



Economische  
hoogwaardigheid  
recycling



# Economische hoogwaardigheid recycling

Dit rapport is geschreven door:

Geert Warringa (CE Delft)

Geert Bergsma (CE Delft)

Peter Blok (RebelGroup)

Michiel Kort (RebelGroup)

Rotterdam/Delft; RebelGroup Executives en CE Delft, juli 2016

Publicatienummer: 16.2H03.74

LCA / Economie / Hergebruik / Kwaliteit / Indicatoren / Beleid / Markt / Economische factoren / Maatschappelijke factoren

Opdrachtgever: Ministerie van Infrastructuur en Milieu

Alle openbare CE-publicaties zijn verkrijgbaar via [www.ce.nl](http://www.ce.nl)

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij Peter Blok (RebelGroup) of Geert Warringa (CE Delft).

© copyright, RebelGroup, Rotterdam en CE Delft, Delft

## **CE Delft**

### **Committed to the Environment**

CE Delft draagt met onafhankelijk onderzoek en advies bij aan een duurzame samenleving. Wij zijn toonaangevend op het gebied van energie, transport en grondstoffen. Met onze kennis van techniek, beleid en economie helpen we overheden, NGO's en bedrijven structurele veranderingen te realiseren. Al 35 jaar werken betrokken en kundige medewerkers bij CE Delft om dit waar te maken.

# Voorwoord

Verbeteren van de hoogwaardigheid van recycling is een belangrijk aspect in het streven naar een circulaire en duurzame economie. In Fase 1 van dit onderzoek hebben we uitgewerkt hoe het begrip hoogwaardige recycling beleidsmatig gedefinieerd kan worden met een beleidsformule via basisregels. Daarbij hebben we ook gekeken hoe hoogwaardige recycling meer rekenkundig met een levenscyclusanalyse over meerdere levenscycli (mLCA) benaderd kan worden. Vervolgens hebben we beide methodieken toegepast op vijf afvalcases en conclusies getrokken over de werking van de methodiek.

In Fase 1 lag de focus op twee van de vier hoofdbegrippen van hoogwaardige recycling, beide beredeneerd vanuit Planet: (1) ecologie: milieuvoordeel bereiken en (2) grondstoffen: schaarse grondstoffen uitsparen. In Fase 2 hebben we als separaat onderdeel gewerkt aan het derde hoofdbegrip, beredeneerd vanuit Profit: het duiden van economische hoogwaardigheid aan de hand van kosten en waarden. We ontwikkelen een indicator voor de beleidsformule. Het vierde hoofdbegrip, de sociale aspecten (People), is niet uitgewerkt in het kader van dit project.

Bij het doorgronden van economische hoogwaardige recycling hebben wij veel profijt gehad van de discussies met de begeleidingscommissie en met de bij de cases betrokken actoren. Wij willen allen hiervoor hartelijk danken.

Wij benadrukken dat de inhoud van dit rapport voor rekening is van de auteurs en niet op alle punten onderschreven wordt door de (gehele) begeleidingscommissie. Dit rapport en de uitwerking via cases die hieraan ten grondslag ligt, is enkel en alleen bedoeld om de ontwikkelde methodiek ten aanzien van economische hoogwaardigheid te toetsen aan de hand van enkele praktijkcases en dient ook als zodanig te worden gebruikt. De onderzoeksresultaten dienen niet te worden gebruikt om conclusies aan te verbinden per individuele stroom.

Het onderzoek in Fasen 1 en 2 zijn onderdeel van een breder proces. Beide rapporten gaan met een begeleidende notitie vanuit I&M/RWS naar de Tweede Kamer. Tevens start een traject waarin de methodiek en de ideeën die hieraan ten grondslag liggen met een brede vertegenwoordiging van partijen wordt besproken. Ook worden de beide methodieken uit Fase 1 (mLCA en beleidsformule) alsmede die van Fase 2 (economische insteek) toegepast op een aantal andere cases. Dit met als doel verdere conclusies te trekken over de toepasbaarheid van de verschillende methodieken, de relatie tussen de uitkomsten en de mogelijkheden tot combinatie.

## *Leden begeleidingscommissie*

Marco Kraakman en Guus van den Berghe (RWS, opdrachtgevers), Marc Pruijn (I&M/DGMI), Robert Jan Saft (VA), Anne-Marth Vrind (KiDV), Max de Vries (BRBS Recycling), Hans Koning (FHG), José Potting (PBL), Robbert van Duin (Recycling Netwerk/B&G) en Anne Hollander/Job Spijker (RIVM).

## *Projectteam*

Peter Blok (projectleider), Michiel Kort (beiden RebelGroup), Geert Bergsma en Geert Warringa (beiden CE Delft).

# Inhoud

	<b>Samenvatting</b>	<b>4</b>
<b>1</b>	<b>Inleiding en vraagstelling</b>	<b>6</b>
1.1	Aandacht voor het thema hoogwaardige recycling	6
1.2	Fase 1: hoogwaardige recycling beschouwd vanuit Planet	6
1.3	Fase 2: hoogwaardige recycling beschouwd vanuit Profit	8
1.4	Opbouw rapportage	9
<b>2</b>	<b>Profit en hoogwaardigheid</b>	<b>10</b>
2.1	Drie manieren om economische hoogwaardigheid te duiden	10
2.2	De financieel-economische insteek uitgewerkt	11
2.3	Scope van dit onderzoek	16
<b>3</b>	<b>Economische hoogwaardigheid getoetst via cases</b>	<b>20</b>
3.1	Aanpak caseonderzoek	20
3.2	PET	21
3.3	Beton	25
3.4	Bitumineus dakafval	28
3.5	Hout	30
3.6	Glasverpakkingen	33
<b>4</b>	<b>Conclusie</b>	<b>36</b>
<b>5</b>	<b>Bibliografie</b>	<b>42</b>

# Samenvatting

Dit onderzoek is gericht op economische hoogwaardigheid en aanvullend op het eerder uitgevoerde onderzoek waarbij Planet centraal stond. We hebben gewerkt aan het duiden hiervan en het ontwikkelen van een indicator voor de beleidsformule.

We onderscheiden drie manieren om economische hoogwaardigheid te duiden. Deze hebben we uitgedrukt in een drietal waarderatio's (in formulevorm) in Figuur 1.

## Figuur 1 Economische waardebeoordeling

A. Waarde-ratio op basis van marktwaarde:

$$\text{marktwaarde ratio} = \frac{\text{marktwaarde recyclaat}}{\text{marktwaarde virgin}}$$

B. Waarde-ratio op basis van (productiefactor)kosten:

$$\text{rentabiliteitsratio} = \frac{\text{marktwaarde recyclaat}}{(\text{factor})\text{kosten recyclaat}}$$

C. Waarde-ratio op basis van maatschappelijke kosten:

$$\text{maatschappelijke waarde ratio} = \frac{\text{maatschappelijke kosten virgin}}{\text{maatschappelijke kosten recyclaat}}$$

De waarderatio's A en B hebben we getoetst aan de hand van vijf cases. Ratio C hebben we niet verder uitgewerkt in dit onderzoek.

De belangrijkste conclusies uit het onderzoek zijn:

- zowel de marktwaarderatio (A) als de rentabiliteitsratio (B) zijn bruikbaar om economische hoogwaardigheid te duiden;
- de uitkomsten van beide ratio's komen in veel gevallen overeen met wat je zou verwachten;
- aandachtspunten zijn beïnvloeding door overheidsingrijpen en de volatiliteit van prijzen;
- rentabiliteitsratio B bevindt zich rond de 1, tenzij er sprake is van overheidsingrijpen met bijvoorbeeld subsidies.

Met betrekking tot integratie in de bredere beleidsformule hebben we geconstateerd dat:

- De marktwaarderatio (A) sterke parallellen vertoont met wegingsfactor q.
- De rentabiliteitsratio (B) een aanvulling is op de eerder ontwikkelde beleidsformule en de economische hoogwaardigheid goed kan duiden. Wegingsfactor s in die beleidsformule kan derhalve het beste worden bepaald aan de hand van de rentabiliteitsratio (B).

Op deze plaats willen we benadrukken dat het doel van het onderzoek is de methodiek ten aanzien van economische hoogwaardigheid te ontwikkelen én te toetsen aan de hand van enkele praktijkcases. De onderzoeksresultaten zijn ook niet geschikt om conclusies te trekken per individuele stroom of tussen stromen.

# 1 Inleiding en vraagstelling

## 1.1 Aandacht voor het thema hoogwaardige recycling

Binnen het Nederlandse milieubeleid is er veel aandacht voor recycling van afvalstoffen en dus minder te storten en te verbranden. Dit om het verbruik van grondstoffen te beperken en de milieu-impact te verlagen. Regelmatig komt daarbij de vraag op bij politici, beleidmakers, bedrijven en NGO's of er onderscheid gemaakt moet worden tussen de vormen van recycling. Daarvoor worden termen gebruikt als hoogwaardig en laagwaardig of up-, re- en down-cycling.

Bij de voorbereiding van het LAP3 (landelijk afvalbeheerplan) en bij het formuleren van beleid op basis van het programma VANG (Van Afval naar Grondstof) is geconstateerd dat een goede definitie van hoogwaardige recycling nodig is. Dit vooral ook vanwege toenemende belangstelling voor het thema grondstoffen vanuit verschillende gezichtspunten: het ministerie van BuZa vanuit strategische overwegingen en de voorzieningszekerheid, het ministerie van EZ vanuit economische overwegingen en het ministerie van I&M vanuit ecologisch oogpunt. In de Grondstoffenvisie, opgesteld met assistentie van HCSS, TNO en CE Delft, is hoogwaardige recycling dan ook een belangrijk middel in het grondstoffenbeleid.

## 1.2 Fase 1: hoogwaardige recycling beschouwd vanuit Planet

### Twee methodieken

In 2015 is - in opdracht van het ministerie van IenM - door het consortium CE Delft/IVAM/Rebel gewerkt aan een nadere duiding of conceptualisering van het begrip 'hoogwaardige recycling' (CE Delft; IVAM; Rebel, 2016). Daarbij is eerst nagegaan welke ideeën over hoogwaardige recycling in omloop zijn. Hoogwaardige recycling is vervolgens uitgewerkt en geduid via een aantal kenmerkende onderdelen. Deze zijn daarna vervat in een relatief eenvoudige basisregel of beleidsmodel om zo snel uitspraken te kunnen doen over hoogwaardigheid (en laag-waardigheid) van een bepaalde recyclingroute. Tegelijkertijd is hoogwaardige recycling geanalyseerd via een multicyclus - Life Cycle Assessment (mLCA).

De ontwikkelde methodieken borduren voort op de afvalhiërarchie, de principes van de circulaire economie en de levenscyclusanalyse wetenschap. Kernidee daarbij is dat hoogwaardige recycling ontstaat wanneer recycling wordt geoptimaliseerd binnen de randvoorwaarden van 'sustainable development'.

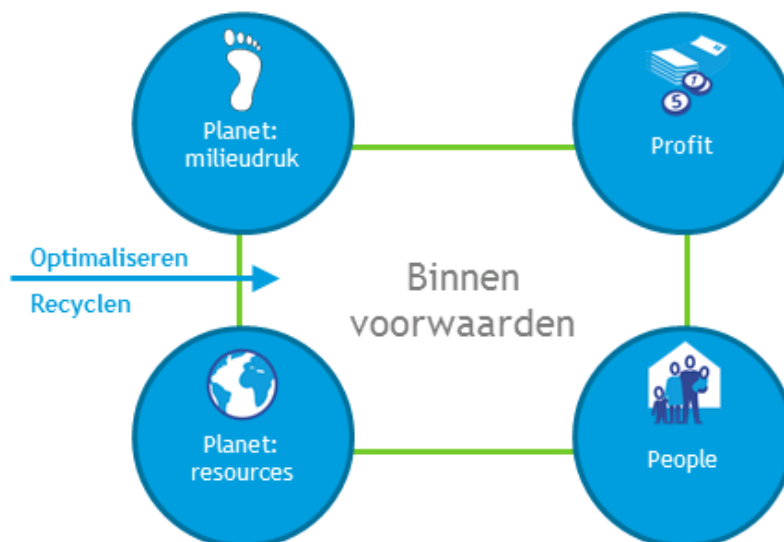
Achter het begrip hoogwaardigheid spelen dan ook de bekende 3 P's een belangrijke rol, waarbij het onderdeel Planet van twee kanten is beschouwd:

- Planet: milieudruk (ecologie) gaat over zoveel mogelijk milieuvoordeel boeken.
- Planet: resources betreft het zo veel mogelijk sparen van schaarse grondstoffen door inzet van secundaire (gerecyclede) grondstoffen.

