

SAVING MATERIALS

**Een verkenning van de Potentiële
Bijdrage van Duurzaam Afval en
Recyclingbeleid aan Broeikasgas-
emissiereductie in Nederland**

**MARIËLLE CORSTEN
ERNST WORRELL
ARMANDE VAN DUIN
MAGDA ROUW**



Voorwoord

Recycling wordt sinds jaar en dag gezien als een methode van afvalverwerking die goed is voor het milieu. In eerste instantie werd vooral gerecycled om grondstoffen te besparen. De laatste decennia is het voorkomen van emissies op de voorgrond gekomen, toen bleek dat door goed afvalbeheer de uitstoot van broeikasgassen vermindert. Twintig jaar geleden verscheen in Nederland de eerste studie waarin de mogelijkheden werden beschreven voor 'Reductie van de kooldioxide-uitstoot via het afvalstoffenbeleid'.

Sindsdien is er veel gebeurd. Er wordt veel meer afval gerecycled, maar we zien ook dat allerlei afvalstromen fors zijn toegenomen. Klimaatbeleid is 'hot' geworden, terwijl de aandacht voor afvalbeleid is afgenomen.

Met Europa willen we nu op weg naar een duurzame 'recycling society', met een hoog niveau van grondstof efficiency. Daarbij is het ook duidelijk dat er nog grote kansen zijn blijven liggen op het gebied van afvalpreventie en -recycling.

Vorig jaar werd vanuit afval-, recycling- en milieuorganisaties het initiatief genomen om gezamenlijk te bezien wat er moet en kan gebeuren om te komen tot een betere en meer duurzame aanpak van afvalstoffen in Nederland: het EmsterOverleg.

Vastgesteld werd dat er allereerst grote behoefte is aan een goed, kwantitatief en up-to-date inzicht in de mate waarin verschillende afvalbeheer opties (kunnen) bijdragen aan de reductie van broeikasgasemissies.

Al op één van de eerste bijeenkomsten van het EmsterOverleg werd besloten tot het laten ontwikkelen van een wetenschappelijk gefundeerd model, waarmee kan worden doorgerekend wat de effecten van afvalbeheersmaatregelen zijn op het resterend afvalvolume en op de emissie van broeikasgassen. De onderstaande organisaties functioneerden daarbij als opdrachtgever¹.

Het resultaat van deze studie, uitgevoerd door de Universiteit Utrecht, mag er zijn. Het is een uitgebreide verkenning geworden, waarin het complexe afvallandschap zodanig in kaart is gebracht dat de belangrijke bergen en dalen duidelijk zijn gekwantificeerd. Daarbij wordt de hoogte van de mogelijke emissiereductie nadrukkelijk gerelateerd aan de hoogwaardigheid van de recycling.

'Hergebruik van het afval van synthetische materialen kan op verschillende wijzen gestalte krijgen. De CO₂-reductie die gerealiseerd kan worden loopt parallel met de hoogwaardigheid van het hergebruik', zo werd al vastgesteld in de eerdergenoemde studie van twintig jaar geleden.

Een recente wereldwijde inventarisatie van honderden LCA-studies door het Engelse Waste Resource Action Programme laat voor diverse materialen in specifieke afvalsituaties zien dat de hoogwaardigheid van recycling van doorslaggevend belang is. Om te komen tot die hoogwaardige recycling moet worden geïnvesteerd in een meer productspecifieke inzameling van afvalstromen, variërend van kunststofproducten tot textiel.

Dat leidt niet alleen tot hogere opbrengsten van de ingezamelde afvalstromen. De resultaten van deze studie van de Universiteit Utrecht laten zien hoe fors dan ook de extra energiewinst en emissiereductie is die gerealiseerd kan worden ten opzichte van het huidig afvalstoffenbeleid.

Wij verwachten dat deze studie een effectieve aanzet geeft tot het benutten van die mogelijke extra broeikasgasreducties via een zorgvuldiger afvalbeheer.

Robbert van Duin
Voorzitter EmsterOverleg

¹ Financiers: BRBS Recycling, BVOR, FHG, NVRD, PRN, SDV en Recycling Network (mede namens Greenpeace, Natuur en Milieu en Milieudefensie)



SAVING MATERIALS

Een verkenning van de Potentiële Bijdrage van Duurzaam Afval en Recyclingbeleid aan Broeikasgasemissiereductie in Nederland

**MARIËLLE CORSTEN
ERNST WORRELL
ARMANDE VAN DUIN
MAGDA ROUW**

**COPERNICUS INSTITUUT VOOR MILIEUWETENSCHAPPEN & INNOVATIE STUDIES
UNIVERSITEIT UTRECHT
UTRECHT**

SEPTEMBER 2010

Universiteit Utrecht



Inhoudsopgave

Samenvatting	1
1. Inleiding	7
2. Methodologie	11
2.1 Modelstructuur en systeemgrenzen	11
2.2 Verwerkingsopties	14
2.3 Transport	17
2.4 Afvalstromen	19
2.5 Scenario's	23
3. Resultaten	25
4. Beleidsinstrumentarium	31
4.1 Beschouwing relevant huidig instrumentarium	32
4.2 Beleidsaanbevelingen	35
5. Referenties	41

Samenvatting

Om te grote negatieve effecten van klimaatverandering tegen te gaan zijn grote reducties in de uitstoot van broeikasgassen noodzakelijk. Om dit te bereiken moet de maatschappij op een veel efficiëntere wijze met energie en grondstoffen omgaan. Voor geïndustrialiseerde landen zoals Nederland betekent dit op een termijn tot 2050 noodzakelijke reducties van 60-80% in broeikasgasemissies. Bovendien komt er in toenemende mate zicht op toekomstige beperkingen in de beschikbaarheid van geselecteerde grondstoffen. Preventie, hergebruik en recycling zijn manieren waarop grondstoffen efficiënter kunnen worden benut, terwijl verbranding en vergisting kunnen bijdragen om een deel van de energie die in de materialen vast ligt terug te winnen. Historisch heeft Nederland lang gekeken naar de mogelijkheden om via het afvalbeleid energie en grondstoffen te besparen, en is in het verleden succesvol geweest in de terugwinning van materialen uit afval. Deze studie verkent in welke mate een reductie van energiegebruik en CO₂ emissies door middel van hergebruik in ketenbeheer van geselecteerde afvalstromen kan worden bereikt. Hiervoor wordt met een model een drietal scenario's doorgerekend, waarin het huidige beleid, toenemende recycling, en toenemende verbranding centraal staan.

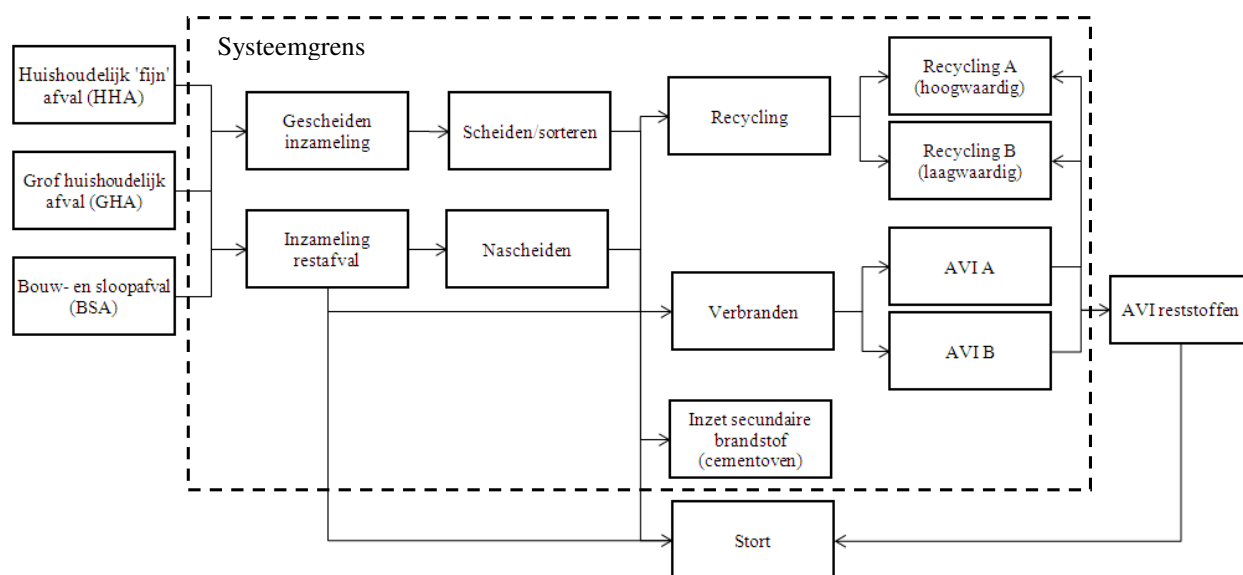
In deze studie is het model *iWaste* ontwikkeld voor de afvalverwerking in Nederland in 2008. Het model is een simulatietool, wat betekent dat het mogelijk is meerdere parameters te variëren en verschillende scenario's te testen, welke vergeleken kunnen worden met de referentiesituatie in 2008.

In deze studie is een verkennende (scenario) analyse van verwerkingsopties voor geselecteerde afvalstromen uitgevoerd, met behulp van het model *iWaste*. Het model *iWaste* simuleert geselecteerde afvalstromen die in Nederland vrijkomen en de verwerking ervan. Dit model bouwt op de levenscyclus van de materialen en producten die in geselecteerde afvalstromen gevonden worden, beginnend bij materiaalproductie en eindigend bij finale afvalverwerking in de vorm van recycling of verbranding, inclusief productie, afvalinzameling, transport, scheiding, verwerking, en verbranding. Dit maakt het mogelijk om op een geïntegreerde wijze de karakteristieken van recycling en alternatieve afvalverwerking te berekenen. Het model omvat drie belangrijke afvalstromen (huishoudelijk, grof huishoudelijk, en bouw en sloopafval). Het huidige model richt zich hierbij uitsluitend op energieconsumptie (brandstof en elektriciteit) en CO₂-emissies. Naast de hoeveelheden materiaal in het afval en energieconsumptie en CO₂ emissies van afvalverwerking is het ook mogelijk de kosten van afvalverwerking toe te voegen en te analyseren in het model. Binnen deze studie is niet gekeken naar de kosten voor de verschillende processen en verwerkingsopties.

Gegevens over de afvalsamenstelling, de verschillende processtappen en verwerkingsopties zijn opgenomen in het model (efficiënties, energiegebruik, CO₂ emissies, substitutiefactoren). Deze gegevens zijn specifiek voor Nederland. De verwerkingsopties die zijn meegenomen in deze studie zijn recycling, verbranding in een AVI en inzet van afval als secundaire brandstof. De verwerking van afval is gemodelleerd op materiaalbasis, waarbij per materiaal de hoeveelheid in het afval, het energiegebruik en de CO₂ emissies voor verwerking kunnen worden geanalyseerd.

Hieruit volgt dat voor elk van de materialen in het afval ook de bijdrage van verwerking aan het totale energiegebruik en CO₂ emissies van afvalverwerking in Nederland in kaart wordt gebracht.

Een schematische weergave van de systeemgrenzen in deze studie zijn weergegeven in Figuur S-1. De systeemgrenzen voor de berekening van energieconsumptie en CO₂ emissies en besparingen voor de verwerking van de verschillende materialen in het afval starten bij de productie van het afval en eindigen op het niveau van productie van secundair materiaal dat vergelijkbaar is met een primair materiaal of functie (bv. energie). De processen gelegen tussen de productie van afval en de uiteindelijke verwerking door recycling, verbranding, of inzet als secundaire brandstof, zoals inzameling, transport, sorteren en nascheiden vallen binnen de systeemgrenzen van deze studie. Ook wordt rekening gehouden met verliezen die optreden in de verschillende processtappen van afvalverwerking (bijv. sorteren en recyclen). Deze vermeden energieconsumptie en CO₂ emissies worden toegeschreven als energie- en CO₂-winst aan de specifieke verwerkingsoptie van het materiaal. In de berekeningen is rekening gehouden met één levenscyclus, terwijl sommige materialen zonder kwaliteitsverlies meerdere keren gerecycled kunnen worden.



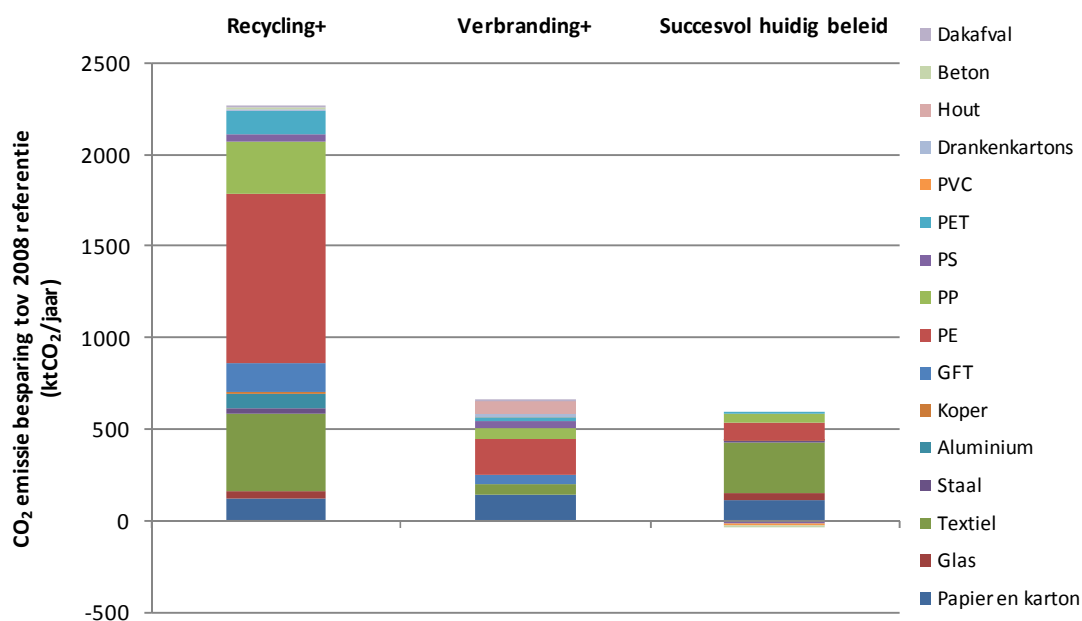
Figuur S-1. Schematische weergave systeemgrenzen studie afvalverwerking in Nederland.

Om het energie- en CO₂ emissie reductiepotentieel te analyseren dat in Nederland gerealiseerd kan worden met afvalverwerking zijn een drietal scenario's gedefinieerd: "Recycling+", "Verbranding+" en "Succesvol huidig beleid." De scenario's zijn gebaseerd op het 2008 referentiescenario. In het *Recycling+* scenario worden meer materialen uit de verschillende afvalstromen gerecycled of hergebruikt. In het *Verbranding+* scenario wordt uitgegaan van het verbranden van hetzelfde volume afval als in het referentiescenario in een AVI met een hoger elektrisch rendement aangenomen. Op deze manier wordt een groter deel van de energie-inhoud van de verschillende materialen in afval teruggewonnen in de vorm van energie (elektriciteit en warmte). In het scenario "Succesvol huidig beleid" wordt uitgegaan van een succesvol afvalstoffenbeleid dat vastgelegd is in het Landelijk Afvalbeheerplan (LAP). In het LAP staat het beleid voor het beheer van alle afvalstoffen waarop de Wet milieubeheer van

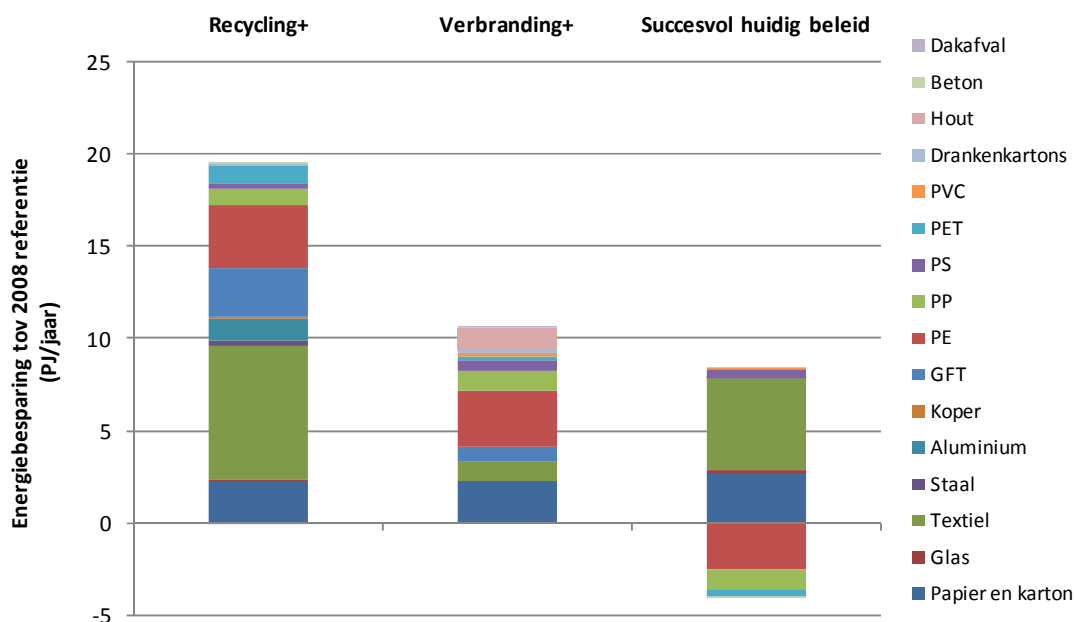
toepassing is. Het LAP geeft onder meer het beleid voor nuttige toepassing, storten en verbranden van afval.

De verkenning leidt tot een aantal resultaten en inzichten, die hieronder samengevat worden. De studie is een verkenning. Vervolgonderzoek maakt een meer gedetailleerde analyse mogelijk van geselecteerde afval en materiaalstromen, en innovatie en ontwikkeling van afvalverwerkings- en recyclingtechnologie. Tevens, dient bij de aanbevelingen nadrukkelijk aangetekend te worden dat deze tot stand zijn gekomen op basis van verkennende berekeningen en analyse van de effectiviteit en efficiency van beleidsinstrumenten. Transparante evaluaties van beleid voor afvalbeheer ontbreken helaas voor veel instrumenten. Verdere analyse van beleidsinstrumenten wordt aanbevolen.

Afvalbeheer in Nederland bespaart veel energie en CO₂ emissies. Op dit moment draagt afvalverwerking al bij tot een reductie van het energiegebruik met ruim 106 PJ en CO₂ emissies van 4465 ktCO₂ per jaar, ten opzichte van een situatie waar het afval niet gerecycled of verbrand zou worden. Van deze energiebesparing is 69% het gevolg van recycling en 31% door verbranding (met energierecuperatie) van restafval. Gelet op CO₂ emissies is de huidige besparing geheel toe te rekenen aan recycling en inzet als secundaire brandstof. Verbranding van het afval zorgt voor een extra CO₂ uitstoot ondanks de vermeden emissies in elektriciteitsopwekking en gebruik van fossiele brandstoffen.



Figuur S-2. CO₂ emissiereductie voor verschillende scenario's voor afvalverwerking (huishoudelijk, grof huishoudelijk, en bouw- en sloopafval) in Nederland.



Figuur S-3. Energiebesparingpotentieel voor verschillende scenario's voor afvalverwerking (huishoudelijk, grof huishoudelijk, en bouw- en sloopafval) in Nederland.

Verdergaande recycling kan ruim 2250 ktCO₂/jaar extra emissiereducties leiden.

De verkennende scenario's laten zien dat recycling tot een emissiereductie van ruim 2250 ktCO₂/jaar extra kan komen ten opzichte van de situatie in 2008 (gelijk aan een potentiële verbetering van ruim 45%) Figuren S-2 en S-3 laten de resultaten zien voor de verschillende verkennende scenario's. De belangrijkste bijdragen aan de emissiereductie worden gevonden in optimalisatie van de recycling van papier, kunststof (PET, PE/PP), textiel, en GFT.

Ingezet beleid realiseert de potenties slechts gedeeltelijk. Met het LAP2 heeft de overheid minimum doelstellingen vastgelegd per afvalstroom. De studie laat zien dat jaarlijks 4% extra energie (equivalent aan 4,4 PJ) en bijna 15% extra CO₂ emissies (equivalent aan 575 ktCO₂) vermeden kunnen worden indien ingezet wordt op een integraal beleid dat hoogwaardige verwerking van afvalstromen centraal stelt. Hierbij gaat deze studie er vanuit dat de LAP2 doelstellingen daadwerkelijk gerealiseerd zullen worden. Ten opzicht van het LAP2 liggen de grootste potenties bij de afvalstromen kunststoffen, textiel en GFT.

Hoogwaardige kunststofrecycling kan potentieel tot 1400 ktCO₂ bijdragen. In de referentiesituatie van 2008 wordt kunststofafval van huishoudens nauwelijks gerecycled. De grootte van de stroom (circa 650 kton/jaar in HHA) en de hoge energie-inhoud van kunststof maakt dit echter een belangrijke potentiële factor om tot verdergaande energiebesparing en emissiereductie te komen. De hoogste winst kan worden gerealiseerd worden door in te zetten op hoogwaardige recycling, waarbij het primaire materiaal zo efficiënt mogelijk wordt vervangen. Laagwaardige recycling van kunststoffen vervangt geen (primaire) kunststof, maar materialen met een lagere energie-inhoud (bv. hout, beton). In het Recycling+ scenario wordt een energiewinst van 5,7 PJ en een emissiereductie van bijna 1400 ktCO₂ gerealiseerd ten opzichte van de huidige situatie (2008).

Hoogwaardige recycling van kunststoffen maakt het noodzakelijk om zuivere secundaire kunststofstromen (i.c. hoge zuiverheid van de verschillende polymeerfracties) te garanderen. Dit betekent dat het goed zou zijn om kunststofinzameling te richten op specifieke polymeren die op een efficiënte en effectieve wijze kunnen worden ingezameld met een hoge mate van zuiverheid. De inzameling van PET flessen door middel van statiegeld is een voorbeeld van een dergelijk systeem. In de studie is in het Recycling+ scenario aangenomen dat alle PET en PE/PP flessen, alsmede draagtassen, op een effectieve wijze kunnen worden ingezameld.

Textiel hergebruik biedt additioneel potentieel. Zowel in het huishoudelijk als het grof huishoudelijk restafval wordt nog een grote hoeveelheid textiel aangetroffen. Gescheiden inzameling en hoogwaardige verwerking van textiel kan aanzienlijk bijdragen aan een vermindering van het energiegebruik (6,9 PJ/jaar) en reductie van CO₂ emissies (470 ktCO₂/jaar). De grootste bijdrage (ca. 90%) aan de potentiële energie en emissiereductie is het gevolg van toegenomen hergebruik van kleding. Recycling van tapijt is mogelijk, maar is niet in de huidige berekeningen meegenomen.

GFT vergisting kan in belangrijke mate bijdragen aan verdere energiebesparing. Op dit moment wordt slechts 7% van het GFT en natte biomassa vergist, terwijl de rest gecomposteerd wordt. Composteren draagt bij aan een betere nutriëntenhuishouding. Vergisting kan in aanzienlijke mate bijdragen aan de terugwinning van energie, bij behoud van de nutriënten. In het Recycling+ scenario wordt er van uitgegaan dat alle gescheiden ingezamelde GFT (75% van totaal) wordt vergist, hetgeen resulteert in een energieopwekking van 3,7 PJ (460 GWh) en een reductie van emissies van elektriciteitsopwekking met 235 ktCO₂/jaar. Dit leidt tot een netto energieproductie van 2,6 PJ en emissiereducties van ruim 160 ktCO₂/jaar voor de verwerking van GFT. Doordat gemeentelijk snoei- en tuinafval niet is meegenomen in deze studie is er nog additioneel potentieel voor GFT verwerking. De realisatie van deze energiewinst is alleen te realiseren met forse investeringen in vergistinginstallaties verspreid door Nederland.

Het succes van papier inzameling kan verder verbeterd worden. Papier wordt al in hoge mate teruggewonnen via verschillende vormen van gescheiden inzamelingsystemen. In 2008, werd 62% van het papierafval van huishoudens gescheiden ingezameld. Papierrecycling leidt potentieel tot grote besparingen op energiegebruik en CO₂ emissies, omdat dit hout beschikbaar maakt voor andere toepassingen. Papier uit bedrijfsafval wordt nu beter ingezameld dan van huishoudens. Een verdere verbetering van het inzamelingsrendement van papier uit huishoudens tot 75% kan bijdragen aan een energiebesparing van 2,1 PJ en een emissiereductie van 115 ktCO₂. Hiervoor is het noodzakelijk om papier gescheiden in te zamelen en contaminatie met voedsel en andere organisch afval zo veel mogelijk te beperken. Drinkkartons zijn een mogelijke additionele bron voor papiervezels, maar kunnen alleen verwerkt worden indien deze apart van de papierstroom ingezameld en verwerkt worden, juist om vervuiling van het andere papier te voorkomen.

Verbeterde recycling van metalen levert een bescheiden winst. Metalen (m.n. ijzer en staal) worden al grotendeels teruggewonnen met een hoge efficiency, hoewel voor

aluminium nog slechts 20% wordt teruggewonnen. In het Recycling+ scenario wordt een potentiële winst van 1,6 PJ en ruim 110 ktCO₂ gerealiseerd door verdergaande inzameling en terugwinning van de metalen uit huishoudelijk afval. De grootse potentiële mogelijkheden zijn voor verbeterde terugwinning van aluminium.

Verbranding heeft een plaats in afvalverwerking. In elk scenario wordt een deel van het restafval verbrand. Het aandeel in elk scenario varieert met de mate waarin de reststoffen hoogwaardig worden teruggewonnen. Echter, een scenario waarin wordt ingezet op verbranding met hoog rendement van al het huidige niet teruggewonnen en gerecyclede materiaal realiseert een emissiereductie die gelijk is aan een derde van de reductie van het Recycling+ scenario. Dit geeft aan dat hoogwaardige inzet van herwonnen grondstoffen geprefereerd dient te worden boven verbranding, zelfs als AVI's een verhoogd rendement hebben.

Integrale visie een aanpak afval noodzakelijk om potentie te realiseren. Een integrale benadering van alle afvalstromen waarbij ingezet wordt op een zo hoogwaardig mogelijke inzet van teruggewonnen grondstoffen is noodzakelijk om het potentieel aan energiebesparing en CO₂ emissiereductie te realiseren. De kwaliteit van terugwinning wordt bepaald door de mate waarin energie zo efficiënt mogelijk wordt behouden of teruggewonnen. Op basis van de scenarioberekeningen zijn negen prioritaire afvalstromen naar voren gekomen. Hiervan zijn er zes eveneens prioritair in de voorgenomen ketenaanpak van het LAP.

De resultaten van de studie bevestigen dat vanuit het oogpunt van energiegebruik en vermindering van CO₂ emissies, de 'Ladder van Lansink' nog steeds geldig is in de prioritering van afvalverwerkingskeuzes. De studie laat zien dat in hoofdlijnen een integraal beleidsplan voor afvalbeheer prioriteit dient te geven aan stimulering van recycling. Dit kan het beste met behulp van een menu aan instrumenten, rekening houdend met de specifieke omstandigheden van een afvalstroom en markten van recycled materiaal, worden bereikt.

1. Inleiding

Om te grote negatieve effecten van klimaatverandering tegen te gaan zijn grote reducties in de uitstoot van broeikasgassen noodzakelijk. Om dit te bereiken moet de maatschappij op een veel efficiëntere wijze met energie en grondstoffen omgaan (IPCC, 2007). Voor geïndustrialiseerde landen zoals Nederland betekent dit op een termijn tot 2050 noodzakelijke reducties van 60-80% in broeikasgasemissies. Het energiesysteem is grotendeels verantwoordelijk voor de emissie van CO₂, het belangrijkste broeikasgas. Een groot deel van de energie wordt wereldwijd gebruikt voor de productie van materialen en producten die wij allen dagelijks gebruiken en afdanken. Daarnaast wordt de maatschappij steeds vaker geconfronteerd met problemen rondom luchtverontreiniging (o.a. fijn stof), waterverontreiniging en finaal afval ten gevolge van de wijze waarop we materialen en energie gebruiken en omzetten.

In toenemende mate komt er zicht op toekomstige beperkingen in de beschikbaarheid van grondstoffen. De mensheid beheerst voor de meeste materialen al een groot deel van de natuurlijke voorraad en stromen (Klee & Graedel, 2004). Voor een aantal strategische materialen die veel in elektronische producten worden toegepast, wordt op de termijn van decaden een tekort verwacht (Cohen, 2007). Dit leidt er nu al toe dat voor een aantal materialen bedrijven (o.a. Philips) en landen (o.a. China) strategische posities innemen om in de toekomst toegang tot noodzakelijke materialen te behouden.

