan ook niet zinvol.*

Droge scheidings-technieken	Geselecteerde prioritaire afvalstromen						
	bouw- en sloopafval	straal-grit	kunst-stoffen	verpak-kingen	kabel-afval	wit-goed	bruin-goed
zeven	◆	●			●	● [1)]	● [1)]
lucht-classificatie	▲		▲	▲	▲	▲	▲
tafel-technieken	▲	■		●	◆	▲	▲
fluidbed-technieken		●				●	●
ferromagn. technieken	◆				◆	◆	▲
wervelstroom technieken	■	●		▲	●	■	■
Elektrosta-tische techn.			●			■	■

1) eventueel in combinatie met cryogene verkleining

Het resultaat van een dergelijke scheidingsstap zal over het algemeen positief zijn als een scheiding moet plaatsvinden tussen materialen die afkomstig zijn uit verschillende materiaalklassen.
Hierbij wordt er van uitgegaan dat de noodzakelijke voortrajecten, zoals beschreven in de bijlagen, zijn uitgevoerd.
De parameters dichtheid, grootte, vorm en (elektro)magnetische eigenschappen en de daaraan gekoppelde droge deeltjesscheidingstechnieken zijn voldoende in staat een scheiding tussen materialen van verschillende klassen tot stand te brengen.

Een veel moeilijkere opgave is het scheiden van een aantal materialen uit slechts een enkele materiaalklasse. De mogelijkheden voor het toepassen van droge deeltjesscheidingstechnieken zijn in dit geval veel beperkter. In tabel 7.3 is een

overzicht gegeven van de mogelijkheden en kansen van droge deeltjesscheidingstechieken voor het scheiden van materialen binnen materiaalklassen.

Tabel 7.3 Overzicht van mogelijkheden voor toepassing van droge deeltjesscheidingstechnieken ten behoeve van het scheiden van materialen binnen een bepaalde materiaalklasse

Hierbij hebben de toegepaste symbolen de volgende betekenis:

- ● *De techniek is nog (gedeeltelijk) in het ontwikkelingsstadium, maar er lijken mogelijkheden aanwezig voor de geselecteerde materiaalklasse.*
- ■ *De techniek is nog (gedeeltelijk) in het ontwikkelingsstadium, maar lijkt zeer kansrijk te zijn voor de geselecteerde materiaalklasse.*
- ▲ *De techniek is commercieel beschikbaar, maar wordt voor deze mengsels niet of nauwelijks toegepast.*
- ◆ *De techniek wordt reeds commercieel voor betreffende materialenmengsels toegepast.*

Materiaal-klassen	Geselecteerde droge deeljesscheidingstechnieken						
	zeven	lucht-classi-ficatie	tafel-tech-nieken	fluïd-bed techn.	magn. tech-nieken	wervel-stroom-techn.	elektro-stat. techn.
ferro metalen					◆	■	
non-ferro-metalen [1]		●	▲	■		▲	●
kunst-stoffen		▲ [2]					
hout							
glas							
papier en karton							
steenachtige materialen	◆						

1) Vooral de lichtere non-ferro metalen (in het bijzonder aluminium en koper)
2) Het betreft vooral een concentrering naar lichte en zware kunststoffen

Hoewel vanuit de afzetmarkten met betrekking tot de kwaliteit juist wordt aangegeven dat de verschillende materialen ook binnen een klasse zo homogeen mogelijk moeten kunnen worden afgescheiden, zijn de mogelijkheden van de toepassing van droge deeltjesscheidingstechnieken voor afscheiding van materialen binnen een materiaalklasse, op een paar uitzonderingen na (voornamelijk met betrekking tot metalen) beperkt.

In het bijzonder technisch problematisch is de scheiding van de volgende mengsels:
- steenachtige materialen onderling;
- de meeste non-ferro legeringen onderling;
- kunststoffen/rubbers onderling;
- papiersoorten onderling;
- houtsoorten onderling;
- glassoorten onderling.

Op dit terrein liggen mogelijk extra kansen voor het verder ontwikkelen van herkenningstechnieken of geavanceerder scheidingstechnieken.

8 Evaluatie

In de onderzoeksformulering is ervan uitgegaan dat door de inzet van bestaande technieken of verder te ontwikkelen technieken het aanbod van afvalstromen en de vraag naar secundaire grondstoffen op elkaar aangesloten kunnen worden. Hierbij dienen echter wel enige kanttekeningen geplaatst te worden.
Er is vrijwel geen sprake van een vrije zuigende markt, bestaande uit deelmarkten, alwaar secundaire grondstoffen moeiteloos hun toepassing zullen vinden. Vanwege de duidelijk hoge taakstellingen voor de prioritaire afvalstromen zullen verscheidene deelmarkten als het ware afgedwongen dienen te worden. Door de inzet van faciliterende instrumenten kan de overheid er voor zorgdragen dat het ondernemende bedrijfsleven meer gebruik gaat maken van secundaire grondstoffen. Indien zo'n trend duidelijk ingezet is, zal technologie-ontwikkeling nodig zijn en opgepakt worden om de benodigde kwantiteit en kwaliteit met betrekking tot secundaire grondstoffen te genereren. Opgemerkt kan nog worden dat bij duidelijk meer toepassingen van secundaire grondstoffen enerzijds vanwege sterke concurrentie prijsdalingen ontmoedigend kunnen werken en anderzijds het fenomeen dat vele secundaire grondstoffen naar dezelfde deelmarkt stromen vermeden dient te worden.

Ondanks het aspect dat er meer van een afgedwongen markt sprake zal zijn, gaat het verschijnsel van vraag en aanbod nog steeds op.
Vereenvoudigd kan gesteld worden dat het aanbod bestaat uit enerzijds complex samengestelde goederen (zoals witgoed, bruingoed, autowrakken) en anderzijds mengsels bestaande uit diverse materialen (zoals verpakkingen, kunststoffen, bouw- en sloopafval). Na de vereiste demontage en (selectieve) verkleining van complexe goederen en de soms toegepast (selectieve) ontsluiting van materialenmengsels ontstaan ontsloten materialenmengsels met veelal verontreinigen. De materialenmengsels bestaan uit verschillende materialenklassen (non-ferro's, kunststoffen, etc.) die afzonderlijk weer diverse materialen omvatten.
De vraag wordt gekarakteriseerd door kwantiteit, kwaliteit en continuïteit. Uit de analyse van de vraag blijkt dat ondanks de concurrentie met primaire en andere secundaire grondstoffen kringloopsluiting veelal weer in de eigen keten plaatsvindt. Kortlevende produkten worden weer kortlevende produkten (zoals verpakkingen) en langlevende produkten worden weer langlevende produkten (zoals bouwmaterialen). Dit houdt in dat verhoging van de afzet meer volume in de 'eigen' markt betekent. Kunststoffen kan eventueel als een uitzondering daarop gekenmerkt worden. Hierbij kunnen cascades optreden, waarbij de secundaire kunststoffen achtereenvolgens in steeds massiever wordende produkten worden verwerkt. Dit wordt veroorzaakt door het feit dat degradatie van eigenschappen optreedt. Het vertragen van kwaliteitsvermindering met de tijd is een belangrijk aandachtspunt.

Toepassing in de eigen keten is op zich niet verwonderlijk. Materialen worden ontworpen op hun latere toepassingen (afgedankt TV-glas is ongeschikt, te zwaar, voor de vervaardiging van verpakkingsglas). Er is sprake van het 'fit to purpose'-principe. Dit houdt in dat als materialen ongeschikt zijn voor substitutie in de eigen keten de route via de basisgrondstoffen snel gevolgd wordt. Een duidelijk voorbeeld vormen de metalen; via raffinageprocessen zijn metalen weer inzetbaar voor velerlei toepassingen ('fit to purpose'). Voor kunststoffen gaat dat onderzocht worden (met name in Duitsland): 'Back to monomer'- en 'back to feedstock'-processen.

Dus het verkrijgen van de vereiste kwaliteit van de diverse materialen in hun toepassingen vormt een voortdurend aandachtspunt en daardoor een onderzoeksaspect. De kennis en het beheer van de kwaliteitsparameters binnen de materialenklassen is het belangrijkste uitgangspunt. Om de benodigde eigenschappen te waarborgen worden bij de toepassing van hergebruiksprocessen materiaalklassen onderling gescheiden, verontreinigingen afgescheiden en materialen binnen de klasse afgescheiden.
Om dit te kunnen bewerkstelligen is bronscheiding met daarna de eventuele inzet van demontageprocessen en verkleiningsprocessen noodzakelijk.

De geselecteerde technieken, op basis van de fysische eigenschappen van deeltjes zoals afmeting, vorm, dichtheid, magnetische en elektrische eigenschappen, zijn selectief inzetbaar. Zij richten zich met name op de scheiding tussen de materiaalklassen onderling en de afscheiding van verontreinigingen. Voorbeelden van mengsels zijn:
- non-ferro's/steenachtige materialen;
- hout/steenachtige materialen;
- kunststoffen/steenachtige materialen;
- non-ferro's/kunststoffen;
- glas/metalen;
- glas/kunststoffen;
- papier/metalen.

Voor het scheiden van materialen binnen een materialenklasse worden de geselecteerde technieken beperkt ingezet. Gezien de veelheid aan vrijkomende combinaties van materialenklassen en verontreinigingen is een duidelijke keuze voor specifieke technieken moeilijk te maken. Elk van de beschouwde techniekengroepen kent het eigen toepassingsgebied. Daarnaast is er sprake van een duidelijk verschil in ontwikkelingsstadium. Op basis van commerciële beschikbaarheid en brede inzetbaarheid bieden tafeltechnieken en luchtclassificatie duidelijk perspectieven. Worden daarentegen ook de technische ontwikkelingen en de toepasbaarheid binnen materiaalklassen (metalen en kunststoffen) meegewogen, dan kan gesteld worden dat elektrostatische technieken een brede belangstelling genieten.

9 Conclusies en aanbevelingen

Conclusies

A. Karakterisering

- Voor de zeven geselecteerde afvalstromen die in aanmerking komen voor droge deeltjesscheidingstechnieken vallen er zes onder de categorie produktafval en één onder de categorie procesafval (100.000 ton/jaar). Deze laatste betreft straalgrit. Van de zes produktafvallen zijn er drie met een volume > 100.000 ton/jaar (heterogene samengestelde mengsels).Dit betreffen bouw- en sloopafval, kunststofafval en verpakkingsafval.
  De overige drie hebben elk een volume < 100.000 ton/jaar (complex samengestelde produkten). Dit betreffen witgoed, kabelafval en bruingoed.

- In de geselecteerde afvallen zijn de volgende materiaalklassen dominant aanwezig:
  - Bouw- en sloopafval/straalgrit: anorganische materialen (silicaten).
  - Verpakkingsafval: papier en/of kunststoffen; glas.
  - Kunststofafval: kunststoffen.
  - Kabelafval: non-ferro's; kunststoffen.
  - Witgoed: staal en RVS.
  - Bruingoed: glas, metalen en kunststoffen.

  Met behulp van scheidingsprocessen wordt in eerste instantie een concentratie naar dominante materiaalklassen nagestreefd.

- Voor hoogwaardig hergebruik van materialen en isolering van milieubelastende stoffen worden de volgende voortrajecten als noodzakelijk geacht:
  - Wit-/bruingoed: ontmantelen; onderdelen vrijmaken.
  - Bouw- en Sloopafval (B&S), kunststoffen, kabelafval en een deel van de verpakkingen: verkleinen; materialen ontsluiten.

- Voor complex samengestelde goederen geldt: Tot hoever ontmantelen, opdat de er op volgende verklarings-, verkleinings-, ontsluitings- en fysische scheidingsprocessen optimaal kunnen functioneren voor afdoende afscheiding.

- Het aanbod voor de verdere verwerking (droog fysisch) bestaat uit mengsels van materialen uit verschillende materiaalklassen en verontreinigingen. Is één materiaalklasse dominant in één stroom (bijvoorbeeld steenachtige materialen in B&S), dan wordt de rest nog al eens als verontreiniging beschouwd.

B. Kwaliteit en afzetperspectieven

- Samenstelling is de belangrijkste kwaliteitsparameter die verantwoordelijk is voor de afzetmogelijkheden. De kwaliteit van het secundaire materiaal wordt hierbij als hoog verondersteld als het met slechts enkele verdere behandelingen en minimale verliezen weer kan worden ingezet in gelijkwaardige toepassingen (waarvan de samenstelling binnen gedefinieerde grenzen ligt).

- Bij metalen wordt de veelheid en diversiteit aan legeringselementen gezien als een vorm van kwaliteitsachteruitgang in het geval van hergebruik. Metalen zijn echter volledig regenereerbaar en door middel van raffinageprocessen kunnen de vereiste kwaliteiten gerealiseerd worden.

- De problematiek van het hergebruik van kunststoffen in samenhang met de kwaliteitsachteruitgang kan worden uitgesplitst naar intrinsieke en extrinsieke kwaliteitsachteruitgang. Met betrekking tot extrinsieke kwaliteitsachteruitgang kan worden gesteld dat de kwaliteitseisen ten aanzien van variatie in samenstelling (inclusief verontreinigingen) dermate hoog zijn, dat de huidige technieken nog veelal tekortschieten wat betreft de toepasbaarheid.

- De kwaliteit van glas wordt eenduidig bepaald door de efficiëntie van de scheiding en de aard van de aanwezige verontreinigingen. Daarnaast speelt kleur en vermenging een belangrijke rol in geval van degradatie.

- De kwaliteit van papier wordt bepaald door de vezellengte en de verontreinigingen (aard en hoeveelheid).

- Impregneermiddelen, verf, kleefstoffen en andere zeer moeilijk verwijderbare verontreinigingen geven naast houtrot en bacteriologische aantasting een kwaliteitsachteruitgang van hout.

- Steenachtige materialen kennen in het hergebruiksstadium veelal ongebonden toepassingen (als wegfunderingsmateriaal) waarvoor de kwaliteitseisen minder hoog zijn. Gebonden toepassingen (waarvoor de eisen duidelijk hoger zijn) worden in beperkte mate gerealiseerd. Toepassingen in de betonmortel en betonwarenindustrie (als vervanger van zand en grind) zijn perspectiefvol, maar kennen eveneens kwaliteitsrestricties.

- Produkten uit afval vinden hun weg terug naar een plaats in een van de daarvoor in aanmerking komende ketens. De keuze van de keten en de plaats daarin – is er sprake van een voortbrengingsproces gericht op een basisprodukt, halffabricaat of eindprodukt – hangt af van de aard en de kwaliteit van het gerecyclede produkt. De in aanmerking komende ketens vormen een samenhangende cascadestructuur (van hoogwaardig naar laagwaardig): de keten van produktvervaardiging → de keten van materiaalproduktie → de keten van nuttige toepassing → de keten van energieproduktie → de keten van finale berging.

- Aangezien materialen veelal volgens het 'fit to purpose' principe ontwikkeld en vervaardigd worden, vindt hergebruik veelal in de 'eigen' keten plaats: puingranulaten in woning-, weg- en waterbouw; houtafval als geperste of 'gevingerlaste' bouwprodukten; kortlevende papierprodukten weer in kortlevende papierprodukten; glasbakkenglas in glazen verpakkingen, straalgrit wordt weer straalgrit, etc.

- Bij de toepassing van kunststoffen (polyolefinen) kan er sprake zijn van een cascadestructuur: dunne folie → dikke folie → bloempot → voederbak → omrasteringsprodukt.

- Wat de afzet van beschouwde stromen betreft, gaat het in eerste plaats om hergebruik en nuttige toepassing. Gezien de taakstellingen van de overheid gaat het om een afgedwongen markt. Dit biedt zeker mogelijkheden, zoals energiebesparing in de industrie in de jaren zeventig en tachtig is gerealiseerd.

- Alleen door lage(re) prijzen en (betere) kwaliteit van secundaire grondstoffen kunnen deze een eigen marktaandeel verwerven. Marktpenetratie in een stabiele of afnemende markt vereist extra maatregelen.
  Daarnaast werkt het grote aanbod van verschillende primaire en secundaire materialen sterk concurrerend, zoals in de bouw te zien is. Dit geeft stagnatie in de substitutieprocessen.

- Vanuit economische overwegingen bieden stimulansen voor techniekontwikkelingen gericht op kwaliteitsverbetering en confrontatie van het bedrijfsleven met afgedwongen markten oplossingen voor duidelijke verhogingen van het hergebruik.

C. Droge deeltjesscheidingstechnieken

- De inzet van droge deeltjesscheidingstechnieken richt zich vooral op de scheiding tussen de verschillende materiaalklassen en/of het afscheiden van verontreinigingen. De parameters dichtheid, grootte, vorm en (elektro)magnetische eigenschappen en de daaraan gekoppelde droge deeltjesscheidingstechnieken zijn voldoende in staat een scheiding tussen materialen van verschillende klassen tot stand te brengen.

- Hoewel vanuit de kwaliteit en afzetmarkten juist wordt aangegeven dat de verschillende materialen ook binnen een klasse zo homogeen mogelijk moeten kunnen worden afgescheiden, zijn de mogelijkheden van de toepassing van droge deeltjesscheidingstechnieken voor afscheiding van materialen binnen een materiaalklasse beperkt (mogelijkerwijs metalen en kunststoffen uitgezonderd).