- Profit of economie: een rendabele of aanvaardbare businesscase voor recycling.
- People of sociaal: nog niet uitgewerkt in het kader van dit onderzoek.<sup>1</sup>

Figuur 2 toont de verschillende onderdelen.

Figuur 2 Totaalconcept hoogwaardige recycling



### Scope Fase 1

In Fase 1 hebben we ons vooral gebogen over de Planet-aspecten: duiden van hoogwaardige recycling vanuit milieudruk/ecologie én vanuit grondstoffen schaarste. In Fase 2 staat het onderdeel Profit centraal, dat wil zeggen de economische insteek van recyclen (zie Paragraaf 1.3).

Het onderzoek naar hoogwaardig recyclen richt zich nadrukkelijk op *Recycling*, zowel in Fase 1 als 2. Zorgvuldig omgaan met grondstoffen gaat uiteraard over veel meer dan recyclen aan het einde van de gebruikperiode. ‘Zorgvuldig omgaan’ start al direct met duurzaam ontwerp, waardoor preventie, verlengen gebruiksduur door materiaalkeuze, effectief onderhoud, laag energiegebruik tijdens gebruik, etc. en eventueel hergebruik mogelijk worden. Deze zaken vallen echter buiten de scope van het onderzoek naar hoogwaardig recyclen. Hier focussen wij op alleen het recyclen van het product in de afvalfase.

### Resultaat Fase 1

Hier geven we kort weer hoe we in Fase 1 hoogwaardige recycling duiden aan de hand van een basisregel. De belangrijkste ingrediënten daarvan zijn:

- de *totale hoeveelheid* gerecycleerd materiaal (recycklaat) in vergelijking met de totale hoeveelheid (afval) materiaal;
- de hoeveelheid recycklaat, *verdeeld over graden recycklaat*, waarbij alle graden meetellen in het bepalen van een hoogwaardigheidsscore:
  - 1<sup>ste</sup> graad recycling = meest hoogwaardig;
  - 2<sup>de</sup> graad recycling = minder hoogwaardig; en
  - 3<sup>de</sup> graad = minst hoogwaardig.

<sup>1</sup> Deze invalshoek kan op termijn in een vervolgonderzoek worden uitgewerkt.



- een set van drie **wegingsfactoren**:
  - *Wegingsfactor q*, waarbij een correctie plaatsvindt per graad vanuit het perspectief van Planet-resources. Bij recycling naar een lagere graad vindt een zekere afwaardering plaats.
  - *Wegingsfactor e*, waarbij een correctie plaatsvindt per graad vanuit het perspectief van Planet-milieudruk, en dan met name energieverbruik. Bij een relatief groot verbruik (t.o.v. virgin) vindt afwaardering plaats.
  - *Wegingsfactor s*, waarbij een correctie plaatsvindt vanuit het perspectief van Profit-schaarste of waarde. Deze wegingsfactor wordt uitgewerkt in het onderhavige project.

### **Toets bruikbaarheid basisregel**

Naast de beleidsmatige basisregel die dienst kan doen als vuistregel, is er in Fase 1 een, op LCA-techniek gebaseerde, multicyclus LCA-methodiek (mLCA) uitgewerkt waarin milieu- en grondstofeffecten van meerdere keren recycelen van een materiaal worden uitgewerkt.

Aan de hand van een vijftal afvalcases is getest of toepassing van de basisregel tot plausibele resultaten kan leiden; ter toetsing hiervan zijn de resultaten vergeleken met die van de mLCA. De resultaten wijzen uit dat er redelijke overeenstemming is tussen deze twee manieren van beoordelen van recycling opties. De basisregel is derhalve bruikbaar voor een snelle 1<sup>e</sup> duiding van hoogwaardigheid in recycling. Wanneer discussies ontstaan over de bevindingen van het beleidsmodel, zijn aanvullende analyses via de mLCA nodig om bijvoorbeeld verschillende recyclingprocessen te ordenen naar de insteek hoogwaardigheid.

Voor verdere uitleg en achtergrond van het beleidsmodel/de basisregel verwijzen we naar het rapport over de Milieu en Grondstoffen analyse van hoogwaardige recycling van CE Delft, IVAM en Rebel (CE Delft; IVAM; Rebel, 2016)

## **1.3 Fase 2: hoogwaardige recycling beschouwd vanuit Profit**

In dit onderzoek (Fase 2) gaan we op zoek naar een aanvulling op de Basisregels om de economische hoogwaardigheid van recycling (Profit-kant) mede een rol te geven naast de twee invalshoeken vanuit Planet (grondstoffen en milieudruk). Het gaat dan concreet om het specificeren van de wegingsfactor *s* in het beleidsmodel, zoals is ontwikkeld in Fase 1.

De volgende vraag staat centraal in dit onderzoek:

Op welke manier kan recycling vanuit de economische of Profit-insteek als hoogwaardig worden gedefinieerd, gebruik makend van gangbare waardebegrippen? Met andere woorden: *wat is een goede maatstaf om de economische 'waarde' van gerecycled materiaal weer te geven, zowel bruikbaar voor bedrijven als voor beleidsmakers?*

## 1.4 Opbouw rapportage

Het rapport heeft de volgende opbouw. In Hoofdstuk 2 bespreken we de verschillende aspecten van economische hoogwaardigheid; we definiëren een aantal factoren die relevant zijn voor het duiden of conceptualiseren van hoogwaardigheid vanuit de Profit-insteek. In Hoofdstuk 3 kiezen we de economische insteek volgens de in Hoofdstuk 2 uitgewerkte methodiek aan de hand van een vijftal cases; vier daarvan sluiten aan bij de cases in Fase 1. Hoofdstuk 4 bevat de conclusie.

# 2 Profit en hoogwaardigheid

In dit hoofdstuk verkennen we wat de relevante aspecten van economische hoogwaardigheid kunnen zijn en hoe we deze zouden kunnen hanteren.

## 2.1 Drie manieren om economische hoogwaardigheid te duiden

Er zijn meerdere begrippen, interpretaties of aspecten in omloop voor het duiden van economische hoogwaardigheid<sup>2</sup>. Er is sprake van economische hoogwaardigheid als er:

1. een constante kwaliteit en leveringszekerheid gegarandeerd is;
2. er een volwassen markt is voor de inzet van gerecycled materiaal, waarbij ook gradaties in kwaliteit worden onderscheiden (zoals de papiermarkt);
3. het recycelaat economisch een zo hoog mogelijke waarde heeft;
4. bedrijven geld kunnen verdienen aan de productie en inzet van recycelaat;
5. de kosten-batenanalyse van het recycleproces positief is (en er verdienpotentieel bestaat);
6. er geen subsidie of heffing nodig is om de recycling te bekostigen.

Gebruik makend van economische waarderingsgrondslagen en evaluatietechnieken, onderscheiden wij drie manieren om hoogwaardigheid van recycling te duiden vanuit die economische optiek:

1. De marktprijs van het recycelaat, zijnde de financieel-economische waarde op het niveau van de individuele ondernemer (ofwel microniveau). Deze insteek gaat uit van het perspectief van de ondernemers zoals actuele marktprijzen, gerelateerd aan (gepercipieerde) kwaliteit. Hier komen vooral het eerste, tweede en derde interpretatie terug:
  - a de marktprijs van het recycelaat ten opzichte van virgin materialen, al dan niet beïnvloed door directe of indirecte overheidsinterventies als heffingen of subsidies;
  - b de kwaliteit van het recycelaat en de mate waarin daardoor virgin grondstoffen kunnen worden vervangen/uitgespaard.
2. De rentabiliteit van het recyclingproces, zijnde de financieel economische waarde op het niveau van de samenleving (ofwel macroniveau). Deze insteek gaat uit van het perspectief van de gehele economie zoals gegevens over kosten van de in te zetten factoren. Hier komen derhalve vooral het vierde en vijfde aspect terug:
  - a de kosten van productiefactoren om een recycelaat of een virgin inputstroom te maken, het gaat dan arbeid, kapitaal, energie, landgebruik, etc.;
  - b heffingen of subsidies als gevolg van directe of indirecte interventies van de overheid blijven dan *buiten* de beschouwing.
3. De maatschappelijk economische waarde. Deze benadering vanuit het perspectief van de maatschappij, wordt gehanteerd in maatschappelijke kosten batenanalyses (MKBAs) en kan de basis zijn voor overheidsinterventies. In deze insteek komt dan ook het zesde aspect terug. Welvaart is dan breed gedefinieerd en gebaseerd op:
  - a de financiële economische insteek zoals hiervoor genoemd;

---

<sup>2</sup> Zie rapportage Fase 1, blz. 21.

- b de bredere maatschappelijke insteek waarbij ook externe effecten als milieu-impact of -winst, en schaduwprizen voor grondstoffen (waarde op basis van strategische overwegingen);
- c eventueel ook de waardering van werkgelegenheidseffecten.

In het vervolg staat de financieel-economische insteek (dus 1 en 2) centraal. Als het gaat om circulaire economie zullen marktpartijen zich voor hun beslissingen inzake de inzet van grondstoffen en recyclaten overwegend laten leiden door financieel-economische gegevens als marktprijzen en kwaliteit. Vanuit een breder economisch perspectief gaat het ook om de inzet van productiefactoren en de daarmee samenhangende kosten.

Wanneer duurzaamheid hoog in het vaandel staat, zullen elementen van de maatschappelijk-economische insteek een rol kunnen spelen. Vanuit duurzaamheidsoverwegingen kan een bedrijf bijvoorbeeld bewust kiezen voor het gebruik van recyclaten, en/of voor duurzame energie, ook al liggen de kostprijzen daarvan boven die van virgin-materialen respectievelijk fossiele energie. In de meeste gevallen zullen financiële overwegingen echter leidend zijn.

## 2.2 De financieel-economische insteek uitgewerkt

Bij de financieel-economische insteek spelen prijzen en kosten een centrale rol. Dit geldt ook bij de keuze voor de inzet van grondstoffen. En dus ook voor de afweging tussen de inzet van virgin-grondstoffen versus de inzet van een recyclaat. Wanneer virgin-materialen per saldo goedkoper zijn, dan wel wanneer de kwaliteit van een recyclaat achterblijft, en de prijs/kwaliteit-verhouding ongunstig is voor recyclaat, dan zal de voorkeur uitgaan naar de inzet van virgin-materialen. De gepercipieerde prijs/kwaliteitverhoudingen worden daarbij niet alleen bepaald door de prijzen en de kwaliteit zelf, maar ook door beschikbaarheid en een stabiele aanvoer.

### Startpunt: de marktwaarde

Uitgaande van de financieel-economische insteek is de marktwaarde of de marktprijs van het materiaal een voor de hand liggende indicator om de economische hoogwaardigheid van een product te duiden. We definiëren marktwaarde als de waarde van materialen zoals tot uiting komt in de gangbare marktprijzen op de globale of regionale markten onder invloed van vraag en aanbod.

Om een vergelijking te maken tussen marktwaarde van primaire en secundaire grondstoffen is een relevante waarderatio dan:

$$\text{marktwaarde ratio} = \frac{\text{marktwaarde herwonnen materiaalstroom(recyclaat)}}{\text{marktwaarde virgin materiaalstroom (primair)}}$$

Deze ratio (we spreken in het vervolg over de 'marktwaarderatio') geeft de verhouding van de financieel-economische waarden van het recyclaat (zoals gewaardeerd door de inkopende partij) en het primaire materiaal. Als de marktwaarde of prijs van het recyclaat in de buurt van de marktwaarde van de primaire materiaalstroom ligt, dan zegt dit iets over de kwaliteit van het recyclaat en de inzetbaarheid van recyclaat als vervanger voor primair materiaal.

De vraag is vervolgens of de actuele marktprijs van beide materialen (virgin én recycklaat) in alle gevallen een geschikte indicator is voor de economische hoogwaardigheid van een product of recycklaat. Immers marktprijzen kunnen sterk fluctueren en komen niet per se overeen met de achterliggende kosten, terwijl die kosten wel relevant kunnen zijn voor de waarde beschouwing.

Marktwaarde en het toepassen van de gedefinieerde waarderatio is derhalve één invalshoek en doet geen recht aan:

- onderliggende (factor)kosten (kosten van in te zetten productiemiddelen);
- waardering externe effecten en andere marktimperfecties;
- blootleggen interventies via heffingen en/of bijdragen/subsidies;
- afslagen en speculaties.

Een nadere beschouwing van deze onderliggende ‘waarde-drijvers’ is dus nodig, te beginnen bij de factorkosten. We lichten dat hierna verder toe.