Preventie, hergebruik en recycling zijn manieren waarop grondstoffen efficiënter kunnen worden benut, terwijl verbranding en vergisting kunnen bijdragen om een deel van de energie die in de materialen vast ligt terug te winnen. Historisch heeft Nederland al lang gekeken naar de mogelijkheden om via het afvalbeleid energie en grondstoffen te besparen, en is in het verleden succesvol geweest in de terugwinning van materialen uit afval. Aan de start van dit succes staat de zogenaamde Ladder van Lansink, welke een prioriteit geeft aan hoogwaardig gebruik van afvalstoffen boven laagwaardige toepassingen (zie kader).

Dit heeft ondermeer van de Nederlandse papier en karton industrie een wereldwijde leider gemaakt in inzet van

Indeling Ladder van Lansink (in LAP 2002-2012)

- Kwantitatieve preventie: het ontstaan van afvalstoffen wordt voorkomen of beperkt
- Kwalitatieve preventie: bij het vervaardigen van stoffen, preparaten of andere producten wordt gebruik gemaakt van stoffen en materialen die na gebruik van het product geen of zo min mogelijk nadelige gevolgen voor het milieu veroorzaken
- Nuttige toepassing door producthergebruik: stoffen, preparaten, of andere producten worden na gebruik als zodanig opnieuw gebruikt
- Nuttige toepassing door materiaalhergebruik: stoffen en materialen waaruit een product bestaat worden na gebruik van het product opnieuw gebruikt
- Nuttige toepassing als brandstof: afvalstoffen worden toegepast met een hoofdgebruik als brandstof of voor een andere wijze van energieopwekking
- Verbranden als vorm van verwijdering: afvalstoffen worden verwijderd door deze te verbranden op het land
- Storten: afvalstoffen worden gestort

recycled papier als grondstof. Echter, de huidige uitdagingen maken het noodzakelijk om fundamentele keuzes te maken om het grondstoffenverbruik en het hieraan gekoppelde energiegebruik en broeikasgasemissies in hoge mate te beperken.

De wereld, en Nederland, staan aan het begin van een transitie naar een duurzaam productie-, consumptie-, en energiesysteem. De generatie en beheer van afvalstromen staat hierin centraal om tot een duurzaam grondstoffenbeheer te komen. Dit zou ook centraal moeten staan in de ontwikkeling van het 2^e Landelijke Afvalbeheer Plan (LAP2) (VROM, 2009b) dat nu wordt geïmplementeerd voor de periode 2009-2021. Het LAP2 streeft er naar om:

- het totale afvalaanbod te beperken tot 68 Mt in 2015 (60 Mt in 2006);
- de nuttige toepassing van afvalstoffen te verhogen van 83% in 2006 tot 85% in 2015;
- de nuttige toepassing van huishoudelijk afval te verhogen van 51% in 2006 naar 60% in 2015;
- de nuttige toepassing van bouw en sloopafval ten minste gelijk te houden aan 95% nuttige toepassing als in 2006.

Het LAP2 moet ook een bijdrage leveren aan de reductie van de uitstoot van broeikasgassen zoals deze zijn vastgelegd in “Schoon en Zuinig”. Het LAP2 denkt dit te bereiken door in te zetten op recycling, vergisting en verbranding. In de periode tot 2020 moet de basis worden gelegd voor de transitie naar een duurzame economie. Echter, de doelstellingen van het LAP2 en de huidige praktijk doen dit slechts in geringe mate.

In deze studie wordt onderzocht in hoeverre beheer van afvalstoffen kan bijdragen aan de realisering van reducties in afvalvolume en broeikasgasemissies. Deze studie onderzoekt in welke mate een reductie van energiegebruik en CO₂ emissies door middel van hergebruik in ketenbeheer van geselecteerde afvalstromen (versus afvalverbranding (met en zonder energierugwinning)) kan worden bereikt.

Hiervoor wordt een vergelijkende en verkennende (scenario) analyse van verwerkingsopties voor geselecteerde afvalstromen uitgevoerd. Een model is ontwikkeld dat de afvalstromen die in Nederland vrijkomen en de verwerking ervan simuleert. Dit model bouwt op de levenscyclus van de materialen en producten die in geselecteerde afvalstromen gevonden worden, beginnend bij materiaalproductie en eindigend bij finale afvalverwerking in de vorm van recycling of verbranding, inclusief productie, afvalinzameling, transport, scheiding, verwerking, en verbranding. Dit maakt het mogelijk om op een geïntegreerde wijze de karakteristieken van recycling en alternatieve afvalverwerking te berekenen. Het is hierbij van belang de systeemgrenzen juist te kiezen. Recent onderzoek van de Universiteit Utrecht (Laurijssen et al., 2010) naar de recycling van papier heeft laten zien dat een verkeerde keuze van systeemgrenzen tot onjuiste conclusies kan leiden voor de reductie van CO₂ emissies. In het dit onderzoek zijn de systeemgrenzen zorgvuldig en consistent vastgesteld. Dergelijke modellen zijn reeds beschikbaar in andere landen (o.a. Easewaste in Denemarken; Christensen et al., 2009), maar nog niet voor Nederland. Het model omvat de drie belangrijkste afvalstromen (huishoudelijk, grof huishoudelijk, en bouw- en sloopafval). Dit model is een eerste stap en wordt gebruikt om een aantal alternatieve scenario's voor het beheer van afvalstromen te verkennen, en het effect hiervan op de uitstoot van CO₂ emissies en energiegebruik.

In het rapport worden achtereenvolgens de resultaten, de modelstructuur, en de implicaties van de verkennende scenario's op afvalbeleid besproken. De bijlagen van dit rapport geven inzicht in de gegevens en aannames (per afvalstroom en materiaal).

2. Methodologie

In deze studie is onderzocht in welke mate een reductie van het energiegebruik en CO₂ emissies kan worden bereikt door middel van hergebruik in ketenbeheer van geselecteerde afvalstromen versus afvalverbranding (met en zonder energierugwinning).

Deze studie focust op de analyse van drie grote afvalstromen; huishoudelijk ‘fijn’ afval (HHA), grof huishoudelijk afval (GHA) en bouw- en sloopafval (BSA). Deze afvalstromen bestaan uit verschillende materialen en producten. In deze studie zijn 16 materialen en producten opgenomen die de overgrote meerderheid van het geproduceerde afval omvatten². Deze zijn opgenomen in Tabel 1. Hierbij is geen onderscheid gemaakt tussen gescheiden ingezamelde materialen en materialen voorkomend in het restafval. Daarnaast kunnen alle materialen, beschouwd in deze studie, gebruikt worden als secundair materiaal door recycling of energierugwinning.

Tabel 1 - Materialen en producten onderscheiden in de drie afvalstromen

Materialen en producten in afvalstromen			
Papier en karton	Staal	Polypropyleen	Drankenkartons
Glas	Aluminium	Polystyreen	Hout
Textiel	Koper	PET	Steenachtig materiaal
GFT	Polyethyleen	Polyvinylchloride	Dakafval

2.1 Modelstructuur en systeemgrenzen

In deze studie is het computermodel *iWaste* ontwikkeld voor afvalbeheer in Nederland in 2008. Het model is een simulatietool, wat betekent dat het mogelijk is meerdere parameters te variëren en verschillende scenario's te testen, welke vergeleken kunnen worden met de situatie in 2008 (referentie).

Het model bouwt op de levenscyclus van de materialen en producten in de geselecteerde afvalstromen, beginnend bij materiaalproductie en eindigend bij finale afvalverwerking in de vorm van recycling, verbranding of inzet als secundaire brandstof. De productie van producten en de gebruikersfase zijn niet meegenomen. Dit maakt het mogelijk om op een geïntegreerde wijze de karakteristieken van de verschillende verwerkingsopties te analyseren. Het model focust hierbij uitsluitend op energieconsumptie (brandstof en elektriciteit) en CO₂-emissies.

Gegevens over de afvalsamenstelling, de verschillende processtappen en verwerkingsopties zijn opgenomen in het model (efficiëntie, energiegebruik, CO₂ emissies, substitutiefactoren). Deze gegevens zijn specifiek voor Nederland. De verwerkingsopties die zijn meegenomen in deze studie zijn recycling, verbranding in een AVI en inzet van afval als secundaire brandstof.

De verwerking van afval is gemodelleerd op materiaalbasis, waarbij per materiaal de hoeveelheid in het afval, het energiegebruik en de CO₂ emissies voor verwerking

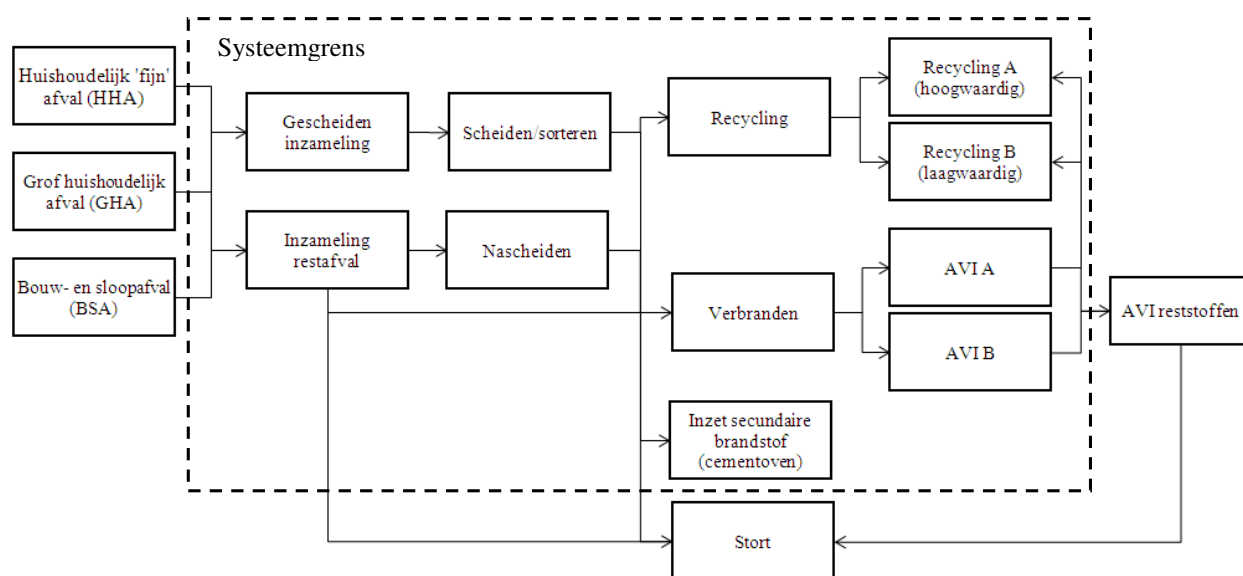
² Materialen/producten in het afval die niet meegenomen zijn, zijn o.a. luiers, chemisch afval en autobanden.

kunnen worden geanalyseerd. Hieruit volgt dat voor elk van de materialen in het afval ook de bijdrage van verwerking aan het totale energiegebruik en CO₂ emissies van afvalverwerking in Nederland in kaart wordt gebracht.

Naast de hoeveelheden materiaal in het afval en energieconsumptie en CO₂ emissies van afvalverwerking is het ook mogelijk de kosten van afvalverwerking toe te voegen en te analyseren in het *iWaste* model. Echter, binnen deze studie is niet gekeken naar de kosten voor de verschillende processen en verwerkingsopties.

Een schematische weergave van de systeemgrenzen in deze studie is weergegeven in Figuur 1. De systeemgrenzen voor de berekening van energieconsumptie en CO₂ emissies en besparingen voor de verwerking van de verschillende materialen in het afval starten bij de productie van het afval en eindigen op het niveau van productie van secundair materiaal dat vergelijkbaar is met een primair materiaal of functie (bv. energie). De processen gelegen tussen de productie van afval en de uiteindelijke verwerking door recycling, verbranding, of inzet als secundaire brandstof, zoals inzameling, transport³, sorteren en nascheiden vallen binnen de systeemgrenzen van deze studie. Ook wordt rekening gehouden met verliezen die optreden in de verschillende processtappen van afvalverwerking (bijv. sorteren en recyclen). Energieconsumptie en emissies voor het storten van afvalstoffen en de verwerking van AVI reststoffen zijn niet meegenomen.

Zoals te zien in Figuur 1 wordt onderscheid gemaakt tussen hoogwaardige (recycling A) en laagwaardige recycling (recycling B). Ook zijn er twee verschillende afvalverbrandingsinstallaties gedefinieerd; AVI A (gemiddeld Nederlands rendement) en AVI B (hoog elektrisch rendement). Deze definities worden uitgelegd in de sectie ‘Verwerkingsopties’ (sectie 2.2).



Figuur 1 – Schematische weergave systeemgrenzen studie afvalverwerking in Nederland. N.B. De enige recycling die in het *iWaste* model plaatsvindt na verbranding in een AVI is de terugwinning van ferro en non-ferro metalen.

³ Tussen de meeste verwerkingsstappen zit een transportstap die niet weergegeven is in Figuur 1.

Allocatie

Het afvalverwerkingsproces is energetisch gezien een complex proces waarin duidelijke keuzes voor allocatie van de energie- en milieuwinst moeten worden vastgesteld. Bepaald moet worden waar de energie- en CO₂-winst van hergebruikte en gerecyclede materialen en producten worden toegerekend.

Het uitgangspunt dat in deze studie gekozen is, is dat het hergebruikte/gerecyclede materiaal een (deel van) primair product of grondstof vervangt. Met recycling en hergebruik worden energieconsumptie en (gerelateerde) CO₂ emissies vermeden die anders geconsumeerd en geproduceerd zouden zijn voor de productie van het vervangen primaire product of grondstof.

Deze vermeden energieconsumptie en CO₂ emissies worden toegeschreven als energie- en CO₂-winst aan de specifieke verwerkingsoptie van het materiaal. In de berekeningen is rekening gehouden met één levenscyclus, terwijl sommige materialen zonder kwaliteitsverlies meerdere keren gerecycled kunnen worden.⁴ Bij verwerking van materialen in het afval voor energieopwekking wordt energieproductie en gebruik van fossiele brandstoffen vermeden. Zo is aangenomen dat de productie van elektriciteit in een AVI de productie van elektriciteit van conventionele energiecentrales vermijdt.

Energie berekening

Het energiegebruik van de gehele productieketen van een materiaal wordt weergegeven in de 'Gross Energy Requirement (GER)'. Deze GER-waarde geeft de energie-inhoud van een eindproduct weer en is gekoppeld aan de gebruikte technologieën en specifieke omstandigheden waaronder het product wordt gefabriceerd.

In deze studie is de GER-waarde gebruikt om de vermeden energieconsumptie en CO₂ emissies te berekenen die het gevolg zijn van vervanging van een product of grondstof door recycling en hergebruik van materialen uit het afval. Er is gebruik gemaakt van de 2^e orde GER-waarde, waarbij gecorrigeerd wordt voor de energie benodigd voor het produceren en transporteren van de primaire energiedragers.

Voor het vaststellen van de energie-effecten van afvalverwerking is het handig om de analyse in eerste instantie te richten op grondstoffen en halffabricaten. Een belangrijk deel van afvalverwerking is namelijk gericht op materiaalhergebruik. Voor het berekenen van het energie-effect van materiaalhergebruik wordt de systeemgrens gelegd bij de productie van de basisgrondstof of halffabricaten (Novem en RIVM, 1992b).

Emissie berekening

De CO₂ emissies die vrijkomen bij de afvalverwerking in Nederland zijn berekend aan de hand van de energieconsumptie en CO₂ emissiefactoren voor de verschillende

⁴ Meerdere malen recyclen van een materiaal resulteert elke recyclingcyclus in besparingen van grondstoffen, energie en emissies ten opzichte van de productie van primair materiaal.

brandstoffen (IEA, 2008). De CO₂ emissiefactoren zijn opgenomen in Tabel 2. Naar IPCC richtlijnen zijn de netto CO₂ emissies van biomassa gelijkgesteld aan nul⁵.

Bij het berekenen van de CO₂ emissies wordt onderscheid gemaakt tussen primaire (fossiele) brandstoffen en elektriciteit. Zowel directe en indirecte CO₂ emissies zijn meegenomen in de berekeningen in deze studie. De directe emissies zijn de emissies die geproduceerd worden vanwege het gebruik van fossiele brandstoffen en grondstoffen binnen de systeemgrenzen. De indirecte emissies houden rekening met de emissies van elektriciteitsproductie, welke buiten de systeemgrenzen wordt geproduceerd, maar binnen de systeemgrenzen wordt geconsumeerd. Zowel directe als indirecte emissies zijn belangrijk om te mee te nemen in de berekeningen, de som geeft het totale milieueffect van energieconsumptie van afvalverwerking weer.

De CO₂ emissies van de elektriciteit die gebruikt wordt voor afvalverwerking en de productie van primair materiaal, zijn berekend aan de hand van de gemiddelde Nederlandse brandstofmix⁶ en efficiëntie voor elektriciteitsopwekking⁷. De emissiefactor gebruikt voor het Nederlandse elektriciteitsnet is 0,51 kgCO₂/kWh_e (Graus, 2008). Voor het gebruik van warmte is aangenomen dat dit wordt geproduceerd in een gasgestookte boiler met een efficiëntie van 90%. De emissiefactor van warmte komt hiermee op 62,3 kgCO₂/GJ (IEA, 2008).

Tabel 2 - CO₂ emissiefactoren voor verschillende brandstoffen (IEA, 2008)

Brandstof	Koolstof emissie factor (ton C/TJ)	CO ₂ emissie factor (ton CO ₂ /TJ)
Kolen	27,2	99,6
Olie	20	73,3
Gas	15,3	56,1
Diesel	20,2	74,1
Stookolie	21,1	77,4
Bitumen	12,7	46,4

2.2 Verwerkingsopties

AVI

Een van de verwerkingsopties voor afval is het verbranden in een afvalverbrandingsinstallatie (AVI). In Nederland stonden in 2008 elf grote afvalverbrandingsinstallaties⁸ met een gezamenlijke verbrandingscapaciteit van ruim 6,5 miljoen ton afval op jaarbasis (VROM, 2009). Deze verbrandingscapaciteit is gebaseerd op de technische capaciteit van de installatie in relatie tot de calorische waarde van het afval. De calorische waarde bepaalt de technische doorzet, bij afname van de calorische waarde kan de technische doorzet worden verhoogd (Vereniging Afvalbedrijven, 2007).

⁵ Aangenomen wordt dat de in Nederland gebruikte biomassa op een duurzame manier verbouwd wordt.

⁶ Hierbij moet worden opgemerkt dat afvalverwerking (recycling) en productie van primaire grondstoffen en producten niet altijd in Nederland plaatsvindt.

⁷ Efficiëntie elektriciteitsopwekking is 2,26 kWh_{primaire}/kWh_e (gemiddeld rendement 44%) (IEA, 2008)

⁸ De verbrandingsinstallatie van ZAVIN wordt niet meegerekend. Deze verwerkt uitsluitend specifiek gevaarlijk ziekhuisafval.

In 2008 is in totaal ruim 6 miljoen ton afval verbrand, waarvan het grootste deel huishoudelijk afval was (zowel grof als ‘fijn’) (Senternovem en VA, 2009). Naast de grote hoeveelheid huishoudelijk afval, wordt er ook een grote hoeveelheid bedrijfsafval verbrand in de AVI's. Bij het verbranden van afval wordt energie opgewekt dat gebruikt wordt voor de productie van elektriciteit en warmte.

Ondanks het feit dat al de installaties afvalverbrandingsinstallaties heten, bestaan er veel onderlinge verschillen in de energieproductie, de soorten afval die verwerkt worden en de procesvoering. Zo hebben de installaties van Essent Milieu (Attero) in Wijster en ARN in Nijmegen een mechanische voorscheidingsinstallatie. Hierin worden verschillende materiaalfracties (voornamelijk metalen) afgescheiden voor hergebruik. Het restant wordt verbrand in de verbrandingsoven.

In deze studie zijn twee verschillende afvalverbrandingsinstallaties gedefinieerd welke verschillen in het energetisch rendement; AVI A en AVI B. Voor AVI A is een gemiddeld rendement van de Nederlandse verbrandingsinstallaties in 2008 aangenomen van 21% elektrisch en 7% thermisch. Het Europees gemiddelde ligt een stuk lager, dit ligt tussen de 16% en 18% (Reimann, 2009). AVI B is gedefinieerd voor één van de scenario's die geanalyseerd worden in deze studie en heeft een hoger gemiddeld elektrisch rendement dan AVI A. Het Afval Energie Bedrijf (AEB) is als uitgangspunt gebruikt voor de definitie van AVI B. AEB geeft aan te draaien op een elektrisch rendement van 28%.⁹

Aangenomen is dat veranderingen in de samenstelling van het verbrande afval geen invloed hebben op het rendement van de verbrandingsinstallatie. In werkelijkheid zal de energieopwekking echter wel degelijk afhankelijk zijn van de verbrandingswaarde van het afval dat verbrand wordt. Daarnaast is in deze studie de energie, gebruikt voor de opwarming van inerte, niet brandbare materialen in een AVI, verwaarloosd.

Na de verbranding van afval blijven er verschillende reststoffen over (o.a. bodemas, vliegashoudend rookgasreinigingsresidu). Het onbewerkte bodemas dat geproduceerd wordt, bedraagt gemiddeld 25% van het gewicht van het verbrande afval. Dit onbewerkte bodemas wordt bewerkt in een slakopwerkingsinstallatie, waarbij ferro en non-ferro metalen en onverbrande residuen worden afgescheiden (Vereniging Afvalbedrijven, 2007). Aangenomen wordt dat de slakopwerking voor de terugwinning van metalen 2,8 kWh/ton kost (Novem en RIVM, 1992b). Dit energiegebruik wordt toegerekend aan de verwerking van metalen na verbranding in een AVI.

Recycling

Een andere verwerkingsoptie voor afval is het recyclen van de verschillende materialen uit het afval. Bij recycling worden materialen uit het afval gebruikt als grondstof voor de productie van nieuwe producten met een soortgelijke functie. Voorbeelden hiervan zijn de inzet van glasscherven in de productie van nieuw glas en het gebruik van schroot voor de productie van secundair staal. Van sommige materialen, zoals papier, gaat de kwaliteit achteruit bij recycling. Zo wordt bij het recyclen van papier de papiervezel korter en neemt de bindingcapaciteit van de vezel af. Het proces van recyclen van materialen in laagwaardigere producten wordt ook wel downcycling genoemd. Er bestaan echter verschillende definities van recycling. Zo wordt ook het verwerken van materialen voor energieopwekking soms gezien als

⁹ AEB geeft aan te draaien op een netto elektrisch rendement van 30%, waarbij 2% van de opgewekte energie komt van de rioolwaterzuiveringsinstallatie.

recycling. In deze studie wordt echter met recycling bedoeld op materiaalhergebruik en niet op verwerking voor energieopwekking.

Zoals hierboven weergegeven kunnen materialen gerecycled worden waarbij primaire grondstoffen vervangen worden, maar materialen kunnen ook gerecycled worden in laagwaardigere producten. In deze studie is daarom een onderscheid gemaakt in hoogwaardige (recycling A) en laagwaardige recycling (recycling B). Men spreekt over hoogwaardige recycling wanneer er van materialen uit het afval hoogwaardige producten of grondstoffen worden geproduceerd. De energie en milieuwinst van recyclen is voor hoogwaardige recycling groter dan voor laagwaardige recycling (bv. doordat meer primair materiaal vermeden wordt).

Een goed voorbeeld van het verschil tussen hoogwaardige en laagwaardige recycling is de recycling van kunststoffen, waarbij hoogwaardige recycling primaire kunststoffen vervangt en laagwaardige recycling niet-kunststof producten/materialen vervangt, waarbij geen of een veel lagere energie- en CO₂-winst behaald wordt. Dit illustreert het belang om onderscheid te maken tussen verschillende recyclingopties, omdat niet alle vormen van recycling even gunstig zijn vanuit milieuoogpunt. De verschillende hoogwaardige en laagwaardige recyclingopties voor de verschillende materialen die zijn meegenomen in deze studie zijn weergegeven in Appendix A.

Secundaire brandstof

Afval met een hoge calorische waarde kan ingezet worden als secundaire brandstof in bijvoorbeeld cementovens, hoogovens en elektriciteitscentrales. Inzet van afval in deze processen vervangt veelal kolen en andere fossiele brandstoffen. De verwachting is dat in de toekomst de capaciteit voor secundaire brandstoffen uitbreidt van 0,7 naar 2,5 miljoen ton afval per jaar. Deze capaciteit kan echter ook gebruikt worden voor de inzet van niet-afval biomassa, waardoor het onzeker is of de beschikbare capaciteit voor de verwerking van afval gebruikt zal worden (Senternovem, 2009a).

Aangenomen is dat wanneer afval wordt ingezet als secundaire brandstof het wordt ingezet in een cementoven. De fossiele brandstof die op deze manier wordt vervangen is berekend aan de hand van de calorische waarde van het afval. Voor de vermeden emissies is gerekend met een gemiddelde emissiefactor van een cementoven in de EU-27 van 90 kgCO₂/GJ. Om afval in een cementoven in te kunnen zetten, moet deze afvalstroom verkleind worden (tot 30 mm) waardoor het gebruikt kan worden als substituuut voor fossiele brandstoffen. De energieconsumptie van het verkleinen bedraagt 14,5 kWh/ton. Andere mogelijke processen waar afval ingezet kan worden als secundaire brandstof, zoals elektriciteitscentrales, zijn niet bekeken.

Nascheiden

Het is mogelijk een deel van het huishoudelijk restafval na te scheiden in nascheidingsinstallaties. De belangrijkste herbruikbare afvalstromen uit het restafval zijn papier, kunststoffen en metalen. Nagescheiden papier en kunststof worden voornamelijk nuttig toegepast als secundaire brandstof. Aangenomen wordt dat in 2008 al het huishoudelijk restafval verbrand werd in één van de AVI's.

Voor de gegevens over nascheiding is in deze studie gebruik gemaakt van de data die beschikbaar is van de installatie van VAGRON in Groningen. Uitgegaan wordt van een elektriciteitsverbruik van 12 kWh/ton gemengd afval. Met nascheiden wordt 70% van het ferro metaal en 20% van de non-ferro metalen teruggewonnen. Daarnaast

komt 43% van het papier en kunststof terecht in de papier/kunststof fractie¹⁰. Er zijn echter vele verschillende procesvoeringen mogelijk, zo verschillen zelfs de nascheidingsinstallaties in Nederland al significant van elkaar. De huidige stand van techniek voor nascheiden die in Nederland wordt toegepast is echter niet in staat materialen efficiënt¹¹ uit het restafval te scheiden zodat deze gebruikt kunnen worden voor hoogwaardige recycling¹². Een uitzondering hierop zijn de metalen die nagescheiden worden met behulp van magneten en eddy-current scheiders. Innovaties in nascheidingstechnieken voor huishoudelijk afval sluiten echter niet uit dat het in de toekomst wel mogelijk is om materialen na te scheiden voor hoogwaardige recycling.

Bouw- en sloopafval en grof huishoudelijk restafval worden wel gesorteerd in Nederland. Voor het sorteren van bouw- en sloopafval wordt een energiegebruik van 9 kWh/ton BSA aangenomen. Het sorteren van grof huishoudelijk afval kost 16 kWh/ton.

Stort

In 2008 werd er in Nederland 3,6 miljoen ton aan afval en reststoffen gestort. Hiervan is 82 kton (kt) huishoudelijk en grof huishoudelijk afval en ruim 303 kt bouw- en sloopafval (Senternovem en VA, 2009). Het afvalbeleid is erop gericht zo min mogelijk afval te storten. Om dit te bereiken zijn storttarieven verhoogt en geldt er voor veel materialen in het afval een stortverbod, vastgelegd in het Besluit Stortplaatsen en Stortverboden Afvalstoffen. In deze studie is het storten van afval niet meegenomen in de energie- en CO₂ emissieberekeningen.

2.3 Transport

De energie die nodig is voor het transporteren van afval wordt voornamelijk bepaald door het soort transportmiddel, het gewicht van de lading, de transportsnelheid en de transportafstand. Om deze reden wordt het energiekental van een bepaald transportmiddel meestal uitgedrukt in MJ per ton.km. Het specifieke brandstofverbruik van de gebruikelijke transportmiddelen is redelijk nauwkeurig bekend in relatie tot de gemiddelde rijnsnelheid en het laadvermogen (Novem en RIVM, 1992b). De energiekentallen voor transport voor verschillende materialen en/of afvalstromen is weergegeven in Tabel 3. Er wordt uitgegaan van het gebruik van diesel als brandstof voor transport.

Voor het transport van kunststoffen moet men echter rekening houden met een verschil tussen volume en gewicht. Hierdoor kunnen voor kunststoffen niet zondermeer de gebruikelijke energiekentallen per ton gewicht worden gebruikt. Voor de inzameling van kunststoffen wordt uitgegaan van een gemiddeld soortelijk gewicht van 35 kg/m³ (KplusV, 2008). Er wordt gerekend met een belading van 5 kt kunststof. Voor het transport over lange afstand wordt de kunststoffractie geperst en wordt uitgegaan van een soortelijk gewicht van 100 kg/m³ (KplusV, 2008).