- Op basis van commercieel beschikbare technieken (mogelijkerwijs met enige modificaties), gericht op een snelle introductie voor de verwerking van mengsels die nu nog niet gescheiden worden, bieden tafeltechnieken en luchtclassificatie duidelijk perspectieven.

- Met betrekking tot de stimulering van nog te ontwikkelen technieken die een brede toepassing in zich kunnen hebben zijn vooral de ogen gericht op elektrostatische technieken (met name ook voor de scheiding van materialen binnen één materiaalklasse).

Aanbevelingen

- Gezien het belang van de kennis van fysische en chemische eigenschappen van materialen in afvalstromen verdient het aanbeveling meer inzicht te krijgen in de karakterisering van deze stromen. Met name inzicht in de samenstellingen, verontreinigingsgraden, degradatie- en verouderingsverschijnselen is broodnodig om de perspectieven voor hergebruik, c.q. nuttige toepassingen beter te kunnen aangeven.
  Aangezien de afvalstromen op zich uniek zijn, dienen deze op zich beschouwd te worden. Met de meer diepgaande kennis van de kwaliteit van de materialen/stoffen in de bewuste afvalstromen kan nauwkeuriger aangegeven worden in welke marktsegmenten de afzetkansen het hoogst zijn. Dit zal dan dienen te geschieden tegen de achtergrond dat de bewuste marktsegmenten hun eigen kwaliteitseisen stellen. Echter met kennis van de haalbare en de noodzakelijke kwaliteit kunnen de desbetreffende eisen op hun waarde en noodzaak worden getoetst. Zichtbaar wordt dan in ieder geval in hoeverre hergebruik in de 'eigen keten' nog mogelijk is en wanneer er meer in cascadestructuren gedacht dient te worden.

- Het verdient aanbeveling om de afzetperspectieven van de verschillende materialen in de verschillende economische sectoren beter in kaart te brengen. De afzet gebeurt of dominant in één sector (woning-, weg- en waterbouw), waar vele secundaire grondstoffen naar toe gaan, of in de eigen sector (bijvoorbeeld papier/karton en verpakkingen). In de bewuste sectoren wordt aangenomen dat op korte termijn verzadigingsverschijnselen een rol gaan spelen. Het denken in cascadestructuren is in de bewuste sectoren vreemd, omdat dan andere bedrijfskolommen geconsulteerd dienen te worden.
  Het in kaart brengen van de diverse afzetperspectieven in een cascadestructuur zal uitgewerkt dienen te worden alvorens bewuste bedrijfskolommen geconsulteerd gaan worden.

- Als de karakteristieke kwaliteitsparameters van de verschillende materialenklassen en daaropvolgend van de materialen, uit de diverse afvalstromen bekend zijn, kunnen transformaties naar potentiële toepassingen worden gemaakt in fysieke zin. Daarbij kan gedacht worden aan nieuwe toepassingen (nieuwe produkten) van de desbetreffende secundaire grondstoffen op zich of aan combinaties van primaire grondstof(fen) + secundaire grondstof(fen) of secundaire grondstoffen gezamenlijk.
  Het uitvoeren van laboratoriumproeven kan aantonen welke mogelijkheden duidelijk perspectieven bieden en haalbaar zijn.

- Het verdient aanbeveling om de geselecteerde technieken, luchtclassificatie, tafeltechnieken en elektrostatische technieken in een programma verder te onderzoeken en te ontwikkelen met twee voorbeeldstromen, respectievelijk uit de groep complex samengestelde goederen en uit de groep heterogeen samengestelde mengsels materialen. Daarbij kan gesteld worden dat de verschillende combinaties van materiaalklassen en daarbinnen materialen voldoende aan bod komen.

Uit de groep complex samengestelde goederen wordt witgoed voorgesteld (na autowrakken in volume en massa de grootste groep uit deze categorie) en uit de groep heterogeen samengestelde mengsels materialen, bouw- en sloopafval (hout, glas, kunststoffen, metalen en steenachtige materialen komen er in voor).

10 Verantwoording

Naam en adres van de opdrachtgever
Ministerie van VROM
Postbus 450
2260 MB Leidschendam

Namen en functies van de medewerkers
Ir. A. Ansems
Ir. J.H. Ekkelenkamp
Dr. J. Quakernaat
C. Verschut

Namen van instellingen waaraan een deel van het onderzoek is uitbesteed

Datum waarop, of tijdsbestek waarin, het onderzoek heeft plaatsgehad

Ondertekening

Ir. A.M.M. Ansems
onderzoekleider

Goedgekeurd door

Ir. B.L. van der Ven
werkgroepleider

Bijlage 1 Karakterisering bouw en sloop afvallen

1 Hoeveelheid

Jaarlijks (1990) komt circa 12,2 * miljoen ton bouw en sloop afval in Nederland vrij. Naar verwachting zal de hoeveelheid en samenstelling hiervan in de komende 10 jaren stijgen tot circa 14 * miljoen ton.
De bouw en sloop afvallen zijn afkomstig van de volgende bronnen:

Tabel B.1.1 Bronnen en hoeveelheden bouw- en sloopafval

Woningbouw:	
bouw	1,4 * miljoen ton
sloop	1,4 * miljoen ton
Utiliteitsbouw:	
bouw	0,9 * miljoen ton
sloop	4,5 * miljoen ton
Weg en Waterbouw:	
bouw	1,3 * miljoen ton
sloop	2,7 * miljoen ton
Totaal	12,2 * miljoen ton

Deze hoeveelheid is inclusief grond, exclusief zand.

2a Samenstelling

In bouw en sloop afvallen komen de volgende materialen voor:

metselwerkpuin	beton
hout	papier en karton
kunststoffen	bitumeuze dakbedekking
textiel	isolatie materialen
ijzer	non ferro metalen
asfaltbeton	glas
asbest	K.C.A.

De belangrijkste materialen komen in de volgende samenstelling voor in de bovenvermelde bronnen.

Selectie van de te ontwikkelen droge deeltjesscheidingstechnieken

Tabel B.1.2 Samenstelling en hoeveelheden Bouw en Sloop afval. hoeveelheden in 10 kton

	Woning-bouw		Utiliteits-bouw		Weg en Waterbouw		Totaal	
	hoev.	%	hoev.	%	hoev.	%	hoev.	%
beton	530	19	3800	70	1000	25	5330	44
metselwerk	1500	54,0	1340	25	480	12	3320	27
asfalt	0	0	0	0	2500	63	2500	20
diverspuin	400	14	20	0,4	0	0	420	3,4
dakpannen	60	2,1	10	0,2	0	0	70	0,6
Totaal Steenfractie	2490	89	5170	96	3980	100	11640	95
hout	225	8	50	0,9	0	0	275	2,3
metaal	35	1,1	140	2,6	0	0	175	1,4
teerhoudend mat.	10	0,3	10	0,2	0	0	20	0,2
kunststoffen[1)]	15	0,4	5	0,1	20	0,5	40	0,3
rest	35	1,1	25	0,6	0	0	60	0,5
Totaal per bron	2800	23	5400	44	4000	33	12200	

1) Kunststof afvalsamenstelling is als volgt:

	Woning/ Utiliteitsbouw	Weg/ Waterbouw
PVC	40%	76%
PE + PP	30%	18%
PS	10%	
PUR	10%	
rest	10%	6%

Hergebruik Bouw en Sloop afvallen (1990).

Beton/metselwerkgranulaat	7000 kton (weg en waterbouw)
asfalt	500 kton (weg en waterbouw)
diversen(boerenmix)	400 kton (erfverhardingen en dergelijke)
hout	50 kton
metalen	150 kton

Bij de bewerkingsinrichtingen voor bouw en sloopafval ontstaan tijdens opwerken van beton/metsel/asfalt puin circa:
- 100 kton niet steenachtig afval;
- 650 kton zeefzand verontreinigd met PAK's.

2b Selectie uit de afvalstroom die in aanmerking komt voor deeltjesscheiding

Vooral de niet steenachtige afvalstromen zoals:
hout;
metaal;
kunststoffen.

Scheiding aan de bron is aan te bevelen!

2c Samenstelling geselecteerde fracties

Zie 2a.

3 Vaststelling noodzakelijk voortraject

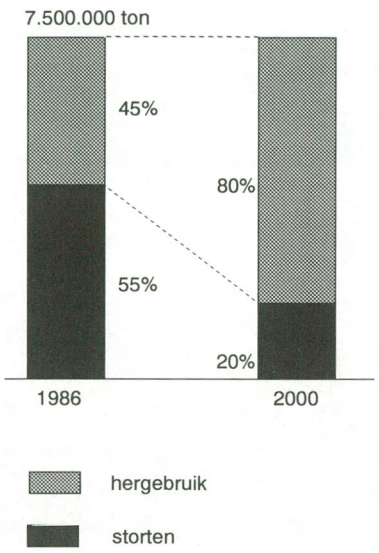
Ontsluiten van de afzonderlijke materialen door middel van voor- en naverkleinen is noodzakelijk. Te realiseren deeltjesgrootte afhankelijk van de soort afval en toe te passen scheidingstechniek.

4 Taakstelling

zie 2a.

Informatie bronnen:
Informatiedocument Bouw en Sloopafval RIVM 1991.
TNO rapport 92-096. Bouw en Sloopafval. Hoeveelheden en samenstelling situatie 1990/2000.

Selectie van de te ontwikkelen droge deeltjesscheidingstechnieken



Bouw- en sloopafval

Hoeveelheid (x 1000 ton)	**1986**	**Taakstelling 2000**	**Opmerkingen**
Preventie t.o.v. 1986			Kwalitatieve preventie
Hergebruik	3.200	6.000	
Verbranden	100	-	
Storten	4.200	1.500	
Totaal	7.500	7.500	

Bijlage 2 Karakterisering straalgrit

1 Hoeveelheid

Straalgrit wordt geproduceerd door breken, zeven, ziften etc. van de smeltslak van met poederkool gestookte centrales, voornamelijk uit Duitsland. De smeltslak uit Nederlandse centrales is hiervoor niet geschikt.

Gebruikte hoeveelheden:
1987 105000 ton
1988 102000 ton
1989 114000 ton
1990 100000 ton

Verwacht wordt dat het verbruik van straalgrit de komende jaren zal afnemen. In 2000 wordt een reductie van 40% ten opzichte van het verbruik in 1989 ingeschat.

Toepassing:

scheepswerven/dokken	21%
bruggen/sluizen/stuwen	10%
staalconstructies groot	20%
olieraffinaderijen	15%
staalconstructies	17%
offshore	4%
wegmarkering	4%
betonreparatie	6%
sierbeton	3%

Verbruik straalgrit is 30-50 kg/m^2 oppervlak.
20% door 950 bedrijven <100 ton/j
20% door 130 bedrijven 100-500 ton/j
60% door 40 bedrijven >500 ton/j

2a Samenstelling

Nieuw straalgrit bevat:

Al en Si oxiden	75%
Fe, Ca, K, Mg oxiden	20%
rest metalen als oxiden	5%

Korrelgrootte 0,2-1,4, 0,5-1,4 en 0,8-2 mm.

Gebruikt straalgrit bevat:
5 tot 10% verontreinigingen van de hoeveelheid nieuw grit.
Deze verontreinigingen zijn;
1,8-5% organische componenten (verfresten);
2,5-4% magnetisch materiaal;
0-500 mg/kg PAK.

Korrelgrootte 0-50 mm.
Geschat inzamelbaar gebruikt straalgrit ca 70% van totale hoeveelheid.

Tabel B.2.1 Gehalte metalen:
(Waarschijnlijk niet representatief)

	Nieuw grit mg/kg	Gebruikt grit mg/kg
Cd	1	1-2
As	1-20	5-16
Pb	10-140	80-2750
Cu	16-300	100-2950
Cr	20-170	62-170
Sb	1-7	
Hg	0,1	
Zn	0-110	760-11000
Co	0-27	
Ba	0-730	

2b Selectie uit de afvalstroom die in aanmerking komt voor deeltjesscheiding

Hiervoor komt in aanmerking de totale hoeveelheid ingezameld gebruikt straalgrit. In de praktijk betreft dit slechts ca 70% van het verbruikte nieuwe straalgrit waaraan 5 - 10% aan verontreinigingen zijn toegevoegd.

2c Samenstelling geselecteerde fracties

Zie 2a.

3 Vaststelling noodzakelijk voortraject

Geen voortraject noodzakelijk.

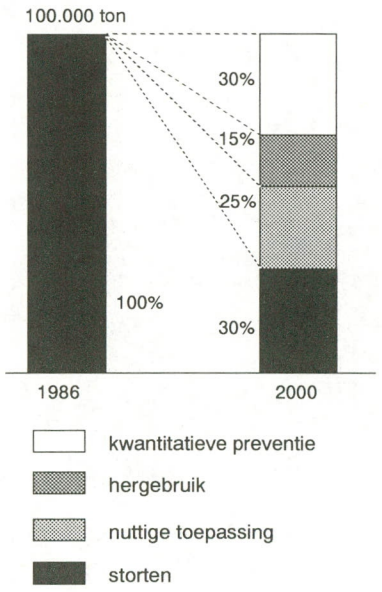
4a Fysische eigenschappen geselecteerde fractie

Korrelgrootte 0-50 mm.
fractie >5 mm variabel (puin etc.) fractie 1-5 mm ca 25%, fractie <1 mm ca 75%
Dichtheden:
Straalgrit fractie (90-95%) ca. 2500kg/m^3
Magnetisch fractie (2,5-4%) ca. 7000kg/m^3
Organische fractie (1,8-5%) ca. <2000kg/m^3

4b Chemische eigenschappen geselecteerde fractie

Straalgrit zie 2a.
Magnetische fractie hoofdzakelijk Fe.
Organische fractie hoofdzakelijk verfresten.

5 Taakstelling



Straalgrit

Hoeveelheid (x 1000 ton)	1986	Taakstelling 2000	Opmerkingen
Preventie t.o.v. 1986		X	
Hergebruik	-	70	
Verbranden	-	-	
Storten	100	< 30	- incl. difusse verspreiding bij gebruik
Totaal	100	< 100	

Bijlage 3 Karakterisering kunststofafval

1 Hoeveelheid

De hoeveelheid kunststofafval ingedeeld naar categorie afval, herkomst en verwijderingswijze in 1986 is in tabel B3.1 aangegeven.

Tabel B3.1 Hoeveelheid kunststofafval naar categorie, herkomst en verwijderingswijze

Herkomst (SBI)		Categorisch afval	Hoeveelheid (ton/jaar)		
			Totaal	Hergebr.	Verbr./storten
0	Landbouw	Agrarisch afval	30.500	4.700	25.800
	Visserij		PM		
1	Delfst. winn.		1.500	-	1.500
2/3	Industrie	Industrie-afval	131.000	46.000	85.000
4	Openb. nutsb.		650	-	650
5	Bouwnijv.	Bouw- en sl. afv.	14.000	0	14.000
6/9	Dienstverl.[1]	KWD[2] afval	152.000	2.000	150.000
	Shredders	Shredderafval	30.000	-	30.000
	Ziekenhuizen	Ziekenhuisafval	17.000	-	17.000
	Huishoudens	Huishoudel. afval	290.000	0	290.000
		Grof huisafval	55.000	0	55.000
		Veeg- en zwerfvuil	?		?
Totaal (afgerond)[3]			722.000	53.000	669.000

1) Handel, transport, banken, verzekeringswezen, zakelijke en overige
2) Kantoor-, winkel- en dienstenafval
3) Exclusief vocht is de hoeveelheid kunststofafval lager (in kunststof, in huishoudelijk afval bijvoorbeeld bevindt zich ongeveer 20% vocht)

Deze inschatting is gemaakt als voorbereiding op de Strategische Afvalstoffen Discussie (STRAF) 'Kunststoffen'. Tijdens deze discussie zijn nieuwe analyses gemaakt. In de volgende tabellen zijn achtereenvolgens de volgende situaties verwoord.

Tabel B3.2 Huidige en toekomstige hoeveelheden kunststofafval exclusief verpakkingen bij ongewijzigd beleid (autonome ontwikkeling) per sector.

Tabel B3.3 De samenstelling van de kunststofafvalstromen (exclusief verpakkingsafval) in de diverse sectoren naar soort kunststof in 1986.

Tabel B3.4 Samenvattend overzicht van het totaal aan kunststofverpakkingsafval (1986), ton/j.

Tabel B3.5 Kunststofafval van consumentenverpakkingen naar kunststofsoort (met betrekking tot 1986), ton/j.

Tabel B3.6 Samenstelling van kunststofafval van industriële verpakkingen in industrie-afval (1986) ton/j.

Tabel B3.7 Samenstelling van kunststofafval van industriële verpakkingen in agrarisch afval (1986), ton/j.