### Opbouw van kosten naar marktwaarde

De marktwaarde of marktprijs in het economisch verkeer komt tot stand via de wetten van vraag en aanbod. Bij een grote vraag naar materialen (recycklaat of virgin) en een beperkt aanbod, loopt de marktprijs of -waarde op, en omgekeerd. Op de achtergrond daarbij spelen allerlei factoren een rol, waaronder kosten, heffingen, etc. Figuur 3 hieronder geeft de opbouw in hoofdlijnen weer voor primaire/virgin grondstoffen en recycclaten.

Figuur 3 Opbouw kosten naar marktwaarde

		Recycling	Virgin
1	Delving	Inzamelkosten	Delving kosten
2	Bewerken en opwerken	Sorteerkosten	Opwerken
3	Recyclen en bewerken	Recyclen	Smelten/raffineren
4	Transport en opslag	T&O in keten	T&O in keten
5	Marge handel	Handelsmarge	Handelsmarge
	(Factor) kosten	Kosten en marge recycklaat	Kosten en marge recycklaat
6	Kostprijsverlagende subsidies of kostprijsverhogende heffingen	Subsidies/bijdragen of heffingen	Subsidies of heffingen
	Kosten, gecorrigeerd voor (speciale) heffingen en subsidies	Basiswaarde recycklaat	Basiswaarde virging
7	Speculatie-mark-up als gevolg van: - Excess demand (+) or supply (-)		Mark-up virgin (+ of -)
8	Afslag voor kwaliteitsverschil recycklaat t.o.v. virgin	Afslag waarde recycklaat	
	Marktwaarde in economisch verkeer	Marktwaarde recycklaat	Marktwaarde virgin

NB. De verplichting om recycklaat toe te passen kan prijsopdrijving als effect hebben (zie ook Hoofdstuk 3).

De eerste kosten ontstaan door de delving zelf of door het verzamelen van afval-waarde-stromen; daarna worden kosten (en dus waarde) toegevoegd door opwerken, bewerken, transport & opslag en marge handel. Aldus ontstaat een kostprijs van het materiaal, gebaseerd op de som van gemaakte vaste<sup>3</sup> en

<sup>3</sup> Hier spelen nog allerlei ingewikkelde kwesties bij de kostprijsberekening als kostentoe rekening.

variabele kosten bij het vervaardigen, ofwel de kosten van alle productie-factoren die worden gemaakt om het materiaal te kunnen produceren. Deze productiefactoren kunnen ook worden ingezet om andere zaken te produceren; daarom zijn ze relevant bij onze beschouwing over hoogwaardige recycling.

Vervolgens kan de overheid interveniëren - direct of indirect - via speciale heffingen en subsidies om zo de markt 'bij te sturen' vanuit welke overwegingen dan ook. Bijvoorbeeld om de overheid van inkomsten te voorzien zoals accijnzen, of om het gedrag te beïnvloeden zoals milieubelastingen of subsidies op het openbaar vervoer. Een alternatieve interventie is dat de overheid vanuit milieuoverwegingen eisen stelt aan de samenstelling van producten, zoals bijvoorbeeld het % biodiesel in de diesel of het % r-PET in een PET-fles. Na deze interventie hebben we een zogenoemde basiswaarde.

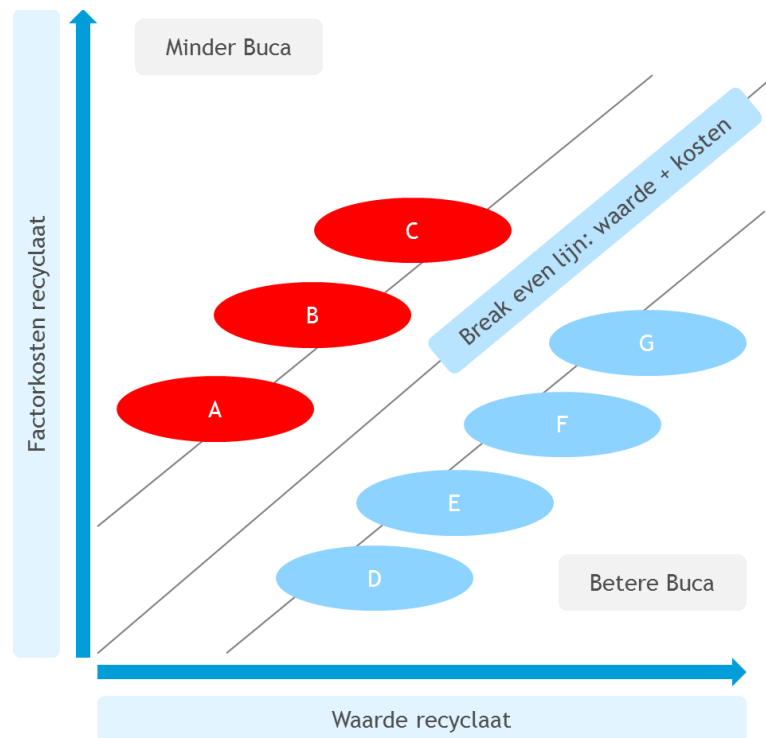
Om tot de marktwaarde in het economisch verkeer te komen moeten we nog rekening houden met twee type effecten, te weten de effecten van schaarste c.q. overvloed (door excess demand or excess supply) én de effecten van (gepercipieerde) kwaliteitsverschillen. De schaarste of overvloed wordt vertaald door een 'mark up' (plus of min) op de prijzen; (vermeende) kwaliteitsverschillen komen tot uiting via een 'afslag'. In de actuele marktprijzen of -waarden zijn al deze effecten verwerkt. Gebaseerd op deze laatste waarden, is dus de actuele marktwaarde van recyclaten versus die van grondstoffen daarmee dus één invalshoek om de hoogwaardigheid van een recyclingproces te duiden.

### **Terug naar de kosten**

Een aantal eerdergenoemde opvattingen over hoogwaardigheid heeft betrekking op de vraag of recyclingprocessen op zich 'levensvatbaar' zijn en uitkunnen zonder directe of indirecte interventies van de overheid. Met andere woorden: is er een positieve businesscase? Figuur 3 geeft tentatief aan hoe de businesscase uitpakt voor een aantal fictieve materiaalstromen. Daarbij vermeldt de x-as de actuele marktwaarde van een recyclaat-materiaalstroom; de y-as vermeldt de kosten van de inzet productiefactoren.

De materiaalstroom kan voldoende waardevol zijn voor een positief draaiende business case: de actuele marktwaarde of -prijs is hoog genoeg om de te maken kosten af te dekken; de markt voor deze recyclaat-materiaalstroom werkt 'vanzelf'. Dit geldt voor de materiaalstromen D t/m G onder de break-even lijn.

Figuur 4 Businesscase materiaalstromen



Bij materiaalstromen A, B en C is de eigen waarde van de materiaalstroom onvoldoende om alle kosten te dekken. Anders gezegd, de gezamenlijke (factor)kosten voor het verkrijgen van een bruikbaar recycklaat zijn groter dan de marktwaarde van dat recycklaat. En dat zegt ook iets over de intrinsieke hoogwaardigheid van deze stromen.

We hebben hiermee een tweede maat voor het definiëren van de hoogwaardigheid van recyclaten of recyclingprocessen in beeld (we spreken in het vervolg van de rentabiliteitsratio<sup>4</sup>), gebaseerd op de marktwaarde versus de te maken kosten:

$$\text{rentabiliteitsratio} = \frac{\text{marktwaarde herwonnen recycklaat}}{(\text{factor})\text{kosten herwonnen recycklaat}}$$

Wanneer de rentabiliteitsratio voor een materiaalstroom kleiner is dan 1,0, is een (indirecte) interventie als een subsidie of een voorschrift (zoals verplichte inzet % r-PET) nodig om die materiaalstroom alsnog te kunnen inzamelen, sorteren en recyclen. Alleen door zo'n interventie van subsidies, heffingen of voorschriften kunnen de stromen op de markt concurreren met virgin-materialen. Overigens, het is denkbaar dat in de marktwaarde van virgin heffingen of subsidies zijn besloten; via de marktwerking voor substituten werken deze dan door in de marktwaarde van het recycklaat.

<sup>4</sup> Een hoge rentabiliteitsratio ( $\geq 1$ ) betekent dat een stroom op zichzelf rendeert en uit kan zonder subsidie.

#### Een alternatieve benadering

In dit onderzoek kiezen we voor de bepaling van waarderatio's. De waarderatio volgens formule B geeft aan of een recyclingproces economisch uit kan, of dat er een subsidie of verplichting nodig is. Dat laatste is het geval als de marktwaarde lager is dan de factorkosten van het recycklaat (de kosten van alle ingezette productiefactoren).

Een alternatief is om deze twee waardes niet door elkaar te delen maar van elkaar af te trekken. De Marktwaarde - de Factorkosten geeft aan of er een winst of verlies is in de keten en of er dus wel of geen geld bij moet om de keten sluitend te krijgen. Een eventueel ketendeficiet kan vergeleken worden met het milieuvoordeel van een recycling optie in Recipe-punten<sup>5</sup> of in CO<sub>2</sub>-voordeel. Deze benadering kan daarmee berekenen wat de onrendabele top in de vorm van €/ton CO<sub>2</sub> of €/Recipe-punten is. Deze waarden sluiten aan bij kosteneffectiviteitsbenaderingen in het energiebeleid. We werken deze benadering niet verder uit in dit onderzoek.

### Overheidsinterventies onderbouwd

Waar de overheid direct of indirect intervenueert in markten - zoals via heffingen of subsidies - liggen daaraan vaak maatschappelijk-economische overwegingen ten grondslag (CPB/PBL, 2013). In het geval het recyclen van materiaalstromen (nog) geen positieve businesscase kent, kan de overheid ingrijpen via, subsidies of bijdragen (bijvoorbeeld via het Afvalfonds Verpakkingen) zodat het recyclingproces in de keten alsnog tot stand komt, en daardoor recyclaten op de markt verschijnen.

Een alternatieve aanpak zou zijn de virgin stromen te belasten met heffingen, bijvoorbeeld omdat de (factor) kosten niet de werkelijke maatschappelijke kosten dekken. En daarmee zijn we een derde invalshoek op het spoor om hoogwaardigheid van recyclaten of recyclingprocessen vanuit een economische insteek te duiden, namelijk die van de totale kosten, inclusief de externe kosten. Nu vergelijken we de kosten van het recycklaat met die van virgin: naarmate de integrale kosten van virgin hoger zijn ten opzichte van die van het recycklaat, neemt de waarderatio (we spreken in het vervolg van maatschappelijke waarderatio) van het recyclen toe:

$$\text{maatschappelijke waarde ratio} = \frac{\text{maatschappelijke kosten virgin}}{\text{maatschappelijke kosten recycklaat}}$$

Let op: omdat we nu over relatieve kosten spreken als proxy voor de waarde van het recyclingproces, staan de kosten van virgin in de teller en die van het recycklaat in de noemer. Hoe lager de maatschappelijke kosten van het recycklaat zijn (of hoe hoger de maatschappelijke kosten van virgin), hoe beter dit is voor de waarde van het recyclingproces. Een hogere maatschappelijke waarderatio duidt erop dat dan de recycling hoogwaardiger is.

Om te bepalen of de omvang van een interventie daadwerkelijk is gestoeld op een brede maatschappelijke insteek kan een MKBA worden opgesteld. Voor kunststofrecycling kan de vergoeding die gemeenten ontvangen ter afdekking van de kosten voor inzamelen en sorteren (€ 817/ton in 2016), dan worden vergeleken met de welvaartswinst (zoals CO<sub>2</sub>-winst t.o.v. virgin). Vervolgens kan worden geanalyseerd of de vergoeding per saldo - vanuit die

<sup>5</sup> Een begrip gehanteerd in de life cycle assessment (LCA)-methode.



brede maatschappelijke insteek - welvaartswinst oplevert, of onder welke voorwaarden/veronderstellingen dat het geval is.

## 2.3 Scope van dit onderzoek

Op basis van het voorgaande zien wij drie manieren om hoogwaardigheid vanuit de economische (Profit) insteek te duiden. In Figuur 5 staan ze toegelicht.

Figuur 5 Duiden van hoogwaardigheid vanuit economisch perspectief

Waarde insteek	Toelichting	Verschillen
A. Financieel economisch uitgaande van marktwaarde	Op basis van vigerende (factor)kosten, marges én heffingen en subsidies	Heffingen en subsidies ter afdekking van de onrendabele top
B. Financieel economisch uitgaande van kosten van productiefactoren	Op basis van vigerende (factor)kosten en marges	
C. Maatschappelijk economisch	Rekening houdend met externe effecten en onderwaarderingen	Gebaseerd op de waardering van externe effecten (kan de grondslag zijn voor heffingen of subsidies)

Figuur 6 toont de waarderatio's waarmee we de hoogwaardigheid aanduiden in formule vorm.