¹⁰ Aangenomen dat 20% van de nagescheiden kunststoffen laagwaardige gerecycled kan worden.

¹¹ Een proef met nascheiden van kunststoffen maakte gebruik van handpicking.

¹² Verontreinigingen en kwaliteitsverlies verminderen de toepasbaarheid van nagescheiden materialen (waaronder kunststof). De toepassing is daardoor vaak laagwaardiger en vervangt niet in gelijke mate de functie die het primaire materiaal over het algemeen vervult (Krutwagen et al, 2009).

Tabel 3 – Energiekentallen gescheiden en integraal ingezamelde afvalstromen (Novem en RIVM, 1992b)

	Energiekental (MJ/ton.km)
Inzameling huishoudelijk afval ^{bc}	5,8
Inzameling grof huishoudelijk afval ^b	5,2
Transport bouw- en sloopafval	1,5
Transport lange afstanden ^a (trekkercombinatie)	0,65

^a Gebruikt voor transport van alle materialen, uitgezonderd kunststoffen (3,2 MJ/ton.km), aggregaat en dakafval (1,5 MJ/ton.km).

^b Voor zowel restafval als gescheiden ingezamelde stromen

^c Inzameling gescheiden ingezamelde kunststoffen kost 2,3 MJ/m³.km

Voor transportafstanden zijn verschillende kentallen gebruikt voor de gescheiden en ongescheiden inzameling van afval en het transport van overslagstations naar verwerking- en recyclingbedrijven. Bij het wegtransport van afval is het zinvol onderscheid te maken tussen regionale inzameling (veel tussenstops) en doorvoer over middelgrote afstanden.

Voor de transportafstanden wordt gebruik gemaakt van de gestandaardiseerde transportafstanden uit het MER-LAP (AOO, 2002), waarbij wordt aangehouden dat de afstanden kleiner zijn wanneer er meer locaties binnen Nederland zijn. De gebruikte transportafstanden voor lange afstanden zijn weergegeven in Tabel 4. Opgemerkt moet worden dat de afstand van 40 km voor afvalverbrandingsinstallaties niet altijd de praktijk is vanwege de contracten die afvalverbranders hebben met gemeenten en bedrijven door heel Nederland. Hier is echter geen rekening mee gehouden binnen het model.

Voor transport voor inzameling is een afstand gebruikt van 24 km. Uitzonderingen hierop zijn de inzameling van kunststoffen (30 km) en inzameling van GFT (27,5 km) (KplusV, 2008 en Novem en RIVM, 1992b).

Tabel 4 - Transportafstanden verwerkingsopties en materialen

Verwerkingsopties	Materiaal	Afstand (km)
Afvalverbrandingsinstallatie	<i>Restafval</i>	40
Nascheidingsinstallatie	<i>Restafval</i>	40
Cementoven	<i>Secundaire brandstof</i>	200 ^a
Recycling	<i>Papier en karton</i>	50
	<i>Glas</i>	75
	<i>Textiel</i>	50
	<i>GFT</i>	35
	<i>Kunststoffen</i>	300 ^a
	<i>Drankenkartons</i>	230 ^{a, b}
	<i>Ijzer</i>	150
	<i>Aluminium</i>	150
	<i>Koper</i>	200 ^a
	<i>Hout</i>	200 ^a
	<i>Aggregaat/zand</i>	35
	<i>Dakafval</i>	150

^a Verwerking (deels) buiten Nederland.

^b Verwerking in Niederauer Papier Muhle in Duitsland (Hedra, 2009b)

2.4 Afvalstromen

Huishoudelijk 'fijn' afval

Huishoudelijk 'fijn' afval (HHA)¹³ bestaat uit afval van particuliere huishoudens, met uitzondering van afvalwater en autowrakken. Deze definitie lijkt ook grotere bestanddelen te omvatten (zoals koelkasten, vloerbedekking etc.), echter behoren deze tot de categorie grof huishoudelijk afval.

Van het huishoudelijk afval worden verschillende fracties gescheiden ingezameld ten behoeve van hergebruik en recycling. Het huishoudelijk restafval is het afval dat overblijft bij particuliere huishoudens nadat deelstromen gescheiden zijn aangeboden of ingezameld. De volumes van de gescheiden en gemengde fracties van het huishoudelijk afval zijn weergegeven in Tabel 5. Daarnaast geeft Appendix B een overzicht van de in deze studie gebruikte samenstelling van het huishoudelijk restafval.

Tabel 5 – Volumes gescheiden en reststroom huishoudelijk 'fijn' afval in 2008 (CBS, 2009)

Afvalfracties huishoudelijk 'fijn' afval	Hoeveelheid (kt)
Huishoudelijk restafval	3932
GFT-afval	1300
Oud papier en karton	1240 ^a
Verpakkingsglas	346
Textiel	70
Klein chemisch afval	21 ^b
Metalen verpakkingen (blik)	2 ^b
Drankenkartons	3 ^a
Kunststoffen	3 ^c

^a PRN, 2009a

^b Afvalfracties niet meegenomen in deze studie

^c KplusV, 2008

Verwerking HHA

De materialen van de gescheiden ingezamelde fracties van het huishoudelijk afval worden voornamelijk hergebruikt of gerecycled. Afgekeurde fracties en vervuiling worden doorgaans verbrand in een AVI of ingezet als secundaire brandstof.

Van het huishoudelijk restafval werd in 2008 23% gesorteerd na inzameling, 75% werd direct verbrand en 2% werd gestort (CBS, 2009). Het is bekend dat twee van de elf AVI's in Nederland voorscheiden. Bij het voorscheiden in de AVI's worden onder andere de metalen uit het afval gescheiden. Het afval dat overblijft na het scheiden van de metalen wordt alsnog in een verbrandingsinstallatie verbrand. Bekend is dat in 2008 in totaal 1454 kt aan reststoffen na sortering vrijkwam, waarvan 40% gestort werd en 60% verbrand. Deze hoeveelheid reststoffen na scheiding van restafval is echter niet uitsluitend van huishoudelijk afval, maar bevat zowel grof als fijn huishoudelijk afval en niet-proces gerelateerd bedrijfsafval (Senternovem en VA, 2009). De hoeveelheid reststoffen die vrij kwam na sortering en de verwerking hiervan van specifiek het huishoudelijk afval is niet bekend.

Van de 2% van het huishoudelijk restafval dat gestort is in 2008 is niet bekend uit welke materialen het bestaat. Om deze reden is in deze studie aangenomen dat in 2008 100%

¹³ In dit rapport kortweg aangeduid als huishoudelijk afval.

van het huishoudelijk restafval verbrand is in een AVI, met uitzondering van de hoeveelheid metalen die er bij twee AVI's via voorscheiding zijn uitgesorteerd.

Grof huishoudelijk afval

Grof huishoudelijk afval (GHA) bestaat uit afval van particuliere huishoudens dat bestaat uit grotere bestanddelen, zoals koelkasten, vloerbedekking, grof tuinafval en meubelen. Naast de verschillende gescheiden ingezamelde afvalfracties van het grof huishoudelijk afval blijft er een stroom grof huishoudelijk restafval over. De volumes van de verschillende fracties zijn weergegeven in Tabel 6.

Van het grof huishoudelijk restafval is niet bekend wat de materiaalsamenstelling is. De AVU in Utrecht heeft begin 2009 de samenstelling van het grof huishoudelijk restafval onderzocht. Hiervoor zijn een aantal vrachten gehaald en gebracht restafval geshredderd en gesorteerd naar materiaal. De uitkomst van dit AVU onderzoek is gebruikt om het GHA restafval uit te splitsen naar de verschillende materialen en is geëxtrapoleerd voor het totale GHA restafval in Nederland. Het AVU onderzoek is echter een momentopname met een kleine reikwijdte en het is onduidelijk in hoeverre de uitkomst van dit onderzoek representatief is voor de totale samenstelling van GHA restafval in heel Nederland in 2008. De samenstelling van het grof huishoudelijk restafval die in deze studie gebruikt is, is opgenomen in Appendix B.

Tabel 6 – Hoeveelheden verschillende afvalstromen in grof huishoudelijk afval in 2008 (CBS, 2009)

Afvalfracties grof huishoudelijk afval	Hoeveelheid (kt)
Grof huishoudelijk restafval	672
Vloerbedekking	13
Wit- en bruingoed	81
Grof tuinafval	434
Bruikbaar huisraad	40
Vlakglas	9
Metalen	83
Houtafval	384 ^a
Schoon puin	444
Asbesthoudend afval	13 ^b
Autobanden	3 ^b
Schone grond	111
Bitumenhoudende dakbedekking	11
Overige afvalcomponenten	58 ^b

^aLeek et al., 2009; totale hoeveelheid afvalhout 384 kt, waarvan 348 kt A- en B-hout en 36 kt C-hout

^bAfvalstromen niet meegenomen in deze studie

Verwerking GHA

De gescheiden ingezamelde fracties GHA worden voornamelijk gerecycled of hergebruikt. Het grof huishoudelijk restafval wordt deels direct verbrand en deels gesorteerd (nascheiding t.b.v. materiaalhergebruik). Verschillende sorteerproeven zijn gedaan (Baetsen en AVR) waarbij verschillende materiaalfracties uit de reststroom gesorteerd werden voor recyclingdoeleinden of voor gebruik als secundaire brandstof. Echter, naast de resultaten van deze sorteerproeven is ons niet op materiaalniveau bekend welke hoeveelheden van de verschillende materialen in 2008 werkelijk uit het restafval gesorteerd zijn en wat er verbrand is. De gegevens van Senternovem geven hierover ook geen duidelijkheid, deze rapporteren enkel dat in 2006 73% van het GHA nuttig toegepast werd, wat zowel recycling als verbranding met energierugwinning kan betekenen

(Senternovem, 2009b). Omdat onbekend is wat er in 2008 met de reststroom van het grof huishoudelijk afval gebeurde, is in deze studie aangenomen dat 60% van alle materialen in het restafval verbrand zijn in een AVI en 40% van het restafval gestort is.

Naast de verbranding en recycling van het grof huishoudelijk afval, blijkt dat in 2008 18,6 kt aan grof huishoudelijk afval gestort is (Senternovem en VA, 2009), in 2006 werd nog een hoeveelheid van 202 kt gerapporteerd (Senternovem, 2009b).

Bouw- en sloopafval

Volgens de Monitoringrapportage bouw- en sloopafval kwam in Nederland in 2007 26 Mton bouw- en sloopafval (BSA) vrij. Dit bestaat uit 19,7 Mton gebroken puin, 4 Mton direct toegepast steenachtig materiaal, en 2,6 Mton gesorteerd bouw- en sloopafval (Senternovem, 2009a).

In het afvalstoffenbeleid wordt met bouw- en sloopafval het afval bedoeld dat afkomstig is uit de bouwrijverheid. Deze activiteit omvat zowel het bouwen als het renoveren en slopen van gebouwen, bouwwerken en wegen (Senternovem, 2007).

Bouw- en sloopafval bestaat voor het grootste gedeelte uit steenachtig materiaal dat gebroken wordt door puinbrekers. Daarnaast komt er een gemengde stroom bouw- en sloopafval vrij die door sorteerinstallaties gesorteerd wordt, waarbij een deel van de materialen afgescheiden wordt voor materiaalhergebruik. Een aantal typen bouw- en sloopafval komen niet of slechts in geringe mate terecht bij sorteerbedrijven of puinbrekers. Dit geldt voor materialen zoals metalen, omdat deze via sloopbedrijven rechtstreeks bij afnemers terechtkomen. Deze producten worden hierdoor ook niet terug gevonden bij sorteerbedrijven in het ongesorteerd bouw- en sloopafval.

De monitoringrapportage van het bouw- en sloopafval in 2006-2007 geeft aan dat er grote verschillen bestaan tussen de sorteerresultaten van de monitoring en gegevens van het LMA¹⁴ (Landelijk Meldpunt Afvalstoffen). Tevens wordt aangegeven dat de respons op de enquête, waar de sorteergegevens in de monitoring op gebaseerd zijn, slechts 8,6% bedraagt. Echter, ook de gegevens van de LMA corresponderen voor een aantal afvalstoffen niet met andere bronnen (bijv. voor dakafval). Omdat er geen betere data voorhanden is, is er in deze studie voor gekozen om te werken met de sorteergegevens uit de Monitoringrapportage 2006-2007, weergegeven in Tabel 7.

¹⁴ Hierbij gaat het voornamelijk om dakbedekkingmateriaal en hout met verschillen tussen de monitoringrapportage en LMA gegevens van respectievelijk 410 kt en 220 kt.

Tabel 7 – Eindproducten uit bouw- en sloopafval van mechanische sorteerinstallaties

Sorteerfracties bouw- en sloopafval	Hoeveelheid in 2007 (Mton)
Hout (A + B kwaliteit)	0,39
Hout (C-kwaliteit en verduurzaamd)	0,02
Metalen	0,07
Papier en karton (naar papierhandel)	0,02
Kunststof (naar recycling)	0,01
Secundaire brandstoffen	0,03
Puin (naar puinbrekers)	0,95
Sorteerzeefzand (ongewassen)	0,32
Sorteerzeefzand (gewassen)	0
Gips, gas-/cellenbeton	0,02
Gips, gas-/cellenbeton uitvoer	0,01
Monostromen	0,02
Dakbedekkingsmateriaal	0,02
Afvoer voor verdere sortering (in Nederland)	0,09
Uitvoer voor verdere sortering (in buitenland)	0,23
Uitvoer (voor verwijdering)	0
Residu naar stort	0,23
Residu naar verbranden	0,23

Verwerking BSA

Het steenachtig materiaal dat gebroken werd door puinbrekers is in 2007 vrijwel volledig hergebruikt, voornamelijk in de fundering- en ophoogmarkt (85%).

De gesorteerde materialen uit de gemengde stroom bouw- en sloopafval zijn voornamelijk hergebruikt en gerecycled. Echter, nadat de gemengde stroom BSA gesorteerd is door de sorteerinstallatie blijven er nog verschillende residustromen over (totaal 780 kt) die verbrand worden, naar de stort gaan, of verder gesorteerd worden in binnen- en buitenland. De samenstelling van deze residustromen is onbekend en het is onduidelijk of hier nog materialen in zitten die mogelijk hergebruikt of gerecycled kunnen worden.

Naast het aanbod bouw- en sloopafval dat door breekinstallaties en sorteerinstallaties wordt verwerkt zijn er nog stromen bouw- en sloopafval die rechtstreeks gestort zijn. Data van Senternovem rapporteren dat er in 2008 in totaal 300 kt bouw- en sloopafval op de stort terecht kwam (inclusief materiaal van breker- en sorteerinstallaties dat gestort werd). Hiervan is rond de 60% dakafval (onder de noemer gevaarlijk dakafval), 3% hout (gevaarlijk afval), 8% zeef- en brekerzand en ruim 29% overig afval (Senternovem en VA, 2009). Van de categorie overig is niet bekend uit welke materialen het bestaat en het is onduidelijk of materialen onterecht gestort zijn. Deze categorie is om deze reden niet meegenomen in deze studie.

2.5 Scenario's

Om het energie- en CO₂ emissie reductiepotentieel te analyseren dat in Nederland gerealiseerd kan worden met afvalverwerking zijn drie scenario's gedefinieerd:

- Recycling+
- Verbranding+
- Succesvol huidig beleid

De scenario's zijn gebaseerd op het 2008 referentiescenario.

Recycling+

In het Recycling+scenario worden meer materialen uit het HHA, GHA en BSA gerecycled of hergebruikt. Uit gegevens blijkt dat er in het referentiescenario (2008) nog een grote hoeveelheid recyclebare materialen in de reststroom HHA en GHA zit die verwerkt zijn in een afvalverbrandingsinstallatie. Meer hergebruik en recycling van materialen uit het huishoudelijk afval houdt in dat er onder andere meer gescheiden ingezameld moet worden om het materiaal op een hoogwaardige manier te kunnen recylen. Voor GHA en BSA is het beter mogelijk materialen via sortering op een hoogwaardige manier te recylen. Ook materialen die in het referentiescenario gescheiden werden ingezameld, maar vervolgens laagwaardig werden gerecycled, worden in het Recycling+ scenario zo hoogwaardig mogelijk ingezet. Een voorbeeld hiervan is het vergisten van GFT in plaats van composteren, waarbij naast een bruikbaar product ook biogas wordt geproduceerd dat gebruikt kan worden voor elektriciteitsopwekking. Daarnaast wordt er in het Recycling+ scenario geen huishoudelijk en grof huishoudelijk afval meer gestort, maar worden de materialen in deze afvalstromen minimaal verbrand in een AVI met gemiddeld rendement. De aannames per materiaal voor het recyclingscenario zijn opgenomen in Appendix C.

Verbranding+

In het Verbranding+scenario wordt uitgegaan van het verbranden van hetzelfde volume afval als in het referentiescenario, maar in plaats van verwerking in een AVI met gemiddeld Nederlands rendement (AVI A) wordt verwerking in een AVI met een hoger elektrisch rendement aangenomen (AVI B). Op deze manier wordt een groter deel van de energie-inhoud van de verschillende materialen in afval teruggewonnen in de vorm van energie (elektriciteit en warmte). Het gemiddelde rendement van de Nederlandse verbrandingsinstallaties in 2008 was 21% elektrisch en 7% thermisch. Het Afval Energie Bedrijf (AEB) in Amsterdam geeft aan te draaien op een netto elektrisch rendement van 30%, waarvan 2% van de opgewekte energie komt van de rioolwater zuiveringsinstallatie. De bruto elektriciteitsproductie is rond de 34%, eigen consumptie van de afvalverwerkingsinstallatie bedraagt 3-4% van de totale elektriciteitsproductie (IPTS, 2006 en Afval Energie Bedrijf, 2006). Op basis van deze informatie wordt voor het Verbranding+ scenario een AVI rendement aangenomen van 28% elektrisch en 9,3% thermisch (AVI B).

Succesvol huidig beleid

In het scenario 'Succesvol huidig beleid' wordt uitgegaan van een succesvol afvalstoffenbeleid dat vastgelegd is in het Landelijk Afvalbeheerplan (LAP). In het LAP staat het beleid voor het beheer van alle afvalstoffen waarop de Wet milieubeheer van toepassing is. Het LAP geeft onder meer het beleid voor nuttige toepassing, storten en verbranden van afval.

In het LAP zijn per afvalstof minimumstandaarden opgenomen om een zo hoogwaardig mogelijk afvalbeheer te bereiken. Deze minimumstandaarden geven de minimale hoogwaardigheid aan van be-/verwerking van een bepaalde afvalstof en is bedoeld om te voorkomen dat afvalstoffen laagwaardiger worden be-/verwerkt dan wenselijk is (LAP, 2007).

Een belangrijk doel van het LAP is om meer afvalstoffen nuttig toe te passen. De vormen van nuttige toepassing die in het LAP worden beschreven zijn producthergebruik, materiaalhergebruik en verbranden met energierugwinning (R1). In het in deze studie gedefinieerde scenario ‘Succesvol huidig beleid’ wordt uitgegaan van materiaalhergebruik als vorm van nuttige toepassing. Echter, de aanmerking van AVI's met R1 status als nuttige toepassing maakt het op dit moment binnen het LAP mogelijk om de doelstellingen voor nuttige toepassing van verschillende afvalstoffen te halen door de afvalstoffen te verbranden met energierugwinning, in plaats van het materiaal her te gebruiken, wat doorgaans tot een hoogwaardiger product leidt en meer energie en CO₂ emissies bespaart. Het ‘Succesvol huidig beleid’ scenario in deze studie kan hierdoor als optimistisch beschouwd worden.

De LAP doelstellingen voor 2006 voor gescheiden inzameling van afvalstoffen worden meegenomen in het scenario. De doelstelling voor gescheiden inzameling van kunststoffen is later toegevoegd aan de LAP doelstellingen en vastgesteld op 42% voor 2012. De doelstellingen voor gescheiden ingezamelde afvalstoffen die meegenomen zijn in het ‘Succesvol huidig beleid’ zijn weergegeven in Tabel 8. Verder geldt voor veel van de afvalstoffen, meegenomen in deze studie, dat de minimumeis van verwerken verbranden als vorm van verwijdering is. Dit betekent dat deze afvalstoffen niet meer gestort mogen worden. Aangenomen is dat alle afvalstoffen uit het huishoudelijk en grof huishoudelijk afval minimaal verbrand worden in een AVI met gemiddeld rendement. Voor dakafval uit bouw- en sloopafval is de minimumeis ook verbranden. Echter, vanwege de aard van het dakafval wordt deze stroom bij de huidige verbrandingsinstallaties veelal geweigerd en is deze vorm van verwijdering alleen toegestaan wanneer daarbij geen verspreiding van de aanwezige PAK (Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen) mogelijk is. Omdat onbekend is wat voor dakafval er vrijkomt (bitumineus, teerhoudend, dakgrind) is onbekend wat deze minimumeis inhoudt voor het vrijkomende dakafval in Nederland. Voor dakafval is daarom aangenomen dat er geen energie opgewekt wordt met de verwerking (zowel verbranden D10 als stort).

Tabel 8 – Doelstellingen LAP gescheiden ingezamelde afvalstoffen

Materiaal	Doelstelling LAP
Papier en karton	75% ^a
Glas	90%
GFT	55%
Kunststoffen	42%
Textiel	50%

^a Dit is 85% van het recyclebare papier en karton

Een volledig overzicht van de verwerking van de verschillende materialen in het afval in de verschillende scenario's is opgenomen in Appendix C.

3. Resultaten

In deze studie wordt een verkennende (scenario) analyse van verwerkingsopties voor geselecteerde afvalstromen uitgevoerd, met behulp van het model *iWaste*. Het model *iWaste* simuleert geselecteerde afvalstromen die in Nederland vrijkomen en de verwerking ervan. Dit model bouwt op de levenscyclus van de materialen en producten die in geselecteerde afvalstromen gevonden worden, beginnend bij materiaalproductie en eindigend bij finale afvalverwerking in de vorm van recycling of verbranding, inclusief productie, afvalinzameling, transport, scheiding, verwerking, en verbranding. Dit maakt het mogelijk om op een geïntegreerde wijze de karakteristieken van recycling en alternatieve afvalverwerking te berekenen. Het model omvat drie belangrijke afvalstromen (huishoudelijk, grof huishoudelijk, en bouw en sloopafval). Dit model is een eerste stap en wordt gebruikt om een aantal alternatieve scenario's voor het beheer van afvalstromen te verkennen, en het effect hiervan op de uitstoot van CO₂ emissies en energiegebruik.

Beschikbare data voor afvalstromen in Nederland onvolledig

Gedetailleerde consistente data met betrekking tot de grootte, samenstelling, en verwerking van afvalstromen is onvolledig voor alle afvalstromen in Nederland. Categorisering voor de samenstelling van afval(deel)stromen varieert voor verschillende studies en statistieken. Dit is met name het geval voor grof huishoudelijk afval, maar ook voor deelstromen van het huishoudelijk (o.a. huishoudelijk restafval, kunststoffen) en het bouw- en sloopafval (o.a. specifieke stromen zoals dakafval). Het wordt aanbevolen om tot een consistente categorisering van afval en materialen te komen en op basis hiervan een volledige stofstroomanalyse samen te stellen.

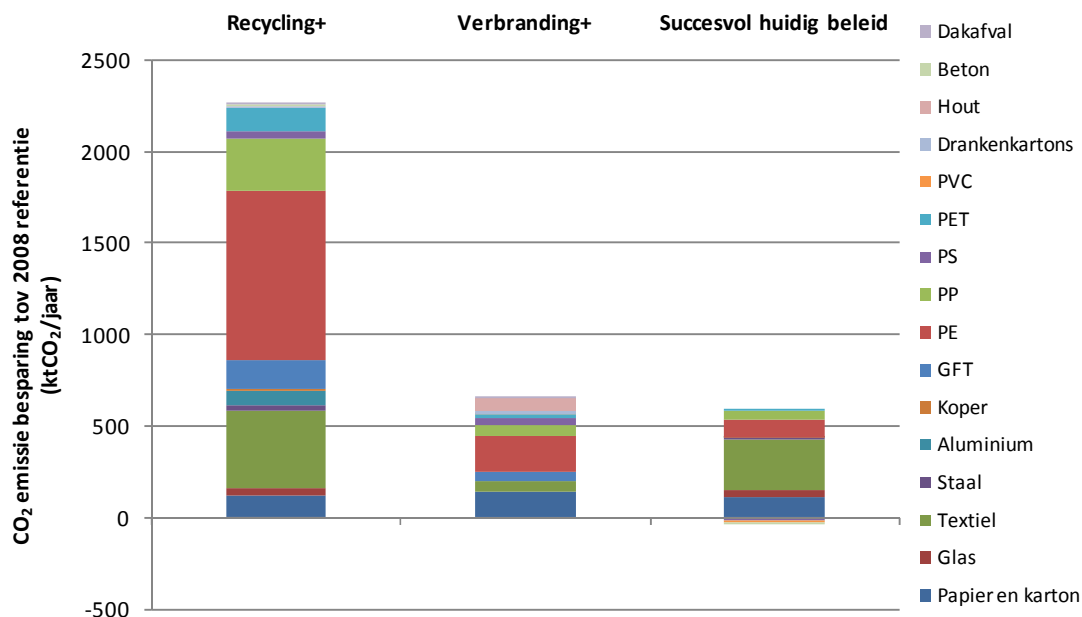
Afvalbeheer in Nederland bespaart veel energie en CO₂ emissies

Op dit moment draagt afvalbeheer al bij tot een reductie van energiegebruik met ruim 106 PJ en CO₂ emissies van 4465 ktCO₂ per jaar (totaal alle drie de stromen), ten opzichte van een situatie waar het afval niet gerecycled of verbrand zou worden. Van deze energiebesparing is 69% het gevolg van recycling en 31% door verbranding (met energierugwinning) van restafval. Gelet op CO₂ emissies ziet dit plaatje er enigszins anders uit, waarbij alle huidige besparing aan CO₂ emissies toe te rekenen is aan recycling en inzet als secundaire brandstof. Verbranding van het afval zorgt voor een extra CO₂ uitstoot ondanks de vermeden emissies in elektriciteitsopwekking en gebruik van fossiele brandstoffen. Op dit moment worden de belangrijkste bijdragen aan energie en CO₂ besparingen geleverd door de verwerking van papier, metalen, hout en kunststoffen (kunststoffen alleen qua energie).

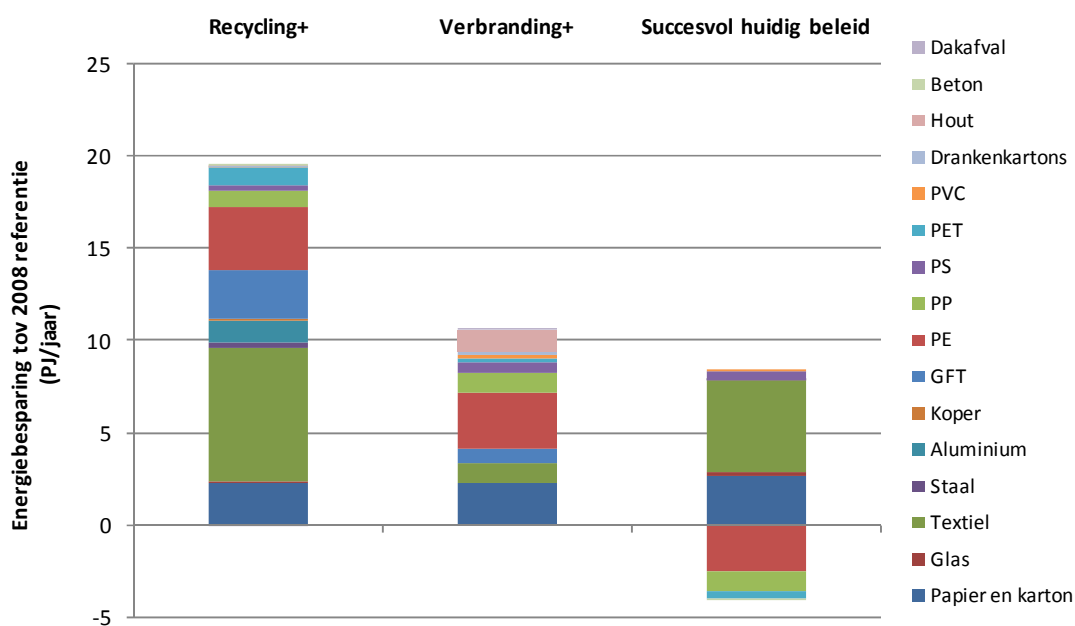
Verdergaande recycling kan tot 2250 ktCO₂/jaar extra emissiereducties leiden

De verkennende scenario's laten zien dat verdergaande recycling tot een emissiereductie van ruim 2250 ktCO₂/jaar kan komen ten opzichte van de situatie in 2008. Ook als de doelstellingen, zoals vastgelegd in het Landelijk Afvalbeheer Plan II (LAP2) worden gerealiseerd kan verdere optimalisatie van recycling leiden tot een verdere emissiereductie van ruim 1650 ktCO₂/jaar. Figuren 2 en 3 laten de resultaten zien voor de verschillende verkennende scenario's. De belangrijkste bijdragen aan de

emissiereductie worden gevonden in optimalisatie van de recycling van papier, kunststof (PET, PE/PP), textiel, en GFT.