Tabel B3.2 Huidige en toekomstige hoeveelheden kunststofafval exclusief verpakkingen en ongewijzigd beleid (autonome ontwikkeling) per sector

Sector	Produktgroep/ Subsector	Situatie 1986			Situatie 2000	
		Totaal (Kton)	Verdeling over prod.-groepen (Kton)	Her-verwerkt (Kton)	Totaal (Kton)	Verdeling over prod.-groepen (Kton)
Autowrakken		26		0	57	
	personenauto's		23			51
	bedrijfsauto's		3			6
Bouw en Sloop[1)]		29		0,3	54	
	kabels		13			20
	leidingbuizen		3			6
	overig		13			28
Huishoudens + KWD[2)]		167		0	221	
	wegwerpartikelen		50			59
	huishoudelijk en kantoorartikelen		35			39
	inrichting en apparatuur		45			79
	vloer-/wandbedekking		37			44
Industrie		63		34	105	
	procesafval		15			
	produktieafval		34			
	produktafval		14			
Land- en tuinbouw[1)]		16,3		4,3	26	
	folies (glas)tuinbouw		6,3			16,5
	folies veehouderij		10			10
Totaal		301		39	463	

1) Cijfers gebaseerd op 1988

2) Exclusief bouwmaterialen (beschouwd bij bouw en sloop) en kleding/overigen (niet beschouwd binnen dit project)

Tabel B3.3 De samenstelling van de kunststofafvalstromen (exclusief verpakkingsafval) in de diverse sectoren naar soort kunststof in 1986

Sector	Afvalhoeveelheid 1986/Kton	PE %	PP %	PVC %	PS %	Overig[1] %
Autowrakken	26	7	5	30	n.a.	58
Bouw en Sloop[2]	29	20		55	5	20
Huishoudens +KWD	167	37		22	13	28
- wegwerp-, huishoudelijke en kantoorartikelen		50		10	20	20
- inrichting/apparatuur		25		15	10	50
- vloer-/wandbedekking		20		60	-	20
Industrie	63	28	13	20	11	28
Land- en tuinbouw[2]	16,3	-100	-	-	-	-
Totaal	301	37		24	10	29

1) ABS, PUR, PA, PET, PPE, PC, PPMA, POM, etc.
2) Cijfers gebaseerd op 1988, in plaats van 1986
- Verwaarloosbaar
n.a. Niet aangegeven

Tabel B3.4 Samenvattend overzicht van het totaal aan kunststofverpakkingsafval (1986), ton/j

	Huishoudelijk afval	KWD afval	Industrie afval	Overig afval[1]	Totaal
Verpakking van levensmiddelen	110.000	35.000	7.000	13.000	165.000
- Food 1	60.000				70.000
- Food 2	20.000				35.000
- Food 3	20.000				35.000
- Food 4	10.000				25.000
Verpakking van gebruiksgoederen	60.000	15.000	3.000	12.000	90.000
Draagtassen	25.000	-	-	-	25.000
Industriële verpakking					
- van grondstoffen/ halffabrikaten	-	-	50.000	22.000	72.000
- omverpakking eindprodukten	1.000	43.000	1.000	1.000	46.000
Afvalverpakking	23.000	10.000	10.000	6.000	49.000
Produktieafval	-	-	15.000	-	15.000
Totaal	219.000	103.000	86.000	54.000	462.000

1) Bouw- & sloopafval, agrarisch afval, ziekenhuisafval
- Verwaarloosbare hoeveelheid

Tabel B3.5 Kunststofafval van consumentenverpakkingen naar kunststofsoort (met betrekking tot 1986), ton/j

	PE	PP	PS	PVC	Overig	Totaal
Huishoudelijk afval						
Verpakking van: **Levensmiddelen** (incl. dranken)	47	14	22	16	11	110
Verpakking van: **Gebruiksartikelen** ('non-food')	40	8	5	6	1	60
Draagtassen (incl. draagzakken)	25	-	-	-	-	25
KWD-afval						
Verpakking van: **Levensmiddelen** (incl. dranken)	20	2	6	2	-	30
Verpakking van: **Gebruiksartikelen** ('non-food')	15	2	1	2	-	20
	147	**26**	**34**	**26**	**12**	**245**
Industrie-afval						10
Bouw- en sloopafval						4
Ziekenhuisafval						11
Veeg-, markt- en plantsoenafval						10
Totaal						**280**

Tabel B3.6 Samenstelling van kunststofafval van industriële verpakkingen in industrie-afval (1986) ton/j

Industrieafval	LDPE	LLDPE	HDPE	PP	PVC	PS/EPS	Overig	Totaal
Produktverpakking								
- jerrycans/vaten emmers/kratten etc.			12.500	2.500				15.000
- industriezakken	10.000							10.000
- FIBC's	200			2.000	300			2.500
- overige zakken	5.000							5.000
Transportverpakking								
- rekfolie		2.000						2.000
- krimpfolie	10.000							10.000
- banden				2.500				2.500
- schokwering						400	100	500
- etiketten/kleefbanden/etc.					1.500	600	400	2.500
Totaal	**25.200**	**2.000**	**12.500**	**7.000**	**1.800**	**1.000**	**500**	**50.000**
Fractie van totaal	**50%**	**4%**	**25%**	**14%**	**4%**	**2%**	**1%**	

Tabel B3.7 Samenstelling van kunststofafval van industriële verpakkingen in argrarisch afval (1986), ton/j

Agrarisch afval	Hoeveelheid (ton/j)	Materiaal/opmerkingen
- industriezakken	7.500	PE vaak in combinatie met papier
- bestrijdingsmiddelen verp.	3.000	PE vaten/zakken
- kratten/kisten	2.000	HDPE
- folies/vaten/jerrycans	3.500	PE

Duidelijk is dat de hoeveelheid kunststofafval naar 2000 toe zal nemen.

2a Globale samenstelling

In de tabellen B3.3, B3.5, B3.6 en B3.7 zijn samenstellingen naar polymeersoorten gegeven.
Duidelijk is dat de bulkpolymeren PE, PP, PVC en PS met name in verpakkingen, agrarische produkten, bouw- en sloopafval toegepast worden.
De technische polymeren ABS, PUR, PA, PET, PPE, PC, PPMA, POM, etc. worden met name in autowrakken, inrichting apparatuur teruggevonden.

Procesafvallen bestaan uit deeltjes, maar deze stromen zijn zodanig schoon dat recycling nagenoeg volledig plaatsvindt.
De overige afvallen bestaan uit afgedankte discrete produkten en/of onderdelen. Daarnaast komen in deze stromen veelal produkten van andere materialen voor of is er sprake van afgedankte produkten, bestaande uit meerdere materialen. Bovendien kunnen stoffelijke verontreinigingen, al dan niet biologisch van aard, voorkomen.

Hierna volgt per deelstroom een globale beschrijving van de verontreinigingsvormen.

Autowrakken
Uit autowrakken kunnen zuivere kunststofstromen (specifieke onderdelen), kunststofmengsels (specifieke onderdelenmengsels) en heterogene stromen (kunststoffen + metalen + glas + rubbers + technisch textiel + hout) voorkomen. Shredderafval behoort tot de laatste stroom. Specifieke combinaties van demontage- en verkleiningsactiviteiten zullen bepalen wat de samenstellingen van de resulterende stromen zijn.

De volgende samenstelling van het kunststoffendeel in automobielen is berekend of wordt voorspeld:

	'75-'80		1986		1990		1994		2000	
	%	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%	kg
PUR	20	10,4	19	17,1	18	17,8	16	18,7	14	18,9
PP	5	2,6	15	13,5	17	16,8	20	23,4	22	29,7
PVC	30	15,6	14	12,6	13	12,9	10	11,7	6	8,1
PE	7	3,6	8	7,2	8	7,9	8	9,4	8	10,8
ABS	20	10,4	12	10,8	11	10,9	10	11,7	8	10,8
PP-EPDM	5	2,6	6	5,4	6	5,9	6	7,0	6	8,1
PPO-mod.	-		3	2,7	3	3,0	2	2,3	2	2,7
PA	-		6	5,4	6	5,9	5	5,9	5	6,8
PC	-		3	2,7	3	3,0	2	2,3	2	2,7
POM	-		3	2,7	3	3,0	3	3,5	3	4,1
composiet[1)]	-		6	5,4	9	8,9	10	11,7	12	16,2
overig	13	6,8	5	4,5	3	3,0	3	3,5	3	4,1
nieuw materiaal[2)]	-		-		5	5,9	9	12,2		
	100	52	100	90	100	99	100	117	100	135

1) (Glas)vezel gewapende materialen, zowel op basis van thermoharde als thermoplastische kunststoffen

2) Nieuw te ontwikkelen materialen, voornamelijk blends/alloys

Bouw- en sloopafval

Voor kabelafval is een apart karakteriseringsdocument opgesteld.

De gescheiden ingezamelde leidingsystemen zijn verontreinigd met grond, stenen, metalen en ingeklemde/gelijmde rubberen afdichtingsringen. Na selectief slopen kunnen kunststoffen/rubber mengsels resteren.

Het bouw- (en sloopafval) kan PVC-profielen, diverse PE- en PVC-produkten, PS-schuim en PUR/PIR bevatten.

Afgescheiden stromen kunststoffen na opwerking van bouw- en sloopafval kunnen met name steenachtige materialen, hout en metalen bevatten.

De volgende samenstellingen van het kunststoffendeel in de diverse categorieën bouw- en sloopafval zijn berekend of worden voorspeld.

		1988	verp.	2000	verp.
Kunststofkabelafval		13 kt	-	20	
Leidingbuissysteem		3	-	6	-
Overig	Totaal	13	6	28	6
	waarvan:				
	PVC-profielen	0,5	-	2	-
	Overige PVC-produkten	?	-	?	-
	PS-schuim	?	-	?	-
	PE-produkten	?	3	?	3
	PUR	?	-	?	-
	Composiet	gering	-	?	-
	Divers	?	3	?	3
Totaal		29,5	12	56	12

Huishoudens en KWD-sector

Kunststoffen uit huishoudens en KWD-sector kan in de volgende vier afvalcategorieën voorkomen: huishoudelijk afval, grof huisafval, KWD-afval en containerafval.

Daarbinnen wordt het in verschillende produkten herkend.

Hierna is de hoeveelheid kunststofafval van huishoudens en KWD per produktgroep (exclusief verpakkingen in 1986 [ton/j] gegeven.

		Huishoudens	KWD[1)]	Totaal
I	Huishoudelijke en kantoorartikelen	45.000	40.000	85.000
	1. wegwerpartikelen	20.000	30.000	50.000
	2. keukenartikelen	15.000	5.000	20.000
	3. overigen	10.000	5.000	15.000
II	Inrichting en apparatuur	35.000	10.000	45.000
	1. elektrische apparatuur	15.000	5.000	20.000
	2. matrassen en kussens	+	+	15.000
	3. meubels	+	+	10.000
III	Stoffering en bouwmateriaal	34.000	8.000	42.000
	1. vloerbedekking	24.000	8.000	32.000
	2. wandbekleding	5.000	-	5.000
	3. bouwmateriaal	5.000	-	5.000
IV	Kleding en overigen	35.000	10.000	45.000
	1. kleding	20.000	-	20.000
	2. overigen	15.000	10.000	25.000
	Totaal	149.000	68.000	217.000

1) Betreft KWD-afval en kantoor- + kantine-afval van de industrie
\+ Onvoldoende gegevens bekend
\- Te verwaarlozen hoeveelheid

Daarnaast is per categorie de samenstelling naar polymeersoorten per produktgroep ingeschat voor 1986 en hierna gegeven.

		PE/PP	PVC	PS	Overig
I	Huishoudelijke en kantoorartikelen	50%	10%	20%	20%
II	Inrichting en apparatuur	25%	15%	10%	50%
III	Stoffering en bouwmateriaal	20%	60%	-	20%
IV	Kleding en overigen	10%	10%	-	80%
	Totaal	30%	20%	10%	40%

\- Te verwaarlozen hoeveelheid.

Evenals bij autowrakken kan gesteld worden dat of relatief zuivere kunststofstromen, of kunststofmengsels, of heterogene stromen kunnen vrijkomen.
In het geval van heterogene stromen kunnen in principe vele overige materialen voorkomen, zoals steenachtige materialen, hout, rubber, glas en metalen.

Land- en tuinbouw

In de land- en tuinbouw komen over het algemeen foliën (over het algemeen PE) en verpakkingsafval (PE, PP en PS worden veelvuldig toegepast). Hierna zijn hoeveelheden en verdelingen voor het jaar 1988 gegeven (ton/j).

1. Tuinbouw		6.250
1. Glastuinbouw		
a. loopfolie	2.050	
b. inluierfolie	2.050	
c. schermfolie	1.000	
d. overig glastuinbouw	-	
2. Vollegrondsgroenteteelt		
a. afdekfolie		1.100
3. Overige tuinbouwsectoren		
a. folies in champignon-, bloembollen, boom- en fruitteelt	20	
b. folies in tunnelteelt		40
2. Akkerbouw	-	-
3. Veehouderij		10.000
a. kuilfolie	10.000	
4. Visserij	PM	PM
Totaal		16.250

\- Te verwaarlozen hoeveelheid

1. Tuinbouw		7.200
1. Glastuinbouw		
a. substraatbodemzakken glastuinbouw	100	
b. zaaitrays en schuimdraagtrays van pot- en perkplantenbedrijven	1.200	
c. zakken, bakken, potten tuinonderhoudsector	300	
d. kunstmestzakken (gehele tuinbouw)	200	
2. Vollegrondsgroenteteelt	-	
3. Overige tuinbouwsectoren	-	
4. Tuinbouwveilingen		
a. Groente- en fruitveilingen		
– doosjes, zakjes, hoezen (rek- en krimpfolie)	(100)	
– kratten en kisten	(300)	
b. Bloemenveilingen		
– hoezen, trays, potten e.d.	(5.000)	
2. Akkerbouw		1.500
Kunstmestzakken		
3. Veehouderij		
a. kunstmestzakken		
b. krimphoezen pallets kunstmest (inclusief akkerbouw)	140	
c. veevoerzakken	2.500	
d. jerrycans, reinigingsmiddelen melkinstallaties	350	
4. Gewasbeschermingsmiddelen		2.000
Fust en verpakking alle land- en tuinbouwsectoren	2.000	
5. Visserij	PM	PM
Totaal		15.700

- Te verwaarlozen hoeveelheid

De stromen zullen vooral verontreinigd zijn met zand en organisch materiaal.

Slotopmerking

Afhankelijk van het toepassingsgebied en de wijze en plaats van vrijkomen zijn de kunststofprodukten al dan niet vermengd met andere materialen en/of verontreinigingen.

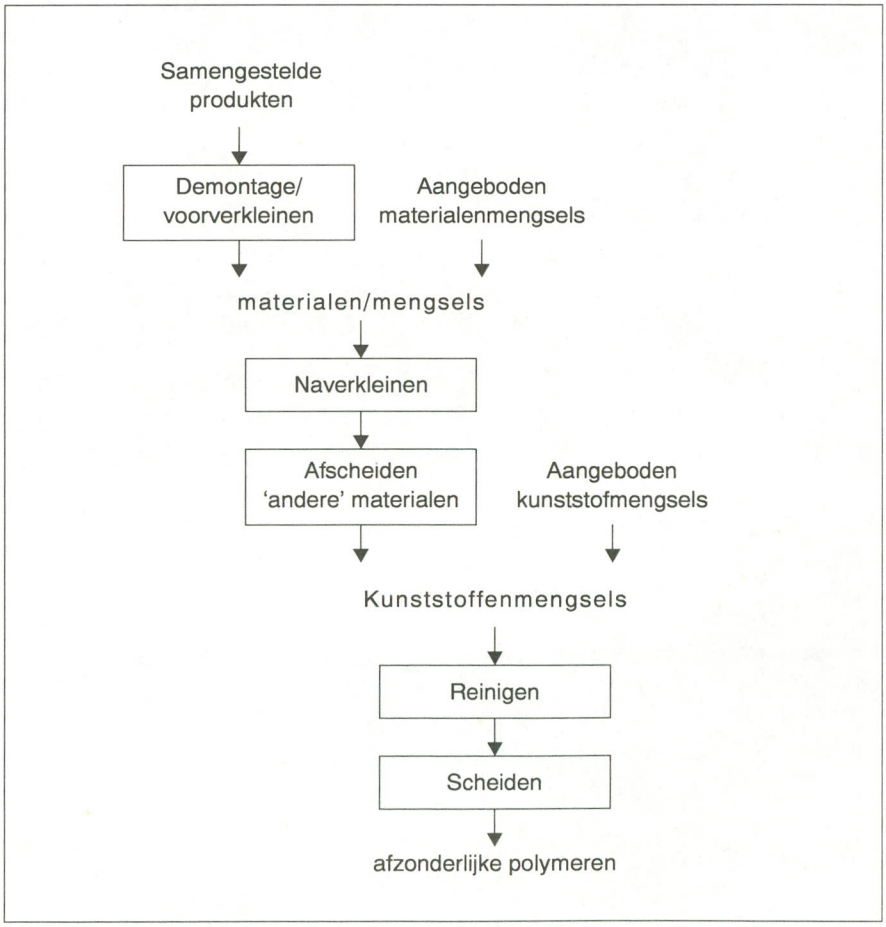
Voorkomen in samengestelde produkten:
- Autowrakken.
- Huishoudelijk- en KWD-afval.
- Bouw- en sloopafval (bijvoorbeeld kabels).

Voorkomen te zamen met andere materialen:
- Bouw- en sloopafval (bijvoorbeeld bouwafval).
- Huishoudelijk- en KWD-afval.

Specifieke kunststofmengsels verontreinigd met grond/organisch materiaal:
- Bouw- en sloopafval (bijvoorbeeld leidingbuizen).
- Land- en tuinbouwafval.