Figuur 6 Economische waardebeoordeling

A. Waarde-ratio op basis van marktwaarde:

$$\text{marktwaarde ratio} = \frac{\text{marktwaarde recycklaat}}{\text{marktwaarde virgin}}$$

B. Waarde-ratio op basis van (productiefactor)kosten:

$$\text{rentabiliteitsratio} = \frac{\text{marktwaarde recycklaat}}{(\text{factor})\text{kosten recycklaat}}$$

C. Waarde-ratio op basis van maatschappelijke kosten:

$$\text{maatschappelijke waarde ratio} = \frac{\text{maatschappelijke kosten virgin}}{\text{maatschappelijke kosten recycklaat}}$$

### Scope

In het vervolg van dit onderzoek werken we de benaderingen A en B (marktwaarde en rentabiliteit) uit voor een aantal verschillende cases. Het doel is te onderzoeken of deze ratio's bruikbaar zijn om de hoogwaardigheid van een materiaalstroom vanuit een economisch perspectief te kunnen duiden, welke indicatoren daarvoor geschikt zijn en welke lessen getrokken

kunnen worden met betrekking tot de interpretatie van de uitkomsten voor beleid(sinterventies).

De maatschappelijke waarde benadering komt in dit onderzoek niet verder aan de orde. Het in het kader van dit onderzoek uitvoeren van volledige MKBAs om daarmee de waardering op basis van maatschappelijke kosten te bepalen is niet mogelijk. Wij kunnen ons echter voorstellen dat een daarop gebaseerde ratio anders uitpakt dan de zojuist besproken aanpak vanuit financieel-economisch perspectief (zie bijvoorbeeld CE Delft (2013) inzetten op meer recycling, een maatschappelijke kosten-batenanalyse).

### **Uitwerking benadering op basis van marktwaarde en rentabiliteit**

De benaderingen A en B zijn gebaseerd op financieel-economische overwegingen van microniveau respectievelijk macroniveau. Beide benaderingen voor hoogwaardigheid zijn verschillend. De marktwaarde benadering (A) zegt iets over de kwaliteit van het recyclaat ten opzichte van virgin grondstoffen, terwijl de rentabiliteitsbenadering (B) uitgaat van de financiële kosten van een recyclingproces en die vergelijkt met de marktwaarde.

Vanuit het perspectief van economische hoogwaardigheid scoort een recyclingproces idealiter hoog op beide aspecten. Bij een marktwaarderatio van rond de 1 ligt de marktprijs van het recyclaat in de buurt van die van virgin-materialen en is de kwaliteit van het recyclaat (als input) vergelijkbaar met de kwaliteit van het virgin-materiaal. De rentabiliteitsratio is vanuit een perspectief van hoogwaardige recycling bij voorkeur  $\geq 1$ ; immers dan is sprake van een recyclingproces dat uit zichzelf tot stand komt en op een dusdanige manier kan worden vormgegeven dat bedrijven in de keten winst maken. Dit is bijvoorbeeld het geval bij metalen (oud) ijzer, lood, zink en koper.

De waardering's voor beide benaderingen bepalen we als volgt. Voor de *marktwaarde benadering* maken we gebruik van openbare marktinformatie én indicaties daarover van het bedrijfsleven. Voor de *rentabiliteitsbenadering* hebben we informatie nodig over de factorkosten. Deze informatie is lastig te verkrijgen vanwege de bedrijfsgevoeligheid ervan. We gebruiken binnen dit onderzoek derhalve een andere manier om de factorkosten in te schatten.

Indien de overheid intervenueert en recycling stimuleert, gebruiken we het subsidiebedrag (zoals SDE+ voor hout) of de vergoeding (kunststoffen) als *indicatie* voor de onrendabele top (of ketendeficiet) van recyclingprocessen. Deze onrendabele top, opgeteld bij de marktwaarde in het economisch verkeer, geeft dan een schatting voor de totale productiekosten (factorkosten) voor het verkrijgen van een recyclaat.

Voor processen die levensvatbaar zijn zonder overheidsinterventie nemen we aan dat de factorkosten bij benadering gelijk of lager zijn dan de marktprijs van het recyclaat. Dit is immers een voorwaarde voor financiële levensvatbaarheid op de langere termijn.

Op voorhand vinden we beide ratio's bruikbaar om hoogwaardigheid vanuit economisch perspectief te duiden. In de cases gaan we de bruikbaarheid verder onderzoeken. Daarbij bepalen we ze afzonderlijk, maar ook gecombineerd door ze met elkaar te vermenigvuldigen. Op deze manier ontstaat de gecombineerde waarderatio die zowel rekening houdt met de relatieve kwaliteit van het recycklaat versus virgin als met de waarde-kosten verhouding van het recycklaat (dus het gehele recyclingproces zelf):

*gecombineerde waarde ratio = marktwaarde ratio x rentabiliteitsratio*

$$= \frac{\text{marktwaarde recycklaat}}{\text{marktwaarde virgin}} \times \frac{\text{marktwaarde recycklaat}}{\text{factorkosten recycklaat}}$$

Er is sprake van een meer hoogwaardig recycklaat of recyclingproces, vanuit de Profit-kant gezien, naarmate:

- de marktwaarde van het recycklaat dicht bij die van virgin ligt (aannemende dat bedrijven in beginsel virgin prefereren vanwege constante kwaliteit, stabiele aanvoer, etc.); én
- deze marktwaarde van het recycklaat beter in staat is de (productie-factor)kosten daarvan te dragen.

Bij de bepaling van de waarderatio's maken we als algemeen voorbehoud dat de waarden in de cases illustratief zijn en niet als absolute waarden kunnen worden geïnterpreteerd. In onderstaand kader lichten we dat toe.

**Tekst box 2. Voorbehoud bij de waarderatio's in het caseonderzoek**

De waarden geven gemiddelde prijzen weer gebaseerd op informatie vanuit de industrie en gesprekken met respondenten uit de industrie. Prijzen zijn echter afhankelijk van aspecten zoals leveringsfrequentie, spot- en of lange termijnmarkten, plaats van levering, etc. Daarnaast kunnen prijzen volatiel zijn. Ze geven daarom slechts een momentopname weer. De prijzen in de cases moeten daarom niet als absolute waarden worden geïnterpreteerd, maar meer als illustratie voor de toepassingsmogelijkheden van de methodiek van de waarde-ratio's.

In het caseonderzoek in de volgende hoofdstukken toetsen we de methodiek om economische hoogwaardigheid te bepalen aan de hand van de vergelijking tussen recyclingopties. Voor de marktwaarde van virgin hanteren we derhalve steeds de marktwaarde die geldt voor toepassing in de hoogste graad. Dit vanwege de hier boven genoemde circulariteitsgedachte die centraal staat in het gehele onderzoek. Verdiepende analyse (binnen een recyclingoptie naar toepassingsmogelijkheden) laten we in dit onderzoek vooralsnog achterwege. In Hoofdstuk 4 komen we hierop terug.

**Tot slot**

Binnen eenzelfde afvalstroom kan met behulp van de basisregel een vergelijking worden gemaakt tussen de hoogwaardigheidsscores van verschillende beschikbare recyclingtechnieken of -processen. Daarnaast kan een vergelijking worden gemaakt in de tijd; wat is de verandering in de hoogwaardigheidsscore ten opzichte van x jaar geleden?

Het vergelijken van hoogwaardigheidsscores van verschillende afvalstromen onderling met deze eenvoudige basisregel is lastiger, maar wellicht niet onmogelijk. Als we de basisregel zo toepassen, is het niet om absolute uitspraken te doen vanuit één aspect (recyclen is immers maar één van de relevante invalshoeken ten aanzien van het gebruik en het aanwenden van materiaal) maar om de uitdagingen, waarvoor ‘een sector rond afval/ materiaalstromen’ zich gesteld ziet bij circulair opereren, in perspectief te plaatsen. Maar inzicht of, en in welke mate er extra middelen in een keten gestopt moeten worden om deze sluitend te krijgen (bijvoorbeeld per jaar, per kilo en/of per inwoner) kan interessante informatie opleveren over de verschillende ketens heen.

# 3 Economische hoogwaardigheid getoetst via cases

In dit hoofdstuk bepalen we de waarderatio's voor de recycling van vijf verschillende materialen. Het gaat achtereenvolgens om PET-materiaal (Paragraaf 3.2), beton (Paragraaf 3.3), bitumineus dakafval (Paragraaf 3.4), hout (Paragraaf 3.5) en glas (Paragraaf 3.6).

## 3.1 Aanpak caseonderzoek

In de volgende paragrafen van dit rapport zijn de resultaten opgenomen van het caseonderzoek waarin we onze benadering toetsen. We bepalen de marktwaarderatio, de rentabiliteitsratio en de combinatie daarvan, om te onderzoeken of deze een duiding opleveren die bruikbaar is voor hoogwaardige recycling vanuit de economische invalshoek en het ontwerpen van beleid(sinterventies). In deel 3 van het onderzoek trekken we een aantal conclusies en bespreken we enkele opties voor de bepaling van de indicator s in de hoogwaardigheidsformule zoals gepresenteerd dit hoofdstuk (deel 1) van het onderzoek.

De volgende vijf cases zijn onderdeel van het caseonderzoek:

- kunststof;
- bitumineus dakafval;
- beton;
- hout;
- glas.

De eerste vier cases komen overeen met de cases die ook zijn geanalyseerd in het eerdere onderzoek naar het beleidsmodel en het ontwerp van het mLCA-model. De glas case is toegevoegd ten opzichte van dit eerdere onderzoek.

Per case staat een aantal recyclingopties naast elkaar (in een enkel geval wordt ook een vergelijking gemaakt met energietoepassing zoals bij hout). De recyclingopties leiden steeds tot een recyclelaat dat gebruikt kan worden voor een bepaalde toepassing of meerdere toepassingen. De kunststof case bijvoorbeeld zet het statiegeld systeem en het plastic heroes-systeem naast elkaar. Beide recyclingopties leiden tot een andere kwaliteit recyclelaat geschikt voor een andere toepassing.

Om de recyclingopties onderling te kunnen vergelijken op economische hoogwaardigheid bepalen we de waarderatio's. Voor de vergelijking van de verschillende (recycling)opties per case hanteren we steeds dezelfde waarde voor de marktwaarde van virgin, namelijk de marktwaarde die geldt voor toepassing in de hoogste graad. Dat sluit ook aan bij circulariteit: Je start met een bepaald materiaal met een bepaalde waarde, vervolgens wil je dit na gebruik zoveel mogelijk terugbrengen naar het domein met dezelfde waarde. Nemen we de kunststof case als voorbeeld dan betreft dat de marktwaarde van virgin grondstof voor PET (momenteel rond de € 900 per ton). Dit betekent voor de bepaling van de marktwaarderatio dat de noemer voor elke optie hetzelfde is. Deze analyse geeft inzicht in de kwaliteits- en waardeverschillen van het recyclelaat.

Vervolgens is ook een analyse vanuit een ander perspectief mogelijk. Deze analyse speelt zich af binnen een recyclingoptie en betreft de toepassingsmogelijkheden van het recyclaat. Afhankelijk van de toepassing van het recyclaat wordt een andere primaire grondstof met een andere marktwaarde vervangen. We nemen weer de kunststof case als voorbeeld. Stel dat we het recyclaat van plastic heroes gebruiken voor het produceren van bierpaaletjes. Met bierpaaletjes van dit kunststof recyclaat zijn meerdere primaire grondstoffen te vervangen: virgin kunststof, maar ook virgin hout en/of beton. Het onderling vergelijken van deze ‘vervangers’ betekent voor de bepaling van de marktwaarderatio dat de noemer voor elke optie anders is. De teller is hier wel hetzelfde, namelijk de marktwaarde van het recyclaat uit het plastic heroes-systeem. Deze analyse geeft inzicht in kwaliteits- en waardeverschillen van het primaire materiaal dat wordt uitgespaard.