Figuur 2 - CO₂ emissiereductie voor verschillende scenario's voor afvalverwerking (huishoudelijk, grof huishoudelijk, en bouw- en sloopafval) in Nederland.



Figuur 3 - Energiebesparingpotentieel voor verschillende scenario's voor afvalverwerking (huishoudelijk, grof huishoudelijk, en bouw- en sloopafval) in Nederland.

Integrale visie en aanpak afval noodzakelijk om potentie te realiseren

In het huishoudelijk afval bestaat nog steeds het grootste potentieel om een reductie van energiegebruik en CO₂ emissies te realiseren. Echter, in grof huishoudelijk en bouw- en sloopafval zijn ook verdere reducties te realiseren. Een integrale benadering

van alle afvalstromen is noodzakelijk waarbij ingezet wordt op een zo hoogwaardig mogelijke inzet van teruggewonnen grondstoffen. De kwaliteit van terugwinning wordt bepaald door de mate waarin energie zo efficiënt mogelijk wordt behouden of teruggewonnen.

Ingezet beleid realiseert de potenties slechts gedeeltelijk

Met het LAP2 heeft de overheid minimum doelstellingen vastgelegd per afvalstroom. De studie laat zien dat jaarlijks 4% extra energie (equivalent aan 4,4 PJ) en bijna 15% extra CO₂ emissies (equivalent aan 575 ktCO₂) vermeden kan worden indien ingezet wordt op een integraal beleid dat hoogwaardige verwerking van afvalstromen centraal stelt. Hierbij gaat deze studie er vanuit dat de LAP2 doelstellingen daadwerkelijk gerealiseerd zullen worden. Ten opzicht van het LAP2 liggen de grootste potenties bij de afvalstromen kunststoffen, textiel en GFT.

Hoogwaardige kunststofrecycling kan potentieel tot 1400 ktCO₂ bijdragen

In de referentiesituatie van 2008 wordt kunststofafval van huishoudens nauwelijks gerecycled. De grootte van de stroom (circa 650 kt/jaar in HHA) en de hoge energie-inhoud van kunststof maakt dit echter een belangrijke potentiële factor om tot verdergaande energiebesparing en emissiereductie te komen. De hoogste winst kan gerealiseerd worden door in te zetten op hoogwaardige recycling, waarbij het primaire materiaal zo efficiënt mogelijk wordt vervangen. Laagwaardige recycling van kunststoffen vervangt geen (primaire) kunststof, maar materialen met een lagere energie-inhoud (bv. hout, beton). Bij laagwaardige recycling is de energie- en klimaatwinst gering of zelfs negatief (i.c. leidt tot een hoger energiegebruik). In het Recycling+ scenario wordt een energiewinst van 5,7 PJ en een emissiereductie van bijna 1400 ktCO₂ gerealiseerd ten opzicht van de huidige situatie (2008). Ten opzichte van de LAP2 doelstellingen is dit gelijk aan een extra winst van bijna 10 PJ en ruim 1150 ktCO₂. In het LAP scenario levert kunststofrecycling geen energiewinst op, of kan juist tot extra energiegebruik bijdragen, door de relatief grote transportafstanden voor verwerking en geringe energiewinst door laagwaardige inzet van het recyclaat.

Inzameling kunststof afval

Hoogwaardige recycling van kunststoffen maakt het noodzakelijk om zuivere secundaire kunststofstromen (i.c. hoge zuiverheid van de verschillende polymeerfracties) te garanderen. Inzameling van een grote variëteit aan kunststoffen in combinatie met een vorm van kunststof nascheiding kan, bij de huidige stand der techniek, dit niet garanderen. Uit theoretisch oogpunt (Gutowski et al., 2007) kan geconcludeerd worden dat elke vorm van scheiding uit complexe stromen, altijd tot een bepaalde mate van verontreiniging zal leiden. Dit betekent dat het wellicht beter is om kunststof inzameling te richten op specifieke polymeren die op een efficiënte en effectieve wijze kunnen worden ingezameld met een hoge mate van zuiverheid. De inzameling van PET flessen door middel van statiegeld is een voorbeeld van een dergelijk systeem. In de studie is in het Recycling+ scenario aangenomen dat alle PET en PE/PP flessen, alsmede draagtassen, op een effectieve wijze kunnen worden ingezameld.

Textiel hergebruik biedt additioneel potentieel

Zowel in het huishoudelijk (m.n. kleding) als het grof huishoudelijk restafval (m.n. vloerbedekking) wordt nog een grote hoeveelheid textiel aangetroffen (respectievelijk

223 kt en 97 kt). Gescheiden inzameling en hoogwaardige verwerking van textiel (in het ‘fijn’ en grof huishoudelijk afval) kan aanzienlijk bijdragen aan een vermindering van het energiegebruik (6,9 PJ/jaar) en reductie van CO₂ emissies (470 ktCO₂/jaar). De grootste bijdrage (ca. 90%) aan de potentiële energie en emissiereductie is het gevolg van toegenomen hergebruik van kleding. Recycling van tapijt is mogelijk door de introductie van innovatieve vloerbedekkingsconcepten (o.a. tapijt leasing, ontwerp en materiaalkeuze), maar deze zijn in de huidige berekeningen niet meegenomen.

GFT vergisting kan in belangrijke mate bijdragen aan verdere energiebesparing

Op dit moment wordt slechts 7% van het GFT en natte biomassa vergist, terwijl de overige 93% gecomposteerd wordt. Composteren draagt bij aan een betere nutriëntenhuishouding, maar draagt niet of nauwelijks bij aan een besparing van energie en een reductie van broeikasgasemissies. Vergisting, daarentegen, kan in aanzienlijke mate bijdragen aan de terugwinning van energie, met behoud van de nutriënten. In het Recycling+ scenario wordt er van uitgegaan dat alle gescheiden ingezamelde GFT (75%) wordt vergist, hetgeen resulteert in een energieopwekking van 3,7 PJ (460 GWh) en een reductie van emissies van conventionele elektriciteitsopwekking met 235 ktCO₂/jaar. Dit leidt tot een netto energieproductie van 2,6 PJ en emissiereducties van ruim 160 ktCO₂/jaar voor de verwerking van GFT. Doordat gemeentelijk snoei- en tuinafval niet is meegenomen in deze studie is er nog additioneel potentieel voor GFT verwerking. De realisatie van deze energiewinst is alleen te realiseren met forse investeringen in vergistinginstallaties verspreid door Nederland.

Eventuele emissiereductie door vastlegging van koolstof in de bodem door compostering is niet meegenomen in de studie. Ook de potentiële energiewinst door behoud van nutriënten (die bij verbranding deels verloren kunnen gaan voor de bodem) is niet meegenomen in de bovenstaande berekening van energiewinst.

Het succes van papier inzameling kan verder verbeterd worden

Papier wordt al in hoge mate teruggewonnen via verschillende vormen van gescheiden inzamelingsystemen. In 2008 werd 62% van het papierafval van huishoudens gescheiden ingezameld. Papierrecycling leidt potentieel tot grote besparingen op energiegebruik en CO₂ emissies, omdat dit hout beschikbaar maakt voor andere toepassingen (Laurijssen et al., 2010). Papier uit bedrijfsafval wordt nu beter ingezameld dan van huishoudens. Een verdere verbetering van het inzamelingsrendement van papier uit huishoudens tot 75% kan bijdragen aan een energiebesparing van 2,1 PJ en een emissiereductie van 115 ktCO₂. Hiervoor is het noodzakelijk om papier gescheiden in te zamelen en contaminatie met voedsel en andere organisch afval zo veel mogelijk te beperken.

Drankenkartons zijn een mogelijke additionele bron voor papiervezels, maar kunnen alleen verwerkt worden indien deze apart van de papierstroom ingezameld en verwerkt worden, juist om vervuiling van het andere papier te voorkomen.

Verbeterde recycling van metalen levert een bescheiden winst

Metalen (m.n. ijzer en staal) worden al grotendeels teruggewonnen met een hoge efficiëntie, hoewel voor aluminium nog slechts 20% wordt teruggewonnen uit het huishoudelijk afval. In het Recycling+ scenario wordt een potentiële winst van 1,6 PJ

en ruim 110 ktCO₂ gerealiseerd door verdergaande inzameling en terugwinning van de metalen uit huishoudelijk afval. De grootse potentiële mogelijkheden zijn voor verbeterde terugwinning van aluminium. Veel van het ijzer en staal uit het restafval wordt nu teruggewonnen uit de AVI slakken. Dit leidt tot een kwaliteitsverlies (verhoogde corrosie) en daarom verminderde energiewinst.

Verbranding heeft een plaats in afvalverwerking

In elk scenario wordt een deel van het restafval verbrandt. Het aandeel in elk scenario varieert met de mate waarin de reststoffen hoogwaardig worden teruggewonnen. Echter, een scenario waarin wordt ingezet op verbranding met hoog rendement van al het huidige niet teruggewonnen en gerecyclede materiaal realiseert een emissiereductie die gelijk is aan een derde van de reductie van het Recycling+ scenario. Dit geeft aan dat hoogwaardige inzet van herwonnen grondstoffen geprefereerd dient te worden boven verbranding, zelfs als AVI's een verhoogd rendement hebben. Deelstromen (o.a. afvalhout, dakafval) kunnen als RDF ingezet worden in alternatieve verbrandingsopties (o.a. gespecialiseerde ovens, klinkerovens), waardoor meer energie kan worden teruggewonnen dan de AVI verbrandingsroute, maar dit leidt niet tot andere conclusies met betrekking tot het belang van recycling.

4. Beleidsinstrumentarium

Uitgangspunt binnen het Nederlandse afvalbeleid is de Ladder van Lansink die is opgebouwd uit treden die de prioriteit voor afvalverwerking aangeven. Op de eerste plaats komt preventie - eerst kwantitatief, dan kwalitatief – gevolgd door hergebruik van product, van materiaal, verbranden met energieopwekking, dan verbranden en tot slot storten.

Het LAP gebruikt een combinatie van communicatief, financieel en juridisch beleidsinstrumentarium. Bepalende factoren in de zwaarte van een instrument zijn onder andere de mate van beperking van de gedragsvrijheid, de juridische binding, de uitvoeringskosten, de maatschappelijke kosten, de administratieve lasten en de handhaafbaarheid. Handhaafbaarheid als sluitpost inzetten wanneer een instrument dat op zichzelf effectief is, niet te handhaven blijkt, heeft een ondermijnend effect. Momenteel worden de zwaardere beleidsinstrumenten, zoals belastingen en verboden, ingezet voor storten en verbranden, en niet voor de lagere rangen van hergebruik. Er wordt onderscheid gemaakt tussen hoog- en laagcalorisch afval met verschillende verbrandingsstarieven, maar er wordt bijvoorbeeld bij de verpakkingenbelasting geen onderscheid gemaakt tussen product- en materiaalhergebruik. Voor hergebruik en preventie worden veelal de lichtere instrumenten –subsidies, convenanten- ingezet. Tabel 9 geeft een schematisch overzicht van de ingezette beleidsinstrumenten in het Nederlandse afvalbeleid.

Deze beschouwing biedt een overzicht van het huidige beleidsinstrumentarium op het gebied van afval, en een eerste aanzet voor verbeterde recyclingresultaten voor de negen prioritaire afvalstromen in het Nederlandse afvalbeheer, die uit de berekeningen naar voren komen. Hierbij dient bij voorbaat te worden opgemerkt dat de effectiviteit van elk beleidsinstrument afhankelijk is van een doeltreffende handhaving¹⁵. Voor een effectief en efficiënt beleid om afvalstoffen goed te beheren, zal het noodzakelijk zijn een mix van beleidsinstrumenten in te zetten om barrières in het afvalbeheer te slechten en de verschillende “stakeholders” op een adequate wijze te bereiken.

¹¹In een respondenten-onderzoek in opdracht van de Ministeries VROM en Justitie in 2003 werd de handhaving als niet adequaat beoordeeld en dat slechts een zeer beperkt deel van de overtredingen zichtbaar worden gemaakt (Novioconsult, 2003).

Tabel 9 - Overzicht van beleidsinstrumenten en potentiële toepassingen

	Voorlichting Informatie	Convenant	Financieel	Regulering
Storten			Heffing	Stortverbod
Verbranden (zonder energierterug-winning)			Heffing	Verbrandingsverbod
Energie terugwinning			SDE/MEP	Minimum efficiency standaard
Recycling	Labeling	Producenten-verantwoordelijkheid	Subsidie Prijsgarantie Verwijderingsbijdrage Retourpremie Diftar Belasting Duurzaam inkopen	Minimum standaard
Product hergebruik	Labeling	Verpakkingen-convenant	Statiegeld Subsidie Retourpremie Duurzaam Inkopen	
Preventie		Verpakkingen-Convenant	Verpakkingsbelasting	Verstrekking draagtassen

4.1 Beschouwing relevant huidig instrumentarium

4.1.1. Voorlichting/Informatie

Het is moeilijk om de effecten en effectiviteit van een informatieprogramma te evalueren. Programma's die zich alleen op informatievoorziening richten hebben over het algemeen een beperkte invloed. Grootschalige mediacampagnes zijn gevoerd om de inzameling van glas en GFT te vergroten. Labeling van recycleerbare materialen en producten is een ander voorbeeld. Informatie en voorlichting zijn echter noodzakelijk om de effectiviteit van andere instrumenten te vergroten.

4.1.2 Conventanten - Producentenverantwoordelijkheid

Nederland heeft een traditie in het gebruik van convenanten om bepaalde doelstellingen op ondermeer milieu en energiegebied te bereiken. In 1990 is producentenverantwoordelijkheid geïntroduceerd om preventie en hergebruik te bevorderen en milieukosten in de productprijs te internaliseren (VROM 2001, 2007). Internalisering impliceert dat de milieukosten gedragen worden door de koper van het product, of door de producent en de consument samen, temeer waar vraag en aanbod van producten tot evenwicht komen in een vrije markt. Hiertoe zijn voor vijf afvalstromen productbesluiten ontwikkeld: autowrakken, elektrische en elektronische apparatuur, autobanden, batterijen en accu's en verpakkingen van papier en karton.

In 2001 gaf VROM aan dat de bedoelde preventie-effecten uitbleven vanwege de collectieve uitvoering van de verantwoordelijkheid (VROM, 2001). Een paar jaar later vermeldde VROM aan de OECD dat producentenverantwoordelijkheid 'in zijn huidige vorm' geen instrument was dat preventie van afval stimuleerde (Veerman, 2004). Een van de conclusies van het formele onderzoek naar de neveneffecten van de

producentenverantwoordelijkheid is nogmaals dat door het instrument, zoals het is toegepast, geen prikkel is uitgegaan tot preventie (VROM 2007). De kosten voor de afvalinzameling zijn op een zodanige wijze in de productprijs geïnternaliseerd dat er voor de producenten geen prikkel is tot aanpassingen en dat de kosten voor de afvalverwerking worden opgebracht door consumenten en gemeenten.

De effectiviteit van het verpakkingenbeleid met behulp van convenanten heeft, afgezien van het eerste convenant, weinig invloed gehad op het totale volume verpakkingsafval. Het gebruik van verpakkingsmateriaal is in de periode van de verschillende convenanten toegenomen. Oorzaak zijn ondermeer de steeds wijzigende doelstellingen (en verzwakking ervan), onduidelijke verdeling van verantwoordelijkheden, en het gebrek aan consistente beleidsvoering van de overheid (Rouw, 2009).

4.1.3 Financieel Instrumentarium: Belasting, verwijderingsbijdragen, statiegeld

Belasting kan ontmoedigend werken en stimuleren om andere verwerkingsmethoden te kiezen. Volgens het LAP heeft de in 1995 ingevoerde stortbelasting een belangrijke sturende werking gehad (LAP, 2009). De effecten en de effectiviteit van een belasting hangt af van de wijze waarop de lasten worden verdeeld over de actoren (IVM, 2005).

Specifiek voor verpakkingen is het te vroeg om de impact van de verpakkingsbelasting op het gebruik van verpakkingen, verpakkingsmateriaal, materiaalsubstitutie, en recycling te evalueren. Naar verwachting zal door de relatief geringe omvang van de verpakkingsbelasting op de totale kosten van een aangekocht product, nauwelijks gedragswijziging van de producent of consument optreden. Het is niet geheel uit te sluiten dat de belasting wel invloed heeft op materiaalkeuze en verpakkingsontwerp, maar hier voor bestaan op dit moment geen aanwijzingen.

In het kader van een raamovereenkomst van 2007 tussen VROM, de Vereniging Nederlandse Gemeenten (VNG) en de verpakkingsindustrie wordt jaarlijks een bedrag van 115 miljoen euro uit de middelen die zijn opgebracht door de verpakkingenbelasting aangewend door het AfvalFonds ten behoeve van hergebruik van verpakkingen. Deelnemende gemeenten ontvangen hieruit een bedrag voor de het in die gemeente ingezamelde verpakkingsafval van huishoudens. Het effect van deze financieringsbron lijkt vooralsnog zeer beperkt omdat de producentenverantwoordelijkheid slechts voor een deel wordt genomen, namelijk voor maximaal 42% en niet voor het totaal van 100% van het verpakkingsafval dat door producenten en het verpakkend bedrijfsleven op de markt wordt gebracht. Hierbij moet worden opgemerkt dat voor een deelstroom als PET-flessen door het financiële instrument statiegeld wel inzamelresultaten van 95% voor hergebruik worden bereikt (Bureau B&G, 2009). Er is in Nederland vooralsnog niet voor gekozen om het instrument van statiegeld breder in te zetten.

Daarnaast wordt 11 miljoen (voorheen 15 miljoen) aangewend ter bestrijding van zwerfafval, veelal ook verpakkingen. De jaarlijkse kosten voor inzameling van zwerfafval worden geschat op 250 tot 400 miljoen Euro, waarvan circa 150 miljoen Euro wordt toegeschreven aan verpakkingen. Deze bedragen zijn inclusief kosten voor straatvegen en het legen van prullenbakken. Zwerfafval inzameling valt nu onder de zorgplicht van de gemeenten. Het bedrijfsleven betaalt niet mee aan de inzameling

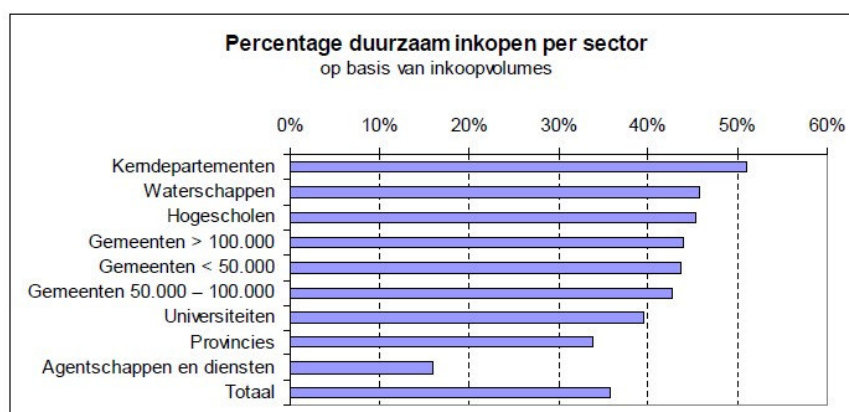
en verwijdering van zwerfafval, omdat behoudens de 11 miljoen specifiek voor het focusprogramma zwerfafval de vergoedingen die gemeenten uit het Afvalfonds krijgen niet bestemd zijn voor het opruimen van zwerfafval (VNG, 2009). Producenten alleen zijn niet verantwoordelijk voor de oplossing van de zwerfafvalproblematiek. Gedrag van de consument is verantwoordelijk dat het afval op de straat terecht komt waarvoor de gemeente een zorgplicht heeft.

Nederland kent ook het systeem van de verwijderingsbijdrage op elektrische en elektronische apparatuur. Met de middelen die hiermee worden gegenereerd dient het producerend bedrijfsleven zoveel mogelijk van deze apparatuur in te zamelen en her te gebruiken. Vanwege langdurige verschillen van inzicht tussen de producentenorganisaties voor deze apparatuur en de gemeenten (die de afgedankte apparatuur in de praktijk veelal inzamelen) is het percentage van de totale hoeveelheid producten dat wordt ingezameld nog lang niet op het gewenste niveau. Een andere oorzaak die hier aan ten grondslag ligt is dat burgers niet worden gestimuleerd om de apparatuur na gebruik daadwerkelijk naar de milieustraat te brengen, zoals bij voorbeeld bij een statiegeld/retoursysteem.

4.1.4 Duurzaam Inkopen

Duurzaam inkopen houdt in dat bij de aankoop van producten, diensten en werken gestreefd wordt naar meer duurzame grondstoffen en recyclede materialen, minder energieverbruik en afval en zo weinig mogelijk emissies (VROM, 2009b). Nederland implementeert hiermee de richtlijnen van de Europese Commissie die sinds 2004 duurzaamheidsoverwegingen en -criteria integreren in tenderspecificaties van de overheid. De doelstellingen zijn als volgt:

- Rijksoverheid: 100% Duurzaam Inkopen in 2010.
- Gemeenten: 75% in 2010 en 100% in 2015.
- Provincies en waterschappen minimaal 50% in 2010.



Figuur 4 - Monitor Duurzaam Inkopen 2008

Het effect van Duurzaam Inkopen is voorsnog gering, doordat de doelstelling nog niet gehaald worden. Elke twee jaar wordt de voortgang in kaart gebracht door de Monitor Duurzaam Inkopen van het Ministerie van VROM. Volgens de Monitoren 2006 en 2008 scoorde het Rijk 50% respectievelijk 52%, waarbij alleen de

kerndepartementen voor meer dan 50% van het inkoopvolume¹⁶ Duurzaam Inkopen (VROM, 2009b). Uit Europees onderzoek naar de 7 best presterende landen van de EU op gebied van Duurzaam Inkopen (Verenigd Koninkrijk, Oostenrijk, Zweden, Finland, Denemarken, Duitsland en Nederland) blijkt dat Nederland inkoopvolume *onderaan* staat met 27% (PWC, 2009). Om de doelstelling van 100% in 2010 te behalen, is er dus een aanzienlijke prestatieverbetering nodig. De Algemene Rekenkamer plaatst kanttekeningen bij de betrouwbaarheid van de Monitor-resultaten onder andere omdat deze zijn gebaseerd op enquêtes die de departementen zelf hebben ingevuld (Algemene Rekenkamer, 2009).

Bedrijven kunnen ook gebruik maken van een duurzaam inkoopbeleid van producten en grondstoffen. In Nederland hebben bedrijven als Unilever en Prorail, verschillende initiatieven genomen met betrekking tot de certificering van grondstoffen (Unilever) of de klimaatimpact van geleverde diensten (Prorail). Hierbij wordt echter niet noodzakelijkerwijs rekening gehouden met recycling of de afvalfase.

4.1.5 Regulering

Sinds 1997 is voor 35 afvalstromen een stortverbod van kracht, terwijl voor andere stromen een stortbelasting is ingevoerd. Ontheffing kon worden verkregen als de capaciteit in de afvalverbrandingsinstallaties (AVI's) niet toereikend was. Hoewel de ontheffingsmogelijkheden de flexibiliteit vergroten, is dit tegelijkertijd een uitholling van de geprefereerde volgorde van verwerking (de zgn. "Ladder van Lansink") (VROM, 1995).

Minimumstandaarden zijn een ander instrument om tot een (bijvoorbeeld) een minimum aandeel recycling of hergebruik te komen voor een gespecificeerde afvalstroom of materiaal. In feite kunnen de Europese richtlijnen voor recycling als zodanig geïnterpreteerd worden. Voor minimumstandaarden om effectief te zijn, is het noodzakelijk om goede definities van herverwerking te hanteren, en een goede monitoring van afvalstromen en materialen te implementeren.

Directe regulering kan een succesvol instrument zijn, mits de handhaving ervan consistent en gegarandeerd is. Handhaving is alleen werkbaar bij een relatief geringe groep van stakeholders en een efficiënt handhavingapparaat. In 1999 bleek de handhaving van het stortverbod op bouw- en sloopafval (BSA) problematisch, omdat beheerders van stortplaatsen geen verantwoordelijkheid hadden voor de controle van aangeboden partijen en gecertificeerde sloop- en sorteerbedrijven niet altijd de regels naleefden (VROM, 1999).

4.2 Beleidsaanbevelingen

Op basis van de modeloefening zijn negen prioritaire afvalstromen naar voren gekomen, vier in het huishoudelijk afval (HHA) en vijf in het grof huishoudelijk afval (GHA) en bouw- en sloopafval (BSA). In het HHA gaat het om kunststoffen, papier en karton, textiel en GFT, in het GHA en BSA hebben textiel (tapijt), PVC, betongranulaat, dakafval en hout prioriteit. Op de laatste drie na zijn deze afvalstromen eveneens prioritair in de voorgenomen ketenaanpak van het LAP.

¹⁶ In Monitor 2008 worden de doelstellingspercentages op inkoopvolumes gebaseerd en niet op inkoop aantallen "omdat in veel gevallen een groot inkoopvolume ook een relatief grote milieu-impact met zich mee brengt".

Hieronder worden een aantal beleidsaanbevelingen gedaan waarbij ervaringen in binnen- en buitenland kunnen bijdragen tot verdere beleidsdiscussie. We hebben in de volgende tabel per materiaal de kansrijke beleidsinstrumenten geïnterpreteerd.

Tabel 10 - Mogelijke beleidsinstrumenten voor de onderscheiden prioritaire afvalstoffen

	Voorlichting Informatie	Convenant	Financieel	Regulering
HHA				
Kunststoffen			Statiegeld	Draagtassen verstrekking & Inzameling
Papier en karton	Campagne grote steden			
Textiel	Campagne	Versterking inzamelpunten		
GFT			Subsidie vergisting	
GHA/ BSA				
Textiel/ tapijt				Product-regulering
PVC			Aanbesteding & Inkoopbeleid	Product-regulering
Betonggranulaat			Aanbesteding & Inkoopbeleid	Product-regulering
Dakafval				Stortverbod Verbrandingsverbod
Hout				Stortverbod

Huishoudelijk Afval

De landelijke doelstelling voor bronscheiding is 55%. De gemeenten dragen per stedelijkheidsklasse¹⁷ in verschillende mate bij. Hieronder is een overzicht gegeven van de doelstellingen voor bronscheiding bij de hier beschouwde afvalstromen. Voor textiel en papier zijn de resultaten van de 4 grootste steden van Nederland toegevoegd.

Tabel 11 - Richtlijnen LAP 1 voor bronscheiding per component (kg per inwoner)

STEDELIJK- HEIDS- KLASSE	BRON- SCHEIDING (%)		KUNSTSTOF		PAPIER		TEXTIEL		GFT	
	DOEL	RES.	DOEL	RES.	DOEL	RES.	DOEL	RES.	DOEL	RES.
1	43	21		1,2	60	37	5	2,7	35	15
<i>Amsterdam</i>					60	33	5	2,3		
<i>Utrecht</i>					60	46	5	-		
<i>Den Haag</i>					60	22	5	-		
<i>Rotterdam</i>					60	37	5	1,9		
2	53	46			75	62	5	3,7	85	70
3	56	54		2,2	85	72	5	4,2	105	93
4	60	58			90	80	5	4,4	125	106
5	60	58		1,9	95	84	5	4,0	140	121
Landelijk	55	48								

Bronnen: SenterNovem, Rotterdams Milieucentrum, Gemeente Den Haag en VNG.

¹⁷ Uitgedrukt in aantal aansluitingen per km²: klasse 1: meer dan 2.500; klasse 2: 1.500 tot 2.500, klasse 3: 1.000 tot 1.500, klasse 4: 500-1.000, klasse 5: minder dan 500

4.2.1 Kunststoffen in het HHA

Ruim 80% van het kunststofafval bestaat uit verpakkingen. Met de huidige stand van scheiding- en recyclingtechniek, zijn de meest aantrekkelijke producten flessen, flacons en draagtassen. Industriële kunststof- en transportverpakkingen kennen recyclingpercentages van 60% of meer, maar van de kunststofverpakkingen uit huishoudens werden tot voor kort slechts enkele procenten gerecycled. Dit is afgezien van statiegeldverpakkingen die tussen de 95% en 100% inzameling behalen (Bureau B&G, 2010). Volgens de raamovereenkomst van 2007 zijn gemeenten per 1 januari 2010 verplicht om over te gaan tot het scheiden van kunststof verpakkingafval.

Uit de modelresultaten blijkt dat alleen hoogwaardige recycling hier perspectieven biedt voor CO₂-reductie en energiebesparing¹⁸. Om dit te bewerkstelligen is, met de huidige stand der scheidingstechniek, bronscheiding noodzakelijk. In deze context betekent bronscheiding de inzameling van een eenduidige afvalstroom voor directe recycling d.w.z. zonder dat extra nascheiding noodzakelijk is. Bij een inzameling van een mengsel van kunststoffen is altijd nascheiding nodig om de verschillende soorten kunststoffen te sorteren. Daarom wordt voor hoogwaardige recycling een gescheiden inzameling op productniveau aanbevolen, en daarbij is statiegeld een geëigend instrument.