3 Voortraject/deeltjesscheiding

Kunststofprodukten en -onderdelen kennen zo'n uitgebreid scala aan toepassingen, dat ze nagenoeg in alle afvalcategorieën en -fracties te onderkennen zijn. Om kunststofmengsels en daaropvolgende polymeersoorten te ontsluiten, te isoleren, wordt in generieke zin het volgende gedachtenschema doorlopen.



Dus in de praktijk kunnen kunststoffen vooral in de volgende combinaties voorkomen:

1. Kunststoffen/metalen/overige polymeren (papier/hout/rubbers/textiel)/anorganische materialen (zand/steen/glas).
2. Kunststoffen/metalen/overige polymeren.
3. Kunststoffen/metalen.
4. Kunststoffen/overige polymeren.
5. Kunststoffen/anorganische materialen.
6. Kunststoffen/grond/organisch materiaal.

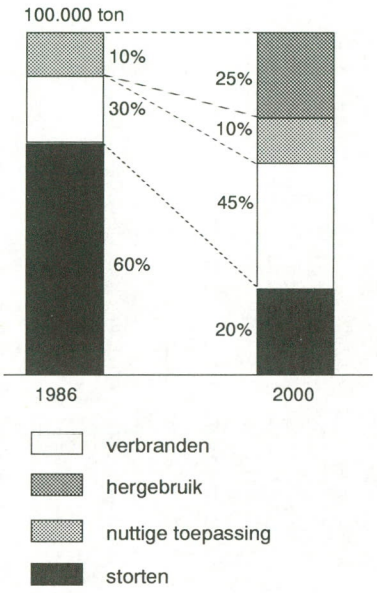
Bovendien kunnen de fracties al dan niet verkleind worden aangeboden. In kunststofmengsels en het hierboven aangegeven mengsel (4) is sprake van geringe dichtheidsverschillen tussen de materialen onderling. In de andere aangegeven mengsels komen deelfracties voor, waaraan gesteld kan worden dat de parameter dichtheid duidelijk verschilt met die van de overige.

4 Fysische en chemische eigenschappen

Het vertrekpunt met de te beschouwen mengsels is:

- Onverkleinde fracties
  - mengsels kunststoffen/overige materialen;
  - kunststoffenmengsels.
- Verkleinde fracties
  - mengsels kunststoffen/overige materialen;
  - kunststoffenmengsels.

5 Taakstelling



Kunststofafval

Hoeveelheid (x 1000 ton)	**1986**	**Taakstelling 2000**	**Opmerkingen**
Preventie t.o.v. 1986		X	kwalitatieve preventie
Hergebruik	55	200	
Verbranden	160	240	
Storten	325	100	
Totaal	540	540	

Bijlage 4 Karakterisering verpakkingsafval

1 Hoeveelheid

De hoeveelheid verpakkingsafval in 1986 naar plaats van vrijkomen (ton) bedraagt:

Huishoudelijk afval[1)]	1.068.000
Kantoor-, winkel- en dienstenafval	585.000
Industrie-afval	420.000
Overig[2)]	54.000
Totaal	2.127.000[3)]

1) Ruim 20% (naar gewicht) en 40 à 50% (naar volume) van het totaal vrijkomend huishoudelijk afval
2) Bouw- en Sloopafval agrarisch afval, ziekenhuisafval
3) Hoeveelheid exclusief produkthergebruik (statiegeld)

De hoeveelheid verpakkingsafval naar materiaalsoort (ton) bedraagt:

Kunststofverpakkingen	462.000
Papier- en karton verpakkingen	946.000
Glasverpakkingen (éénmalig)	522.000
Blik (Fe)	177.000
Aluminiumverpakkingen[1)]	20.000
Totaal	2.127.000

1) Inclusief aluminiumdeksels bij blik (Fe) en aluminium-laminaattoepassingen

Indien bovenstaande cijfers worden samengetrokken, wordt het volgende beeld van specifieke materiaalsoorten per plaats van vrijkomen in 1986 (ton) verkregen.

Tabel B4.1 Verpakkingsafval per materiaalsoort en bron

	Kunststof-verp.	P/K verp.	Eenmalig glas	Blik (Fe)	Al verp.	Totaal
HHA	219.000	293.000	453.000	86.000	17.000	1.068.000
KWD	103.000	447.000	11.000	21.000	3.000	585.000
Industrie	86.000	206.000	58.000	70.000		420.000
Overige	54.000	-				54.000
Totaal	462.000	946.000	522.000	177.000	20.000	2.127.000

2a Globale samenstelling

In tabel B4.2 is een samenstelling van het kunststof verpakkingsafval uit huishoudens gegeven.
Daarnaast is in tabel B4.3 de samenstelling van consumentenverpakkingen in KWD-afval gegeven. Tabel B4.4 geeft een overzicht van de samenstelling van industriële verpakkingen in het industrie-afval en tabel B4.4 geeft een overzicht van de samenstelling van industriële verpakkingen in agrarisch afval.

Tabel B4.2 Kunststof verpakkingsafval in huishoudelijk afval [ton/jaar], B&G-schatting met betrekking tot 1986; exclusief vuilniszakken]

Verpakking van:	PE	PP	PS	PVC	Overig	Totaal
Voedsel (incl. dranken)	47.000	14.000	22.000	16.000	11.000	110.000
Gebruiksartikelen ('non-food')	40.000	8.000	5.000	6.000	1.000	60.000
Draagtassen (incl. draagzakken)	25.000	-	-	-	-	25.000
Totaal	112.000	22.000	27.000	22.000	12.000	195.000

Tabel B4.3 Kunststofafval van consumentenverpakkingen in KWD-afval [ton/jaar], B&G-schatting met betrekking tot 1986]

Verpakking van:	PE	PP	PS	PVC	Overig	Totaal
Levensmiddelen[1)]	20.000	2.000	6.000	2.000	-	30.000
Gebruiksartikelen[1)]	15.000	2.000	1.000	2.000	-	20.000
Totaal	35.000	4.000	7.000	4.000	<1.000	50.000

[1)] Verpakking van levensmiddelen is gerelateerd aan kantine-afval, verpakking van gebruiksartikelen aan kantoorafval

Tabel B4.4 Samenstelling van het kunststofafval van industriële verpakkingen in het industrie-afval [ton/jaar; B&G-schatting met betrekking tot 1986]

Industrie-afval	LDPE	LLDPE	HDPE	PP	PVC	PS/EPS	Overig	Totaal
Produktverpakking								
- jerrycans/vaten emmers/kratten etc.			12.500	2.500				15.000
- industriezakken	10.000							10.000
- FIBC's	200			2.000	300			2.500
- overige zakken	5.000							5.000
Transportverpakking								
- rekfolie		2.000						2.000
- krimpfolie	10.000							10.000
- banden				2.500				2.500
- schokwering						400	100	500
- etiketten/kleefbanden/etc.					1.500	600	400	2.500
Totaal	**25.200**	**2.000**	**12.500**	**7.000**	**1.800**	**1.000**	**500**	**50.000**
Fractie van totaal	**50%**	**4%**	**25%**	**14%**	**4%**	**2%**	**1%**	

Tabel B4.5 Samenstelling van het kunststofafval van industriële verpakkingen in het agrarisch afval [ton/jaar; B&G-schatting met betrekking tot 1986]

Agrarisch afval	Hoeveelheid (ton/j)	Materiaal/opmerkingen
- industriezakken	7.500	PE vaak in combinatie met papier
- bestrijdingsmiddelen verp.	3.000	PE vaten/zakken
- kratten/kisten	2.000	HDPE
- folies/vaten/jerrycans	3.500	PE

In tabel B4.6 is het verbruik aan papieren/kartonnen verpakkingen in 1986 verdeeld naar type verpakkingen en naar afvalstroom in kton. De verdeling naar food en non-food in kton is in tabel B4.7 gegeven.

Tabel B4.6 Het verbruik aan p/k verpakkingen in 1986 verdeeld naar type verpakkingen en naar afvalstroom in kton

	Transport + produkt-verpakkingen van grondstoffen/ halffabrikaten		Omver-pakking van eindprod.	Konsumenten verpakking		Totaal
	karton	papier	karton	karton	papier	
Huishoudelijk afval	-	<1	20	226	47	293
KWD-afval	-	-	400	35	5	440
Industrie-afval[1)]	234	12	3	(K/K-afv. bij KWD)		246
Overig	6	13				19
Totaal	240	25	420	261	52	998

1) Teruggerekend in 1986

Tabel B4.7 Het verbruik aan p/k-verpakkingen in 1986 verdeeld naar food, non-food in kton

	Consumenten verpakking		Overige		
	food	non food	food	non-food	Totaal
Huishoudelijk afval	168	105	15	5[1)]	293
KWD-afval[2)]	40[3)]	-	196	204	440
Industrie-afval	-	-	85	161	246
Overig	-	-	-	19	19
Totaal	208	105	296	389	998

1) Betreft: voornamelijk dozen uit supermarkten ten behoeve van transport naar huis
2) KWD: kantoor-, winkel- en dienstenafval
3) Betreft: voornamelijk kantine-afval uit KWD en industrie en wordt dus tot food gerekend

In tabel B4.8 is aangegeven welke hoeveelheden glas in de glasbak gedeponeerd zijn, terwijl in tabel B4.9 de hoeveelheden opgesomd zijn, die in het huishoudelijk afval zijn teruggevonden.

Tabel B4.8 Glasbakanalyses

	Totaal aan glas-verpakking in glas-bak gedeponeerd[1] (ton/jaar)	Percentage glas van dranken-verpakkingen[2] (%)	Totale hoeveelheid glas van dranken-verpakkingen in glasbak (ton/jaar)
1978	25.000	80[2]	20.000
1981	115.000	75[2]	86.000
1984	200.000	71[2]	142.000
1986	200.000 [3]		
1987	215.000	71[2]	152.000
1988	225.000	71[4]	160.000
1989	244.000 [5]		

1) Stuurgroep Promotie Glasbak
2) Schatting SVM
3) Informatiedocument RIVM
4) Metingen glasinzamelaar
5) Gegevens, verstrekt door Maltha

Tabel B4.9 Hoeveelheid glasverpakkingsafval in huishoudelijk afval

	Hoeveelheid huishoudelijk afval (ton)	Gehalte glas in huishoudelijk afval (%)	Hoeveelheid glas in huishoudelijk afval (ton)
1984	4.000.000	6,0	240.000
1985	4.000.000	6,8	272.000
1986	4.080.000	5,9	240.000
1987	4.330.000	6,8	294.000
1988	4.500.000	5,9	265.500
1989	4.600.000 (voorlopig)	5,8	266.800

De desbetreffende glazenverpakkingen zijn hoofdzakelijk groene, bruine en transparante flessen en potten.

In tabel B4.10 is een samenstellingsanalyse van blikverpakkingen in huishoudelijk afval gegeven.

Uit welke typen en soorten aluminiumverpakkingen (in met name huishoudelijk afval) bestaan, wordt geïllustreerd in tabel B4.11.

Tabel B4.10 Hoeveelheid afval van blikverpakkingen[1] (× 1000 ton) en gehaltes ervan in huishoudelijk afval

	1986	1987	1988
Dranken	12,2 (0,3%)	12,9 (0,3%)	13,5 (0,3%)
Voedsel	65,3 (1,6%)	65,0 (1,5%)	67,5 (1,5%)
Overige verpakkingen (onder andere deksels, doppen, verfblikken)	8,2 (0,2%)	8,6 (0,2%)	13,5 (0,3%)
Totaal verpakking	85,7 (2,1%)	86,6 (2,0%)	94,5 (2,1%)

1) Onder blikjes worden ook trommels en dergelijke gerekend

Tabel B4.11 Jaarlijks verbruik aluminiumverpakkingen (peiljaar 1989)

Monomaterialen		9.000 ton
– Bussen: - drankenbusjes alu (800 ton) - drankenbusjes staal (1.600 ton) - conserven (2.700 ton)	5.100 ton	
– Tubes/aërosols/buisjes	1.100 ton	
– Enkelvoudige folie/bakjes: - huishoudfolie (1.000 ton) - bakjes (1.100 ton)	2.100 ton	
– Deksels/doppen	700 ton	
Laminaten/gelakte folie		4.500 ton
Opgedampt		p.m.
Totaal		13.500 ton

Zoals in paragraaf 1 te zien is, komen verpakkingen voor in de categorieën huishoudelijk afval; kantoor-, winkel- en dienstenafval; industrie-afval; bouw- en sloopafval; agrarisch afval en ziekenhuisafval. In deze stromen komen vele andere afgedankte produkten, materialen en stoffen voor. Daarom wordt in algemene zin erkend dat hergebruik slechts zin heeft bij gescheiden inzameling van verpakkingen. Voor papier/karton en glas geldt reeds, dat dit voor een deel plaatsvindt.

In 1991 is tussen overheid en industrie een convenant 'Verpakkingen' afgesloten. Daarbij wordt ook geanticipeerd op de gescheiden inzameling van verpakkingen. In globale zin worden daarop voortbordurend de volgende scheidingsregels veelal in acht genomen, c.q. beproefd:

1. Separate inzameling en opwerking van vrij zuivere grote verpakkingen van karton, kunststof, blik en aluminium (veelal industriële verpakkingen en transportverpakkingen).

2. Gescheiden inzameling van droge papieren/kartonnen verpakkingen met kranten/tijdschriften.
3. Gescheiden inzameling van glas, zoveel mogelijk op kleur.
4. De gezamenlijke inzameling van kunststofverpakkingen, metalen verpakkingen en drankenkartons (het betreft veelal consumentenverpakkingen): het KMD-mengsel.

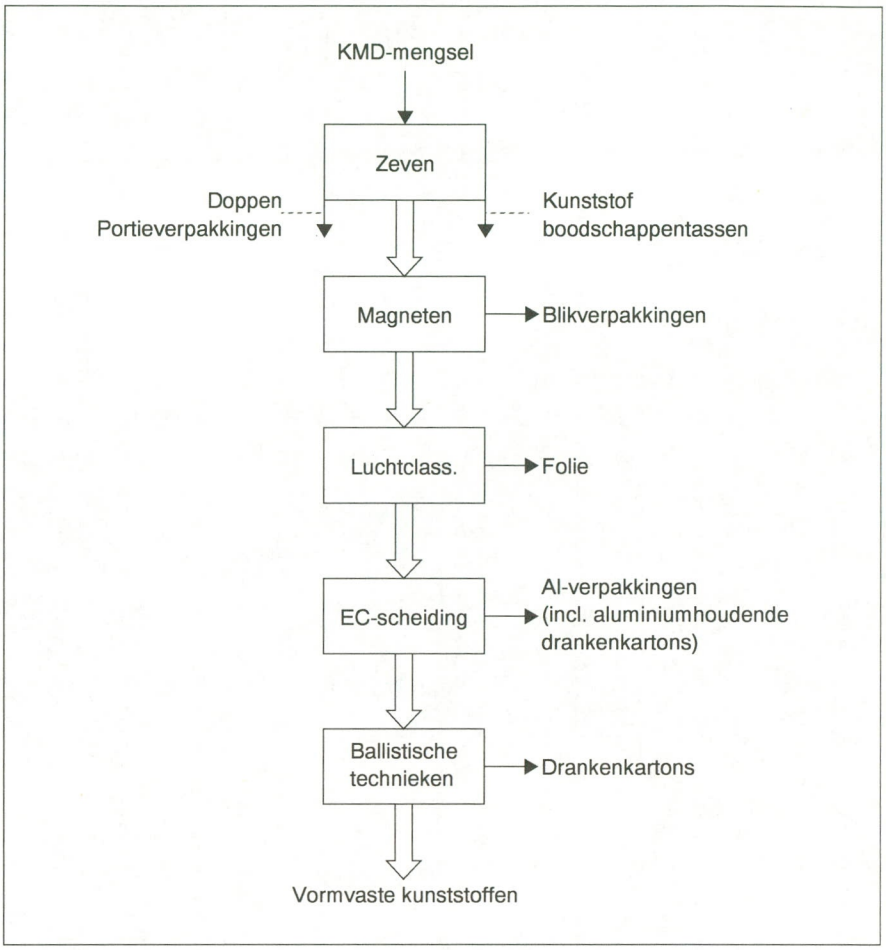
Deze stromen worden hierna apart beschouwd:

ad 1
De vrij zuivere stromen verpakkingen worden veelal direct toegeleverd naar de grondstoffenverwerkende industrie.
Een eventuele afscheiding van verontreinigingen vindt dan reeds plaats.

ad 2
Na de gescheiden inzameling van de fractie papier/karton kan een verdere scheiding naar papiersoorten plaatsvinden. In de praktijk geschiedt dat veelal handmatig en wordt dit door de handel uitgevoerd. Dit geldt eveneens voor de grovere verontreinigingen.
De verdergaande afscheiding van verontreinigingen geschiedt tijdens de papierverwerking tot industriële grondstof zelf (tijdens de pulpprocessen).

ad 3
In het huidige glasverwerkingsproces (de verwerking van gemengde kleurfracties) worden de verontreinigingen door middel van mechanische processen en handscheiding verwijderd.
Daarnaast wordt steeds meer kleursortering aan de bron gepropageerd en ingevoerd. Additionele kleursortering wordt beproefd met optische scheiding en ook verder ontwikkeld. Eveneens worden stenenafscheiders op basis van optische systemen steeds meer als inzetbare technieken gekenmerkt.

ad 4
De gescheiden inzameling en verwerking van een verpakkingsmengsel bevindt zich nog in een ontwikkelingsstadium. In het convenant 'Verpakkingen' is afgesproken dat een proef in een middelgrote gemeente (dit is Breda geworden) zal worden uitgevoerd. In Breda worden kunststofverpakkingen, metalen verpakkingen en drankenkartons gescheiden in een zak, ingezameld. De afscheiding van halffabrikaten (de scheiding tussen kunststoffen, metalen en drankenkartons) volgt in principe de volgende routing.