### 3.2 PET

Voor PET vergelijken we twee verwerkingsroutes met elkaar. Beide routes gaan uit van grote PET-flessen als basis:

1. PET-flessen via Statiegeld tot regranulaat<sup>6</sup>:  
In deze route worden PET-flessen groter dan een halve liter ingezameld met statiegeldmachines in supermarkten. Het systeem kent een respons van 95% tot 98%. De flessen worden na inname bij supermarkten getransporteerd naar een telcentrum, waar de flessen worden geteld en de financiële verevening tussen supermarkten plaatsvindt.<sup>7</sup>
2. PET-flessen via het plastic heroes-systeem tot regranulaat en maalgoed:  
Ook via bronscheiding kunnen grote PET-flessen worden ingezameld voor recycling. Momenteel komt ongeveer 55% van het PET bij huishoudens via het bronscheidingsysteem beschikbaar voor recycling. De PET-flessen worden samen met andere typen kunststof verpakkingen ingezameld. Vergeleken met de statiegeldroute zijn schoonmaak/verwerkstappen en dus meer energie nodig. Het maalgoed en de granulaten worden in een veelheid aan toepassingen ingezet. Uit interviews met marktpartijen blijkt dat PET-materiaal uit het plastic heroes-systeem niet wordt gebruikt voor de productie van ‘food-approved-bottle-to-bottle’ regranulaat. Toepassing zou in strijd zijn met EU-wetgeving, omdat minimaal 95% van het inputmateriaal uit flessen bestemd voor dranken en voeding moet bestaan. Omdat deze zuiverheid niet wordt gehaald in het plastic heroes-systeem, wordt PET uit het plastic heroes-systeem gebruikt voor laagwaardigere toepassingen dan ‘food-approved-bottle-to-bottle’ toepassingen.

Voor kunststoffen zijn er verschillende kwaliteiten recyclaat: regranulaat, maalgoed en agglomeraat. Regranulaat kent een relatief hoge zuiverheid, omdat het kunststofmateriaal door smeltzuiveren gereinigd is. Maalgoed is kunststof dat is gemalen, gewassen en van stof ontdaan en heeft een lagere zuiverheid dan regranulaat. Agglomeraat is verdicht folie-materiaal dat niet gezuiverd is van verontreinigingen (VKR, 2010).

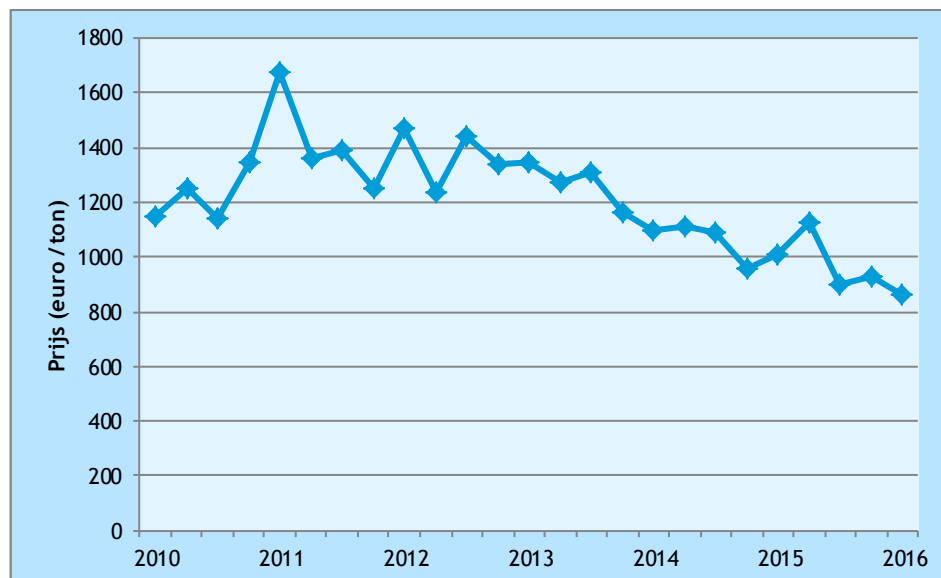
<sup>6</sup> In deze studie gaan we (conform de milieukundige analyse) uit van opwerking tot regranulaat. In het statiegeldsysteem wordt echter ook kunststof flakes/maalgoed geproduceerd.

<sup>7</sup> Daarnaast hebben de Lidl en de Aldi hun eigen gesloten systemen.

## Marktwaaarderatio

Voor de bepaling van de marktwaaarderatio vergelijken we het recycklaat uit de twee routes met de virgin-prijs. De virgin-prijzen voor PET zijn weergegeven in Figuur 7. De figuur laat zien dat de prijs van virgin PET na een piek in 2011 geleidelijk is gedaald. De huidige prijs is € 860 per ton (week 8 in 2016).

Figuur 7 Prijzen PET (€/ton)



Bron: [www.vraagenaanbod.nl](http://www.vraagenaanbod.nl)

De waarde van regranulaat uit het statiegeldsysteem ligt historisch gezien volgens marktpartijen zo'n 0% tot 20% hoger dan de waarde van virgin materiaal. De hogere prijs lijkt in eerste instantie tegen intuïtief, omdat recycklaat per definitie minder zuiver is dan virgin PET.<sup>8</sup> De marktprijs voor regranulaat is toch hoger om de volgende redenen<sup>9</sup>:

- Er geldt een overheidsverplichting voor de inzet van gerecycled PET-materiaal in nieuwe PET-flessen. Hierdoor is er een 'kunstmatig' hoge vraag naar PET-recycklaat (rPET), en wordt de prijs opgedreven.
- Inzet van gerecycled PET-materiaal levert bedrijven een groener imago op dan virgin PET. Hierdoor zijn bedrijven bereid om een hogere prijs te betalen voor recycklaat.

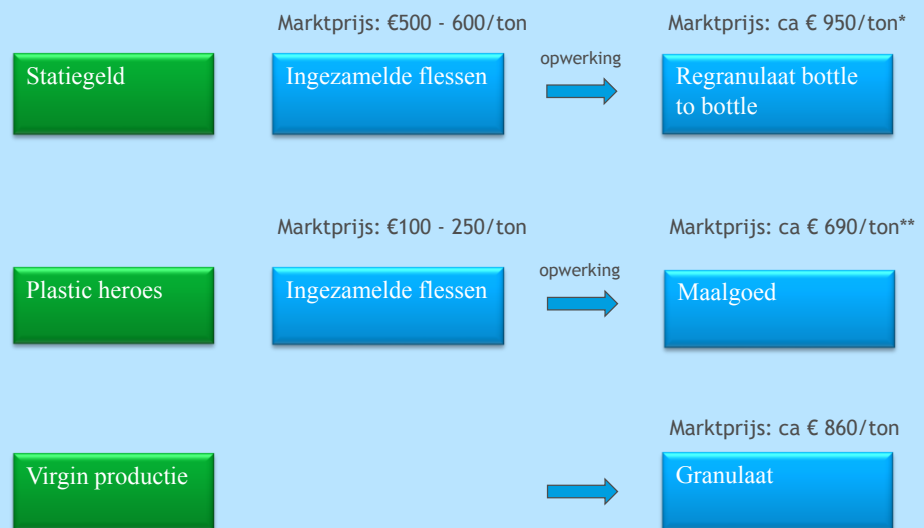
<sup>8</sup> De zuiverheid van PET-materiaal in het statiegeldsysteem is relatief hoog, omdat de flessen zowel worden gecontroleerd door een statiegeldmachine in de supermarkten als een telmachine in de telcentra.

<sup>9</sup> Voor het product dat vooraf gaat aan de productie van granulaat (clear hot-washed flakes), ligt de marktprijs op dit moment 10% onder virgin prijs. De kosten om deze flakes op te werken naar 'food approved bottle-to-bottle regranulaat' zijn grofweg € 300 per ton. Dit leidt in de meeste marktsituaties tot een marktprijs van regranulaat die boven de virgin prijs ligt. Producenten van thermoformed voedselverpakkingen (bijvoorbeeld Guillin, Linpac, Coveris, Huhtamaki, Hordijk in NL) kopen voor productie van sheets non-food approved hot-washed flakes in. Sommige producenten zetten de flakes in de B-laag van een ABA-constructie in. De beide A-lagen zijn dan gemaakt van virgin en vormen een functionele barrière. Andere producenten gaan met de flakes door een decontaminatieproces voordat ze er in monolayer constructie Food Approved sheet van maken. Dit proces is geschikt voor thermoformsheet, maar niet voor toepassing in flessen.

De hogere marktprijs voor regranulaat uit het statiegeldsysteem betekent een marktwaarderatio van 1,0 tot 1,2.

Verwerkers (van PET-materiaal uit het plastic hero-systeem) geven aan dat het materiaal wordt opgewerkt tot maalgoed dat wordt toegepast in de vezel-industrie en productie van sheets. De marktprijs van deze vezels ligt zo'n 20% lager dan virgin PET (marktwaarderatio 0,8). Om het kwaliteitsniveau te garanderen, is bovendien 10 tot 15% toevoeging van PET-materiaal uit het statiegeldsysteem noodzakelijk. Zonder deze toevoeging zouden alleen laagwaardigere toepassingen mogelijk zijn.

In deze case is de marktwaarderatio bepaald op basis van PET-flessen die worden opgewerkt tot regranulaat en maalgoed. Deze ratio zou ook kunnen worden bepaald op basis van de prijs van de onbewerkte ingezamelde PET-flessen. De marktprijs van onbewerkt PET uit het statiegeldsysteem ligt momenteel rond de € 500 tot € 600 per ton (materiaal voordat het bewerkt wordt tot granulaat). Bij een huidige virgin prijs van € 860 per ton, zou dit voor het onbewerkte recyclaat resulteren in een marktwaarderatio van grofweg 0,6 tot 0,7. De marktprijs van onbewerkt PET uit het plastic hero-systeem ligt ongeveer een factor drie lager (historisch tussen de € 100 en € 250 per ton). Dit zou grofweg een marktwaarderatio van 0,2 betekenen voor onbewerkt PET uit het plastic hero-systeem bij een virgin prijs van € 860 per ton. De hogere waarde van het PET-materiaal uit het statiegeldsysteem weerspiegelt zich daarom zowel in de inkoopprijs van het PET-materiaal als de prijs van het maalgoed/regranulaat dat wordt geproduceerd (zie ook onderstaand figuur).



\* De € 950 per ton is berekend op basis van de marktwaarde in week 8 2016 (€ 860) vermenigvuldigd met 1,1 (midden van de range van 0% tot 20% bovenop de marktprijs virgin, zie marktwaarderatio van regranulaat statiegeldsysteem).

\*\* De € 690 per ton is berekend op basis van de marktwaarde week 8 2016 (€ 860) vermenigvuldigd met 0,8 (20% lagere prijs dan virgin-prijs, zie marktwaarderatio van flakes plastic heroes).



## Marktaanpassingen door overheidsingrijpen en de rentabiliteitsratio

In de kunststofmarkt vindt (indirect) overheidsingrijpen plaats. Gemeenten ontvangen een vergoeding van € 817 per ton voor het inzamelen en sorteren van kunststofafval.<sup>10</sup> Deze vergoeding geeft een indicatie van de meerkosten van kunststofrecycling ten opzichte van inzameling en verwerking van restafval, en daarmee de toepassing van kunststofmateriaal als energiebron in de AVI.<sup>11</sup> De vergoeding daalt naar € 656 per ton in 2019.

Voor PET-flessen van een halve liter en groter, treden meerkosten op door het statiegeldsysteem. Ook voor dit systeem geldt dat de kosten hoger zijn dan de kosten voor de inzameling van restafval. CE Delft kwam in een studie uit op gemiddeld 3 €ct per fles, omgerekend € 680 per ton (CE Delft, 2014) WUR (Thoden van Velzen & Bos-Brouwers, 2012) berekende het dubbele. Een analyse van TNO (TNO, 2014) liet zien dat de prijzen van het statiegeldsysteem lager lagen in 2014 dan WUR (2012) becijferde. In TNO (2014) zijn echter geen bedragen genoemd.

Tabel 1 Overheidsinterventies

	Overheidsingrijpen*
PET regranulaat statiegeldsysteem	€ 680 (CE Delft, 2013)
PET flakes plastic hero-systeem (met 10-15% toevoeging statiegeld PET)	€ 817/ton (2015) <sup>12</sup>

\* De bedragen in de kolom overheidsingrijpen kunnen worden geïnterpreteerd als de benodigde financiële stimulering in de keten voor een rendabel recyclingproces. Bij het plastic heroesysteem zijn dit de vergoedingen die gemeenten ontvangen vanuit het Afvalfonds in het kader van de Raamovereenkomst Verpakkingen. Bij het statiegeldsysteem zijn dit de meerkosten ten opzichte van inzameling van restafval door het statiegeldsysteem.

De rentabiliteitsratio is bepaald door de marktprijs van het recycklaat te delen door de factorkosten van het recycklaat. Bij gebrek aan gedetailleerde informatie over de factorkosten van het recycklaat, hanteren we in deze studie de aanname dat in een markt zonder overheidsingrijpen de factorkosten van het recycklaat bij benadering gelijk zijn aan de marktprijs van het recycklaat (€ 950 voor recycklaat uit statiegeldsysteem en € 690 voor recycklaat uit plastic heroesysteem, zie Tabel 2).