Voor *flessen en flacons* komen de resultaten van een inzamelsysteem zonder statiegeld (20-30% inzameling) niet in de buurt van resultaten van statiegeldsystemen (90-97%). Zij kennen aanzienlijk lagere respons en opbrengst (laagwaardigere vervangingen) en tegelijk kennen zij hogere transport- en schoonmaakkosten. Uit onderzoek naar de effectiviteit van statiegeldsystemen blijkt dat hoge rendementen mogelijk zijn. De staat Michigan in de Verenigde Staten heeft sinds 1978 een statiegeldsysteem voor flessen, waarbij op elke fles 10 UScent statiegeld wordt geheven. Uit de evaluatie over de periode 1990-2008, blijkt dat 97% van de flessen geretourneerd wordt, terwijl het gehele systeem wordt bekostigd uit de niet ingeleverde 3%. Deze opbrengst wordt verdeeld over inzamelaars (Michigan Dept. of Treasury, 2009).

Naast flessen en flacons zijn plastic *draagtassen* interessant. Een door VROM gesubsidieerde analyse uit 2007 stelt dat met het vermijden van de productie van 10% van de verkochte plastic draagtassen 10-20 kt plastic en daarmee 3 ktCO₂ kan worden vermeden (Greenwish, 2007). Wereldwijd hebben een aantal steden en landen al aangekondigd dat gratis verstrekking van plastic draagtassen verboden wordt. Tijdens het eerste convenant verpakkingen en ervaring in Nederland is de vraag naar plastic draagtassen met 25% gereduceerd door de consument te vragen of deze een tas wilde. In de Verenigde Staten nemen verschillende winkelketens deel aan een (vrijwillige) inzameling van plastic draagtassen via inzamelbakken bij de entree van de winkels. Een verplichting tot plaatsing en de organisatie van een inzamelstructuur door winkelketens kan noodzakelijk zijn om deze stroom gescheiden in te zamelen en hoogwaardig te kunnen recyclen.

4.2.2 Papier en karton in het HHA

In Nederland bestaat ongeveer 23% van het gescheiden ingezamelde papier en karton uit huishoudens uit verpakkingen. Daarnaast schat SenterNovem in dat ruim de helft

¹⁸ Bij laagwaardige recycling zijn de milieukosten voor transport hoger dan de milieuwinst die wordt geboekt door het vermijden van energiekosten voor het vervaardigen van het te vervangen product.

van het papier en karton in het huishoudelijk restafval herbruikbaar is, waarvan eveneens 1/3 deel verpakkingen. Gescheiden inzameling van papier en karton bij bedrijven is succesvol. In huishoudens komt papier en karton echter nog steeds in het restafval terecht. Voor de inzameling van papier en karton stelt SenterNovem dat “De meest geëigende methode is een haalsysteem met een inzamelfrequentie van minimaal 1x per vier weken (SenterNovem, 2009d). Met name in gemeenten met een hoge stedelijkheidsklasse waar relatief meer moet worden gebracht dan wordt opgehaald, blijft veel van het papier en karton achter in het afval (zie Tabel 11). Een verbeterde infrastructuur in steden voor het ophalen van papier en karton in grotere steden wordt aanbevolen om de resterende papierfractie op een effectievere manier in te zamelen.

4.2.3 Textiel in het HHA

Veel van het textielafval verdwijnt in het huishoudelijk restafval. De doelstelling van afvalscheiding van textiel is 50% van de draagbare kleding en lakens, dekens, grote lappen stof en gordijnen (ca. 5 kg per inwoner per jaar). Textiel wordt van oudsher grotendeels ingezameld door charitatieve instellingen, maar sinds 2003 is de lokale overheid primair verantwoordelijk voor textielafval. Bijna 80% van de gemeenten heeft de inzameling van textiel uitbesteed aan kringloopbedrijven en charitatieve instellingen. Het gescheiden ingezamelde textiel wordt hergebruikt als tweedehands kleding (producthergebruik) of gebruikt als grondstof in de textielindustrie (materiaalhergebruik).

Per stedelijkheidsklasse zijn geen sterke verschillen in de opbrengsten van textielinzameling waarneembaar. Duidelijkere communicatie en verbeterde verwerking van textiel is noodzakelijk om textiel uit het grijze afval te scheiden. Mogelijk is de concentratie van textielinzamelpunten te laag, en kan een verhoging tot een verbeterde inzameling leiden.

4.2.4 GFT in het HHA

GFT wordt nu grotendeels gecomposteerd. Uit de modelanalyse blijkt dat de hoogste CO₂- en energiewinst behaald kan worden door het GFT te vergisten. Het daarmee verkregen gas kan als groen gas afgezet worden of worden gebruikt voor elektriciteitsopwekking. De bouw van vergistingsinstallaties vergt kapitaal voor de investeringen voor de bouw ervan. Dit vormt een van de barrières voor de ontwikkeling van vergistingscapaciteit. Een subsidie voor het bouwen van dergelijke installaties, of voor geleverde energie uit een vergistingsinstallatie, kan helpen om de capaciteit uit te breiden.

4.2.5 Textiel in het GHA/BSA

Binnen de categorie textiel moet naast kleding en tapijt onder andere ook gedacht worden aan matrassen en bankstellen die voornamelijk worden gekraakt en verbrand. Van groot belang is dat de producten op recyclebare wijze uit elkaar kunnen worden gehaald. Naast een aparte inzamelcontainer op de milieustraat voor matrassen en bankstellen en een verbetering van verwerkingsstructuur moet een markt worden gecreëerd voor de grondstoffen.

Ook productgericht beleid met betrekking tot de materiaalsamenstelling van specifieke deelstromen kan worden overwogen. Dit kan worden gecombineerd met beleid en doelstellingen binnen Duurzaam Inkopen waarbij duurzame(re) vloerbedekking gelabeld wordt. Binnen het Duurzaam Inkopen voor kantoorstofferingsproducten is een criterium opgenomen waarbij van een hogere

waardering wordt toegekend naarmate er een groter percentage van het totale gewicht van vloerbedekking of zonwering bestaat uit gerecycled materiaal¹⁹. Er is daarnaast een gunningscriterium opgenomen waarmee het recyclen van snijafval worden beloond.

4.2.6 PVC in het GHA/BSA

In het kader van het LAP2 is PVC een van de prioritaire afvalstromen die via een ketengerichte aanpak benaderd wordt. Daarbij wordt in eerste instantie gekeken naar kozijnen, buizen, leidingen en kabels. In de loop van 2010 zullen eisen en wensen worden geformuleerd t.a.v. inzameling, herverwerking en inzet van recyclaat. Ingezameld PVC-materiaal wordt hergebruikt in drukloze toepassing zoals rioolbuizen. In het kader van een convenant uit 1992 tussen VROM en de brancheorganisaties uit de kunststofverwerkende industrie (NRK) is een aantal retoursystemen ontwikkeld waaronder kunststof gevelelementen via de VKG en kunststof leidingbuizen via het Buizen Inzamel Systeem (BIS) van Bureau Leiding.

Voor *kunststof gevelelementen* is een inzamel- en verwijderingsstructuur operationeel. In het verleden bestond hiervoor een vorm van verplichte verwijderingsbijdrage, maar op dit moment is het systeem gebaseerd op vrijwillige deelname. Oplossingsrichtingen uit de analyse t.a.v. PVC kozijnen in opdracht van de Vereniging Kunststof Gevelelementenindustrie (VKG) in januari 2010 zijn:

1. Verlagen logistieke kosten
2. Uitbreiden inzamelstructuur in Nederland
3. Voorlichting verbeteren als infrastructuur is uitgebreid
4. Aandeel regranulaat in nieuwe kunststof elementen verhogen.

Voor *kunststof buizen en leidingen* is een inzamel- en verwijderingstructuur operationeel, uitgevoerd door de Bureauleiding. Om hergebruik van de gebruikte materialen te garanderen is daarnaast binnen Duurzaam Inkopen een minimumeis opgenomen dat opgegraven materialen naar een erkend verwerker moeten worden afgevoerd. Aanbeveling hier is een goede monitoring van de resultaten. Daarnaast kan een aparte container voor PVC afval uit grof huishoudelijk afval bijdragen aan verdere verhoging van de recycling.

4.2.7 Betongranulaat in het GHA/BSA

Uit diverse studies blijkt dat de vrijkomende hoeveelheid betongranulaat in de komende jaren gaat verdubbelen, terwijl de traditionele afzet in ophogingen en funderingen stagneert²⁰. Volgens een door het Civieltechnisch Centrum Uitvoering Research en Regelgeving (CUR) over betonconstructies voor bouwwerken kan tot 50% grind vervangen worden door betongranulaat.

In de criteria voor Duurzaam Inkopen is opgenomen dat de toepassing van recyclinggranulaat in beton als duurzaam wordt aangemerkt. Deze categorie afval

¹⁹ Bij de berekening van dit percentage kan dematerialisatie leiden tot een lager gewichtspercentage. Uit milieuoogpunt is de inzet van minder materiaal met gelijke functionaliteit en levensduur echter positief. Binnen het duurzaam inkopen beleid wordt aandacht besteed aan het gewicht per functionele eenheid.

²⁰ zie ook de 'Scenariostudie BSA granulaten, aanbod en afzet van 2005 tot 2025', mei 2006, RWS DWW

verdient blijvende aandacht, zowel binnen de ketenaanpak in het LAP als binnen Duurzaam Inkopen.

4.2.8 Dakafval in het GHA/BSA

In de analyse wordt geschat dat dakafval voor 50% uit bitumen – gevaarlijk afval genoemd – bestaat, dat mag en zelfs moet worden gestort. De rest van het dakafval is onverbrandbaar. Het is hier van groot belang dat al het bitumen wordt gescheiden. De minimumstandaard voor bitumineus en teerhoudend dakafval is verbranden als vorm van verwijderen en dit geldt ook voor composieten van teerhoudend of bitumineus dakafval. Aanbevolen kan worden om naast het stortverbod ook te werken met een verbrandingsheffing zodat recycling wordt gestimuleerd.

5. Referenties

Afval Energie Bedrijf (2006) 'Meer Waarde uit Afval', AEB Amsterdam, Maart 2006

Algemene Rekenkamer (2009) 'Aandachtspunten Algemene Rekenkamer 'Duurzaam Inkopen'', Brief over Duurzaam Inkopen aan ministerie van VROM, juni 2009

Allwood, J., Laursen, S., de Rodriguez, C., Bocken, N., (2006) 'Well dressed? The present and future sustainability of clothing and textiles in the United Kingdom', University of Cambridge Institute for Manufacturing.

AO (2009) 'Minister wil LAP2 in november in werking', Afval Online 9 oktober 2009, www.afvalonline.nl/bericht?id=11925

AOO (2002) 'Milieueffectrapport Landelijk Afvalbeheerplan, Achtergronddocument A14 Uitwerking "GFT-afval", Afval Overleg Orgaan, 2001

AOO (2003) 'Samenstelling van gescheiden ingezameld oud papier en karton en glas uit huishoudens – resultaten sorteeranalyses 2002', Afval Overleg Orgaan, Utrecht, juni 2003

Arena, U., Mastellone, M., Perugini, F., (2003) 'Life Cycle Assessment of a Plastic Packaging Recycling System', *International Journal of Life Cycle Assessment* 8 2: 92-98

AVU (2008) 'Hoeveelheden en samenstelling van het grof huishoudelijk restafval in de provincie Utrecht (AVU)', Afval Verwijdering Utrecht, juli 2009

Bartl, A., Hackl, A., Mihalyi, B., Wistuba, M., Marini, I., (2005) 'Recycling of fibre materials', *Process Safety and Environmental Protection* 83 (B4), pp.351-358

BRBS (2010) Persoonlijke communicatie Dhr. M. de Vries, Branchevereniging Recycling, Breken en Sorteren

Bureau B&G (2009) Persoonlijke communicatie Dhr. R. van Duin, Bureau B&G, Emst 2009

CBS (2009) Gegevens StateLine database Centraal Bureau voor de Statistiek, statline.cbs.nl

CE Delft (2001a) 'Milieu en overige effecten van een belasting op verpakkingen van dranken', G. Bergsma, A. Schwencke, B. Potjer, O. Bello, Delft

CE Delft (2001b) 'De netto CO₂-emissie van hergebruik en energieproductie uit afval – Case studie voor afvalhout, mest, kunststof en papier', G. Bergsma, H. Croezen, O. Bello, Delft

CE Delft (2003) 'Verwerkingsroutes voor tapijt – Toetsing aan criterium energie', M. Sevenster, Delft

CE Delft (2007) 'CO₂ kentallen afvalscheiding', J. Benner, M. Otten, L. Wielders, J. Vroonhof, Delft

CE Delft (2008) 'Prioriteiten en aangrijpingspunten voor toekomstig afvalbeleid', M. Sevenster, G. Bergsma, D. Hueting, L. Wielders, F. Brouwer, Delft

Christel (2009) Communicatie met een PET granulaat producent Buhler via D. v.d. Velden

Christensen, T.H., F. Simion, D. Tonini, and J. Møller. 2009. Global warming factors modelled for 40 generic municipal waste management scenarios. *Waste Management & Research* 27: 871–884.

Cohen, D. 2007. Earth's Natural Wealth: an Audit. *New Scientist* 2605 (May 23rd, 2007): 34-41.

Graus, W., (2008) 'International comparison of fossil power efficiency and CO₂ intensity', report Ecofys, Utrecht

GreenWish (2007) 'Twee particuliere initiatieven – Plastic zakken bak', Utrecht, mei 2007

Grontmij/IVAM (2004) 'Herziening levenscyclusanalyse voor GFT-afval - Herberekening LCA bij het MER-LAP', In opdracht van de Vereniging Afvalbedrijven, De Bilt/Amsterdam

Gutowski, T., Dahmus, J., Albino, D., Branham, M., (2007) 'Bayesian material separation model with applications to recycling', *IEEE International Symposium on Electronics and the Environment*, corrected paper of 2007, januari 2008

Hartmann, D., (2006) 'Goud uit afval', Delft integraal – Wetenschap en onderzoek nr. 2, pp.3-7

Hedra (2009a) Beschikbare informatie op de website van Stichting HEDRA, www.hedra.nl

Hedra (2009b) Persoonlijke communicatie met Mevr. I. Eggerbond, Hedra, 10 november 2009

HVC (2010) Kentallen HVC bio-energiecentrale Alkmaar, website http://www.hvcgroep.nl/over_hvc/kengetallen, januari 2010

IEA (2008) 'CO₂ emissions from fuel combustion: beyond 2020 documentation', International Energy Agency, Paris

IPCC (2007) Climate Change 2007; Working Group III Report "Mitigation of Climate Change". Cambridge University Press, Cambridge, UK.

- IPTS (2006) 'Reference Document on Best Available Techniques for Waste Incineration', IPTS: Sevilla, Sapin
- IVAM (2008) 'Milieuanalyse vergisten GFT-afval', In opdracht van de Vereniging Afvalbedrijven, H. van Ewijk, Amsterdam
- IVM (2005) 'Effectiveness of landfill taxation', Bartelings, H., van Beukering, P., Kuik, O., Linderhof, V., Oosterhuis, F., IVM Institute for Environmental Studies, november 2005
- Klee, R.J. and T.E. Graedel. 2004. Elemental Cycles: A Status Report on Human or Natural Dominance. *Ann. Rev. Environ. Resour.* **29**:69–107.
- KplusV (2008) 'Onderzoek gemeentelijke inzameling kunststof verpakkingen', KplusV organisatieadvies, Arnhem, december 2008
- Krutwagen, B., van Ewijk, H., Jonkers, N., (2009) 'Quickscan CO₂-effecten inzameling integraal/deelfracties huishoudelijk afval (kunststof, glas, textiel, papier, gft en hout) voor Rotterdam', IVAM, Amsterdam
- LAP (2007) 'Landelijk Afvalbeheerplan 2002-2012 (LAP)', VROM, maart 2007
- LAP (2009) 'Landelijk Afvalbeheerplan 2009-2021 – Naar een materiaalketenbeleid', VROM, november 2009
- Laurijssen, J., M. Marsidi, A. Westenbroek, E. Worrell and A. Faaij. 2010. "Paper and Biomass for Energy? The Impact of Paper Recycling on Biomass Availability, Energy and CO₂ Emissions" *Resources, Conservation & Recycling* (in press).
- Lopez-Delgado, A., Pena, C., Lopez, V., Lopez, F.A., (2003) 'Quality of Ferrous Scrap from MSW Incinerators: A Case Study of Spain', *Resources, Conservation & Recycling* **40**: 39-51
- Michigan Department of Treasury (2009) 'Bottle Deposit Chart 1990-2008', Return Processing Division, Michigan Department of Treasury, September 2009
- Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu (VROM) (2009) Landelijk Afvalbeheerplan 2009-2021: Naar een Materiaalketenbeleid. Ministerie van VROM, Den Haag.
- Noordhoek (2009) 'Plastickringloop sluit steeds beter', *AfvalOnline* nr.2, december 2009
- Novem en RIVM (1992a) 'Energiekentallen in relatie tot preventie en hergebruik van afvalstromen', R. van Heijningen, J. de Castro, E. Worrell, februari 1992

- Novem en RIVM (1992b) 'Meer energiekentallen in relatie tot preventie en hergebruik van afvalstromen', R. van Heijningen, J. de Castro, E. Worrell, J. Hazewinkel, december 1992
- NovioConsult (2003) 'Handhaving afvalstoffenregelgeving', Frederiks, G., van Kessel, H., ten Holt, H., Klein Koerkamp, K., van Bergen, A., Nijmegen, april 2003
- NVMP (2008) 'Monitoringsverslag 2008', Stichting NVMP, juni 2009
- NVMP (2010) Persoonlijke communicatie Dhr. H. Bijker, NVMP, januari/februari 2010
- Omrin (2009) 'Productvreemde vervuiling in huishoudelijk papier – rapportage 2009, gegevens 2008', Y. Hoogland, maart 2009
- OVAM (2009) 'Resultaten vragenlijst over het ophalen, voorbehandelen en afzetten van post-consumer gemengde kunststoffen in Vlaanderen', OVAM, juni 2009
- PCI (2008) 'Post Consumer PET Recycling in Europe 2007 and Prospects to 2012', H. M. A.J. Noone, Derby, PETCORE: 20. pp.16
- GUA (2005) 'The contribution of plastic products to resource efficiency, Gesellschaft für Umfassende Analysen (GUA), Wenen, januari 2005
- PlasticsEurope (2008) 'Business Data and Charts 2007 by PlasticsEurope Market Research Group (PEMRG)', September 2008
- Previero (2009) Informatie over PET recycling machines en de implementatie van PET recycling machines, gecorrespondeerd via D. van der Velden, Previero Italie
- PwC (2009) 'Collection of statistical information on Green Public Procurement in the EU', PricewaterhouseCoopers, Significant and Ecofys, januari 2009
- PRN (2009a) 'Consumptie-, inzamel- en hergebruikdata van papier en karton in 2005-2008', Stichting Papier Recycling Nederland, mei 2009
- PRN (2009b) Informatieblad Feiten, wetenswaardigheden en standpunten over de inzameling en het hergebruik van oud papier en karton, Stichting Papier Recycling Nederland, juli 2009
- PRN (2009c) Factsheet omrekening aandeel oud papier en – karton in het huishoudelijk restafval naar gewicht op het moment van afdanken en in luchtdroge toestand, Stichting Papier Recycling Nederland, april 2010
- Prognos (2008) 'Resource savings and CO₂ reduction potential in waste management in Europe and the possible contribution to the CO₂ reduction target in 2020', Prognos in samenwerking met Ifeu en Institut für Umweltforschung (INFU), Berlijn, oktober 2008

- Quinkertz, R., Rombach, G., Liebig, D., (2001) 'A scenario to optimise the energy demand of aluminium production depending on the recycling quota', *Resources, Conservation and Recycling* 3 **33**: 217-234.
- Reimann, D., (2009) 'CEWEP Energy Report II (Status 2004-2007) - Results of Specific Data for Energy, R1 Plant Efficiency factor and Net Calorific Value (NCV) of 231 European WtE Plants', CEWEP, Brussel
- Rouw, M., (2009) 'Evaluating the packaging material impacts of packaging policy in the Netherlands – By defining a proper packaging material consumption baseline', M.Sc. Thesis Utrecht University, Utrecht, 2009
- Senternovem (2009a) 'Capaciteit inzet secundaire brandstof', website http://www.senternovem.nl/uitvoeringafvalbeheer/Cijfers/Afvalcijfers/Verwerking_van_afval/Capaciteit_secundaire_brandstof/index.asp (februari 2010)
- Senternovem (2009b) 'Samenstelling van het huishoudelijk restafval – Resultaten sorteeraanlyses 2008', Uitvoering Afvalbeheer, januari 2009
- Senternovem (2009c) 'Monitoringrapportage bouw- en sloopafval 2006-2007', april 2009
- Senternovem (2009d) Oud papier inzamelen en verwerken, website http://www.senternovem.nl/uitvoeringafvalbeheer/afvalscheiding/feiten_over_afval/papier_en_karton/opk_inzamelen_en_verwerken/index.asp, 2010
- Senternovem en Vereniging Afvalbedrijven (2009) 'Afvalverwerking in Nederland – gegevens 2008', Werkgroep Afvalregistratie, november 2008
- Tayibi, H., Pena, C., Lopez, F.A., Lopez-Delgado, A., (2007) 'Management of MSW in Spain and recovery of packaging steel scrap', *Waste Management* **27** (11): 1655-1665
- Vagron (1999) 'Realisatie en opstart van de scheiding- en vergistingsinstallatie van VAGRON in Groningen', Oorthuys, F., Luning, L., Brinkmann, A., Kamphuis, B. van Grontmij Water en Reststoffen, gecorrigeerd in augustus 2001
- Veerman, K., (2004) 'Revised stand on producer responsibility in waste policy in the Netherlands', *Economic Aspects of Extended Producer Responsibility*: pp. 135-149, OECD, Paris
- Vereniging Afvalbedrijven (2007) 'Jaarverslag 2007 – Monitoring reststoffen van verbranding van afval en zuiveringslib', Utrecht, oktober 2008
- VHT (2009) Vereniging Herwinning Textiel website www.textielrecycling.nl, november 2009
- VMK (2004) 'Hoge verwachtingen van het NASKAS project', VMK Impact dertiende jaargang, juni 2004, <http://www.vmk.nl/pages/downloads/documenten/VMK-Impakt%202004-03.pdf>

VNG (2009) 'Inspraak LAP', Brief over LAP aan ministerie van VROM, Vereniging van Nederlandse Gemeenten, januari 2009

VRN (2008a) Vlakglas Recycling Nederland Jaarverslag 2008
www.vlakglasrecycling.nl, november 2009

VROM (1995) 'Vaststelling van de begroting van de uitgaven en de ontvangsten van het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (XI) voor het jaar 1996, Tweede Kamer der Staten-Generaal, Vergaderjaar 1995-1996, 24 400 XI nr. 68

VROM (1999) 'Handhaving milieuwetgeving – brief van de minister van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Tweede Kamer der Staten-Generaal, Vergaderjaar 1999-2000, 22 343 nr. 47

VROM (2001) 'Informatieblad – Afval in Nederland: Productenverantwoordelijkheid', Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu, juni 2001

VROM (2007) 'Neveneffecten van productenverantwoordelijkheid in het afvalstoffenbeleid', Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu, maart 2007

VROM (2009a) 'Quick scan kwaliteit te verbranden afvalstoffen in AVI's', Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu, juni 2009

VROM (2009b) 'Monitor Duurzaam Inkopen 2008 – Meting van het niveau van duurzaam inkopen bij overheden', Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu, februari 2009

Witteveen + Bos (2008) 'Research into complementary waste streams for e-waste in the Netherlands', april 2008

Woolridge, A., Ward, G., Phillips, P., Collins, M., Gandy, S. (2006) 'Life cycle assessment for reuse/recycling of donated waste textiles compared to use of virgin material: An UK energy saving perspective', *Resources, Conservation and Recycling* **46**, pp.94-103

Bijlagen

SAVING MATERIALS

**COPERNICUS INSTITUUT VOOR MILIEUWETENSCHAPPEN & INNOVATIE STUDIES
UNIVERSITEIT UTRECHT
UTRECHT**

SEPTEMBER 2010

Universiteit Utrecht



Inhoudsopgave

Papier en karton.....	51
Glas.....	53
Textiel.....	55
GFT	57
Kunststoffen.....	59
Ferro metalen	62
Non-ferro metalen.....	64
Aluminium	64
Koper.....	65
Drankenkartons	67
Wit- en bruingoed	69
Hout.....	71
Steenachtig materiaal	73
Dakafval.....	74
Appendix A	75
Appendix B	76
Appendix C.....	78

Papier en karton

In 2008 werd 1240 kt papier en karton van huishoudens gescheiden ingezameld en vrijwel volledig gerecycled door de papierindustrie (PRN, 2009a). Het merendeel van het papier uit HHA wordt aangeboden als gemengd papier. In de EU is ca. 30% van het oud papier ingezameld als 'bont', ca. 40% betreft karton en de resterende 30% betreft hoogwaardig papier. Het gescheiden ingezamelde papier en karton wordt door scheidingsmachines gescheiden op kwaliteit (o.a. bij Norske Skog Parenco)²¹. Uit onderzoek naar de vervuiling van het oud papier in Nederland blijkt dat er gemiddeld 3,55% vervuiling zit in het gescheiden ingezamelde papier en karton (Omrin, 2009)²². Naast het gescheiden ingezamelde papier en karton belandt er nog 426 kt²³ van het recyclebare papier²⁴ en karton in het huishoudelijk restafval en wordt verbrand in een verbrandingsinstallatie²⁵ (Senternovem, 2009b).

Via recycling is een deel van de energie-inzet voor de productie van primair papier te besparen, namelijk een deel van de energie voor het pulpproces. De afgekeurde vezels (rejects) worden verwerkt tot brandstof voor cementovens.

Bij het recyclen van papier en karton spelen een aantal kwaliteitsfactoren een rol:

- Soort papier
- Wit versus bedrukt
- Vezeleigenschappen
- Aanraking met voedsel
- Menging met andere materialen

Gerecycled papier vervangt de productie van primair papier van houtvezels, waarbij 1 ton gebleekt pulp 2,2 ton hout vervangt en 1 ton ongebleekt pulp 2,02 ton hout vervangt (Novem en RIVM, 1992a). Aangenomen wordt dat het hout dat gebruikt wordt voor de productie van primair papier, vervangen wordt door het recyclen van papier en karton en gebruikt kan worden voor energieopwekking in een biomassacentrale. Voor deze energieopwekking in een biomassacentrale wordt een elektrisch rendement aangenomen van 34% (Laurijssen, 2009). Er zijn verschillende studies die een hoger elektrisch rendement rapporteren, een elektrisch rendement van 34% is vrij conservatief.

De elektriciteit die op deze manier wordt opgewekt vervangt elektriciteit van fossiele brandstoffen. De emissies die hiermee vermeden worden, worden toegerekend aan het recyclen van papier.

Bij meermalig hergebruik degradeert de kwaliteit van de papiervezel. De papiervezel wordt korter en de bindingcapaciteit van de vezel neemt af na het eerste gebruik.

²¹ Het sorteren van oud papier kost 11,25 kWh/ton oud papier.

²² Uit onderzoek is gebleken dat in het papier en karton uit grof huishoudelijk afval en bouw- en sloopafval ca. 20% vervuiling zit.

²³ De data van Senternovem 2009b zijn gecorrigeerd voor het aanhangend vocht. Het percentage absoluut vocht is hierbij vastgesteld op 38,8% (PRN, 2009c).

²⁴ Niet alle soorten papier en karton zijn geschikt voor hergebruik. Papiersorten als boeken, behang en sanitair papier zijn niet recyclebaar. Dit betekent dat niet 100% van het papier en karton herbruikbaar is (PRN, 2009b).

²⁵ De verbrandingswaarde van oud papier is 15,6 GJ/ton, waarbij wordt uitgegaan van de verbrandingswaarde van hout met een vochtigheidsgehalte van 10%.

Daardoor is de sterkte van gerecycled papier lager vergeleken met primair papier. Als de papiervezel vaker dan één keer wordt gerecycled, vermindert de bindingscapaciteit met 2% per keer. Daarnaast vermindert de bindingcapaciteit van vezels wanneer men een mix van verschillende papersoorten gebruikt. Dit wordt gezien als de belangrijkste downcycling factor voor oud papier.

In de CO₂-berekening wordt rekening gehouden met de energie die nodig is om oud papier geschikt te maken als grondstof voor papierproductie. Deze extra stappen, zoals het ontdoen van vervuiling, ontinkten, bleken etc. worden tijdens de stofvoorbereiding gedaan en afhankelijk van de geproduceerde papersoort vereist dit meer of minder stappen (Novem en RIVM, 1992a).