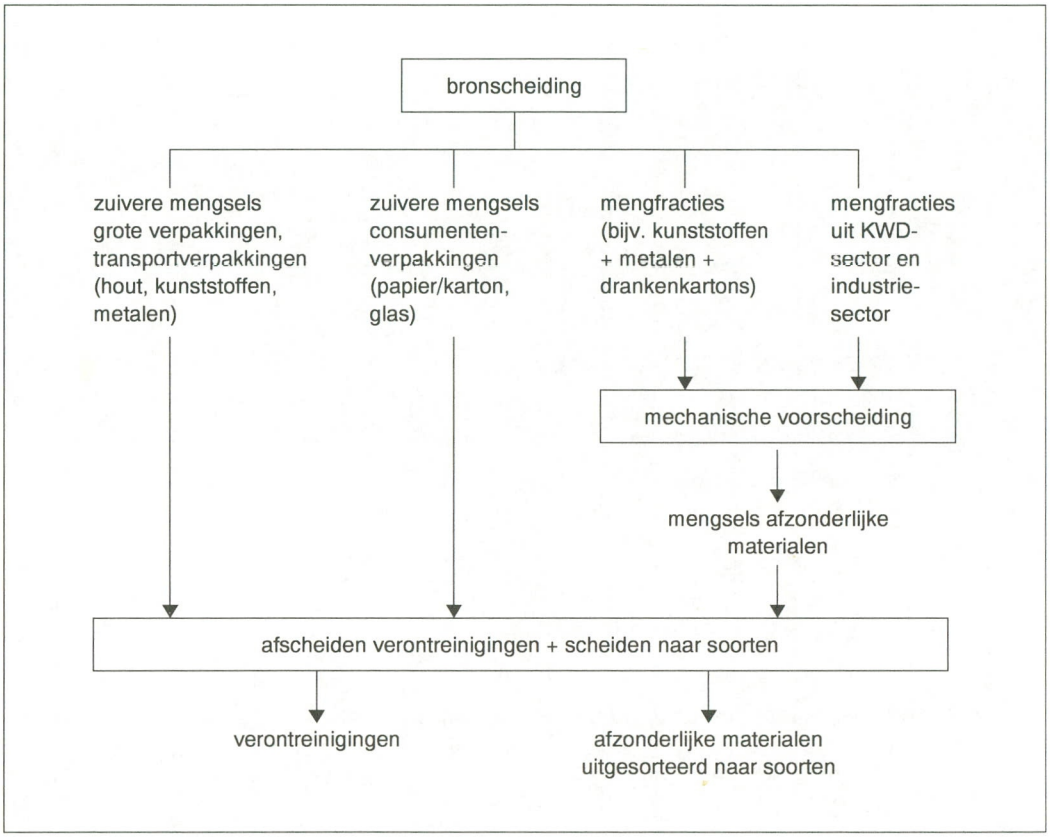
De verkregen fracties, halffabrikaten, worden vervolgens opgewerkt tot secundaire grondstoffen of energiedragers (dit zou eventueel kunnen gelden voor sommige kunststoffenfracties).

Slotopmerking

Afhankelijk van de aard van de toepassing (transportverpakking, bulkverpakking, consumentenverpakking) en de wijze en plaats van vrijkomen zijn de verpakkingsmaterialen vermengd met andere materialen (al dan niet van afgedankte produkten). De grootste concentraties verpakkingen zijn terug te vinden in huishoudelijk afval, kantoor-, winkel- en dienstenafval en industrieafval. Materiaalhergebruik wordt pas perspectiefvol als er gescheiden inzameling van verpakkingen plaatsvindt.

3 Voortraject

Zoals reeds in de paragrafen 1 en 2 opgemerkt is, is bronscheiding een vereiste om verdergaande materiaalrecycling mogelijk te maken. Deze scheiding vindt dan in principe bij vele bronnen plaats. In generieke zin wordt het volgende schema doorlopen:



Dus in de praktijk kunnen verpakkingen in de volgende materialenmengsels voorkomen:

1. papier/karton/kunststoffen/glas/metalen/hout;
2. kunststoffen/metalen/hout/karton (KWD-afvallen);
3. kunststoffen/metalen/drankenkartons (consumentenafvallen);
4. papier/karton-mengsels;
5. gemengd glas;
6. kunststoffenmengsels.

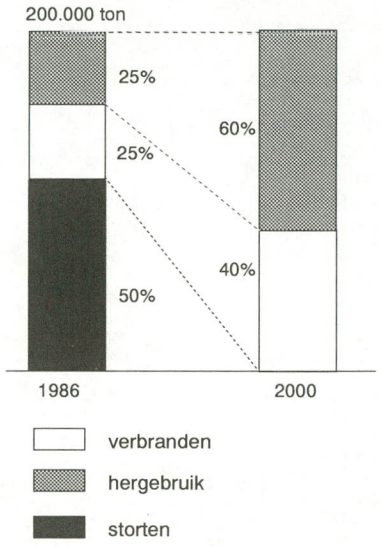
De fracties zullen nog vervuild kunnen zijn met voedselresten, zeepresten, etc. (dus resten verpakt produkt), met vocht, stof, zand etc.

De fracties zouden al dan niet verkleind aangeboden kunnen worden. Behalve uit metalen en glas bestaan de verpakkingsmaterialen uit koolwaterstoffen. Voor deze laatste groep verpakkingsmaterialen geldt dat de parameter dichtheid onderling weinig verschilt.

4 Deeltjeseigenschappen

Het vertrektpunt met de te beschouwen mengsels is
- Onverkleinde mengsels
  - mengsels verpakkingsmaterialen
  - materiaalfractie bestaande uit soorten
- Verkleinde mengsels
  - mengsels verpakkingsmaterialen
  - materiaalfractie bestaande uit soorten

5 Taakstelling



Verpakkingsafval

Hoeveelheid (x 1000 ton)	1986	Taakstelling 2000	Opmerkingen
Preventie t.o.v. 1986		-	kwalitatieve preventie
Hergebruik	500	1.200	
Verbranden	500	800	
Storten	1.000	-	
Totaal	2.000	2.000	

Bijlage 5 Karakterisering kabelafvallen

1 Hoeveelheid

Jaarlijks komt ruw geschat 50 - 55000 ton kabelafval in Nederland vrij. Naar verwachting zal de hoeveelheid en samenstelling hiervan in de komende 10 jaren niet sterk wijzigen.
De kabelafvallen zijn afkomstig van de volgende bronnen:

Produktie afval	ca 5000 ton
Energie kabel	ca 15000 ton
Installatiedraad/kabel	ca 20000 ton
Telecommunicatie kabel	ca 3000 ton
Kleinkabel afval	
Huishoud apparatuur	ca 4000 ton
Kantoor/industrie	ca 4000 ton
Voertuigen	ca 3000 ton
Totaal	ca 54000 ton

2a Samenstelling

Gewichts %:						
	Cu	Al	Fe	Pb	pap/jute/bit	polymeren
Produktie afval (1*)	39	1,5	7,5	19	10,5	22,5
Energie kabel (2*)	23	3	15	38	21	-
Installatiedraad/kabel	55	-	-	-	-	45
Telecommunicatie kabel	23	-	21	39	17	-
Kleinkabel afval	39	-	-	-	-	61
Hoeveelheden tonnen/jaar						
	Cu	Al	Fe	Pb	pap/jute/bit (3*)	polymeren
Produktie afval (1*)	1950	75	375	950	525	1125
Energie kabel (2*)	3450	450	2250	5700	3150	-
Installatiedraad/kabel	11000	-	-	-	-	-
Telecommunicatie kabel	690	-	630	1170	510	-
Kleinkabel afval	4290	-	-	-	-	6710
Totaal tonnen/jaar	21380	525	3255	7820	4185	16835
Totaal %	39,6	1,0	6,0	14,5	7,8	31,1

1* Produktie afval 50% energie en 50% installatiekabel
2* Energiekabel 80% Cu en 20% Al geleider
3* Samenstelling papier/jute/bitumen 50% bitumen en 50% papier/jute

Samenstelling polymeerfractie:

Weekgemaakt PVC	70%	=	10938 ton/jaar
PE (LD en XL)	16%	=	2500 ton/jaar
Diverse thermoplasten	2%	=	313 ton/jaar
Diverse rubbers	12%	=	1875 ton/jaar

2b Selectie uit de afvalstroom die in aanmerking komt voor deeltjesscheiding

Totale hoeveelheid ingezamelde kabelafvallen.
Scheiding aan de bron op geleider en isolatiemateriaalsoort is aan te bevelen!

2c Samenstelling geselecteerde fracties

Zie 2a.

3 Vaststelling noodzakelijk voortraject

Ontsluiten van de afzonderlijke materialen door middel van voor- en naverkleinen is noodzakelijk. Te realiseren deeltjesgrootte afhankelijk van de soort kabelafval en toe te passen scheidingstechniek.

4a De deeltjeseigenschappen van de geselecteerde fractie

	Cu	Al	Fe	Pb	PVC	PE
Dichtheid kg/m^3	8900	2700	7900	11300	1300	950
Geleidbaarheid S m/mm^2	57	35	9,5	4,8	0,2*10E-15	10E-20
Smeltpunt °C	1083	659	1539	328	165	125
Verwekingspunt °C	60	70				

Bijlage 6 Karakterisering witgoed

1 Hoeveelheid

Witgoed vormt een onderdeel van het grof huishoudelijk afval. Deze vormt één van de negenentwintig prioritaire afvalstromen uit de notitie preventie en hergebruik.
Jaarlijks komt er ongeveer 80.000 à 90.000 ton witgoed vrij bij de consument. De belangrijkste verwijderingskanalen zijn de grof huisvuil depots van de gemeente en de leveranciers van witgoed.
Verwacht wordt dat de hoeveelheid vrijkomend witgoed de komende jaren flink zal toenemen als gevolg van de stijgende penetratiegraad van een aantal apparaten uit deze produktgroep (afwasautomaat en wasdroger) en de introductie van nieuwe apparaten, die momenteel nog vrij weinig in het afval voorkomen (magnetron).

2 Samenstelling

2.1 Samenstelling categorie witgoed

De belangrijkste produkten uit de categorie 'witgoed' zijn weergegeven in Tabel B6.1.
Hierbij is tevens aangegeven het gemiddelde gewicht, de gemiddelde levensduur, het aantal vrijkomende apparaten per jaar (1991), het totaal gewicht aan vrijkomende apparaten per jaar, het huidige marktaandeel binnen de categorie witgoed en trends hierin.

Tabel B6.1 Samenstelling categorie witgoed

gegevens: produkt:	gemidd. gewicht (kg)	gemidd. levensduur (per jaar)	aantal vrijkomend (jaar)[1]	hoeveelheid[2] (ton/jr)	huidig marktaandeel[3]	trend marktaandeel[4]
magnetron	10	10	17.000	170 ton	17%	stijgend
wasmachine	85	10	483.000	33910 ton	21%	stabiel
koelkast	38	14	385.000	14540 ton	23%	stabiel
afwasmachine	45	12	41.000	1822 ton	6%	stijgend
diepvriezer	46	14	184.000	8464 ton	8%	stabiel
wasdroger	32	10	93.000	2976 ton	10%	stijgend
fornuis (ingeb.)	60	15	105.000	6300 ton	7%	stabiel
fornuis (losse)	60	20	248.000	14780 ton	6%	dalend
centrifuge	10	16	153.000	1530 ton	3%	dalend
kookplaat	10	18	16.000	160 ton	2%	dalend
Totale hoeveelheid witgoed die per jaar vrijkomt:			**1725.000**	**84660 ton**		

1) Op grond van penetratiegraad, levensduur en afdankgedrag van Nederlandse bevolking
2) Op grond van gemiddeld gewicht en aantal vrijkomend per jaar
3) Op grond van verkoopcijfers 1990
4) Op grond van verkoopcijfers 1985-1990 en voorlopige verkoopcijfers 1991

2.2 Materiële produktsamenstelling

De globale samenstelling van de verschillende produkten is weergegeven in Tabel B6.2.

Tabel B6.2 Materiële samenstelling van produkten uit de categorie witgoed

Materiële samenstelling (percentages) van de produkten uit de categorie witgoed										
materiaal / produkt	staal[1]	edel-staal[2]	non ferro[3]	kunst-stof[4]	glas	hout	beton	PUR	rub-ber	overig[5]
magnetron[6]	72%	-	5%	4%	9%	-	-	-		10%
wasmachine	55%	5%	3%	5%	1%	1%	21%	-	2%	7%
koelkast (losse)	61%	-	8%	13%	-	-	-	9%	0.6%	8%
koelkast (ingeb)	50%	-	7%	20%	-	-	-	9%	0.6%	13%
afwasmachine	50%	22%	2%	9%	-	1%	1%	-	3	12%
diepvriezer	60%	-	13%	8%	-	-	-	11%	0.5%	7%
wasdroger	75%	5%	2%	12%	-	1%	-	-	1%	4%
fornuis (ingeb)	72%	-	-	3%	6%	-	-	-	-	24%
fornuis (losse)	75%	-	2%	3%	5%	-	-	-	-	15%
centrifuge	80%	15%	1%	1%	-	-	-	-	-	3%
kookplaat [6]	75%		3%	5%	-	-	-	-	-	17%

1) Dit betreft ongelakt, gelakt, verzinkt en van andere coatings voorziene staalsoorten. Het staal kan zowel gegoten als gewalst zijn
2) Dit betreft voornamelijk chroomhoudende staalsoorten. Chroom-Nikkel stalen worden al langere tijd vrijwel niet meer toegepast (met uitzondering van de verwarmingselementen in wasmachines)
3) De toegepaste non-ferro metalen bestaan hoofdzakelijk uit aluminium en koper. Verder worden hoofdzakelijk zink, lood en messing toegepast
4) De toegepaste kunststoffen bestaan vooral uit verschillende soorten thermoplasten. De belangrijkste daarvan die worden toegepast in deze categorie zijn PP, ABS, PS, PA, POM en PVC
5) Dit bestaat uit een groot aantal verschillende materialen. Naast produktgebonden bestanddelen, zoals kwikschakelaars, olie, isolatiemateriaal, magneetband, bakeliet, R11, R12, resopal, condensator, buisdiode etc. bestaat dit uit kit, lijm, keramisch materiaal, printplaatjes, lak, bekabeling en vezelmateriaal
6) Bij gebrek aan voldoende samenstellingsgegevens is deze geschat

3 Selectie uit de afvalstroom witgoed die in aanmerking komt voor deeltjesscheiding

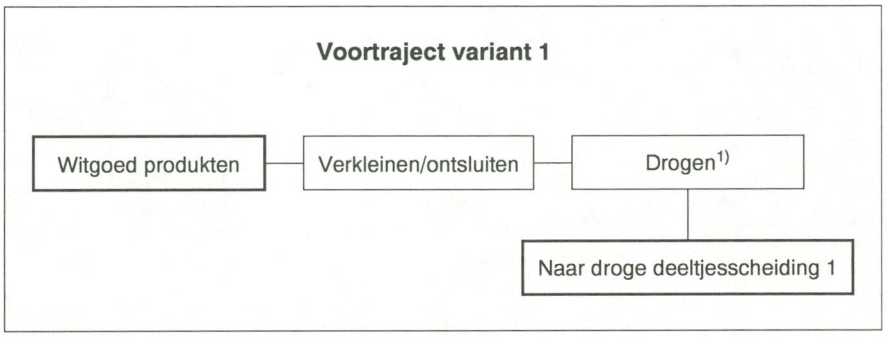
3.1 Selectie van representatieve verwerkingsvarianten

In principe zijn hier meerdere varianten mogelijk. De voor droge deeltjesscheiding geselecteerde fractie uit de witgoed sector is direct afhankelijk van de mate van ontmanteling voor de droge deeltjesscheiding.
Om een goed overzicht te verkrijgen van de mogelijkheden worden een drietal varianten behandeld. Dit zijn:

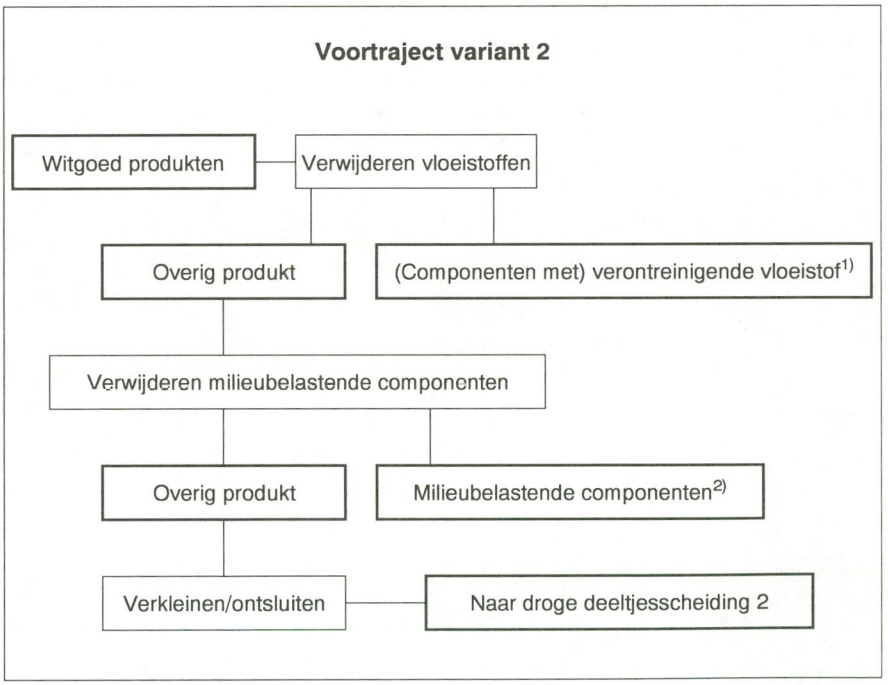
Variant 1: Integrale verkleining gevolgd door droge deeltjesscheiding;
Variant 2: Verwijdering milieubelastende componenten gevolgd door droge deeltjesscheiding van de restfractie;
Variant 3: Selectieve demontage gevolgd door individuele verkleining van een niet afzetbare metaalrijke en een niet afzetbare metaalarme restfractie.