In beide routes zijn de kosten hoger dan de marktprijs van het recycklaat. In de route van statiegeld hanteren we meerkosten van bij benadering 3 €ct per fles of € 680 per ton; in de case van het plastic hero-systeem bedragen de meerkosten € 817 per ton. Dit resulteert in rentabiliteitsratio's van 0,6 (statiegeldsysteem) en 0,45 (plastic hero-systeem).

<sup>10</sup> Bron: <https://vng.nl/onderwerpenindex/milieu-en-mobiliteit/afval/nieuws/gemeenten-akkoord-met-vergoeding-kunststofafval>.

<sup>11</sup> De vergoeding daalt naar € 656 per ton in 2019. Het gaat hierbij om een gemiddelde vergoeding voor alle kunststoffen. Door het ontbreken van vergoedingen per materiaal, is geen opsplitsing gemaakt naar PET. Mogelijk kunnen de meerkosten voor PET specifiek daarom wat afwijken van de gemiddelde kosten.

<sup>12</sup> Vergoeding 2015.

Tabel 2 Waarderatio's PET

	Marktwarderatio (A):	Rentabiliteitsratio (B):	Gecombineerd A * B
	$\frac{\text{marktwaaarde recycalaat}}{\text{marktwaaarde virgin}}$	$\frac{\text{marktwaaarde recycalaat}}{(\text{factor})\text{kosten recycalaat}}$	
PET regranulaat 'bottle to bottle' via Statiegeld	1,0 tot 1,2	$950^* / (950+680)^{**} = 0,6$	0,6 tot 0,7
PET flakes plastic hero-system	0,8	$690^{***} / (690+817)^{****} = 0,45$	0,35

\* Marktwaaarde week 8 2016 (€ 860) vermenigvuldigd met 1,1 (midden van de range van 0% tot 20% bovenop de marktprijs virgin, zie marktwarderatio).

\*\* Schatting van kosten op basis van marktwaaarde recycalaat uit statiegeldsysteem en hierbij opgesteld de meerkosten voor het statiegeldsysteem.

\*\*\* Marktwaaarde week 8 2016 (€ 860) vermenigvuldigd met 0,8 (20% lagere prijs dan virgin-prijs, zie marktwarderatio).

\*\*\*\* Schatting van kosten op basis van marktwaaarde recycalaat uit plastic heroes en hierbij opgeteld de vergoeding die gemeenten ontvangen. Het gaat hierbij om de gemiddelde vergoeding voor alle kunststofstromen.

### Interpretatie

Vanuit de invalshoek van de marktwarderatio is regranulaat uit het statiegeldsysteem hoogwaardiger dan virgin materiaal. De hogere prijs komt omdat er een verplichting door de overheid geldt om gerecycled PET in te zetten voor de productie van nieuwe PET-flessen. Daarnaast kunnen imago-effecten een rol spelen.

Zoals gezegd, PET-flessen uit het plastic heroes-systeem worden niet opgewerkt tot regranulaat voor bottle-to-bottle toepassingen, omdat dit juridisch niet is toegestaan. Omdat deze stroom minder zuiver is dan het PET uit het statiegeldsysteem, ligt de marktprijs lager en moet virgin PET worden bijgemengd voor de productie van het maalgoed voor de vezel industrie en productie van sheets.

Recycling van huishoudelijk kunststof is financieel vooralsnog niet rendabel. In de keten zijn vergoedingen/subsidies noodzakelijk om de meerkosten van kunststofrecycling ten opzichte van inzameling van restafval te dekken. De rentabiliteitsratio is daarom kleiner dan één: de factorkosten (noemer rentabiliteitsratio) zijn groter dan de marktprijs van het recycalaat. Het is daarom de vraag, vanuit maatschappelijk perspectief, of de bredere welvaartseffecten opwegen tegen de meerkosten. Dit geldt zowel voor het statiegeldsysteem als het plastic heroes-systeem.

### 3.3 Beton

Voor beton worden drie recyclingprocessen of routes met elkaar vergeleken:

1. Recycling tot betongranulaat, inzet als funderingsmateriaal in de GWW.
2. Recycling tot betongranulaat, ingezet als grindvervanger in nieuw beton. Betonpuin kan ook worden gebroken tot een grove en fijne fractie. De grove fractie kan ingezet worden in nieuw beton, terwijl de fijne fractie (brekerzand) aan de GWW-sector verkocht kan worden.
3. Recycling tot de oorspronkelijke componenten. In Nederland en Europa zijn er meerdere ontwikkeltrajecten voor het terugbrengen van beton tot zijn voornaamste oorspronkelijke componenten. Dit zijn grind, zand en een

fijne fractie die voornamelijk bestaat uit cementsteen. Het teruggewonnen grind en zand vervangen virgin grind en zand. Het teruggewonnen cementsteen kan direct of na dehydratie op twee manieren ingezet worden als grondstof in cement (als hoofd- of nevenbestanddeel) of als vulstof met bindende eigenschappen in beton, mits het uit het betonpuin kan worden gescheiden.

### Marktwaarderatio

Op basis van de gemiddelde betonsamenstelling in Nederland, bedraagt de waarde van de virgin-materialen € 52 per m<sup>3</sup> of omgerekend € 22 per ton beton.<sup>13</sup>

Tabel 3 Prijs virgin bestanddelen in beton

	Prijs per ton virgin-materiaal (€ per ton)	Aandeel in betonsamenstelling (kg/m <sup>3</sup> )	Prijs per m <sup>3</sup> beton (€/m <sup>3</sup> )
Portlandcement CEM I	87	119	10
Hoogovencement CEM III	82*	193	16
Rivierzand	13	823	11
Riviergrind	13	1.016	13
Betongranulaat	14	46	1
Poederkoolvliegias	35	10	0
Kalksteenmeel	45	16	1
Water	0,7	141	0
Totaal	N.v.t.	2.364	52

Bron: BRBS (2016) voor riviergrind en betongranulaat en CE Delft (2013) voor overige onderdelen.<sup>14</sup>

\* Prijs voor hoogovencement is niet bekend. We hebben daarom de prijs gehanteerd van Portland CEM III.

Als beton wordt verwerkt tot granulaat in de GWW-sector (verwerkingsroute één), is de waarde van het materiaal ongeveer € 6,50 per ton (2013-prijs). Deze methode van recycling leidt tot een materiaal met relatief de laagste prijs.<sup>15</sup>

Bij een verwerkingsmethode waarbij het betongranulaat wordt ingezet ter vervanging van riviergrind (verwerkingsroute twee), is de waarde van het product hoger. De waarde van betongranulaat is € 14 per ton. Uitgaande van 50% inzet van materiaal als grindvervanger en 50% inzet van materiaal als brekerzand in de GWW met een marktprijs van € 6,50 per ton (zie de milieukundige analyse in CE Delft, Rebel Group en IVAM (CE Delft; IVAM; Rebel, 2016) is de gewogen waarde van het recycleat zo'n € 10 per ton.

<sup>13</sup> € 52/m<sup>3</sup> gedeeld door 2.364 ton komt overeen met € 22 per ton.

<sup>14</sup> In een eerder project voor CE Delft hebben verschillende partijen in de betonketen een vertrouwelijke prijsopgaaf gedaan voor de verschillende bestanddelen van beton voor het jaar 2013. Deze prijzen zijn gemiddeld, waarbij destijds een gemiddelde afwijking 10 tot 20% is berekend. Dit betekent dat lokaal in Nederland lagere of hogere prijzen kunnen gelden.

<sup>15</sup> De milieukundige analyse laat zien dat 98,5% van het materiaal kan worden ingezet als betongranulaat voor fundering.

In de derde route is de waarde van het product het hoogste. In deze route wordt, naast zand en grind, ook cement en superplast uitgespaard (bestanddeel cement). Het teruggewonnen cementsteen kan ingezet worden als een vulmiddel met bindende eigenschappen, hetzij direct in het cement hetzij direct in het beton. Deze toepassing is nog in een experimentele fase. De verwachting is dat de prijs voor het cementsteen vergelijkbaar zal zijn met die van poederkoolvliegias. Hiermee komt de gemiddelde gewogen waarde van de uitgespaarde grondstoffen in deze route op € 16 per ton.<sup>16</sup>

Uitgaande van een virgin waarde van € 22 per ton beton, bedraagt de marktwaarderatio van de eerste route ongeveer 0,3; de marktwaarderatio van de tweede route 0,45 en de marktwaarderatio van de derde route grofweg 0,75. De hoogwaardigheid loopt daarmee op met de mate waarin het beton wordt teruggebracht tot de meest oorspronkelijke bestanddelen.

Beton is een samengesteld product. Voor de onderlinge vergelijkbaarheid van de routes is de virgin-prijs van het oorspronkelijke product beton in de noemer opgenomen. Hiermee wordt het mogelijk de marktwaarderatio's van de verschillende routes met de marktwaarde van het oorspronkelijke samengesteld product te vergelijken.

Als gekozen zou worden voor een vergelijking met alleen de bestanddelen die worden uitgespaard, worden de marktwaarderatio's gebaseerd op verschillende noemers. De marktwaarde van het recycalaat in route drie zou dan met andere virgin materialen (o.a. vliegias) en andere prijzen worden vergeleken dan de marktwaarde van het recycalaat in route twee (riviergrind). Er is in route drie dan sprake van een samengestelde marktwaarde gewogen naar de bestanddelen.

### Marktaanpassingen door overheidsingrijpen en de rentabiliteitsratio

Bij de recycling van beton vindt geen significant overheidsingrijpen plaats in de vorm van verplichtingen of subsidies. De recycling van beton vindt volledig plaats op basis van marktmechanismen zonder dat elders in de maatschappij financiële meerkosten gemaakt hoeven te worden. Hierbij merken we op dat de derde recyclingroute nog in een ontwikkelstadium is en nog moet worden bewezen in hoeverre commerciële toepassing op grote schaal mogelijk zal zijn zonder subsidies of verplichtingen.

Tabel 4 Overheidsinterventies

	Marktaanpassingen door overheidsingrijpen
Betongranulaat als funderingsmateriaal	€ 0/ton
Betongranulaat in nieuw beton	€ 0/ton
Recycling tot de oorspronkelijke elementen	€ 0/ton

Doordat de betonrecycling levensvatbaar is zonder overheidsingrijpen, nemen we aan dat de rentabiliteitsratio minimaal één bedraagt. De factorkosten zijn lager of gelijk aan de marktwaarde van het recycalaat. Voor recycling tot de oorspronkelijk componenten (route 3) is deze ratio nog onbekend, omdat nog moet blijken in hoeverre commerciële toepassing mogelijk is.

<sup>16</sup> Per 1.000 kg wordt 479 kg grind uitgespaard (€ 13 per ton), 371 kg zand (€ 13 per ton) en 140 kg vliegias (€ 35 per ton). Het gewogen gemiddelde is € 16 per ton.

Tabel 5 Waarderatio's

	Marktwaaarderatio (A):	Rentabiliteitsratio (B) :	Gecombineerd A * B
	$\frac{\text{marktwaarde recycilaat}}{\text{marktwaarde virgin}}$	$\frac{\text{marktwaarde recycilaat}}{(\text{factor})\text{kosten recycilaat}}$	
Betongranulaat als funderingsmateriaal	0,3	1	0,3
Betongranulaat in nieuw beton	0,45	1	0,45
Recycling tot de oorspronkelijke elementen	0,75	n.b.*	n.b.

\* Omdat toepassing zich nog niet in de praktijk commercieel bewezen heeft.

### Interpretatie

De marktwaaarderatio van het betonrecycilaat neemt toe met de mate waarin het beton kan worden teruggebracht tot de oorspronkelijke bestanddelen. Reden is dat de marktprijs van de oorspronkelijke bestanddelen (grind en vooral cement) hoger ligt dan de marktprijs van betongranulaat. De hoogte van de waarderatio komt daarmee overeen met de intuïtie; uitsparing van oorspronkelijke bestanddelen resulteert in een hogere marktwaaarderatio.

In de betonsector vindt geen overheidsingrijpen plaats in de vorm van significante subsidies of verplichtingen. Recycling vindt plaats op basis van marktmechanismen. Er hoeven daarom geen meerkosten gemaakt te worden elders in de maatschappij om milieuwinst en uitsparing van grondstoffen te realiseren. De rentabiliteitsratio is daarom voor alle drie de routes bij benadering gelijk aan 1 (kostprijs gelijk aan marktprijs), met een voorbehoud voor de derde techniek, omdat de toepassing op grote commerciële schaal nog bewezen moet worden.

### 3.4 Bitumineus dakafval

Voor bitumineus dakafval worden twee verwerkingsprocessen met elkaar vergeleken:

- recycling tot nieuwe dakbanen;
- recycling tot asfalt.

De meest toegepaste recyclingroute voor dakafval is recycling tot asfalt. In die route wordt dakafval in het recyclingbedrijf via meerdere shredders tot granulaat vermalen. Het granulaat wordt vervolgens geleverd aan asfalt-centrales.