Het CO₂ rendement van recyclen is maximaal als oud papier op een zo hoogwaardig mogelijke manier wordt herverwerkt. Hiervoor moet niet al het oud papier worden ingezet voor papersoorten met lagere kwaliteit, zoals sanitair papier, verpakkingsmateriaal, of kranten (Novem en RIVM, 1992a).

In deze studie is aangenomen dat hoogwaardige recycling (recycling A) de productie van ontinkt gerecycled papier is. De productie van niet-ontinkt gerecycled papier valt onder laagwaardige recycling (recycling B). Laagwaardige recycling kost minder energie omdat de ontinkingstap wordt vermeden.

Gemiddeld bevat oud papier 2% inkt (massabasis). Hoe hoger de kwaliteitseisen, hoe meer vezels verloren gaan bij het ontinkten. De hoeveelheid rejects bij recycling ligt tussen de 1,9% (niet-ontinkt) en 11,9% (ontinkt) afhankelijk van de extra stappen die deze vezels doorlopen.

Voor categorie A recycling wordt aangenomen dat 1,12 ton oud papier nodig is voor de productie van 1 ton gerecycled papier. Voor categorie B recycling wordt aangenomen dat 1,02 ton oud papier nodig is voor de productie van 1 ton gerecycled papier (Laurijssen, 2009).

Op dit moment is het gescheiden ingezamelde papier en karton van hoogwaardige kwaliteit. Er is daarom aangenomen dat al het gescheiden ingezamelde papier en karton kan worden ingezet voor hoogwaardige recycling (recycling A).

Het is mogelijk om papier en karton uit het huishoudelijk restafval na te scheiden. Echter, er kleeft veelal nog te veel vervuiling aan waardoor het nog niet mogelijk is dit nagescheiden papier en karton her te gebruiken in de papierindustrie. Wel is het mogelijk dit nagescheiden papier en karton te gebruiken als secundaire brandstof voor bijvoorbeeld cementovens. Om deze reden is aangenomen dat nagescheiden papier en karton uit huishoudelijk restafval alleen gebruikt kan worden als secundaire brandstof en niet voor de productie van papier. Papier en karton uit bouw- en sloopafval kan worden gesorteerd waarna het alsnog als categorie A gerecycled kan worden, omdat hier minder vervuiling aan kleeft.

Glas

In 2008 werd 346 kt (container) glas gescheiden ingezameld uit het 'fijn' huishoudelijk afval. Dit gescheiden ingezamelde glas is ingezet voor de productie van nieuw glas, waarbij primair glas één-op-één vervangen wordt door glasscherven (recycling A). Gemiddeld bestaat de inhoud van de glasbak voor ongeveer 1% uit verontreinigingen, zoals doppen en kurken (AOO, 2003).

Naast het gescheiden ingezamelde glas kwam in 2008 185 kt verpakking- en niet-verpakkingsglas in het huishoudelijk restafval terecht dat verwerkt is in een AVI.

Tijdens de recycling van glas is de eerste stap de verwijdering van de verontreinigingen in de glasbak. Aangenomen is dat deze verontreinigingen verbrand worden in een AVI. Doorgaans worden de metalen doppen naar Hoogovens gebracht voor recycling. Echter, er is ons niets bekend over de samenstelling van de vervuiling om dit onderscheid te kunnen maken. Het opwerken van gescheiden ingezameld glas kost 0,33 GJ/ton brandstof en 2,8 kWh/ton elektriciteit (CE Delft, 2007).

Hierna wordt het glas naar de glasfabriek gebracht zodat het ingezet kan worden voor de productie van nieuw glas. Het kleine beetje vuil dat dan nog aan het glas zit verbrand op het moment dat het glas verhit wordt.

Glasscherven smelten bij een aanzienlijk lagere temperatuur dan de primaire (oorspronkelijke) grondstoffen van glas (kwartszand, soda, en kalk). Daarnaast moet bij het maken van primair glas rekening gehouden worden met de winning van de grondstoffen en de productie van glas hieruit.

Glas kan oneindig vaak gerecycled worden zonder dat er kwaliteitsverlies optreedt. Omdat de productie van glas uit grondstoffen meer energie kost dan recyclen en het verbranden van glas in een afvalverbrandingsinstallatie niets oplevert, bespaart het inzamelen en hergebruiken van glas energie en CO₂ emissies (CE, 2007). Ook worden bij de inzet van glasscherven procesemissies vermeden. De totale besparing aan CO₂ emissies komt neer op 286 kgCO₂/ton glasscherven.

In deze studie is geen onderscheid gemaakt tussen wit en gekleurd glas, omdat de verwerking en besparingen gelijk zijn voor wit en gekleurd glas. Echter, van gekleurd glas kan geen wit glas geproduceerd worden en wit glas met een te hoge verontreiniging van gekleurd glas kan ook niet meer gebruikt worden voor recycling in wit glas. Omdat witglas recycling niet 100% is zal er altijd glas geproduceerd moeten worden uit grondstoffen, omdat de hoeveelheid zuiver wit glas niet toereikend is.

De omvang van de stroom vlakglas in het afval is volgens Vlakglasrecycling Nederland totaal ruim 73 kt in 2008 (VRN, 2008a). Het grootste gedeelte hiervan komt waarschijnlijk vrij als bedrijfsafval van glaszetbedrijven en wordt niet meegenomen in deze studie. Van de ruim 73 kt vlakglas afval is ruim 67 kt glas, de rest bestaat uit hout, metalen, folie etc (VRN, 2008a).

Het CBS rapporteert een hoeveelheid van 9 kt gescheiden ingezameld vlakglas, waarschijnlijk het vlakglas dat wordt aangeboden op de milieustraat. Deze hoeveelheid vlakglas wordt toegerekend aan het grof huishoudelijk afval. Van het

ingezamelde vlakglas wordt 90% gerecycled²⁶ (VRN, 2008a). Glasscherven van vlakglas worden gebruikt in verschillende branches waarvan de belangrijkste de vlakglas- (13%), verpakkingsglas- (39%), en glaswolindustrie (37%) zijn. Met uitzondering van glaswol blijft het verkregen afvalproduct volledig inzetbaar als grondstof voor glasproductie (VRN, 2008a). In deze studie wordt aangenomen dat het gescheiden ingezamelde vlakglas voor 100% gerecycled wordt in vlakglas.

Naast de op de milieustraat gescheiden ingezamelde stroom, zit er nog 6 kt glas in het GHA restafval dat verbrand wordt in een AVI (AVU, 2008) en werd in 2008 8,7 kt aan glas gerecycled uit wit- en bruingoed (NVMP, 2008).

²⁶ Voor vlakglas productie en recycling zijn dezelfde energie- en CO₂ emissie cijfers gebruikt als voor productie en recycling van containerglas.

Textiel

In het huishoudelijk afval komt textiel voornamelijk voor in de vorm van kleding. In 2008 werd er volgens het CBS 70 kt aan textiel gescheiden ingezameld. Een groot deel van dit textiel wordt ingezameld door fondsenwervende instanties (Leger des Heils, Humana), kringlooporganisaties, en commerciële organisaties.

Daarnaast blijkt uit sorteeranalyses van het huishoudelijk restafval dat nog 153 kt textiel in het restafval terecht komt. Deze hoeveelheid is met het restafval verbrand in een AVI. Steekproeven hebben uitgewezen dat er nog grote hoeveelheden bruikbaar textiel onnodig tussen het restafval belandt.

Het gescheiden ingezamelde textiel wordt na inzameling gesorteerd tot drie productgroepen: draagbare kleding, materiaal geschikt voor recycling en poetslappen. Volgens de Vereniging Herwinning Textiel is het aandeel ingezameld textiel dat als kleding her te gebruiken is 40% van de totale hoeveelheid gescheiden ingezamelde textiel (VHT, 2009). De beste kwaliteit herbruikbare kleding wordt verkocht of geschikt gesteld aan hulpbehoevenden in Nederland. De overige kleding wordt geëxporteerd naar het buitenland waarbij Afrika en Oost-Europa de grootste afzetmarkten zijn (CE Delft, 2007).

Het recycle materiaal bestaat deels uit kapotte kleding dat gebruikt kan worden voor de productie van ander materiaal (hergebruik van wolvezels of gebruik voor productie vulmateriaal) of in de poetslappenindustrie. Voor de poetslappenindustrie wordt voornamelijk niet-herwinbaar katoen gebruikt, zoals van shirts en joggingbroeken (CE Delft, 2007). Dit materiaal wordt gebruikt in het bedrijfsleven, zoals drukkerijen, garages, machinefabrieken etc. (VHT, 2009). Tenslotte is ongeveer 8% van het gescheiden ingezameld textiel niet bruikbaar voor recycling en gaat alsnog naar de verbrandingsoven (VHT, 2009).

Wat betreft materialen bestaat de textielstroom ruwweg voor 50% uit kunststoffen en voor 50% uit natuurlijke materialen (Allwood et al., 2006). De aandelen materialen zijn geschat op: 40% polyester, 10% nylon, 50% katoen (CE Delft, 2008).

Voor textiel is het moeilijk om vast te stellen hoeveel grondstoffen niet gebruikt zijn als gevolg van hergebruik en recycling. Kleding veroorzaakt een nog groter probleem, omdat hiervan niet gezegd kan worden dat elk gerecycled kledingstuk een nieuw gekocht kledingstuk vervangt (Woolridge et al., 2006). Voor kleding hergebruik gaan we daarom uit van een substitutiefactor van 0,5. Hiermee wordt aangenomen dat het primaire materiaal een levensduur heeft die twee keer zo lang is als de levensduur van het secundaire materiaal (Prognos, 2008).

Wat er gebeurt met textielafval varieert en is afhankelijk van marktcondities. In Woolridge (2006) is voor de UK geschat dat in 1999 ongeveer 43% gebruikt werd voor tweedehands kleding, 22% werd gebruikt als vulmateriaal, 12% als poetslappen, en 7% voor hergebruik van de vezel. Omdat niet bekend is wat er precies met ingezameld textiel in Nederland gebeurt en welke materialen het vervangt, is alleen het hergebruik van kleding meegenomen in deze studie (recycling A). Het deel van het gescheiden ingezamelde textiel dat gebruikt wordt als vulmateriaal, poetslap of waarvan de vezels worden hergebruikt is niet meegenomen.

In het grof huishoudelijk afval komt textiel voornamelijk voor in de vorm van matrassen, vloerbedekking (tapijt), maar ook textiel van banken. In deze studie nemen we alleen de categorie vloerbedekking mee, waarbij aangenomen wordt dat het gaat om tapijt. CBS rapporteert een hoeveelheid gescheiden ingezamelde vloerbedekking van 13 kt (CBS, 2009). Daarnaast blijkt uit de sorteeraanlyse van de AVU dat er gemiddeld 12,5% vloerbedekking in het restafval zit, wat neerkomt op een hoeveelheid van bijna 84 kt (AVU, 2008). In deze studie gaan we uit van een totale hoeveelheid vrijkomende vloerbedekking van bijna 97 kt. Op basis van CE Delft (CE Delft, 2003) wordt ervan uitgegaan dat in 2008 het gescheiden ingezamelde tapijt ingezet werd als secundaire brandstof (13%), 62% van het tapijtafval verbrand werd in een AVI en 25% op de stort terecht kwam.

Tapijt bestaat gemiddeld voor 36% uit polypropyleen, 46% styreenbutadien latex rubber (SBR) en 18% nylon (PA-6) (Bartl, 2005). De calorische waarde van tapijt is 18 MJ/kg (CE Delft, 2003) en de gemiddelde CO₂ emissies bij verbranden, berekend aan de hand van de samenstelling van tapijt, bedragen 2950 kgCO₂/ton tapijt.

Voor tapijt zijn twee verwerkingsroutes bekeken; inzet als secundaire brandstof in een cementoven en verbranden in een AVI, waarbij het gebruik van fossiele brandstoffen wordt vermeden. Het is ook mogelijk de polymeren in het tapijt te recyclen. Echter, binnen deze studie is hier niet naar gekeken.

GFT

Het CBS rapporteert voor 2008 een hoeveelheid van 1300 kt gescheiden ingezameld groente-, fruit- en tuinafval van huishoudens (CBS, 2009). Het gescheiden ingezamelde GFT-afval blijkt gemiddeld 5% vervuiling te bevatten, voornamelijk papier en kunststof. Deze vervuiling wordt afgescheiden en verbrand (AAO, 2002).

Voor 2008 is bekend dat 85 kt van het gescheiden ingezamelde materiaal werd vergist. De Biocel van Orgaworld was in 2008 de enige vergistingsinstallatie in Nederland in werking en verwerkte 85 kt aan GFT-afval (Senternovem en VA, 2009). De rest van het gescheiden ingezamelde GFT-afval (1215 kt) is in 2008 gecomposteerd.

Sinds mei 2009 heeft de VAR een vergister volgens het propstroomprincipe (Kompogas) in gebruik genomen met een capaciteit van circa 70 kt op jaarbasis.

Naast het gescheiden ingezamelde GFT-afval, blijkt uit sorteeranalyses van het huishoudelijk afval dat er 19% (747 kt) groente- en fruitafval en 3,5% tuinafval in het huishoudelijk restafval zat (Senternovem, 2009b). Dit komt overeen met respectievelijk 747 kt en 138 kt (CBS, 2009). Eveneens wordt de categorie 'ondefinieerbare rest' toegekend aan GFT. Dit is 7,7% (303 kt) van het huishoudelijk restafval (Senternovem, 2009b). In totaal bestaat het huishoudelijk restafval voor bijna een derde (1187 kt) uit GFT-afval.

Hoewel bekend is dat diverse afvalverwerkingsinstallaties op dit moment een organisch natte fractie afscheiden, bedoeld voor compostering of vergisting, is niet bekend of dit in 2008 ook gebeurde. Ook is niet bekend welk deel van de organisch natte fractie uit GFT-afval bestaat. Om deze reden is aangenomen dat in 2008 al het GFT-afval in het huishoudelijk restafval verbrand is in een AVI.

De meest hoogwaardige optie voor recycling van GFT-afval is op dit moment vergisting (recycling A). Na een voorscheiding van het GFT-afval wordt het materiaal vergist, waarbij biogas wordt gewonnen dat wordt omgezet in elektriciteit met een rendement van 35% (IVAM, 2008). Met de productie van elektriciteit uit biogas wordt elektriciteitsproductie in conventionele centrales vermeden.

De biocel van Orgaworld werkt met een zogenoemd batch-proces en produceert 60 m³ per ton GFT afval. Voor deze studie is voor het referentiejaar een biogasproductie aangenomen van 60 m³ per ton GFT-afval. Het digestaat van vergisten wordt nagecomposteerd en ingezet als compost. Aangenomen wordt dat 0,4 ton compost per ton GFT-afval wordt geproduceerd (IVAM, 2008).

Inmiddels zijn er praktijkgegevens beschikbaar van de propstroomvergister (Kompogas) van de VAR die in mei 2009 in gebruik is genomen. Deze vergister produceert gemiddeld 127 m³ biogas per ton GFT afval. De biogasproductie van de VAR is aangenomen voor de verschillende scenario's in deze studie.

Het composteren van GFT-afval wordt gezien als laagwaardigere recycling (recycling B) dan vergisten. Hierbij wordt per ton GFT-afval alleen 0,4 ton compost geproduceerd en geen biogas (IVAM, 2008). Bij het composteren van GFT-afval

wordt geen energie en ook geen CO₂-emissies vermeden²⁷. Mogelijke CO₂ vastlegging in de bodem door het gebruik van compost is niet meegenomen, omdat de onzekerheden omtrent deze vastlegging in de bodem groot zijn. Composteren levert wel (mits de hoeveelheid zware materialen in het GFT-afval beperkt blijft) een goed bruikbaar product op en vermijdt kunstmestproductie en winning van veen.

Bij zowel vergisten als composteren wordt 0,4 ton compost per ton GFT-afval geproduceerd. Uit metingen van composteerders en de Biocel vergistinginstallatie blijkt dat de samenstelling van compost met of zonder vergisten vergelijkbaar is (IVAM, 2008).

Wel bedraagt het nacomposteringsproces van het digestaat bij vergisten de helft van de tijd van het direct composteren van GFT-afval. Het energieverbruik voor de composteringsstap bij vergisten is derhalve ook de helft van het energiegebruik van deze stap bij composteren (IVAM, 2008).

Het energieverbruik bestaat uit het voorscheiden, vergisten, (na)composteren, opbrengen van compost en het verbranden/storten van residu. Voor composteren bedraagt dit 92 MJ/ton GFT en voor vergisten 67 MJ/ton GFT. Vermeden energie bestaat uit het vermijden van winning van veen en het opbrengen van veen of kunstmest. Op basis van (Grontmij/IVAM, 2004) is aangenomen dat de 400 kg compost 73 kg veen en 27,3 kg kunstmest vervangt. Dierlijke mest wordt niet vervangen. Bij vergisten en composteren wordt 18,4 MJ/ton GFT aan energie vermeden door vervanging van veen en kunstmest.

Bij de verbranding van GFT-afval wordt rekening gehouden met de calorische waarde van 3,2 MJ/kg²⁸. Door het hoge vochtgehalte (60%) zal GFT een kleine bijdrage leveren aan de opwekking van energie uit het huishoudelijk afval (AAO, 2002).

Van het grof huishoudelijk afval wordt 434 kt grof tuinafval gescheiden ingezameld (CBS, 2009). Al het groenafval dat niet in de GFT-container van huishoudens past wordt gerekend onder grof tuinafval. Het gaat hierbij voornamelijk om takken, boomstammen, blad- en snoeiafval. Het groenafval van gemeentes en bedrijven wordt in deze studie niet meegenomen.

Net als GFT-afval kan een deel van het grof tuinafval verwerkt worden tot compost. Daarnaast worden bomen en takken gebruikt voor de productie van houtsnippers. Omdat niet bekend is hoeveel van het grof tuinafval in 2008 gecomposteerd werd en welk deel gebruik is voor de productie van houtsnippers is aangenomen dat 50% wordt verwerkt tot houtsnippers en 50% tot compost. Aan de productie van houtsnippers worden geen energieconsumptie en CO₂ emissies en besparingen toegerekend.

²⁷ Bij de benutting van compost als kunstmestvervanger wordt CO₂ vermeden bij de ammoniakproductie, maar deze hoeveelheid is gering en kan worden verwaarloosd.

²⁸ Berekend op basis van 40% droge stof met een verbrandingswaarde van 11,3 GJ/ton en 60% water met een verdampingswaarde van 2,26 bij 100 graden Celsius.

Kunststoffen

Voor deze studie wordt specifiek gekeken naar de vijf meest geconsumeerde kunststofsoorten voor zowel verpakkingen als niet-verpakkingen: PE (LDPE en HDPE), PP, PET, (E)PS en PVC (PlasticsEurope, 2008). De overige kunststoffen behoren tot de categorie 'overig'. Over de categorie 'overig' was onvoldoende informatie beschikbaar over de materiaalsamenstelling en om deze reden zijn de overige kunststoffen niet meegenomen in de analyse.

Gescheiden ingezamelde kunststoffen

Een deel van de kunststoffen in het afval wordt gescheiden ingezameld. De gescheiden inzameling van kunststoffen uit huishoudelijk afval (HHA) wordt ingedeeld in twee categorieën: via het statiegeldsysteem (nagenoeg monostroom PET) en via overige inzamelmethoden (heterogene kunststofstroom). De hoeveelheid PET-flessen (>0.5 L) ingezameld met het statiegeldsysteem bedraagt 25 kt (Bureau B&G, 2009 en Noordhoek, 2009). De hoeveelheid gescheiden ingezamelde kunststoffen via overige inzamelmethoden zijn gerapporteerd en berekend via (KplusV, 2008). Naast de 33 gemeentes die meewerkten aan de pilot van Nedvang/KplusV waren er in 2008 al 17 gemeentes bezig met het inzamelen van kunststof verpakkingsafval van huishoudens. Dit leverde een opbrengst van 3 kt op, inclusief vervuiling. Hiervan is 1 kt middels een brengsysteem ingezameld en 2 kt middels een haalsysteem (CBS, 2009). De gemiddelde vervuiling blijkt 13% te zijn. Verschillende aannames, gebaseerd op verschillende bronnen als CE Delft (2001b), PlasticsEurope (2008) en Senternovem (2009b), hebben geleid tot de volgende samenstelling van de gescheiden ingezamelde kunststoffen, exclusief vervuiling: 50% PE, 21% PP, 20% PET, 5% PS, 1% PVC en 4% overig.

De gescheiden ingezamelde hoeveelheid kunststoffen van huishoudens die het rapport van KplusV rapporteert, komt niet overeen met de 13 kt die het CBS rapporteert (CBS, 2009). Onbekend is wat de bron, de samenstelling en de verwerking is van de overige 10 kt. Bekend is dat de hoeveelheid van 13 kt door gemeentes is gerapporteerd, maar verdere informatie is niet beschikbaar. Om deze reden kan deze hoeveelheid niet meegenomen worden in het model.

Over volumes gescheiden ingezamelde kunststoffen uit het grof huishoudelijk afval en het bouw- en sloopafval is weinig bekend. Er is bij ons geen informatie beschikbaar over de volumes, samenstelling en verwerking van gescheiden ingezamelde kunststof uit deze afvalstromen.

Kunststoffen in het restafval

Het CBS rapporteert een hoeveelheid huishoudelijk restafval van 3932 kt (CBS, 2009). Het aandeel kunststoffen in het huishoudelijk restafval is door middel van een sorteeraanlyse gemeten op 19% (747 kt) en het aandeel kunststof verpakkingen is gemeten op 15% (590 kt) (SenterNovem, 2009b). Wanneer de gerapporteerde 'overgebleven drank/vervuiling/inhoud' hiervan afgehaald worden, komt het aandeel kunststof verpakkingen op 12,9% uit (507 kt). De gemiddelde vervuiling blijkt 14% te zijn. Verschillende aannames, gebaseerd op onder andere PlasticsEurope (2008), Senternovem (2009b) en CE Delft (2001b) hebben geleid tot de volgende

samenstelling van de kunststoffen in het huishoudelijk restafval: 58% PE, 20% PP, 7% PET, 8% PS, 3% PVC en 4% overig.

Het grof huishoudelijk restafval bestaat uit diverse categorieën kunststof afval: foam/EPS (25,5 kt), kunststof hard (57,2 kt) en kunststof folie (21,8 kt) (AVU, 2008). Aangenomen wordt dat de categorie harde kunststoffen bestaat uit 50% PVC en 50% PS en de categorie kunststof folie bestaat uit PE. Samengevat houdt dit in dat er 54,1 kt (E)PS, 28,6 kt PVC en 21,8 kt PE in het GHA restafval zit.

Van het bouw- en sloopafval is bekend dat in 2007 10 kt aan kunststoffen uit de gemengde stroom BSA is gesorteerd in sorteerinstallaties (Senternovem, 2009a). De samenstelling hiervan is onbekend. Aangenomen wordt dat het om PVC gaat, wegens de vele buizen, kozijnen en vloeren van PVC die het bouw- en sloopafval bevat.

Uit navraag bij verschillende sorteerbedrijven blijkt echter dat er grotere volumes kunststoffen uit het bouw- en sloopafval gesorteerd worden dan de monitoringsrapportage bouw- en sloopafval rapporteert. Op basis van twee sorteerbedrijven blijkt al 40 kt aan gemengde kunststoffen te zijn verwerkt. Het is bij ons op dit moment niet bekend wat de samenstelling van deze gemengde stroom kunststoffen is. Er is daarom voor gekozen om van 10 kt PVC uit te gaan.

Recycling

In deze studie wordt hoogwaardige recycling (recycling A) van kunststof (verpakking)materialen gedefinieerd als kunststofvervangende recycling, waarbij de kwaliteit van het gerecyclede materiaal gelijk is aan het primaire materiaal (1-op-1 vervanging). PET is hierop een uitzondering, omdat post-consumer PET, afkomstig van apart ingezamelde flessen, toegepast kan worden voor de productie van zowel flessen als voor de productie van vezels en sheets (PCI, 2008 p.16). Hoewel het opwerken naar flessen wordt gezien als een hoogwaardigere toepassing dan recycling in vezels voor fleecede, worden in deze studie beide toepassingen gezien als hoogwaardige recycling.

Onderzoek naar de gescheiden inzameling van harde kunststoffen in Vlaanderen heeft onder andere aangewezen dat het moeilijk is om homogeen maalgoed te verkrijgen van gemengd ingezamelde post-consumer kunststoffen. Dit komt door te grote vervuilingpercentages van zowel niet-kunststoffen als kunststoffen (OVAM, 2009).

Aangenomen wordt dat hoogwaardige recycling alleen bereikt kan worden door het verzamelen van monostromen kunststoffen. In 2008 werd dit in Nederland bereikt door middel van het statiegeldsysteem op PET flessen. De integraal ingezamelde kunststoffen en de kunststoffen uit de reststromen HHA, GHA en BSA kunnen niet hoogwaardig gerecycled worden.

Laagwaardige recycling van kunststof (verpakking)materialen wordt gedefinieerd als niet-kunststofvervangende recycling. Onderzoek naar de afzetmarkten van gerecyclede kunststoffen in Vlaanderen laat zien dat voorbehandelde post-consumer harde kunststoffen worden toegepast in dikwandige producten als bloempotten, bermpaaltjes, speeltoestellen, bumpers e.d. (OVAM, 2009).

In deze studie wordt aangenomen dat de heterogene kunststofstromen worden toegepast in producten die niet of slechts ten dele primair kunststof vervangen. Bijvoorbeeld de toepassing in bermpaaltjes, die doorgaans worden geproduceerd van

hardhout of beton. Aangenomen is dat de productie van kunststof bermpaaltjes, hardhouten bermpaaltjes vervangt.

Omdat een kunststof bermpaaltje 16,4 kg weegt en een hardhouten paaltje slechts 7 kg, wordt gerekend met een substitutiefactor van 0,43 (Novem en RIVM, 1992a).

Voor PET, PE en PP geldt dat het zogenaamde ‘gewenste plastics’ zijn en hierdoor worden deze kunststoffen gescheiden uit het (integraal) ingezamelde materiaal. Aangenomen wordt dat 80% van de integraal ingezamelde PET, PE en PP terecht komt in bermpaaltjes. Van de kunststoffen PS en PVC wordt slechts 33% toegepast in bermpaaltjes (Noordhoek, 2009).

Het hoog- en laagwaardig recyclen van kunststoffen bestaat uit verschillende processtappen. Allereerst worden de kunststoffen gecompacteerd, waarvoor 0,09 MJ/kg nodig is (Arena, 2003). Voor het sorteren bestaan vele scheidingstechnieken om vervuiling, niet-kunststoffen en ongewenste kunststoffen te scheiden. Voor het sorteren wordt aangenomen dat 0,044 kWh_e per kg en 0,11 MJ per kg nodig is (Arena, 2003). De totale hoeveelheid primaire energie en CO₂ emissies voor sorteren en compacteren is 561 MJ en 33,9 kg CO₂ per ton kunststof afval.

Voor de processen voorwassen, verkleinen, zuiveren, wassen, omsmelten en pelletiseren is 1,96 MJ brandstof en 0,837 kWh elektriciteit per kg kunststof flakes nodig (Christel, 2009). Dit komt overeen met 8,8 MJ_{primaire} per kg kunststof flakes. Dit is de energieconsumptie voor hoog- en laagwaardige recycling van PE, PP, PS en PVC. De productie van gerecyclede PET flessen en vezels kost respectievelijk 33 MJ en 13 MJ per kg product. Voor recycling A gaan we uit van 1/3 PET fles vervanging en 2/3 PET vezel vervanging, wat neerkomt op een energieconsumptie voor hoogwaardige recycling van 20 MJ/kg. In Tabel 12 is de energieconsumptie voor de productie van de verschillende primaire kunststoffen weergegeven.

Voor zowel hoog- als laagwaardige recycling geldt dat tijdens het sorteerproces 3% van de ingezamelde kunststoffen wordt afgekeurd (Previero, 2009). Bij de inzameling van flessen wordt rekening gehouden met het verlies door doppen, etiketten en vervuiling die met de flessen worden ingezameld (Bureau B&G, 2009). Daarnaast is er bij het extrusieproces een materiaalverlies van 2,5% (Previero, 2009).

Tabel 12 – Energieconsumptie en CO₂ emissies voor primair PE, PP, PS, PET, PVC

Kunststofsoort	Energieconsumptie voor productie primair kunststof (GJ/ton kunststof)	CO₂ emissies voor productie primair kunststof (kgCO₂/ton kunststof)
Polyethyleen	65,8	4786
Polypropyleen	62,6	4561
Polystyreen	79,1	5572
PET <i>Flessen</i>	103,9	7203
<i>Vezels</i>	97	7220
PVC	54,8	3695

Ferro metalen (ijzer)

Het ferro metaal dat vrijkomt in de stromen HHA, GHA en BSA wordt deels gescheiden ingezameld en deels teruggewonnen via voorscheiding door sorteerinstallaties of teruggewonnen uit de verbrandingslakken met behulp van magneten.