3.2 Vaststelling noodzakelijke voortrajecten

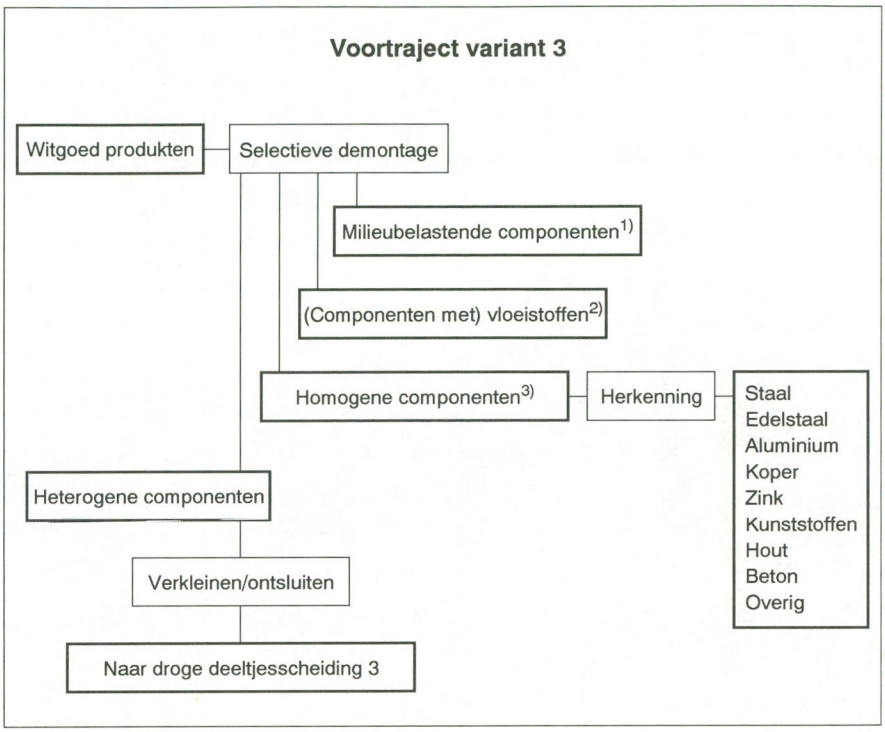
Bij de beschrijving van de noodzakelijke voortrajecten wordt niet ingegaan op de verwerkingsmogelijkheden voor resulterende fracties die niet voor droge deeltjesscheiding in aanmerking komen. Bij variant 1 en variant 2 betreft dit voornamelijk fracties met een chemisch afval karakter. Bij variant 3 betreft het zowel fracties met een chemisch afval karakter als direct afzetbare, uit slechts een enkele materiaalsoort samengestelde fracties.



Opmerkingen:
1) Drogen is noodzakelijk in verband met de aanwezige vloeistoffen



Opmerkingen:
1) Dit betreft onder andere de volgende produktgebonden componenten:
   - reservoir (afwasmachine)
   - olie (koelkast/diepvriezers)
2) Dit betreft onder andere de volgende produktgebonden componenten:
   - buisdiode (magnetron)
   - condensatoren (wasmachine)
   - PUR/R12 (koelkast/diepvriezer)
   - R11 (koelkast/diepvriezer)



Opmerkingen:

1) Dit betreft onder andere de volgende produktgebonden componenten:
   - buisdiode (magnetron)
   - PUR (koelkast/diepvriezer)
   - R11/R12 (koelkast/diepvriezer)
   - condensatoren (wasmachine)

2) Dit betreft onder andere de volgende produktgebonden componenten:
   - reservoir (afwasmachine)
   - olie (koelkast/diepvriezer)

3) Dit betreft de bulk van de hoeveelheid witgoed (gekoppeld middels losneembare verbindingen) en bevat onder andere de volgende componenten:
   - omkasting (hout en staal)
   - grote homogene kunststof onderdelen (> 100 gr.)
   - siermateriaal (onder andere aluminium)
   - edelstaal (kuip, trommel en verwarmingselementen)
   - slangen (rubber)
   - glas (deuren etc.)

4) Bij de resulterende fracties voor droge deeltjesscheidingstechnieken wordt vooraf een splitsing gemaakt tussen componenten met een laag metaalgehalte (non ferro) en een hoog metaalgehalte (non ferro)

3.3 Samenstelling geselecteerde fracties

In Tabel B6.3 is een overzicht gegeven van de verwachte materiële samenstelling van de fracties die in de vorige paragraaf zijn geselecteerd voor droge deeltjesscheiding.

Tabel B6.3 Materiële samenstelling potentiële fracties na voortraject volgens variant 1, 2 en 3

	variant 1		variant 2		variant 3	
	hoeveelh. (ton)	perc.	hoeveelh. (ton)	perc.	hoeveelh. (ton)	perc.
staal	50.915	60.2%	48.000	61.8%	7.000	51.5%
edelstaal	3.758	4.4%	3.758	4.8%	150	1.1%
aluminium	3.500	4.1%	3.000	3.9%	300	2.2%
koper	4.000	4.7%	3.950	5.1%	3.000	22.1%
zink	200	0.2%	200	0.3%	60	0.4%
lood	150	0.2%	150	0.2%	40	0.3%
tin	10	verw.	10	verw.	10	< 0.1%
messing	10	verw.	10	verw.	2	< 0.1%
thermopl.	4.850	5.7%	4.250	5.5%	800	5.8%
rubber	900	1.1%	800	1.0%	150	1.1%
glas	1.850	2.2%	1.850	2.4%	50	0.4%
hout	1.500	1.8%	1.500	1.9%	20	0.1%
beton	7.200	8.5%	7.200	9.3%	-	
PUR	2.240	2.6%	-	-	-	
overig[1)]	4.000	4.7%	3.000	3.9%	2.000	14.7%
Totaal	84.660	100%	77.678	100%	13.582	100%

verw. = verwaarloosbaar < 0.1%

1) Dit is een heterogene mix van materialen. De samenstelling hiervan is onbekend voor alle varianten.
In het kader van deze studie wordt uitgegaan van de volgende kwalitatieve samenstelling: zeepresten, zand, vezelmateriaal, lak, hout en emaille.
In het geval van variant 3 wordt geadviseerd om deze fractie niet te vermengen met de voor droge deeltjesscheiding geselecteerde fractie

4 Fysische en chemische eigenschappen

In deze paragraaf zullen fysische en chemische eigenschappen van de voor de droge deeltjesscheiding geselecteerde fracties nader worden geanalyseerd.
Hierbij is een onderscheid gemaakt tussen materiaalafhankelijke eigenschappen en afvalstroomafhankelijke eigenschappen.
Aangezien er tussen de verschillende, in deze fase van het project, geselecteerde afvalstromen veel overeenkomsten zijn tussen de te scheiden materialen, is besloten om een centraal overzicht te presenteren waarin de materiaalafhankelijke eigenschappen worden vermeld.
In deze paragraaf zullen enkele voor deze afvalstroom relevante deeltjeseigenschappen worden geanalyseerd.
De deeltjeseigenschappen worden grotendeels gedicteerd door de voorafgaande verkleining. Deze bepaalt in grote mate de deeltjesgrootte en de deeltjesvorm.
De mate van verkleining wordt weer gedicteerd door de gewenste ontsluitingsgraad. De gewenste ontsluitingsgraad hangt op zijn beurt weer samen met de verschillende afzetmarkten.

In Tabel B6.4 zijn voor de drie varianten de voor de droge deeltjesscheiding interessante eigenschappen aangegeven. Hierbij wordt uitgegaan van een potentiële afzetmarkt van minimaal 75% van de te scheiden deeltjes.

Tabel B6.4 Afvalstroom gebonden deeltjeseigenschappen om na droge deeltjesscheiding een afzetmarkt van minimaal 75% te kunnen garanderen

Varianten / Eigenschappen	Variant 1	Variant 2	Variant 3
gemiddelde grootte	10 - 20 MM	10 - 20 MM	1 - 5 MM
grootteverdeling	breed	breed	smal[1)]
gemiddelde vorm	grillig	grillig	rond
vorm verdeling	breed	breed	smal
mate van verontreiniging	1% - 5%	< 1%	< 1%
aard van verontreiniging	gekleefd	los	los
ontsluitingsgraad	matig	matig	goed
oppervlakte gesteldheid	nvt	nvt	glad
vochtigheidsgraad	hoog (olie)	laag	laag

1) Classificatie na verkleining mogelijk noodzakelijk
nvt niet van toepassing

Informatiebronnen

TNO rapport 92-138, Verwerking complexe huishoudelijke apparatuur.

TNO interne rapportage, Demoproject verwerking wasmachine, afwasmachine en wasdroger.

Bijlage 7 Karakterisering bruingoed

1 Hoeveelheid

Bruingoed vormt een onderdeel van het grof huishoudelijk afval en huishoudelijk afval. Deze vormt één van de negenentwintig prioritaire afvalstromen uit de notitie preventie en hergebruik.
Jaarlijks komt er ongeveer 30 Kton bruingoed vrij bij de consument. De belangrijkste verwijderingskanalen zijn de grof huisvuil depots van de gemeente en de leveranciers van bruingoed.
Verwacht wordt dat de hoeveelheid vrijkomend bruingoed de komende jaren zal toenemen als gevolg van de stijgende penetratiegraad van een aantal apparaten uit deze produktgroep (computer, videorecorder en CD speler) en versneld afdanken van apparatuur (platenspelers).
Daarnaast is het aannemelijk te veronderstellen dat produkten als zwart/wit TV, bandrecorders en platenspelers in 2000 nauwelijks nog zullen voorkomen in bruingoed afval.
De huidige afzet van deze afvalstromen wordt geschat op:

34% in grof huisvuil;
21% leverancier;
45% hergebruik.

2 Samenstelling

2.1 Samenstelling categorie bruingoed

De belangrijkste produkten uit de categorie 'bruingoed' zijn weergegeven in Tabel B7.1.
Hierbij is tevens aangegeven het gemiddelde gewicht, de gemiddelde levensduur, het aantal vrijkomende apparaten per jaar (1991), het totaal gewicht aan vrijkomende apparaten per jaar, en trends hierin.

Tabel B7.1 Samenstelling categorie bruingoed

gegevens: produkt:	gemidd. gewicht (kg)	gemidd. levensduur (per jaar)	aantal vrijkomend (jaar)[1]	hoeveelheid[2] (ton/jr)	trend markt-aandeel
kleuren TV	30,0	10	494.000	14820 ton	stabiel
videorecorder	16,6	7	251.000	4176 ton	stijgend
zwart/wit TV	14,0	7	133.000	1862 ton	dalend
platenspeler	6,2	15	296.000	1824 ton	dalend
radio/tuner	5,0	15	355.000	1765 ton	stabiel
computer	16,5	8	89.000	1471 ton	stijgend
tape/band rec.	3,0	10	422.000	1265 ton	dalend
versterker	9,9	15	110.000	1088 ton	stabiel
PC randapp.	7,2	8	45.000	324 ton	stijgend
CD speler	3,7	10	55.000	206 ton	stijgend
dia/film proj.	3,1	25	66.000	206 ton	stabiel
walkman	1,0	10	172.000	176 ton	stabiel
videocamera	2,7	10	11.000	30 ton	stijgend
Totale hoeveelheid bruingoed die per jaar vrijkomt:			**2499.000**	**29183 ton**	

1) Op grond van penetratiegraad, levensduur en afdankgedrag van Nederlandse bevolking
2) Op grond van gemiddeld gewicht en aantal vrijkomend per jaar

2.2 Materiële produktsamenstelling

De globale samenstellingen van de verschillende produkten zijn weergegeven in Tabel B7.2a en Tabel B7.2b.
In Tabel B7.2a worden de samenstellingen van de produkten in onderdelen gepresenteerd. In Tabel B7.2b zijn de samenstellingen van de produkten in materialen gepresenteerd.
Voor TV's zijn deze gegevens gebaseerd op de resultaten van een recent door TNO uitgevoerde sloopproef met 33 zwart/wit en 67 kleuren TV's. Voor de andere apparaten zijn slechts gegevens gebaseerd op sloopproeven met hooguit enkele apparaten beschikbaar. Deze gegevens zijn dus zeker niet voldoende representatief voor deze apparaten stromen. Voor het verkrijgen van representatieve samenstellingsgegevens voor deze apparaten moeten grotere sloopproeven worden uitgevoerd.

Tabel B7.2a Onderdelen samenstelling van produkten uit de categorie bruingoed

Onderdelen samenstelling (percentages) van de produkten uit de categorie bruingoed					
onderdelen / produkt	behuizing	beeldbuis	print-platen	bedrading	rest 4*
TV	23%	57%	16%	1,5%	2,5%
videorecorder	44%	-	16%	3%	37%
platen speler *2	42%	-	-	1,5%	56,5%
radio/tuner *1	30%	-	18%	3%	37%
computer	34%	20%	14%	4%	28%
tape/band rec *1	30%	-	18%	3%	49%
versterker *1	30%	-	18%	3%	49%
PC rand app. *3	41%	-	18%	4%	37%
CD speler *1	30%	-	18%	3%	49%
dia/film proj. *2	42%	-	-	1,5%	56,5%
walkman *1	30%	-	18%	3%	49%

*1) Alleen voor radio/cassette combinatie zijn gegevens beschikbaar. Deze zijn ook toegepast voor de produkten: tape/band recorder, CD speler, versterker en walkman.
*2) Alleen voor platenspeler zijn gegevens beschikbaar. Deze zijn ook toegepast voor de dia/film projector.
*3) PC randapparatuur is gelijk gesteld aan computer samenstelling zonder beeldbuis.
*4) Rest is niet in alle gevallen van gelijke samenstelling. Rest bestaat uit allerlei onderdelen zoals: bevestigingsmateriaal, motoren, trafo's en speakers.

Tabel B7.2b Materialen samenstelling van produkten uit de categorie bruingoed

Materialen samenstelling (percentages) van de produkten uit de categorie bruingoed							
materialen / produkt	glas	hout	kunst-stof	ferro	non-ferro*3	print-plaat*2	rest 1*
TV	47%	13%	13,5%	12%	5%	7,5%	2%
videorecorder	-	-	25%	44%	15%	16%	-
platen speler	-	12%	33%	47%	8%	-	-
radio tuner	-	-	19%	54%	9%	18%	-
computer	18%	-	22%	27%	19%	12%	2%
tape/band rec	-	-	19%	54%	9%	18%	-
versterker	-	-	19%	54%	9%	18%	-
PC rand app.	-	-	26%	33%	23%	15%	3%
CD speler	-	-	19%	54%	9%	18%	-
dia/film proj	-	- %	38%	53%	9%	-	-
walkman	-	-	19%	54%	9%	18%	-

1*) Rest bestaat vaak uit allerlei kleine elektronische componenten. Veelal combinaties van kunststof en ferro/non ferro.

2*) Printplaten: globale samenstelling.

harsen/kunststoffen/additieven	50%
glas/keramiek	5%
Br en Cl in brandvertragers	2%
non ferro (Al en Cu)	20%
ferro	10%
lood/tin (40/60)	7%
zink	2,5%
mangaan	1,5%
nikkel	1,5%
rest	0,5% (o.a. Sb, Cr, Ag, Cd en Au)

*3) Non ferro Cu/Al = 4/1

3 Selectie uit de afvalstroom bruingoed die in aanmerking komt voor deeltjesscheiding

3.1 Selectie van representatieve verwerkingsvarianten

In principe zijn hier meerdere varianten mogelijk. De voor droge deeltjesscheiding geselecteerde fractie uit de bruingoed sector is direct afhankelijk van de mate van ontmanteling voor de droge deeltjesscheiding.
Om een idee te verkrijgen over de mogelijkheden worden een drietal varianten behandeld. Dit zijn:

Variant 1: Integrale verkleining gevolgd door droge deeltjesscheiding;

Variant 2: Verwijdering van enkele hoofd onderdelen (beeldbuis en omkasting) gevolgd door verkleining en droge deeltjesscheiding van de restfracties;

Variant 3: Selectieve demontage waarbij zoveel mogelijk direct afzetbare fracties ontstaan (beeldbuis, omkasting, bedrading, spoelen + trafo's + motoren + speakers) gevolgd door verkleining en droge deeltjes scheiding van de restfracties.