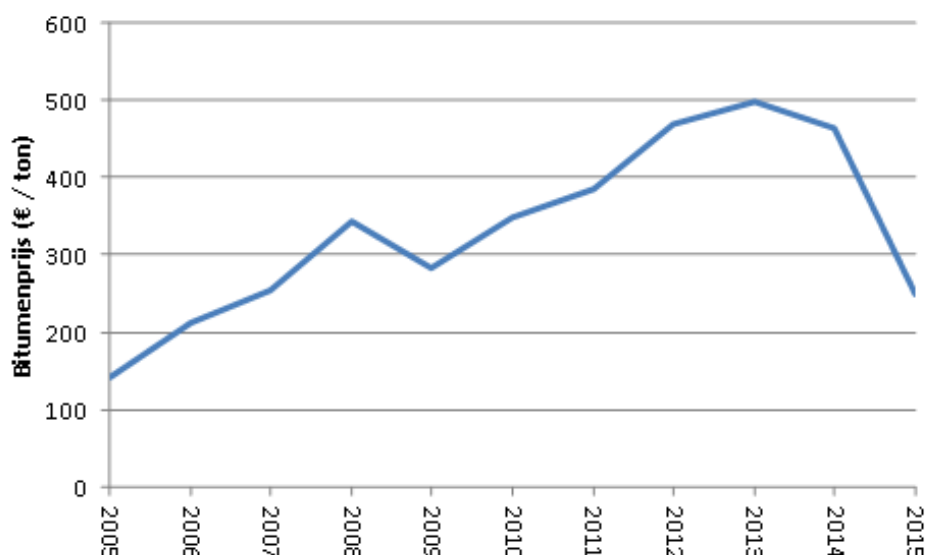
Voor de recycling tot nieuwe dakbanen wordt gebruik gemaakt van dakafval, resten die vrijkomen bij nieuwbouw en productie-uitval van virgin bitumen. Voordat dit afval in de recyclingfabriek wordt verwerkt tot grondstof voor nieuwe dakbedekking, wordt een aantal stappen genomen. In het geval van dakafval vindt eerst inspectie plaats op het dak en wordt het dak vervolgens gesloopt en ingezameld, waarbij de dakbedekking gescheiden wordt van de rest van het dakafval. Vervolgens wordt het dakafval voorbereid (geshredderd) en getransporteerd naar de recyclingfabriek waarin het voorbereide materiaal gesmolten en gezeefd wordt tot grondstof voor nieuwe dakbedekking. Om tot het gewenste kwaliteitsniveau te komen wordt ook nog wat virgin bitumen toegevoegd.

### Marktwaarderatio

Bij recycling tot asfalt wordt granulaat geproduceerd met een huidige marktprijs van ongeveer € 150 per ton bitumen.<sup>17</sup> De marktwaarderatio bedraagt daarmee, afhankelijk van de virgin marktprijs van bitumen van € 150 tot € 500 per ton (zie Figuur 8), zo'n 0,3 tot 1.

Voor de tweede recyclingroute - recycling tot nieuwe dakbanen - is het niet mogelijk om een waarderatio te bepalen. Er bestaat namelijk geen externe marktprijs voor het gerecycleerde bitumen. De industrie neemt zelf materiaal in dat wordt ingezet tot verwerking van nieuwe dakbanen. Alhoewel de kosten voor de productie van dakbedekking uit recycelaat confidencieel zijn, kan de industrie wel aangeven dat recycling economisch aantrekkelijk wordt bij virgin bitumen prijzen van € 500 tot € 600 per ton. Alleen in het jaar 2013 was de marktprijs op een niveau van de ondergrens (zie Figuur 8). Bij de huidige bitumenprijzen is recycling niet aantrekkelijk vanuit een economisch perspectief. De kostprijs van het gerecyclede bitumen ligt hoger dan de marktprijs van het virgin bitumen.

Figuur 8 Ontwikkeling bitumenprijzen (€/ton)<sup>18</sup>



### Marktaanpassingen door overheidsingrijpen en de rentabiliteitsratio

In de bitumenmarkt vindt geen overheidsingrijpen plaats in de vorm van verplichtingen, heffingen en/of subsidies. Er is geen sprake van marktverstoring.

<sup>17</sup> Dit materiaal bestaat uit voor 50% uit bitumen en de andere helft uit vulstoffen (zand, steentjes, etc.). De marktprijs van het materiaal inclusief vulstoffen bedraagt € 75 per ton. Per ton toepassing van het materiaal wordt 0,5 ton bitumen uitgespaard.

<sup>18</sup> Bron: Statistics Belgium.

Tabel 6 Overheidsinterventies

	Overheidsinterventies
Bitumen voor asfalt	€ 0/ton
Bitumen voor dakafval	€ 0/ton

Doordat recycling tot asfaltgranulaat levensvatbaar is zonder overheids-ingrijpen, nemen we aan dat de rentabiliteitsratio minimaal één bedraagt. De factorkosten zijn lager of gelijk aan de marktwaarde van het recycklaat. Recycling tot dakbanen is niet rendabel bij de huidige marktprijzen van virgin bitumen en heeft daarom een rentabiliteitsratio die kleiner is dan één.

Tabel 7 Waarderatio's

	Marktwaarderatio (A):	Rentabiliteitsratio (B):	Gecombineerd A * B
	$\frac{\text{marktwaarde recycklaat}}{\text{marktwaarde virgin}}$	$\frac{\text{marktwaarde recycklaat}}{(\text{factor})\text{kosten recycklaat}}$	
Bitumen asfalt	0,3 tot 1	1	0,3 tot 1
Bitumen dakbedekking	n.b.	<1	n.b.

### Interpretatie

Bitumenrecycling voor asfalt is een toepassing die financieel rendabel is. De marktwaarde van het bitumengranulaat bedraagt zo'n € 150 per ton bitumen en is daarmee lager dan de virgin bitumenprijs.

Bitumenrecycling tot nieuwe dakbanen wordt pas financieel aantrekkelijk bij virgin bitumenprijzen van € 500 tot € 600 per ton. In dat geval ligt de marktwaarderatio voor bitumen-recycklaat in de buurt van 1,0. Bij de huidige grondstoffenprijs (olie) voor de productie van bitumen, is het aantrekkelijker om virgin te gebruiken in plaats van het recycklaat; de winstmarge bij productie op basis van virgin is kennelijk groter. Alhoewel we geen inzicht hebben in de kosten van het proces, kunnen we wel concluderen dat de rentabiliteitsratio lager is dan één; de kosten zijn hoger dan de (interne) marktwaarde van het recycklaat.

Dit geldt niet voor recycling tot asfalt granulaat. Dit proces is zelfs nog financieel rendabel bij de huidige (lage) virgin-prijzen van bitumen.

## 3.5 Hout

De waarde van houtrecycklaat is afhankelijk van het kwaliteitsniveau en de toepassing. Er zijn drie soorten afvalhout, A-hout (onbehandeld hout), B-hout (geverfd, gelakt of verlijmd hout) en C-hout (geïmpregneerd hout).

A en B-hout kunnen zowel worden ingezet als (input) virgin materiaal en recycklaat voor de industrie (vooral de spaanplaatindustrie) als voor energieopwekking. C-hout bevat schadelijke stoffen en mag alleen als brandstof worden toegepast; de inzet als recycklaat is slechts in specifieke gevallen toegestaan.

In deze case beschouwen we de inzet van B-hout om de hoogwaardigheid van het recyclingproces én het energieproces in kaart te brengen. We zoomen in op B-hout (en niet op A-hout) omdat voor deze stroom de databeschikbaarheid relatief groot is en hevige concurrentie plaatsvindt tussen verbranding en recycling tot spaanplaat. We vergelijken derhalve twee cases:

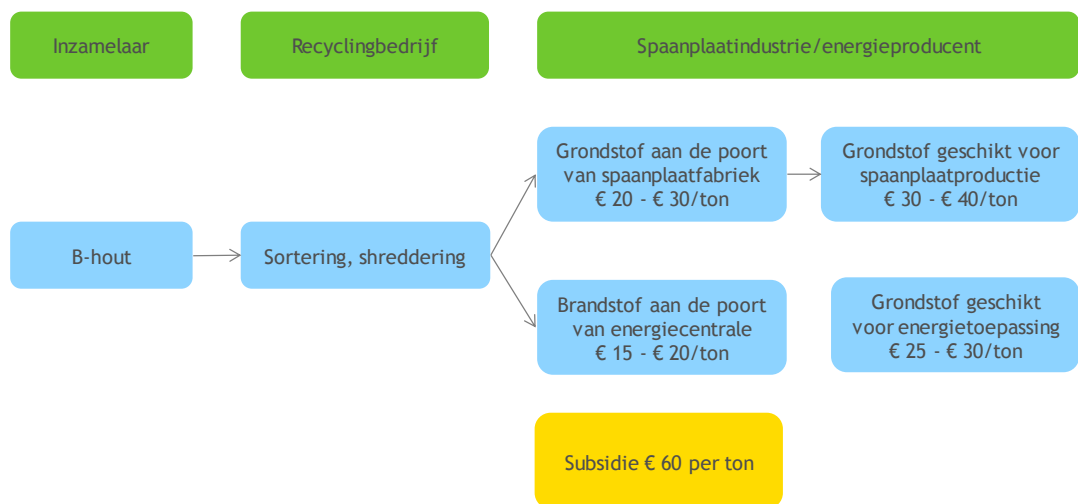
- inzet van B-hout voor spaanplaatproductie;
- Inzet van B-hout in energiecentrales.

Het energieproces is geen recyclingproces en dus niet vergelijkbaar met de inzet van hout als recyclaat in de spaanplaatindustrie. Onderlinge vergelijking levert wel een beeld van verschillende opties van nuttige toepassing. Hierbij merken we op dat B-hout ook kan bestaan uit een combinatie van B en A-hout.

### Marktwaarderatio

De prijzen van B-hout voor de verschillende toepassingen zijn schematisch weergegeven in onderstaand Figuur 3.3.

Figuur 9 Kosten verwerkingsroutes B-hout



De bovenste route geeft de recycling tot spaanplaatproducten weer. Omdat er geen spaanplaatindustrie is in Nederland, exporteren recyclingbedrijven het hout naar spaanplaatfabrieken in omliggende landen (België en Duitsland). Het aangeleverde hout wordt in de fabrieken verder bewerkt en gezuiverd voordat het kan worden ingezet als grondstof voor de productie van spaanplaten.

De prijzen aan de poort van de spaanplaatfabriek in België liggen tussen de € 20 tot € 30 per ton. Na inkoop van B-hout en aanvullende handelingen door spaanplaatproducenten zoals cleaning, verder uitsorteren kunststof, metaal, papier, etc. ligt de kostprijs van het hout voor spaanplaatproductie in de range van € 30 - € 40 per ton. We nemen hier aan dat de kostprijs ongeveer overeenkomt met de marktprijs die de spaanplaatindustrie bereid zou zijn te betalen voor B hout dat geschikt zou zijn voor inzet in de spaanplaatindustrie. Hierbij merken we op dat de prijzen relatief volatiel zijn. Zo zijn de prijzen sterk afhankelijk van bijvoorbeeld het aanbod van hout uit het Verenigd Koninkrijk en kunnen sterk variëren door de tijd.

De onderste route in Figuur 9 geeft de route van energietoepassingen weer. B-hout voor energietoepassingen wordt ingezet in biomassa centrales die zijn gespecialiseerd in B-hout. De prijs van B-hout voor energietoepassingen is



geraamd op € 15-20 per ton. Als hier de bewerkingskosten van B-hout bij op worden geteld voordat het geschikt is voor toepassingen in energiecentrales (€ 10 per ton), komt de prijs uit op zo'n € 25 tot € 30 per ton. Deze range komt overeen met het richtbedrag van € 28 per ton genoemd door ECN en KEMA bij hun advies voor SDE+ referentiebedragen (ECN, 2015). De prijsrange is echter groot. Er is een vrij brede range aan b-hout prijzen die afhankelijk is afhankelijk van herkomst, locatie van levering, frequentie van levering, brandstof specificatie, spot levering of lange termijn levering.