Terugwinning van ijzer uit de bodemas/slakken van een afvalverbrandingsinstallatie is echter minder aantrekkelijk dan terugwinning van ijzer vóór de verbranding via gescheiden inzameling of voorscheiding. Door de opwarming en plotselinge afkoeling van het staal ontstaan er scheuren en is er een toename van oxidevorming (Lopez-Delgado et al., 2003; Tayibi et al., 2007). Het ijzeroxide gehalte neemt toe van 8% tot 24%. Het na verbranding teruggewonnen schroot kan verder opgewerkt worden om de kwaliteit te verhogen en in te zetten in elektrische ovens of het kan ingezet worden in de staalfabriek.

De Vereniging Afvalbedrijven rapporteert dat in 2007 122,8 kt ferro metalen is teruggewonnen, vóór en na verbranding. Echter, de verbrandingsinstallaties verwerken niet alleen huishoudelijk ‘fijn’ en grof afval en het is niet precies bekend hoeveel ijzer specifiek is teruggewonnen uit de afvalstromen HHA en GHA.

Voor het huishoudelijk ‘fijn’ en grof afval is daarom de hoeveelheid voorgescheiden ferro metalen geschat aan de hand van de verwerkte hoeveelheid afval van de twee AVI's met voorscheidingsinstallatie ten opzichte van de totale hoeveelheid verwerkt afval in de afvalverbrandingsinstallaties in Nederland in 2008. Aangenomen is dat via voorscheiding 70% van de ferro metalen teruggewonnen worden.

Het ferro metaal in het huishoudelijk afval komt vrijwel allemaal terecht in het huishoudelijk restafval. In 2008 was het aandeel ferro metalen in het huishoudelijk restafval 3,1% (124 kt) (Senternovem, 2009b). Dit komt neer op een hoeveelheid voorgescheiden ijzer uit HHA van 12,7 kt.

Verder blijkt dat uit de verbrandingslakken van HHA 8% ferro metalen worden teruggewonnen (BRBS, 2010). Dit resulteert in een hoeveelheid teruggewonnen ijzer van 73 kt. In totaal wordt circa 70% van het in HHA aanwezige ijzer gerecycled.

CBS rapporteert een hoeveelheid van 83 kt gescheiden ingezamelde metalen die in deze studie worden toegerekend aan het grof huishoudelijk afval (CBS, 2009). Aangenomen is, op basis van sorteerproeven van grof huishoudelijk restafval, dat 73% van de metalen bestaat uit ferro metalen (60,4 kt). Het is echter waarschijnlijk dat een deel van deze 83 kt behoort tot het bouw- en sloopafval, waarbij het gaat om koperen leidingen, aluminium kozijnen etc. Daarnaast bestaat het grof huishoudelijk restafval voor 5,1% (34,5 kt) uit ferro metalen²⁹.

Aangenomen is dat uit het GHA 24,1 kt ijzer is voorgescheiden en 6,9 kt is teruggewonnen uit de verbrandingslakken.

Uit het bouw- en sloopafval is in 2007 370 kt metalen via grof voorsorteren gescheiden. Daarnaast werd door sorteerinstallaties 70 kt metalen uit het gemengde bouw- en sloopafval gesorteerd. Op basis van gegevens van sorteerbedrijven wordt

²⁹ Dit percentage is gebaseerd op sorteerproeven van grof huishoudelijk restafval (BRBS, 2010)

aangenomen dat circa 90% van deze gesorteerde metalen bestaat uit ijzer (BRBS, 2010).

Ook werd 39,4 kt metalen uit gewapend beton teruggewonnen. In totaal werd er uit het bouw- en sloopafval 435,4 kt ijzer teruggewonnen dat gebruikt is voor recycling. Het is mogelijk dat deze hoeveelheid niet een compleet beeld geeft van de hoeveelheid metalen die in het bouw- en sloopafval vrijkomt. Bouw- en sloopafval, dat uitsluitend uit metalen bestaat, zoals metalen balken of aluminium kozijnen vindt vaak via sloopbedrijven rechtstreeks zijn weg naar afnemers, die geld betalen voor deze producten. Deze producten worden niet teruggevonden bij sorteerbedrijven in het ongesorteerd bouw- en sloopafval (Senternovem, 2009c)

In deze studie is voor recycling van ijzer een onderscheid gemaakt tussen hoogwaardige- (recycling A) en laagwaardigere recycling (recycling B).

Aangenomen is dat het ijzer dat gescheiden wordt ingezameld of wordt teruggewonnen via voorscheiding gerecycled kan worden in de staalfabriek (recycling A). Hiermee worden de processtappen tot en met de hoogoven voor de productie van primair staal vermeden.

Van het ijzer dat wordt teruggewonnen uit verbrandingslakken is het gehalte ijzeroxide toegenomen met 8 tot 24%, afhankelijk van de verbrandingscondities (recycling B). In deze studie wordt uitgegaan van een gemiddelde toename in het gehalte ijzeroxide van 16%. Bij de inzet van dit teruggewonnen ijzer in een staalfabriek belandt deze 16% ijzeroxide in de assen van de staalfabriek, welke opnieuw worden ingezet in de sinterfabriek. Op deze manier is de besparing aan energie en CO₂ respectievelijk 2,5 GJ/ton staal en 250 kgCO₂/ton staal lager dan bij de inzet van ijzer dat voor verbranding gescheiden is.

Voor het teruggewonnen staal uit gewapend beton is aangenomen dat dit ingezet kan worden in de staalfabriek (recycling A).

Non-ferro metalen

In deze studie zijn van de non-ferro metalen aluminium en koper meegenomen in de analyse. Non-ferro metalen komen in alle drie de afvalstromen (HHA, GHA, BSA) voor en worden voornamelijk teruggewonnen via voorscheiding (in sorteerinstallaties) en terugwinning uit de bodemassen van de verbrandingsinstallaties met behulp van een eddy-current scheider.

Scheiden van non-ferro metalen uit onverbrand afval resulteert in het terugwinnen van 20% van de non-ferro fractie. Het resterende non-ferro metaal in het afval wordt alsnog verbrand (Vagron, 1999).

Bij het terugwinnen van non-ferro metalen uit niet-verbrand afval via voorscheiding, is de metaalconcentratie gemiddeld vijfmaal lager in gewicht en tienmaal lager in volume dan bij het terugwinnen na verbranding. Ook komen de metalen niet in een zuivere vorm voor in het afval, maar is het vaak onderdeel van een product. Verbranding kan daarom gezien worden als een scheidingsstap, want het scheidt de metalen van andere materialen (Hartmann, 2006). Echter, ook het terugwinnen van non-ferro metaal na verbranding resulteert in de terugwinning van slechts 20% van het non-ferro metaal (Hartmann, 2006). Ook gaat bij het verbranden van aluminium in een AVI 5-15% van de aluminium fractie verloren door middel van oxidatie (Quinkertz, 2001).

Bekend is dat er in 2007 19,8 kt non-ferro metalen³⁰ via zowel voorscheiding als na verbranding is teruggewonnen (Vereniging Afvalbedrijven, 2007). Aangenomen is dat 15% van de non-ferro metalen is teruggewonnen via voorscheiding en 85% uit de verbrandingslakken is teruggewonnen³¹. De afvalverwerkingsinstallaties in Nederland verwerken echter meerdere afvalstromen (zoals bedrijfsafval, industrieel afval en reinigingsdienstafval) dan meegenomen in deze studie. Het is onbekend hoeveel van de non-ferro metalen uit de afvalstromen huishoudelijk fijn en grof worden teruggewonnen.

Om deze reden is aangenomen dat van alle non-ferro metalen 20% wordt teruggewonnen via voorscheiding en terugwinning uit de verbrandingslakken.

Aluminium

In 2008 blijkt uit sorteeranalyses de non-ferro fractie in het huishoudelijk restafval 0,97% te zijn (Senternovem, 2009b). Dit komt overeen met een hoeveelheid van 38 kt, bestaande uit verpakkingen (24 kt) en niet-verpakkingen (14 kt). Omdat de samenstelling van dit non-ferro afval niet bekend is, is aangenomen dat de verpakkingen bestaan uit aluminium en de niet-verpakkingen voor 50% aluminium en 50% koper bestaan. In totaal zit er 31 kt aluminium in het huishoudelijk restafval dat verbrand wordt in een AVI. Bij het opwerken van de verbrandingslakken wordt aangenomen dat 20% van het aluminium wordt teruggewonnen, wat neerkomt op recycling van 6,2 kt aluminium uit het HHA.

³⁰ De bijdrage van aluminium en koper is onbekend.

³¹ Het percentage voorgescheiden materialen is berekend aan de hand van de verwerkte hoeveelheid afval van de twee AVI's met voorscheidingsinstallatie ten opzichte van de totale hoeveelheid verwerkt afval in de AVI's in Nederland in 2008.

In het grof huishoudelijk afval wordt 83 kt metalen gescheiden ingezameld (CBS, 2009). Op basis van sorteeranalyses van de metalen in het grof huishoudelijk restafval wordt aangenomen dat 27,3% van de gescheiden ingezamelde metalen bestaat uit non-ferro metalen. Uit gegevens van sorteerbedrijven blijkt dat de non-ferro metalen in het afval ruwweg voor 50% uit aluminium en 50% koper bestaan (BRBS, 2010). In totaal wordt er 11,3 kt aluminium gescheiden ingezameld.

Naast het gescheiden ingezamelde aluminium bestaat het grof huishoudelijk restafval voor 1,9% uit non-ferro metalen (12,9 kt), waarvan aangenomen dat 50% aluminium (6,5 kt) is.

In totaal komt er 17,8 kt aluminium vrij in het grof huishoudelijk afval. Van het aluminium in het grof huishoudelijk restafval wordt 1,3 kt (20%) na verbranding teruggewonnen. In totaal wordt er 12,6 kt aluminium uit het grof huishoudelijk afval gerecycled.

In het bouw- en sloopafval komt via grof voorsorteren 370 kt metalen vrij en via sorteerinstallaties wordt 70 kt uit het gemengd BSA gesorteerd (Senternovem, 2009c). Op basis van gegevens van sorteerbedrijven wordt aangenomen dat circa 90% van de metalen bestaat uit ijzer (BRBS, 2010). De overige 10% bestaat voornamelijk uit aluminium (circa 50%) en koper (circa 50%). Hieruit volgt dat in het bouw- en sloopafval 22 kt aluminium vrijkomt dat gerecycled wordt.

Voor aluminium wordt één recyclingoptie bestudeerd; de productie van secundair aluminium³².

Secundair aluminium wordt geproduceerd door het smelten en raffineren van aluminium afval in smeltovens. Hierbij worden halfproducten (ingots) geproduceerd, die verder verwerkt kunnen worden in met name gieterijen. Een modern smeltoven voor aluminium gebruikt ongeveer 6,4 GJ/ton aan brandstof en 40 kWh/ton elektriciteit. Het sorteren van gescheiden ingezameld aluminium kost circa 37 kWh/ton (Quinkertz, 2001).

In deze studie wordt aangenomen dat recycling van aluminium de productie van primair aluminium vermijdt. Echter, in de praktijk is voor secundair aluminium gedeeltelijk een andere afzetmarkt waarbij geen primair aluminium vermeden wordt.

Koper

Voor koper in het huishoudelijk afval is aangenomen dat de niet-verpakkingen in het huishoudelijk restafval (14 kt) voor 50% bestaan uit koper. Dit komt neer op een hoeveelheid van 7,1 kt koper in het huishoudelijk restafval dat verbrandt wordt. Via opwerking van de verbrandingsslakken wordt 20% (1,4 kt) van het koper teruggewonnen voor recycling.

In het grof huishoudelijk afval wordt in totaal 11,3 kt koper gescheiden ingezameld (zie sectie Aluminium). Ook zit er nog 1,9% non-ferro metalen in het grof huishoudelijk restafval, waarvan is aangenomen dat 50% bestaat uit koper (6,5 kt). In totaal komt er 17,8 kt koper vrij in het huishoudelijk afval. Hiervan werd 20% (1,3 kt) na verbranding teruggewonnen voor recycling. Totaal werd 12,6 kt aan koper gerecycled uit het grof huishoudelijk afval in 2008.

³² Gerecycled aluminium wordt aangeduid als secundair aluminium.

Voor bouw- en sloopafval wordt op basis van beschikbare gegevens aangenomen dat 10% van de gesorteerde metalen (440 kt) bestaat uit non-ferro metalen (BRBS, 2010). Hiervan is circa 50% koper, wat neerkomt op een 22 kt dat wordt gerecycled.

Ook voor koper wordt één recyclingoptie meegenomen in de analyse. Aangenomen is dat gerecycled koper primair koper vervangt. Om secundair koper hoogwaardig toe te kunnen passen moet het opnieuw worden geraffineerd. Recycling via elektrorafinage kost 343 kWh/ton koper en 107 MJ/ton koper. Hiermee wordt in totaal 83 GJ/ton koper en 5635 kgCO₂/ton koper voor de productie van primair koper vermeden.

Drankenkartons

Met drankenkarton worden zowel sappakken (aseptisch) als zuivelpakken (septisch) bedoeld. De afvalstroom drankenkartons is op zichzelf niet erg groot en komt vanzelfsprekend niet voor in grof huishoudelijk afval en bouw- en sloopafval. Drankenkartons worden meegenomen in deze studie, omdat er recent veel te doen is rondom de verbetering van inzameling en recycling van drankenkartons.

Voor 2008 is aangenomen dat er 65 kt aan drankenkartons in het huishoudelijk restafval zat. Volgens sorteeranalyses van Senternovem is het aandeel drankenkartons in het huishoudelijk restafval 3,1% (Senternovem, 2009b). Het CBS rapporteert een hoeveelheid restafval van 3932 kt (CBS, 2009). Deze cijfers geven aan dat het aandeel drankenkartons in het huishoudelijk afval ongeveer 120 kt bedraagt. De gegevens van Senternovem zijn echter niet gecorrigeerd voor het aanhangend vocht en vervuiling.

Daarnaast rapporteert Papier Recycling Nederland dat er circa 67 kt drankenkartons op de markt komt (consumptie) (PRN, 2009a). Hiervan kan aangenomen worden dat 80% in het huishoudelijk restafval terecht komt. Dit komt neer op 55 kt aan drankenkartons.

Hieruit blijkt dat de cijfers van Senternovem en PRN uiteenlopen wat betreft de hoeveelheid drankenkartons in het huishoudelijk restafval. Voor deze studie is een hoeveelheid van 65 kt aangenomen.

Hoewel in 2004 het project NASKAS (NAScheiding Kunststoffen en drankenkartons uit huishoudelijk restafval door middel van Automatische Sortering) bij VAGRON, SBI Friesland en Essent Milieu in Wijster heeft plaatsgevonden, was er in 2008 geen sprake van nascheiding van drankenkartons (VMK, 2004). De drankenkartons in het restafval zijn in 2008 verbrand in een AVI.

Drankenkartons worden maar in gering mate gescheiden ingezameld (Hedra, 2009a). Volgens PRN zijn er in 2008 3,05 kt drankenkartons gescheiden ingezameld (PRN, 2009a). Van de gescheiden ingezamelde drankenkartons werd het karton (78%; 2,4 kt) gerecycled en de aluminium/kunststof fractie (22%; 0,67 kt) werd ingezet als subcoal in een cementoven (Hedra, 2009a).

Over de gemiddelde materiaalsamenstelling van drankenkartons kan het volgende gezegd worden:

- De samenstelling van een 1 liter drankenkarton varieert van 88% karton (Liquid Packaging Board of LPB) en 12% PE (septisch zonder dop) tot 70% LPB, 20% PE en 5% aluminium (aseptisch met dop) (Hedra, 2009a; Bureau B&G, 2009).
- Volgens HEDRA zijn alle soorten in gelijke mate aanwezig op de markt als het gaat om gewichtspercentages (Hedra, 2009b).

De gemiddelde samenstelling van drankenkartons die is aangenomen is: 78% karton, 19% PE en 3% aluminium.

Voor drankkartons is slechts één recycling optie bestudeerd waarbij het papier gescheiden wordt van het aluminium/kunststoflaagje. De papierpulp wordt vervolgens verwerkt tot niet-verpakkingen papierproducten en het aluminium/kunststof wordt ingezet als secundaire brandstof. Dit is de manier waarop gescheiden ingezamelde drankkartons in Nederland worden hergebruikt. Aangezien er onvoldoende informatie voorhanden is over hoogwaardigere inzet van het gescheiden aluminium/kunststof wordt alleen deze recyclingmethode geanalyseerd.

Om het papier van drankkartons te kunnen recyclen is het noodzakelijk de laminaten (laagjes van verschillende materialen) van papier, kunststof en aluminium van elkaar te gescheiden. Dit is een energie-intensief proces. Aangenomen wordt dat 14 MJ/kg drankkarton nodig is voor het scheiden en schoonmaken van gescheiden ingezamelde drankkartons bedoeld voor recycling (CE Delft, 2001a). Het aluminium en kunststof wordt in balen geperst en toegepast als secundaire brandstof in de cementindustrie (Hedra, 2009a). Aangenomen wordt dat de papierpulp uit het scheidingsproces op dezelfde wijze verwerkt wordt als gescheiden ingezameld papier en karton en ingezet kan worden voor hoogwaardige recycling (recycling A; zie aannames papier en karton).

Wit- en bruingoed

Hoeveel wit- en bruingoed (WEB) er precies vrijkwam van huishoudens in 2008 is niet precies bekend. Door Witteveen en Bos (W&B) is een zo accuraat mogelijke schatting gemaakt van de hoeveelheid e-waste die in Nederland vrijkomt en de complementaire stromen die daarbij ontstaan (Witteveen + Bos, 2008):

- E-waste betreft alle afgedankte huishoudelijke elektrische en elektronische apparaten (EEA).
- Met complementair e-waste wordt het e-waste bedoeld dat niet door de NVMP en ICT-Milieu wordt ingezameld maar via andere kanalen wordt afgevoerd.

In het rapport van Witteveen + Bos (Witteveen + Bos, 2008) wordt de hoeveelheid vrijkomend wit- en bruingoed, gebaseerd op een studie van de United Nations University (UNU), geschat op 18,5 kg/inwoner, totaal 304 kt in 2008 in Nederland. Hiervan was ongeveer 161 kt witgoed, 112 kt bruingoed en 31 ton klein EEA.

In de studie van Witteveen + Bos wordt een onzekerheidsmarge van 15% aangehouden, vanwege de schattingen die gemaakt zijn wat betreft het gemiddelde gewicht van de apparatuur, levensduur, en het aantal apparaten gebruikt per huishouden.

Van de totale hoeveelheid vrijkomend WEB wordt ongeveer 94 kt (5,7 kg/inwoner) aan apparatuur ingezameld door de stichting NVMP en stichting ICT Milieu (Witteveen + Bos, 2008). Daarnaast komt er nog een hoeveelheid klein EEA in het 'fijn' huishoudelijk restafval terecht van 22 kt volgens het CBS, terwijl het rapport van Witteveen + Bos rapporteert over 33 kt (2 kg/inwoner) (CBS, 2009 en Witteveen + Bos, 2008). Er wordt vanuit gegaan dat rond de 41 kt op de gemeentelijke milieustraat terecht komt en ongeveer 59 kt (3,6 kg/inwoner) bestaat voornamelijk uit boilers die doorgaans worden ingenomen door het installatiebedrijf wanneer een nieuwe boiler geplaatst wordt. Uiteindelijk blijft er een categorie 'onzeker' over van 77 kt (4,7 kg/inwoner) (Witteveen + Bos, 2008).

Het is niet precies bekend wat er gebeurt met het WEB dat op de gemeentelijke milieustraat terecht komt en wordt ingenomen door installatiebedrijven/kringloopbedrijven. Witteveen + Bos geven aan dat een deel van het WEB in deze stromen uit elkaar gehaald wordt waarna de bruikbare materialen eruit gehaald worden en dat een deel van deze stroom mogelijk naar het buitenland wordt afgevoerd (Witteveen + Bos, 2008). Hoeveel materialen uit deze stromen wit- en bruingoed uiteindelijk gerecycled worden, is met de beschikbare data niet vast te stellen.

Alleen van de NVMP is bekend hoeveel van de materialen uit de ingezamelde stroom wit- en bruingoed gerecycled worden. Op dit moment wordt ruim 80% van de materialen uit WEB gebruikt als secundaire grondstof (NVMP, 2008). De overige 20% bestaat voornamelijk uit gemengde restfracties die deels ongeschikt zijn voor hergebruik (NVMP, 2010). Uit de 74 kt die via de NVMP ingezameld worden, worden de volgende hoeveelheden materialen gerecycled:

- Aluminium: 1,8 kt
- Koper: 2,1 kt
- Ijzer: 35,4 kt
- Glas: 8,7 kt

- Andere metalen: 1,1 kt³³
- Kunststoffen: 10 kt

Voor de kunststoffen wordt uitgegaan van een samenstelling van 30% ABS-ASA-SAN, 20% PS en 20% PP. Dit is gebaseerd op de samenstelling van kunststoffen gebruikt voor de productie van WEB apparatuur in 2000 (GUA, 2005)

Het extrapoleren van de hoeveelheden terug te winnen materialen uit WEB die de NVMP rapporteert voor de specifieke WEB stroom die de NVMP inzamelt, is niet mogelijk voor de andere stromen WEB die vrijkomen (gemeentelijke milieustraat, installatiebedrijven). De reden hiervoor is de sterk uiteenlopende samenstelling van apparaten in de verschillende stromen (Witteveen + Bos, 2008).

Voor het EEA in huishoudelijk restafval is, vanwege gebrek aan andere informatie, aangenomen dat het dezelfde samenstelling heeft als het WEB dat door de NVMP wordt ingezameld en dat dezelfde materialen uit het EEA gerecycled kunnen worden.

In deze studie wordt alleen de recycling van materialen meegenomen die door de NVMP gerapporteerd zijn. Aangenomen wordt dat het grootste deel van deze materialen hoogwaardig gerecycled worden. Kunststoffen zijn hierop een uitzondering, aangenomen is dat deze laagwaardig gerecycled worden³⁴.

Energiegebruik voor het transporteren en scheiden van de verschillende materialen uit WEB zijn niet meegenomen in de berekeningen. Ook het verwerken van de restfracties en de overige WEB stroom (niet ingezameld door de NVMP) zijn niet meegenomen in de berekeningen, omdat hierover te weinig bekend is.

³³ Niet meegenomen in deze studie, omdat niet bekend is uit welke metalen dit bestaat.

³⁴ Zie voor de recycling van de materialen uit WEB de aannames die gemaakt zijn per materiaalsoort.

Hout

Afvalhout ontstaat na het afdanken van houtproducten (gebruikt hout) en bij de houtverwerkende industrie (resthout). Afvalhout wordt over het algemeen onderverdeeld in drie categorieën welke de vervuilingsgraad aangeeft:

- A-hout, redelijk schoon bouw- en sloophout;
- B-hout, plaatmateriaal en licht geverfd hout;
- C-hout, geïmpregneerd hout en hout dat vermengd is met ander afval.

Zowel A- als B-hout kan gebruikt worden voor zowel materiaalhergebruik als energieopwekking. C-hout kan echter uitsluitend gebruikt worden voor energieopwekking vanwege de vervuiling.

Volgens een rapport van Probos kwam er in 2007 1485 kt aan afvalhout vrij (gebruikt A-, B-, C-hout). Hiervan is bekend dat er 325 kt verwerkt is in Nederland (54% palletindustrie, 6% decochips, 40% energieopwekking) en dat de rest, 1160 kt, naar voornamelijk Duitsland en België wordt uitgevoerd voor verdere verwerking (46% spaanplaatindustrie, 54% energieopwekking) (Leek et al., 2009).

Gebruikt hout komt vooral voor in het grof huishoudelijk afval en het bouw- en sloopafval. In het huishoudelijk ‘fijn’ afval komt slechts een kleine hoeveelheid (153 kt) hout voor (CBS, 2009). Dit hout wordt aangemerkt als C-hout, vanwege de aanraking met ander afval, en kan niet ingezet worden voor materiaalhergebruik. De hoeveelheid hout in het gescheiden ingezamelde GFT-afval is verwaarloosbaar klein (Leek et al., 2009).

Het grof huishoudelijk afval bevat een aanzienlijke hoeveelheid hout, welke vaak op gemeentelijke werven gescheiden wordt in A, B en C-kwaliteit hout. In totaal werd in 2007 348 kt A-, B-hout en 36 kt C-hout aangeboden (Leek et al., 2009).

Van specifiek het afvalhout uit het grof huishoudelijk afval is niet bekend hoe dit verwerkt wordt, in het Probos rapport wordt het grof huishoudelijk afval samengenomen met bedrijfsafval, industrieel afval en afval van instellingen. In deze studie is aangenomen dat het hout uit grof huishoudelijk afval met A- en B-kwaliteit voor 50% wordt gebruikt voor energieopwekking en voor 50% wordt gebruikt voor materiaalhergebruik. Deze aanname is gebaseerd op de verwerking van de totale hoeveelheid afvalhout zoals hierboven beschreven.

Bij grote bouw- en sloopprojecten worden afvalstromen zeer selectief gescheiden en afgevoerd, omdat dit de kosten van verwerking drukt. Deze containers bevatten vaak gescheiden A- en B-hout. Echter, bij kleinere bouw- en sloopprojecten wordt het hout vaker in een gemengde bak aangeboden. Deze gemengde bak wordt in toenemende mate in sorteerinstallaties gesorteerd.

Via grof voorsorteren is 730 kt afvalhout uit de aangeboden stroom bouw- en sloopafval gehaald. De hoeveelheid hout dat door sorteerinstallaties uit het gemengde bouw- en sloopafval gesorteerd werd is 390 kt A-, B-hout en 20 kt C-hout. De LMA gegevens wijken hier echter van af (530 kt A- en B-hout en 100 kt C-hout) (Senternovem, 2009c).

Van het bouw- en sloopafval is bekend dat in 2006 ongeveer 1% van de totale hoeveelheid gebruikt hout is verwijderd door verbranding of storten. Ongeveer 99%

had een nuttige toepassing, waarvan 61% materiaal hergebruik, 2% inzet als brandstof, en 36% verbranden met energierugwinning (Leek et al., 2009).

In deze studie wordt aangenomen dat het afvalhout dat wordt ingezet voor materiaalhergebruik wordt hergebruikt in de spaanplaatindustrie (recycling A). Hiermee vervangt dit de productie van spaanplaat van primair hout. Daarnaast wordt aangenomen dat energieopwekking van afvalhout gebeurt in een biomassa energie centrale met een elektrisch rendement van 30% (HVC, 2010).

Steenachtig materiaal

Het vrijkomende steenachtig materiaal komt voornamelijk vrij in het bouw- en sloopafval. Ruim 90% van de circa 26 miljoen ton bouw- en sloopafval dat jaarlijks vrijkomt, bestaat uit steenachtig materiaal, zoals betonpuin, metselwerkpuin, asfalt en gemengd puin. Dit puin wordt gebroken tot granulaat en vrijwel volledig hergebruikt in de wegenbouw en fundering- en ophoogmarkt (Senternovem, 2009c)

In het bouw- en sloopafval gaat het in totaal om een hoeveelheid gescheiden ingezameld steenachtig materiaal van 19,5 Mton en een hoeveelheid gesorteerd puin en zeefzand van 1,3 Mton.

Op de milieustraat wordt schoon puin en schone grond uit het grof huishoudelijk afval gescheiden ingezameld. Volgens CBS bedroeg in 2008 de hoeveelheid schone puin 444 kt en schone grond 111 kt (CBS, 2009). Daarnaast blijkt uit sorteeranalyses van de AVU (AVU, 2008) dat er 10,8 kt steenachtig materiaal in het GHA restafval zit.

Uit sorteeranalyses van het huishoudelijk restafval blijkt dat 2,6% van het restafval bestaat uit steenachtig materiaal. Dit komt neer op een hoeveelheid van 102 kt, welke met het restafval verbrand wordt in een AVI.

Het zand en puin, dat wordt gebroken tot granulaat, wordt voornamelijk toegepast in de wegenbouw en fundering- en ophoogmarkt en vervangt grind en zand (recycling B). Het breken van puin kost 0,7 kWh/ton (Novem en RIVM, 1992b). De productie van grind, dat met de toepassing van granulaat vermeden wordt, bedraagt 168 MJ/ton en produceert 11,3 kgCO₂/ton (Novem en RIVM, 1992b).

Naast het inzetten van granulaat in de wegenbouw en fundering- en ophoogmarkt kan betongranulaat ingezet worden in de productie van beton (recycling A). Toepassing van betongranulaat in beton levert naast de vervanging van grind/zand ook een reductie in cementconsumptie op van circa 5% (praktijkstudies), waarbij is uitgegaan van een betonsamenstelling van 300 kg cement per m³ beton (BRBS, 2010). Inzet van betongranulaat in de productie van beton zorgt voor een gemiddelde besparing van 224 MJ/ton betongranulaat en 25 kgCO₂/ton betongranulaat.