3.2 Samenstelling geselecteerde fracties

In Tabel B7.3 is een overzicht gegeven van de verwachte materiële samenstelling van de fracties die in de vorige paragraaf zijn geselecteerd voor droge deeltjesscheiding.

Tabel B7.3 Materiële samenstelling potentiële fracties na voortraject volgens variant 1, variant 2 en variant 3

	variant 1		variant 2		variant 3	
	hoeveelh. (ton)	perc.	hoeveelh. (ton)	perc.	hoeveelh. (ton)	perc.
glas	8.105	28%	0	0%	0	0%
hout	2.388	8%	0	0%	0	0%
kunststof	5.237	18%	957	9%	554	8%
ferro	7.738	27%	4.224	39%	2.634	36%
non ferro	2.385	8%	2.385	22%	797	11%
printplaat	2.957	10%	2.957	27%	2.957	40%
rest	372	1%	372	3%	372	5%
Totaal	29.182	100%	10.895	100%	7.314	100%

4 Fysische en chemische eigenschappen

De in de fracties, die in aanmerking voor droge deeltjesscheiding komen, aanwezige belangrijkste materialen zijn:

Metalen:
Gehalte in te scheiden fracties > 1%
IJzer, aluminium, koper, lood, tin, mangaan en nikkel.
Gehalte in te scheiden fracties < 1%
Antimoon, chroom, zilver, cadmium en goud.

Kunststoffen:
PS, PE, PVC, ABS, PP en PC

Informatie bronnen:
TNO rapport 89-021. Scheiding en recycling van non ferrometaal/kunststofcombinaties.

TNO rapport 90-158. Terugwinnen van non ferro metalen uit printplaten van elektronische apparatuur.

TNO rapport 86-297. Zware metalen, afkomstig van elektrotechnische en elektronische apparatuur.

TNO gegevens uit IOP 'Recycling non ferro/kunststofcombinaties' 1992.

TNO rapport 92-138. Verwerking complexe huishoudelijke apparatuur.

Bijlage 8 Overzicht fysische en chemische eigenschappen per materiaalklasse

Tabel B8.1 Kwantitatieve fysische en chemische materiaaleigenschappen materiaalklasse: metalen

Materiaal / Eigenschap	IJzer	Cr-St 13Cr2C	NiCr St	Al	Cu	Pb	Messing 6Cu-4Zn	Zn	Tin w-tetra	0.1 % C-staal
Dichtheid	7,9	7,8	7,8	2,7	8,9	11,3	8,5	6,9	7,3	7,8
Smeltpunt (K)	1812	1780		932	1365	601	1170	693	505	1802
Hardheid (HB) [1]				20	50	5	60	35	6	105
St. weerst. (10e-8 Om)	10,5			2,7	1,7	21	6	6,2	11,5	
Lin.uitz.co. (10E-5/K)	1,2	1,0		2,4	1,7	2,9	2,1	3,0	2,2	1,2
St. warmte (100J/KgK)	4,6	4,6		8,8	3,9	1,3	3,8	3,9	2,3	
El. mod. (10E10 Pa)	22	20		7,0	12	1,5	10	9,3	5,5	
Warmte gel. coëff (W/mK)	75	50		220	390	35	120	110	65	60
Magnetisme	zacht	hard		para	dia					

1) In zachtgegloeide toestand

Tabel B8.2 Kwantitatieve fysische en chemische materiaaleigenschappen materiaalklasse: kunststoffen en rubbers

Materiaal / Eigenschap	PVC (hard)	PP (HDPE)	PE	PC	PS	ABS	PA nylon 6
Soortelijke massa	1,39	0,92	0,92	1,2	1,05	1,07	1,13
Smeltpunt (C)	120-130	160	108	225	160	220	210-220
Verwekingspunt (C)	80	90	48	170	70	90	215-220
Lin.uitz.coëf. (m/C)	80e-6	160e-6	230e-6	60e-6	90e-6	85e-6	95e-6
Th. gel. (kcal/mhC)	0.14	0.19	0.30	0.17	0.15	0.18	0.23
Soo. warm. (kcal/kgC)	0.24	0.46	0.55	0.28	0.14	0.15	0.4-0.5
Soo. weer. (ohm cm)	5e15	5e17	1e18	1e16	>1e15	1e16	5e14
Dielectr. const.	3,3	2,4	2,3	3,0	2,7	4,5	3,8-6,3
e modulus (10e6 N/m^2)	3000	1300	240	2200	2600	2500	1300
Wrijvingscoëfficiënt[1]	0,55	0,5	0,6	0,55	0,5	0,5	< 0,45

1) Ten opzichte van staal

Tabel B8.3 Kwantitatieve fysische en chemische materiaaleigenschappen materiaalklasse: minerale materialen

Eigenschap \ Materiaal	Beton (droog)	Glas (marmer)	Baksteen	Zand	Steen
Dichtheid (10E3Kg/m^3)	1,5 - 2,4	2,6	1,8	1,6	2,7
Elasticiteitsmodulus (10E10 Pa)	2 - 4	5 - 10	?	?	4 - 5
Lin. uitzet. coëff. (10e-5/K)	1,2	0,8	0,3 - 0,9	1,2	
Soortelijke warmte (100J/KgK)	9,2	8,4	7,5	8,0	8,8
Warmtegeleidingscoëff. (W/mK)	1,7	0,93	0,6	1	2 - 4
Soortelijke weerstand (ohmm)	?	10E12	?	?	10E09

Tabel B8.4 Kwantitatieve fysische en chemische materiaaleigenschappen materiaalklasse: overige organische materialen

Eigenschap \ Materiaal	Hout (vuren)	Papier
Dichtheid (10E3Kg/m^3)	0,58	0,7 - 1,2
Elasticiteitsmodulus (10E10 Pa)	1 - 2	
Lin. uitzet. coëff. (10e-5/K)	0,5	
Soortelijke warmte (100J/KgK)		
Warmtegeleidingscoëff. (W/mK)	0,3 - 0,5	0.18
Soortelijke weerstand (ohmm)	1e12	1e10

Bijlage 9 Zelfregulerende kringlopen Verpakkingsmaterialen

Ir. A. Ansems

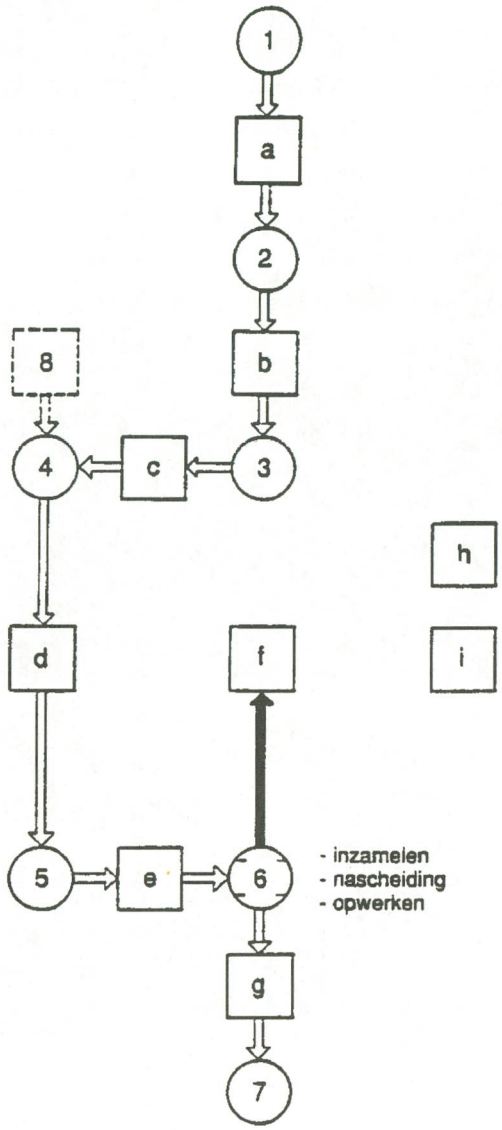
Instituut voor Milieu- en Energietechnologie TNO (IMET)
Afdeling Milieutechnologie
Laan van Westenenk 501
7334 DT Apeldoorn

augustus 1992

Zelfregulerende kringlopen

Bij het nastreven van een duidelijke verhoging van het materiaalhergebruik kunnen de verschillende actoren in de keten besluiten tot samenwerking. Er ontstaan zogenaamde ketenschappen, materiaalgerichte organisaties.
Grondstofproducenten, verpakkingenproducenten, verpakkingengebruikers, handel en recyclaars maken afspraken over de te produceren verpakkingen, distributiesystemen van nieuwe verpakkingen, inzamelsystemen van gebruikte verpakkingen, herverwerking en opwerking van deze verpakkingen. Er ontstaan zelfregulerende kringlopen. Met andere woorden zelfregulerende kringlopen zijn kringlopen, waarbinnen gegeven marktconforme randvoorwaarden grondstofproducenten, verpakkingenproducenten, verpakkingengebruikers, handel en recyclaars samenwerken om gebruikte verpakkingen weer in te nemen, deze op te werken en de verkregen secundaire grondstoffen toe te passen.
Voor het in stand houden van de desbetreffende kringloopsystemen zullen met name met de lagere overheden afspraken gemaakt moeten worden over de ketenschakel 'inzameling van gebruikte verpakkingen'.
De keten is zo sterk als de zwakste schakel, met andere woorden in zelfregulerende kringlopen zal het ketenschap er naar streven minder goed participerende schakels in positieve zin bij te sturen, dus te versterken.
Dit behoeft in principe niet de inzameling van gebruikte verpakkingen te zijn, maar kan ook het ontwerp en in het verlengde daarvan de materiaalkeuze betreffen. Daarnaast zullen de verwerkings- en opwerkingsprocessen continu aandacht vereisen. Kringloopprocessen zijn vanzelfsprekend afhankelijk van een blijvende stroom van gerecycleerde, dus secundaire materialen.
Bovendien heeft zelfregulering betrekking op het in staat zijn te anticiperen op het feit dat de maatschappij bestaat uit dynamische processen. Dit houdt in dat er ruimte moet zijn om innovaties op de gebieden van materiaalontwikkeling, distributie- en inzamelsystemen en recyclingtechnologie toe te passen. Het betreft dan innovaties die verdergaande ketensluiting en verhoging van hergebruik inhouden. De dynamische processen zullen vooral het wegnemen, of het omzeilen van eventuele maatschappelijke belemmeringen inhouden.

De volgende figuren illustreren het zelfregulerende karakter van de kringlopen van verpakkingsmaterialen.



Figuur 1 Verpakkingsketen

Legenda bij figuur 1

1. *Produktie grondstoffen voor verpakkingsmateriaal.*
2. *Fabricage verpakkingsmateriaal.*
3. *Fabricage van de verpakking.*
4. *Toepassing van de verpakking.*
5. *Gebruik van verpakte produkten door consumenten.*
6. *Herverwerking gebruikte verpakkingen.*
7. *Eindverwerking restafval.*
8. *Te verpakken produkt.*

a. Grondstoffen voor verpakkingsmateriaal.
b. Verpakkingsmateriaal.
c. Verpakking.
d. Verpakte produkten.
e. Gebruikte verpakking.
f. Herverwerkte verpakking.
g. Restafval.
h. Alternatief produkt.
i. Brandstof.

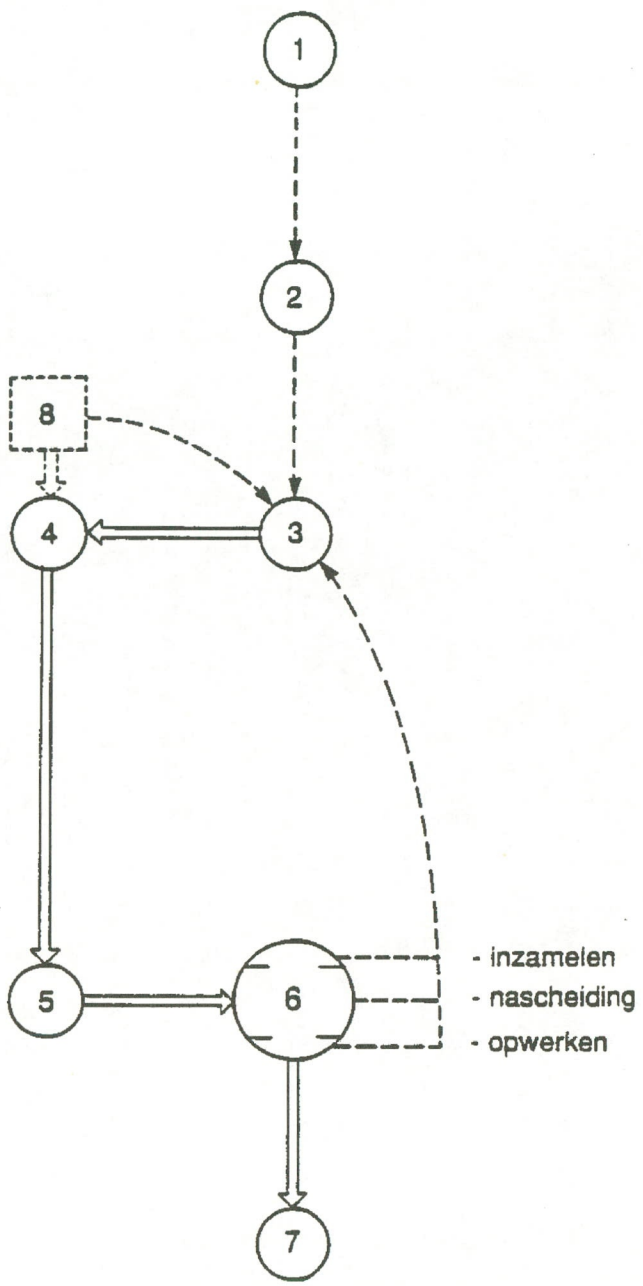
In figuur 1 wordt de verpakkingsketen, ook wel de produktlevensloop van verpakkingsmateriaal genoemd, getoond. De cirkels in de figuur representeren de verschillende handelingen c.q. procesbewerkingen die in de verpakkingsketen voorkomen. De vierkanten geven de corresponderende produkten weer. Een belangrijke cirkel is nummer 6 die de herverwerking van gebruikte verpakkingen weergeeft. Herverwerking omvat de stappen inzamelen, nascheiding en opwerken, zodat kringloopsluiting kan plaatsvinden (zie 6 → f).

In de figuur is goed te zien dat de herverwerkingsketen van het verpakkingsmateriaal diverse kringlopen binnen de verpakkingsketen tot stand brengt. Er zijn, afhankelijk van het uitgangsmateriaal, verschillende kringlopen mogelijk. Zo is er de gesloten kringloop naar het oorspronkelijk verpakkingsmateriaal of een alternatief verpakkingsmateriaal (vierkant b). Bovendien kan kringloopsluiting het aansluiten op de produktie van de grondstoffen voor het verpakkingsmateriaal betekenen. Ook hier kan een onderscheid gemaakt worden tussen grondstoffen voor het verpakkingsmateriaal of voor een materiaal met alternatieve toepassingsdoeleinden.

Voor een aantal materialen bestaat er de mogelijkheid om tot kringloopsluiting te komen in een andere dan de verpakkingsketen. Ook hier zijn verschillende mogelijkheden te onderkennen (vierkant h). Tenslotte komen bepaalde hoeveelheden verpakkingsmateriaal in aanmerking om als brandstof te dienen voor energieopwekking.