Ook is er onderzoek gedaan naar het doormalen van metselwerkpuin tot een vulstof voor de baksteenindustrie. Het toepassen van dit gerecyclede materiaal in de baksteenproductie heeft als voordelen dat het primaire grondstoffen uitspaart en energie voor het drogen bespaart.

Bij het doormalen van beton komt een fijne fractie vrij waar zoveel mogelijk zand en grind zijn uitgehaald. Het product kan toegepast worden als vulstof in het betonmengsel of als vulstof met een hydraterende werking van circa 10% van het oorspronkelijke cement. Deze twee mogelijke toepassingen van metselwerkpuin en betonpuin zijn echter niet meegenomen in dit rapport. Dit neemt niet weg dat deze toepassingen mogelijk een grotere energie- en CO₂ emissiebesparing kunnen opleveren dan de huidige toepassing van het gebroken steenachtig materiaal.

Dakafval

Dakafval ontstaat bij het bouwen, renoveren, herstellen en slopen van gebouwen en bouwwerken. Om deze reden komt deze afvalstof voornamelijk voor in het bouw- en sloopafval en in mindere mate in het grof huishoudelijk afval. Het vrijkomende dakafval bestaat zowel uit teerhoudend dakafval, bitumineus dakafval als dakgrind, verkleefd met teer of bitumen.

Het blijkt lastig vast te stellen hoeveel dakafval er in 2008 vrij kwam en wat de samenstelling hiervan is. Diverse cijfers duiken op die uiteenlopen van 100 tot 200 kt vrijkomend dakafval, waarvan 30 tot 60% bitumineus zou zijn (BRBS, 2010).

Uit een rapport van Senternovem blijkt dat door sorteerb企业n 20 kt dakbedekkingmateriaal uit het bouw- en sloopafval gesorteerd is in 2008 (Senternovem, 2009c). Naast deze hoeveelheid rapporteert de Werkgroep Afvalregistratie dat er in 2008 ruim 184 kt dakafval gestort is (Senternovem en VA, 2009). Het is niet duidelijk of deze cijfers het complete aanbod dakafval omvatten. In deze studie is aangenomen dat in totaal 204 kt dakafval vrij kwam in het bouw- en sloopafval. Het is echter onbekend om welke soort dakafval het gaat.

Uit data van het CBS blijkt dat er in 2008 11 kt bitumenhoudend dakafval gescheiden is ingezameld (CBS, 2009). In deze studie wordt er vanuit gegaan dat deze hoeveelheid dakafval vrijkomt in het grof huishoudelijk afval en wordt ingezameld op de milieustraat. Het is echter niet precies duidelijk in welke afvalstroom het dakafval vrijkomt dat het CBS rapporteert.

Het is mogelijk bitumineus dakafval te recyclen en in te zetten als vervanger voor de bitumen in asfalt in de grond-, water- en wegenbouwsector (recycling A). In 2008 werd in Nederland circa 10 kt dakafval gerecycled, waarbij een deel van het dakafval uit België kwam. Omdat onbekend is welke hoeveelheid Nederlands dakafval betreft, is aangenomen dat 10 kt uit het bouw- en sloopafval gerecycled is. Hiermee wordt de hoeveelheid gerecycled dakafval uit Nederland overschat.

Aangenomen wordt dat het dakafval dat vrijkomt uit het grof huishoudelijk afval en de resterende 10 kt van het gesorteerde dakafval uit het bouw- en sloopafval is verbrand.

Appendix A

Definitie recycling A en B

Materiaal	Recycling A	Vervangen materiaal	Recycling B	Vervangen materiaal
Papier en karton	Ontinkt papier	<i>Papier van hout</i>	Niet ontinkt papier	<i>Papier van hout</i>
Glas	Inzet glasscherven voor glasproductie	<i>Primair glas</i>	-	-
Textiel (kleding)	Hergebruik kleding	<i>Nieuwe kleding met substitutiefactor 0,5</i>	-	-
Ijzer (ferro)	Inzet schroot in staalfabriek	<i>Primair ijzer</i>	Inzet schroot in staalfabriek, verlies van 16% naar sinterfabriek	<i>Primair ijzer</i>
Aluminium	Productie secundair aluminium	<i>Primair aluminium</i>	-	-
Koper	Productie secundair koper	<i>Primair koper</i>	-	-
Polyethyleen	Polyethyleen	<i>1 op 1 vervanging primair PE</i>	Productie bermpaaltjes	<i>Ronde hardhouten piketpaaltjes (hout/kunststof 0,43)</i>
Polypropyleen	Polypropyleen	<i>1 op 1 vervanging primair PP</i>	Productie bermpaaltjes	<i>Ronde hardhouten piketpaaltjes (hout/kunststof 0,43)</i>
PET	Bottle-to-bottle (1/3) en bottle-to-fibre (2/3)	<i>1/3 primaire PET flessen 2/3 primaire PET vezels</i>	Productie bermpaaltjes	<i>Ronde hardhouten piketpaaltjes (hout/kunststof 0,43)</i>
Polystyreen	Polystyreen	<i>1 op 1 vervanging primair PS</i>	Productie bermpaaltjes	<i>Ronde hardhouten piketpaaltjes (hout/kunststof 0,43)</i>
PVC	PVC	<i>1 op 1 vervanging primair PVC</i>	Productie bermpaaltjes	<i>Ronde hardhouten piketpaaltjes (hout/kunststof 0,43)</i>
GFT	Vergisten	<i>Compost vervangt veen/kunstmest</i>	Composteren	<i>Compost vervangt veen/kunstmest</i>
Drankenkartons	Recyclen papier, aluminium/kunststoffractie als secundaire brandstof	<i>Papier van hout</i>		
Steenachtig materiaal/ aggregaat/zand	Productie recyclinggranulaat/zand (alleen van betonpuin)	<i>Grind/zand en cement in beton</i>	Productie recyclinggranulaat/zand	<i>Grind/zand</i>
Dakafval	Productie asfalt-ervanger	<i>Bitumen in asfalt</i>	-	-

Appendix B

Samenstelling huishoudelijk restafval (Senternovem, 2009b)

Materiaal/product	Samenstelling	
	<i>kt</i>	<i>percentage (%)</i>
GFT totaal	1187	30,2
GF-afval	747	19
Tuinafval	138	3,5
Ondefinieerbare rest	303	7,7
Papier en karton	772^a	19,6^a
Herbruikbaar papier	426 ^a	10,8 ^a
Niet-herbruikbaar papier	346 ^a	8,8 ^a
Drankenkartons	65^b	1,7^b
Kunststoffen	652^c	16,6^c
PE	375	9,5
PP	130	3,3
PET	46	1,2
PS	53	1,4
PVC	23	0,6
Overig	25	0,6
Glas	185	4,7
Ferro	122	3,1
Non-ferro	38	0,97
Textiel	153	3,9
Klein chemisch afval	7^d	0,19^d
Overige fracties	322	8,3
EEA	22	0,57
Hout	153	3,9
Steenachtig materiaal	102	2,6
Rest	47 ^d	1,2 ^d

^a Gebaseerd op Senternovem (2009b), gecorrigeerd voor vocht (PRN, 2009c)

^b Gebaseerd op Senternovem (2009b) en PRN (2009a), gecorrigeerd voor aandeel vocht.

^c Onderverdeling gebaseerd op PlasticsEurope (2008), Senternovem (2009b) en CE Delft (2001b)

^d Materialen/producten niet meegenomen in deze studie

Samenstelling grof huishoudelijk restafval (AVU, 2008)

Materiaal/product	Samenstelling	
	<i>kt</i>	<i>percentage (%)^a</i>
Hout (A,B,C)	217,4	32,4%
Vloerbedekking	83,7	12,5%
Zeef 0-20 mm	61,8	9,2%
Metalen	47,4	7,2%
Ferro metalen	34,5 ^b	5,1% ^b
Non-ferro metalen	12,9 ^b	1,9% ^b
Textiel	59,1	8,8%
Foam, EPS	25,5	3,8%
Kabels, rubbers, e.d.	22,8	3,4%
Kunststof hard	57,1	8,5%
Karton	24,2	3,6%
Zeil	8,1	1,2%
Kunststof folie	21,8	3,3%
Papier	19,8	3,0%
Glas	6,0	0,9%
Steen	10,8	1,6%
Luiers, drankkartons, GFT	5,0	0,8%
Niet grof <150 mm	0,0	0,0%
Fijne fractie <50 mm	1,0	0,2%

^a Genoemde percentages zijn het gemiddelde van percentages halen en brengen (AVU, 2008).

^b Onderscheid ferro en non-ferro metalen gebaseerd op sorteerproeven grof huishoudelijk afval (BRBS, 2010).

Appendix C

HHA (huishoudelijk 'fijn' afval)					
Materiaal	Hoeveelheid	2008	Recycling+	Verbranding <u>AVI B</u>	Succesvol huidig beleid (LAP)
Papier en karton	2280 kt	<ul style="list-style-type: none"> 54% gescheiden ingezameld (recycling A) 46% in restafval (verbrand in <u>AVI A</u>) 	<ul style="list-style-type: none"> 75% gescheiden ingezameld (recycling A) 25% in restafval <ul style="list-style-type: none"> 31% uit restafval nagescheiden (waarvan 43% secundaire brandstof en 57% <u>AVI A</u>) 69% verbrand in <u>AVI A</u> 	<ul style="list-style-type: none"> 46% in restafval (verbrand in <u>AVI B</u>) 	<ul style="list-style-type: none"> 75% gescheiden ingezameld (recycling A) 25% in restafval (verbrand in <u>AVI A</u>)
Glas	531 kt	<ul style="list-style-type: none"> 65% gescheiden ingezameld (recycling A) 35% in restafval (verbrand in <u>AVI A</u>) 	<ul style="list-style-type: none"> 90% gescheiden ingezameld (recycling A) 10% in restafval (verbrand in <u>AVI A</u>) 	<ul style="list-style-type: none"> 35% in restafval (verbrand in <u>AVI B</u>) 	<ul style="list-style-type: none"> 90% gescheiden ingezameld (recycling A) 10% in restafval (verbrand in <u>AVI A</u>)
Textiel (kleding)	223 kt	<ul style="list-style-type: none"> 31% gescheiden ingezameld (43,5% recycling A) 69% in restafval (verbrand in <u>AVI A</u>) 	<ul style="list-style-type: none"> 50% gescheiden ingezameld (50% recycling A) 50% in restafval (verbrand in <u>AVI A</u>) 	<ul style="list-style-type: none"> 69% in restafval (verbrand in <u>AVI B</u>) 	<ul style="list-style-type: none"> 50% gescheiden ingezameld (43,5% recycling A) 50% in restafval (verbrand in <u>AVI A</u>)
Ijzer (ferro)	124 kt	<ul style="list-style-type: none"> 100% in restafval <ul style="list-style-type: none"> 69% nagescheiden, waarvan 15% vóór verbranding (recycling A), 85% na verbranding (recycling B) 31% ijzer in restafval niet teruggewonnen 	<ul style="list-style-type: none"> 33% gescheiden ingezameld (recycling A) (40% blik apart ingezameld) 67% in restafval <ul style="list-style-type: none"> 69% nagescheiden, waarvan 15% vóór verbranding (recycling A), 85% na verbranding (recycling B) 31% ijzer in restafval niet teruggewonnen 		
Aluminium (non-ferro)	31,1 kt	<ul style="list-style-type: none"> 100% in restafval <ul style="list-style-type: none"> 20% nagescheiden vóór en na 	<ul style="list-style-type: none"> 25% gescheiden ingezameld (recycling A) (40% aluminium verpakkingen) 		

		<ul style="list-style-type: none"> verbranding (recycling A) - 80% wordt niet teruggewonnen 	<ul style="list-style-type: none"> apart ingezameld • 75% in restafval - 20% nagescheiden (recycling A) (vóór en na verbranding) - 80% in restafval niet teruggewonnen 		
Koper (non-ferro)	7,1 kt	<ul style="list-style-type: none"> • 100% in restafval - 20% nagescheiden vóór en na verbranding (recycling A) - 80% wordt niet teruggewonnen 	<ul style="list-style-type: none"> • 20% gescheiden ingezameld (recycling A) • 80% in restafval - 20% nagescheiden (recycling A) (voor en na verbranding) - 80% in restafval niet teruggewonnen 		
Poly-ethyleen	376,2 kt	<ul style="list-style-type: none"> • 0,3% gescheiden ingezameld - 80% recycling (100% recycling B) - 20% verbranden (85% secundaire brandstof, 15% AVI) • 99,7% in restafval (verbrand in <u>AVI A</u>) 	<ul style="list-style-type: none"> • 41% gescheiden ingezameld (100% recycling A) • 59% in restafval - 43% nagescheiden (20% recycling B, 23% secundaire brandstof) - 57% verbrand in <u>AVI A</u> 	<ul style="list-style-type: none"> • 99,7% in restafval (verbrand in <u>AVI B</u>) 	<ul style="list-style-type: none"> • 28,9% gescheiden ingezameld - 80% recycling (100% recycling B) - 20% verbranden (85% secundaire brandstof, 15% AVI) • 71,1% in restafval (verbrand in <u>AVI A</u>)
Poly-propyleen	130,2 kt	<ul style="list-style-type: none"> • 0,4% gescheiden ingezameld - 80% recycling (100% recycling B) - 20% verbranden (85% secundaire brandstof, 15% AVI) • 99,6% in restafval (verbrand in <u>AVI A</u>) 	<ul style="list-style-type: none"> • 40% gescheiden ingezameld (recycling A) • 60% in restafval - 43% nagescheiden (20% recycling B, 23% secundaire brandstof) - 57% verbrand in <u>AVI A</u> 	<ul style="list-style-type: none"> • 99,6% in restafval (verbrand in <u>AVI B</u>) 	<ul style="list-style-type: none"> • 33,1% gescheiden ingezameld - 80% recycling (100% recycling B) - 20% verbranden (85% secundaire brandstof, 15% AVI) • 66,9% in restafval (verbrand in <u>AVI A</u>)
Polystyreen	53,5 kt	<ul style="list-style-type: none"> • 0,2% gescheiden ingezameld - 33% recycling (100% 	<ul style="list-style-type: none"> • 0,2% gescheiden ingezameld - 33% recycling (100% recycling B) 	<ul style="list-style-type: none"> • 99,8% in restafval (verbrand in <u>AVI B</u>) 	<ul style="list-style-type: none"> • 26,3% gescheiden ingezameld - 33% recycling (100%

		<ul style="list-style-type: none"> recycling B) - 67% verbranden (85% secundaire brandstof, 15% AVI) • 99,8% in restafval (verbrand in <u>AVI A</u>) 	<ul style="list-style-type: none"> - 67% verbranden (85% secundaire brandstof, 15% AVI) • 99,8% in restafval - 43% nagescheiden (100% secundaire brandstof) - 57% verbrand in <u>AVI A</u> 		<ul style="list-style-type: none"> recycling B) - 67% verbranden (85% secundaire brandstof, 15% AVI) • 73,7% in restafval (verbrand in <u>AVI A</u>)
PET	71,8 kt	<ul style="list-style-type: none"> • 36% gescheiden ingezameld - 99,6% recycling (98% recycling A, 2% recycling B) - 0,4% verbranden (85% secundaire brandstof, 15% AVI) • 64% in restafval (verbrand in <u>AVI A</u>) 	<ul style="list-style-type: none"> • 60% gescheiden ingezameld (99,3% recycling A d.m.v. statiegeldsysteem, 0,7% recycling B) • 40% in restafval - 43% nagescheiden (20% recycling B, 23% secundaire brandstof) - 57% verbrand in <u>AVI A</u> 	<ul style="list-style-type: none"> • 64% in restafval (verbrand in <u>AVI B</u>) 	<ul style="list-style-type: none"> • 59,2% gescheiden ingezameld - 91,7% recycling (64% recycling A, 36% recycling B) - 8,3% verbranden (85% secundaire brandstof, 15% AVI) • 40,8% in restafval (verbrand in <u>AVI A</u>)
PVC	22,8 kt	<ul style="list-style-type: none"> • 0,1% gescheiden ingezameld - 33% recyclen (100% recycling B) - 67% verbranden (85% secundaire brandstof, 15% AVI) • 99,9% in restafval (verbrand in <u>AVI A</u>) 	<ul style="list-style-type: none"> • 0,1% gescheiden ingezameld - 33% recyclen (100% recycling B) - 67% verbranden (85% secundaire brandstof, 15% AVI) • 99,9% in restafval - 43% nagescheiden (100% secundaire brandstof) - 57% verbrand in <u>AVI A</u> 	<ul style="list-style-type: none"> • 99,9% in restafval (verbrand in <u>AVI B</u>) 	<ul style="list-style-type: none"> • 6,2% gescheiden ingezameld - 33% recyclen (100% recycling B) - 67% verbranden (85% secundaire brandstof, 15% AVI) • 93,8% in restafval (verbrand in <u>AVI A</u>)
GFT	2487 kt	<ul style="list-style-type: none"> • 52% gescheiden ingezameld (7% recycling A, 93% recycling B) • 48% in restafval (verbrand in <u>AVI A</u>) 	<ul style="list-style-type: none"> • 75% gescheiden inzameling (100% recycling A) • 25% in restafval (verbrand in <u>AVI A</u>) 	<ul style="list-style-type: none"> • 48% in restafval (verbrand in <u>AVI B</u>) 	<ul style="list-style-type: none"> • 55% gescheiden ingezameld (7% recycling A, 93% recycling B) • 45% in restafval (verbrand in <u>AVI A</u>)
Dranken-kartons	68 kt	<ul style="list-style-type: none"> • 4% gescheiden ingezameld (80% 	<ul style="list-style-type: none"> • 40% gescheiden ingezameld (80% recycling A, 20% 	<ul style="list-style-type: none"> • 96% in restafval (verbrand in <u>AVI</u> 	

		recycling A, 20% inzet als secundaire brandstof	secundaire brandstof)	<u>B</u>)	
		<ul style="list-style-type: none"> • 96% in restafval (verbrand in <u>AVI A</u>) 	<ul style="list-style-type: none"> • 60% in restafval (verbrand in <u>AVI A</u>) 		
Hout	153 kt	<ul style="list-style-type: none"> • 100% in restafval (verbrand in <u>AVI A</u>) 		<ul style="list-style-type: none"> • 100% in restafval (verbrand in <u>AVI B</u>) 	
Aggregaat/ zand/ Steenachtig materiaal**	102 kt	<ul style="list-style-type: none"> • 100% in restafval (verbrand in <u>AVI A</u>) 		<ul style="list-style-type: none"> • 100% in restafval (verbrand in <u>AVI B</u>) 	
Wit- en bruingoed	22 kt	<ul style="list-style-type: none"> • 100% in restafval (verbrand in <u>AVI A</u>) 	<ul style="list-style-type: none"> • 32% gescheiden ingezameld (materialen gerecycled) • 68% in restafval (verbrand in <u>AVI A</u>) 	<ul style="list-style-type: none"> • 100% in restafval (verbrand in <u>AVI B</u>) 	

* Voor het recycling+ scenario en het LAP-scenario is het rendement van de AVI gelijk gehouden aan de referentie (2008) situatie.

**In het GHA en BSA valt aggregaat en zand ook in de categorie steenachtig materiaal.

GHA (grof huishoudelijk afval)					
Materiaal	Hoeveelheid	2008	Recycling+	Verbranding <u>AVI B</u>	Succesvol huidig beleid (LAP)
Papier en karton	19,8 kt	<ul style="list-style-type: none"> • 100% in restafval - 60% verbrand in <u>AVI A</u> - 40% stort 	<ul style="list-style-type: none"> • 20% gescheiden ingezameld (recycling A) • 80% in restafval (verbrand in <u>AVI A</u>) 	<ul style="list-style-type: none"> • 100% in restafval - 60% verbrand in <u>AVI B</u> • 40% stort 	<ul style="list-style-type: none"> • 100% in restafval (verbrand in <u>AVI A</u>)
Glas	15 kt	<ul style="list-style-type: none"> • 60% gescheiden ingezameld (recycling A) • 40% in restafval - 60% verbrand in <u>AVI A</u> - 40% stort 	<ul style="list-style-type: none"> • 80% gescheiden ingezameld (recycling A) • 20% in restafval (verbrand in <u>AVI A</u>) 	<ul style="list-style-type: none"> • 40% in restafval - 60% verbrand in <u>AVI B</u> • 40% stort 	<ul style="list-style-type: none"> • 60% gescheiden ingezameld (recycling A) • 40% in restafval (verbrand in <u>AVI A</u>)
Textiel (tapijt)	97 kt	<ul style="list-style-type: none"> • 13% gescheiden ingezameld (100% secundaire brandstof) • 87% in restafval - 71% verbrand in <u>AVI A</u> - 29% stort 	<ul style="list-style-type: none"> • 25% gescheiden ingezameld (100% secundaire brandstof) • 75% in restafval (verbrand in <u>AVI A</u>) 	<ul style="list-style-type: none"> • 87% in restafval - 71% verbrand in <u>AVI B</u> - 29% stort 	<ul style="list-style-type: none"> • 13% gescheiden ingezameld (100% secundaire brandstof) • 87% in restafval (verbrand in <u>AVI A</u>)
Ijzer (ferro)	94,8 kt	<ul style="list-style-type: none"> • 64% gescheiden ingezameld (recycling A) • 36% in restafval - 90% nagescheiden, waarvan 78% vóór verbranding (recycling A), 22% na verbranding (recycling B) - 10% ijzer in restafval niet teruggewonnen 	<ul style="list-style-type: none"> • Geen extra recycling 		
Aluminium (non-ferro)	17,8 kt	<ul style="list-style-type: none"> • 64% gescheiden ingezameld (recycling A) • 36% in restafval - 20% nagescheiden (recycling A) - 80% niet 	<ul style="list-style-type: none"> • Geen extra recycling 		

		teruggewonnen			
Koper (non-ferro)	17,8 kt	<ul style="list-style-type: none"> • 64% gescheiden ingezameld (recycling A) • 36% in restafval <ul style="list-style-type: none"> - 20% nagescheiden (recycling A) - 80% niet teruggewonnen 	<ul style="list-style-type: none"> • Geen extra recycling 		
Polyethyleen	21,8 kt	<ul style="list-style-type: none"> • 100% in restafval <ul style="list-style-type: none"> - 60% verbrand in <u>AVI A</u> - 40% stort 	<ul style="list-style-type: none"> • 40% gescheiden ingezameld (100% recycling B) • 60% in restafval (verbrand in <u>AVI A</u>) 	<ul style="list-style-type: none"> • 100% in restafval <ul style="list-style-type: none"> - 60% verbrand in <u>AVI B</u> - 40% stort 	<ul style="list-style-type: none"> • 100% in restafval (verbrand in <u>AVI A</u>)
Poly-propyleen	0 kt				
Polystyreen	54,1 kt	<ul style="list-style-type: none"> • 100% in restafval <ul style="list-style-type: none"> - 60% verbrand in <u>AVI A</u> - 40% stort 	<ul style="list-style-type: none"> • 40% gescheiden ingezameld (100% recycling B) • 60% in restafval (verbrand in <u>AVI A</u>) 	<ul style="list-style-type: none"> • 100% in restafval <ul style="list-style-type: none"> - 60% verbrand in <u>AVI B</u> - 40% stort 	<ul style="list-style-type: none"> • 100% in restafval (verbrand in <u>AVI A</u>)
PET	0 kt				
PVC	28,6 kt	<ul style="list-style-type: none"> • 100% in restafval <ul style="list-style-type: none"> - 60% verbrand in <u>AVI A</u> - 40% stort 	<ul style="list-style-type: none"> • Geen extra recycling • 100% in restafval (verbrand in <u>AVI A</u>) 	<ul style="list-style-type: none"> • 100% in restafval <ul style="list-style-type: none"> - 60% verbrand in <u>AVI B</u> - 40% stort 	<ul style="list-style-type: none"> • 100% in restafval (verbrand in <u>AVI A</u>)
Grof tuinafval	434 kt	<ul style="list-style-type: none"> • 100% gescheiden ingezameld (50% recycling B) 	<ul style="list-style-type: none"> • Geen extra recycling 	<ul style="list-style-type: none"> • 100% gescheiden ingezameld (50% recycling B) 	<ul style="list-style-type: none"> • 100% gescheiden ingezameld (50% recycling B)
Drankenkartons	0 kt				
Hout	601 kt	<ul style="list-style-type: none"> • 64% gescheiden ingezameld (50% recycling A, 50% biomassa energie centrale) • 36% in restafval (verbrand in <u>AVI A</u>) 	<ul style="list-style-type: none"> • Geen extra recycling 	<ul style="list-style-type: none"> • 36% in restafval (verbrand in <u>AVI B</u>) 	
Aggregaat/	566 kt	<ul style="list-style-type: none"> • 98% gescheiden ingezameld 	<ul style="list-style-type: none"> • Geen extra recycling 	<ul style="list-style-type: none"> • 98% gescheiden 	<ul style="list-style-type: none"> • 98% gescheiden ingezameld

zand/ steenachtig materiaal		<ul style="list-style-type: none"> (recycling B) • 2% in restafval 		<ul style="list-style-type: none"> ingezameld (recycling B) • 2% in restafval 	<ul style="list-style-type: none"> (recycling B) • 2% in restafval
Dakafval	11 kt	<ul style="list-style-type: none"> • 100% gescheiden ingezameld (100% verbrand in <u>AVI A</u>) 	<ul style="list-style-type: none"> • 100% gescheiden ingezameld <ul style="list-style-type: none"> - 20% recycling A - 80% verbrand <u>AVI A</u> 	<ul style="list-style-type: none"> • 100% gescheiden ingezameld (100% verbrand in <u>AVI B</u>) 	
Wit- en bruingoed	281 kt	<ul style="list-style-type: none"> • 26% gescheiden ingezameld (80% van materialen naar recycling) • 74% onbekend wat het is en wat er mee gebeurt. 	<ul style="list-style-type: none"> • Geen extra recycling 		

BSA (bouw- en sloopafval)					
Materiaal in BSA	Hoeveelheid	2008	Recycling+	Verbranding <u>AVIB</u>	Succesvol huidig beleid (LAP)
Papier en karton	20 kt	<ul style="list-style-type: none"> • 100% in restafval - 100% nagescheiden (recycling A) 	<ul style="list-style-type: none"> • Geen extra recycling 		
Glas	0 kt				
Textiel (tapijt)	0 kt				
Ijzer (ferro)	435,4 kt	<ul style="list-style-type: none"> • 100% in restafval - 100% nagescheiden (recycling A) 	<ul style="list-style-type: none"> • Geen extra recycling 		
Aluminium (non-ferro)	22 kt	<ul style="list-style-type: none"> • 100% in restafval - 100% nagescheiden (recycling A) 	<ul style="list-style-type: none"> • Geen extra recycling 		
Koper (non-ferro)	22 kt	<ul style="list-style-type: none"> • 100% in gemengde stroom - 100% nagescheiden (recycling A) 	<ul style="list-style-type: none"> • Geen extra recycling 		
Polyethyleen	0 kt				
Polypropyleen	0 kt				
Polystyreen	0 kt				
PET	0 kt				
PVC	10 kt	<ul style="list-style-type: none"> • 100% in gemengde stroom - 100% nagescheiden (100% recycling B) 	<ul style="list-style-type: none"> • Geen extra recycling 		
GFT	0 kt				
Drankenkartons	0 kt				
Hout	1140 kt	<ul style="list-style-type: none"> • 100% in gemengde stroom - 100% nagescheiden (61% recycling A, 36% biomassa energie centrale, 2% inzet cementoven, 1% verbranden <u>AVIA</u>) 	<ul style="list-style-type: none"> • Geen extra recycling 		
Aggregaat/zand/steenachtig	20770 kt	<ul style="list-style-type: none"> • 94% gescheiden ingezameld (recycling B) 	<ul style="list-style-type: none"> • 94% gescheiden ingezameld (5% 		

materiaal		<ul style="list-style-type: none"> 6% in gemengde stroom <ul style="list-style-type: none"> 100% nagescheiden (recycling B) 	<ul style="list-style-type: none"> recycling A, 95% recycling B) 6% in gemengde stroom <ul style="list-style-type: none"> 100% nagescheiden (recycling B) 		
Dakafval	204 kt	<ul style="list-style-type: none"> 10% van totaal dakafval nagescheiden uit gemengde stroom <ul style="list-style-type: none"> 50% recycling A 50% verbrand in <u>AVI A</u> 90% stort 	<ul style="list-style-type: none"> 20% van totaal dakafval recycling A 5% verbrand in <u>AVI A</u> 75% stort 	<ul style="list-style-type: none"> 10% van totaal dakafval nagescheiden uit gemengde stroom <ul style="list-style-type: none"> 50% recycling A 50% verbrand in <u>AVI B</u> 90% stort 	<ul style="list-style-type: none"> 10% van totaal dakafval nagescheiden uit gemengde stroom <ul style="list-style-type: none"> 50% recycling A 50% verbrand in <u>AVI A</u> 90% verbranden als vorm van verwijderen (geen energieopwekking)
Wit- en bruingoed	0 kt				