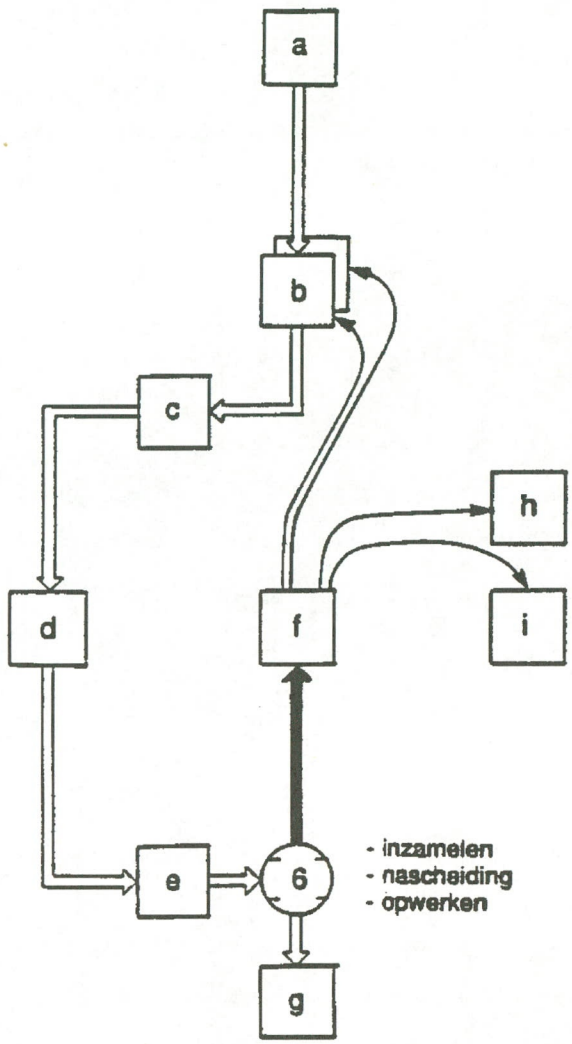
Een belangrijke drijfveer voor het verder uitbouwen van de zelfregulerende kringlopen is het recyclingbewuste basisontwerp van de verpakking. Onder 'design for recycling' wordt een dusdanig aangepast ontwerp voor verpakkingen verstaan dat het percentage herverwerking van gebruikte verpakkingen belangrijk verhoogd kan worden. In figuur 2 is aangegeven welke informatie- c.q. kennisstromen in het spel zijn (zie gebroken pijlen). Allereerst is er de ervaring met de inzameling, de nascheiding en het opwerken (cirkel 6), die de nodige informatie oplevert voor de produktie van recyclingbewuste verpakkingen (cirkel 3). Maar ook is er de invloed van de kant van het te verpakken produkt (vierkant 8). Als daar vanuit milieu-overwegingen aanpassingen in het design van het te verpakken produkt worden aangebracht, zal dat gevolgen kunnen hebben voor de verdere verpakking. Op soortgelijke wijze is er de invloed van de kant van de produktie van de grondstoffen voor de verpakkingsmaterialen (cirkel 1) en de fabricage van de verpakkingsmaterialen (cirkel 2).

Hierna volgen op illustratieve wijze de desbetreffende kringlopen van de zes verpakkingsmaterialen papier/karton; glas; kunststoffen; blik; aluminium en drankenkartons.



Figuur 2 Design for recycling

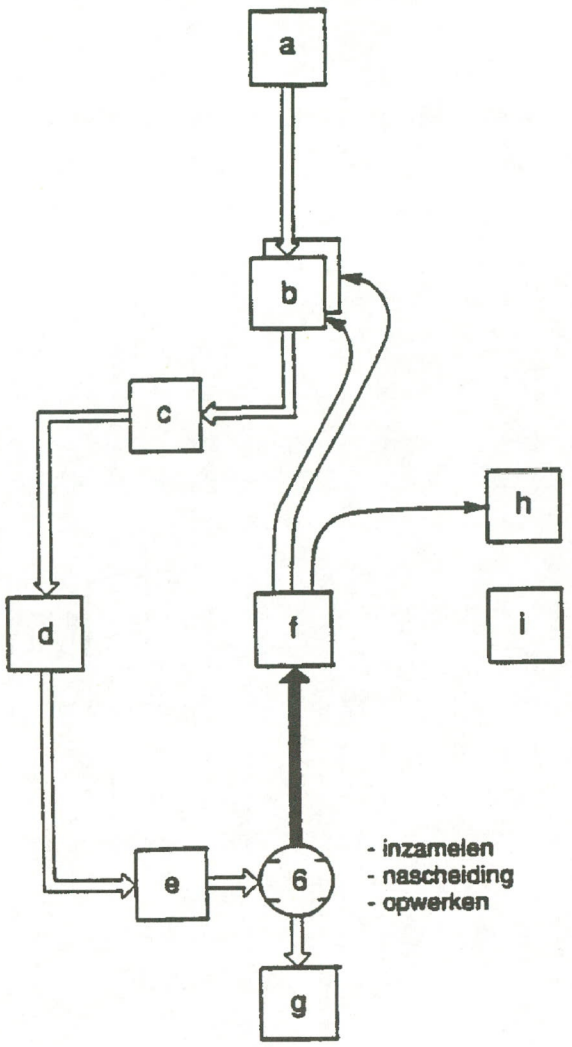
Informatie- en kennisstromen voor 'Design for recycling'
(1. produktie grondstoffen voor verpakkingsmateriaal; 2. fabricage verpakkingsmateriaal; 3. fabricage van de verpakking; 4. toepassing van de verpakking; 5. gebruik van verpakte produkten door consumenten; 6. herverwerking gebruikte verpakkingen; 7. eindverwerking restafval; 8. te verpakken produkt).



Figuur 3 De papierkringloop in de verpakkingsketen

(6. herverwerking gebruikte verpakkingen;
a. grondstoffen voor verpakkingsmateriaal; b. verpakkingsmateriaal; c. verpakking;
d. verpakte produkten; e. gebruikte verpakking; f. herverwerkte verpakking; g. restafval;
h. alternatief produkt; i. brandstof).

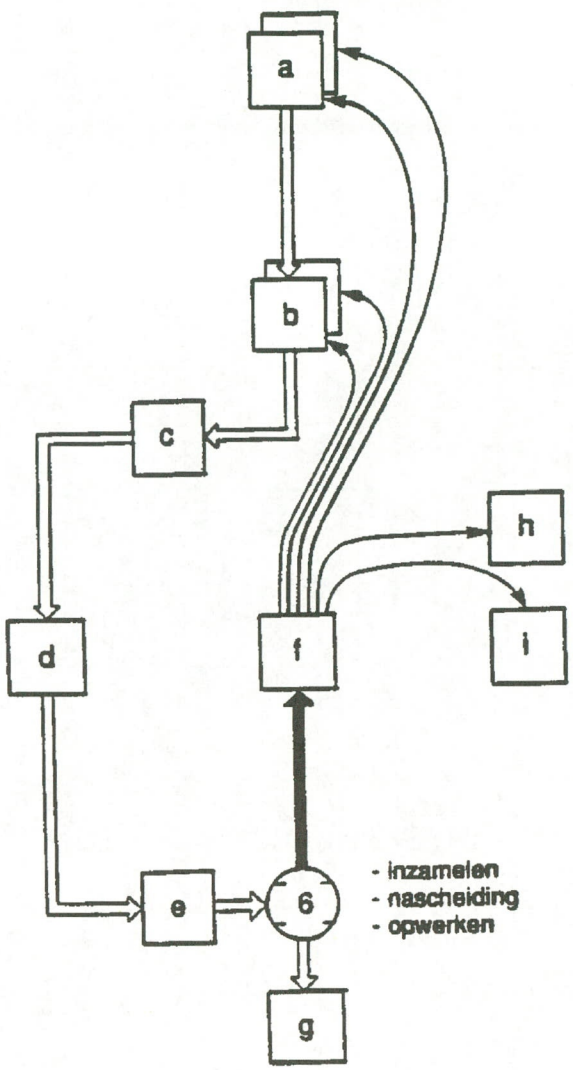
Secundair papier kan op vier manieren worden afgezet:
in de produktie van het oorspronkelijk of een alternatief verpakkingsmateriaal (bijvoorbeeld kartonnen dozen); in de produktie van materiaal voor een alternatief produkt buiten de verpakkingsketen (bijvoorbeeld hygiënisch papier) en als brandstof.



Figuur 4 De glaskringloop in de verpakkingsketen

(6. herverwerking gebruikte verpakkingen;
a. grondstoffen voor verpakkingsmateriaal; b. verpakkingsmateriaal; c. verpakking;
d. verpakte produkten; e. gebruikte verpakking; f. herverwerkte verpakking; g. restafval;
h. alternatief produkt; i. brandstof).

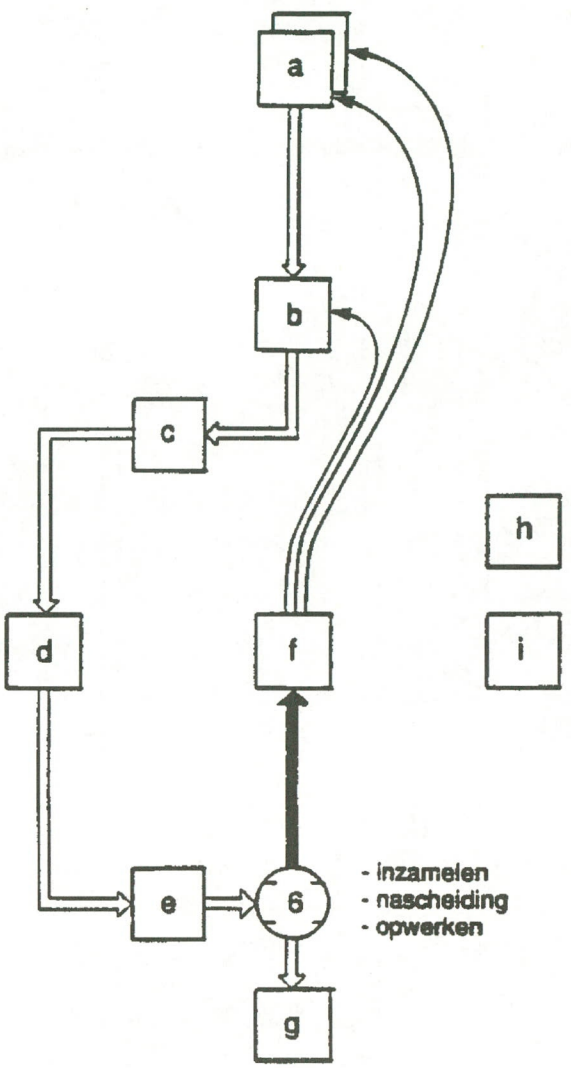
Secundair glas kan op drie manieren worden afgezet:
in de produktie van het oorspronkelijk (bijvoorbeeld wit glas) of alternatief verpakkingsmateriaal (bijvoorbeeld groen glas) en als materiaal voor een alternatief produkt buiten de verpakkingsketen (bijvoorbeeld bouwmateriaal).



Figuur 5 De kunststoffenkringloop in de verpakkingsketen

(6. herverwerking gebruikte verpakkingen;
a. grondstoffen voor verpakkingsmateriaal; b. verpakkingsmateriaal; c. verpakking;
d. verpakte produkten; e. gebruikte verpakking; f. herverwerkte verpakking; g. restafval;
h. alternatief produkt; i. brandstof).

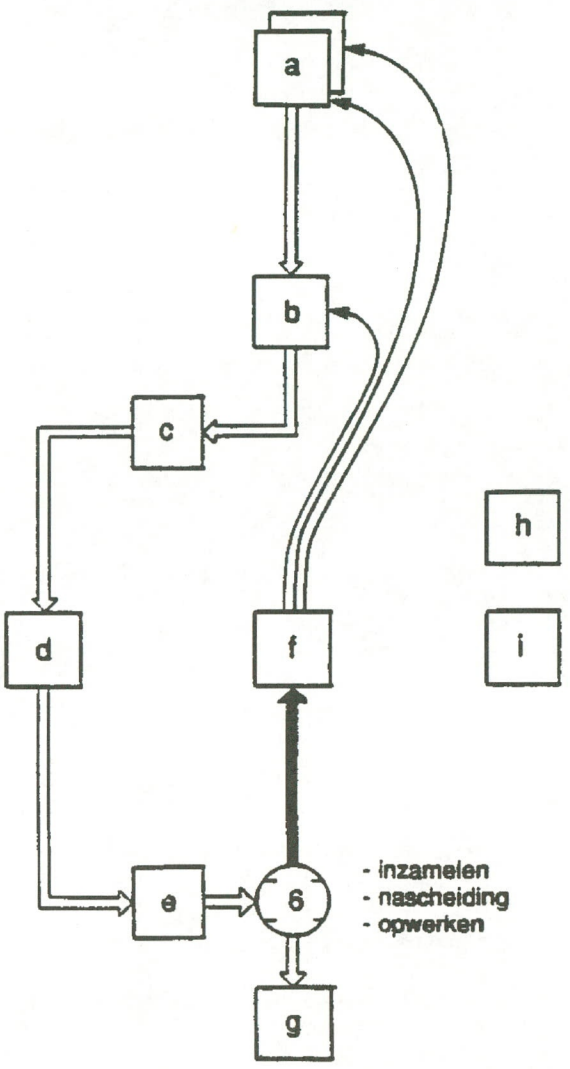
Secundaire kunststoffen kunnen op zes manieren worden afgezet:
in de produktie van het oorspronkelijk of alternatief verpakkingsmateriaal; of in de produktie van de grondstof voor het oorspronkelijk verpakkingsmateriaal; of in de produktie van de grondstof voor een alternatieve materiaaltoepassing ('back to feedstock') en tenslotte als materiaal voor een alternatief produkt buiten de verpakkingsketen (bijvoorbeeld klerenhangers) of als brandstof.



Figuur 6 De blikkringloop in de verpakkingsketen

(6. herverwerking gebruikte verpakkingen;
a. grondstoffen voor verpakkingsmateriaal; b. verpakkingsmateriaal; c. verpakking;
d. verpakte produkten; e. gebruikte verpakking; f. herverwerkte verpakking; g. restafval;
h. alternatief produkt; i. brandstof).

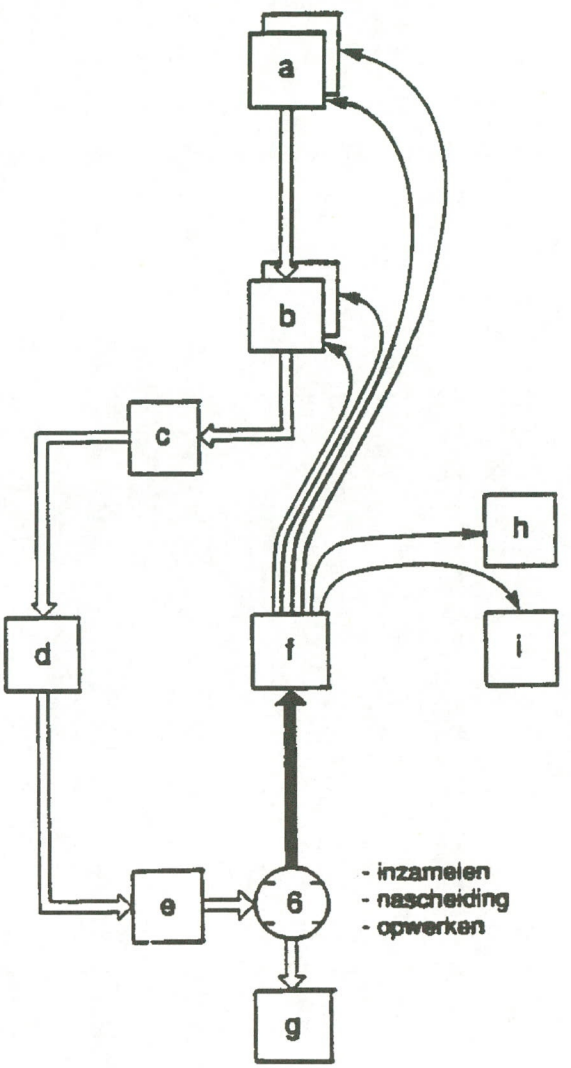
Secundair blik kan op drie manieren worden afgezet:
in de produktie van kritische staalprodukten, zoals verpakkingsstaal; in de produktie van de grondstof voor hoogwaardige staalsoorten (onder andere in de automobielsector en voor verpakkingsstaal); of in de produktie van de grondstof voor minder hoogwaardige staalsoorten (bijvoorbeeld toepassingen in de bouw).



Figuur 7 De aluminiumkringloop in de verpakkingsketen

(6. herverwerking gebruikte verpakkingen;
a. grondstoffen voor verpakkingsmateriaal; b. verpakkingsmateriaal; c. verpakking;
d. verpakte produkten; e. gebruikte verpakking; f. herverwerkte verpakking; g. restafval;
h. alternatief produkt; i. brandstof).

Secundair aluminium kan op drie manieren worden afgezet:
in de produktie van kritische aluminiumprodukten, zoals verpakkingsmateriaal; in de produktie van de grondstof voor hoogwaardige aluminiumsoorten (onder andere in de automobielsector en voor verpakkingsmateriaal); of in de produktie van de grondstof voor minder hoogwaardige aluminiumsoorten (bijvoorbeeld toepassingen in de bouw).



Figuur 8 De drankenkartonkringloop in de verpakkingsketen

(6. herverwerking gebruikte verpakkingen;
a. grondstoffen voor verpakkingsmateriaal; b. verpakkingsmateriaal; c. verpakking;
d. verpakte produkten; e. gebruikte verpakking; f. herverwerkte verpakking; g. restafval;
h. alternatief produkt; i. brandstof).

Drankenkartons zijn samengestelde verpakkingen bestaande uit karton/polyetheen of karton/aluminium/polyetheen. De secundaire materialen uit herverwerkt drankenkarton kunnen op zes manieren worden afgezet. Allereerst in de produktie van verpakkingsmaterialen in de vorm van karton, polyetheen of aluminium; in de produktie van de grondstoffen voor de oorspronkelijke verpakkingsmaterialen (karton, Aluminium, PE); of in de produktie van grondstoffen voor alternatieve materiaaltoepassingen. Tenslotte kunnen karton en PE direct in de produktie van een alternatief produkt buiten de verpakkingsketen om ingezet worden (bijvoorbeeld hygiënisch papier respectievelijk klerenhangers) of als brandstof.