Om de marktwaarderatio te bepalen, vergelijken we de prijzen van het recycklaat met de marktwaarde van virgin materialen. Dit doen we voor beide processen, hoewel we het bijstoken van B-hout (biomateriaal) niet als recycling beschouwen. De kostprijs van virgin hout dat wordt ingezet in de spaanplaatindustrie ligt in de range van € 60 - € 80 per ton (middenwaarde € 70/ton). Op basis hiervan bedragen de recycklaat - virgin ratio's:

- ½ (50%) voor hout met als toepassing spaanplaat (€ 35 per ton kostprijs<sup>19</sup> ten opzichte van € 70 per ton virgin);
- 4/10 (40%) voor B-hout dat wordt ingezet in een elektriciteitscentrale (€ 27,5 per ton voor energietoepassing ten opzichte van € 70 per ton virgin hout).<sup>20</sup>

Hieruit volgt ook dat de marktwaarderatio als maat voor hoogwaardigheid van B-hout, dat wordt ingezet in de spaanplaatproductie, ongeveer 0,5 bedraagt. Hoewel we het bijstoken niet als recycleren bestempelen, is de marktwaarderatio van hout met als toepassing energieopwekking (inclusief subsidies) circa 0,4.

### Marktaanpassingen door overheidsingrijpen en de rentabiliteitsratio

Een belangrijke driver voor de prijs van B-hout voor energietoepassingen is de MEP/SDE+-subsidie, die omgerekend rond de € 60 per ton hout bedraagt. Zonder deze subsidies zouden deze energieproducten € 40 tot € 45 moeten ontvangen van het recyclingbedrijf voor een rendabele businesscase. De marktprijs van het recycklaat zou hierdoor dus negatief zijn. NB: In de zojuist genoemde prijs van € 25 tot € 30 per ton is dus de subsidie van € 60 per ton hout verwerkt.

Tabel 8 Overheidsinventies

	Overheidsingrijpen: subsidies of heffingen
Spaanplaat	Geen directe interventie
Energietoepassing	€ 60/ton

De waarderatio's zoals besproken in Hoofdstuk 2 zijn weergegeven in Tabel 9.

<sup>19</sup> We gebruiken hier de kostprijs als schatter voor de marktwaarde.

<sup>20</sup> In de markt voor energietoepassingen concurreert hout met andere energiebronnen zoals kolen en gas. Vanuit dit perspectief zou ook de marktprijs van kolen en gas (omgerekend naar energie-inhoud) in de noemer opgenomen kunnen worden om de waarderatio te bepalen. Voor de vergelijkbaarheid met de toepassing spaanplaat hebben we echter de marktprijs van virgin hout in de noemer opgenomen.

Tabel 9 Waarderatio's

	Marktwaarderatio (A):	Rentabiliteitsratio (B):	Gecombineerd A * B
	$\frac{\text{marktwaarde recycilaat}}{\text{marktwaarde virgin}}$	$\frac{\text{marktwaarde recycilaat}}{(\text{factor})\text{kosten recycilaat}}$	
Spaanplaat	0,5	1	0,5
Energietoepassing	0,4	$27,5 / (27,5 + 60) = 0,31$	0,12

### Interpretatie

Wanneer we ons beperken tot de recycling voor de spaanplaatindustrie, dan geldt kennelijk dat de inputstroom hout recycilaat uit B-hout, substantieel lager wordt gewaardeerd dan de inputstroom hout van virgin materiaal. Een lagere waardering kan het resultaat zijn van overschotten (te veel B-hout voor de spaanplaatindustrie), van kwaliteitsverschillen, of een combinatie van beide. Onze indruk is dat de (gepercipieerde) kwaliteit van het recycilaat beduidend lager is dan het virgin-materiaal.

De meerkosten om het proces dekkend te krijgen zijn naar schatting zo'n € 60 per ton voor energietoepassing. Dit is namelijk het bedrag dat benodigd is voor rendabele inzet in een energiecentrale. De vraag is of de milieuwinst bij toepassing van B-hout in een energiecentrale opweegt tegen de benodigde € 60 per ton. We concluderen daarom dat toepassing in de spaanplaatindustrie vanuit beide optieken (kwaliteitsratio en factorkosten) hoogwaardiger is dan inzet in energiecentrales.

## 3.6 Glasverpakkingen

Voor glas vergelijken we twee verwerkingsroutes:

- inzet van wit glas voor de productie van nieuw glas;
- inzet van gekleurd glas voor de productie van nieuw glas.

Glasrecycilaat wordt samen met virgin-materialen (voornamelijk zand en soda) ingezet om nieuw glas te produceren. Hoe hoger het aandeel recycilaat, hoe meer virgin-materialen en dus energie worden uitgespaard. Het recycilaat kan op een lagere temperatuur worden gesmolten (1.100-1.200 graden versus 1.600 graden voor virgin grondstoffen). De inzet van 10% glasscherven resulteert daardoor in ongeveer 2,5% energiebesparing.

### Marktwaarderatio

De marktwaarderatio van glas wordt bepaald door de marktprijs van glasscherven (recycilaat) te delen door de marktprijs van virgin materialen. Glasrecycilaat wordt gemengd met virgin-materialen om nieuw glas te produceren. Het gaat hierbij om een kostenafweging waarbij zowel de marktprijs van virgin-materialen, het glasrecycilaat en energie een rol speelt.

De marktprijs van wit glas recycilaat is hoger dan die van gekleurd glas. Van wit glas kan namelijk ook gekleurd glas worden gemaakt, terwijl andersom niet mogelijk is. De marktprijs van wit glas recycilaat ligt rond de € 60 per ton, terwijl gekleurd glas zo'n € 50 per ton waard is.

Door de relatief hogere marktprijs van wit glas recycalaat, is het volgens respondenten vanuit financieel oogpunt nauwelijks meer voordelig om gerecycled wit glas in het productieproces in te zetten. De marktwaarderatio ligt op ongeveer één.

Door de lagere marktprijs van gekleurd gerecycled glas, is inzet van gekleurde glasscherven bij de productie van gekleurd glas nog wel voordelig. De inzet van glasscherven zorgt voor een significant kostenvoordeel. Met andere woorden: de marktwaarde van het recycalaat is lager dan de marktwaarde van virgin materialen (inclusief energie). De hoogte van het voordeel is echter bedrijfsgevoelige informatie en kan daarom niet in deze rapportage worden opgenomen.

### Marktaanpassingen door overheidsingrijpen en de rentabiliteitsratio

Gemeenten krijgen vanuit het Afvalfonds een vergoeding voor de gescheiden inzameling van glas. Daarvoor wordt een afvalbeheerbijdrage geïnd bij producenten en importeurs die meer dan 50.000 kg verpakkingen op de markt brengen. De gemiddelde vergoeding bedroeg in 2014 zo'n € 35 per ton voor de inzameling van bont glas en € 40 per ton voor de inzameling van kleur gescheiden glas (Nedvang, 2016).

Tabel 10 Overheidsinterventies

	Overheidsingrijpen: subsidies of heffingen
Kleur gescheiden	€ 40/ton
Gekleurd glas	€ 35/ton

Als we deze vergoedingen hanteren als indicatie van de meerkosten die in de keten gemaakt moeten worden, resulteert dit in rentabiliteitsratio's voor wit en gekleurd glas van ongeveer 0,6. Daarnaast ontvangen gemeenten vergoedingen voor transport van € 0,16 per ton per km bij transportafstanden groter dan 50 km. Omdat we geen inzicht hebben in de gemiddelde transportafstanden, zijn deze transportkosten niet meegenomen in de rentabiliteitsratio. De berekende waarde geeft daarom waarschijnlijk de bovengrens weer, omdat de totale factorkosten (noemer in de ratio) mogelijk groter zijn waardoor de ratio kleiner wordt.

Tabel 11 Waarderatio's

	Marktwaarderatio (A):	Rentabiliteitsratio (B):	Gecombineerd A * B
	$\frac{\text{marktwaarde recycalaat}}{\text{marktwaarde virgin}}$	$\frac{\text{marktwaarde recycalaat}}{(\text{factor})\text{kosten recycalaat}}$	
Wit glas	1,0	$60 / (60+40) = 0,6^*$	0,6
Gekleurd glas	< 1,0	$50 / (50+37,50) = 0,6^{**}$	< 0,6

\* Marktwaarde witglas recycalaat (€ 60/ton) gedeeld door de factorkosten die zijn geraamd op basis van de marktprijs (€ 60/ton) plus vergoedingen die gemeenten ontvangen (€ 40/ton) voor inzameling van kleurgescheiden glas

\*\* Marktwaarde gekleurd glas recycalaat (€ 50/ton) gedeeld door factorkosten die zijn geraamd op basis van marktprijs (€ 50/ton) plus de vergoedingen die gemeenten krijgen voor gekleurd glas. Hier is het gemiddelde genomen van de vergoeding voor gekleurd glas (€ 35/ton) en kleurgescheiden glas (€ 40/ton).

## Interpretatie

Hoewel de waarde van het 'wit'-recycalaat hoger is dan die van 'gekleurd' recycalaat, lijken er aan de toepassing van de eerste beperkingen te kleven (ophopende vervuiling bij een relatief hoog aandeel recycalaat).<sup>21</sup> De marktprijs van wit glas is toch hoger dan gekleurd glas, omdat wit glas kan worden ingezet voor de productie van gekleurd glas, terwijl andersom niet mogelijk is. Dit leidt tot een hogere marktwaarderatio voor wit glas dan gekleurd glas.

Voor zowel wit als gekleurd glas zijn extra vergoedingen (ter afdekking van het ketendeficiet) noodzakelijk om het proces rendabel te krijgen. De rentabiliteitsratio ligt daarom bij benadering op 0,6.

---

<sup>21</sup> Theoretisch gezien is het mogelijk om 100% aan recycalaat in te zetten voor de vervaardiging van nieuw glas. In de praktijk is dit echter niet mogelijk, omdat het niet mogelijk is om de glasscherven 100% te zuiveren van andere materialen. Door een deel aan virgin grondstoffen in te zetten, wordt voorkomen dat een ophoping van vervuiling plaatsvindt bij meerdere productcycli. Voor de productie van wit glas is er altijd nog een vervuiling aanwezig van vooral gekleurd glas, steen en organisch materiaal; bij gekleurd glas bestaat de vervuiling vooral uit steen en organisch materiaal.

# 4 Conclusie

In dit onderzoek is een methodiek verkend voor het bepalen van de hoogwaardigheid van recyclingprocessen vanuit een economisch perspectief. De hoogwaardigheidsscore voor de vijf onderzochte materiaalstromen is samengevat in Tabel 12.

Tabel 12 Score op waarderatio's

Materiaal	Recyclingroute	Marktwaarderatio (A)	Rentabiliteitsratio (B)	Gecombineerd A*B
Kunststof	PET regranulaat 'bottle to bottle' via statiegeld	1,0 tot 1,2	0,6	0,7
	PET maalgoed via plastic hero-systeem	0,8	0,45	0,35
Beton	Recycling tot oorspronkelijke elementen	0,75	n.b.	n.b.
	Betongranulaat in nieuw beton	0,45	1	0,45
	Funderingsmateriaal	0,3	1	0,3
Bitumen	Bitumen asfalt	0,3 tot 1	1	0,3 tot 1
	Bitumen dakbedekking	n.b.	<1	n.b.
Hout	Spaanplaat	0,5	1	0,5
	Energie toepassing	0,4	0,3	0,12
Glas	Wit glas	1	0,6	0,6
	Gekleurd glas	<1	0,6	< 0,6

NB: De oranje cellen geven aan dat hier sprake is van overheidsingrijpen.

## Marktwaarderatio

Deze ratio geeft de marktprijs van het recycklaat weer ten opzichte van de marktprijs van het virgin-materiaal. Het idee van de ratio is dat de relatieve hoogte van de marktprijzen van het recycklaat en virgin iets zegt over de betalingsbereidheid voor recycklaat t.o.v. virgin en de waarde die men toekent aan de materialen vanuit een economisch perspectief.

De tabel laat zien dat voor de meeste materialen de hoogte van de marktwaarderatio overeenkomt met de intuïtie. Naarmate het materiaal zuiverder is of een hoogwaardigere toepassing kent, komt dit tot uiting in de marktprijs van het recycklaat. Dit geldt bijvoorbeeld voor de recycling van kunststof, waarin het PET regranulaat geschikt voor bottle-to-bottle toepassingen, een hogere marktprijs kent dan (minder zuiver) maalgoed uit het plastic heroes-systeem. Ook is de gewogen marktprijs van oorspronkelijke betonbestanddelen hoger dan van alleen betongranulaat, terwijl houtrecycling tot spaanplaat hoger scoort dan hout als energietoepassing. Wit glas scoort beter dan gekleurd glas. Alhoewel met gekleurd glas meer grondstoffen worden uitgespaard (kleurstoffen), is men in de markt toch bereid een hoger bedrag te betalen voor wit glas recycklaat dan gekleurd glas recycklaat. Dit heeft te maken met het feit dat wit glas ook kan worden ingezet

als gekleurd glas, terwijl andersom niet mogelijk is. Door de hogere marktprijs van wit glas geven marktpartijen aan dat inzet van wit glas als recycleat nog maar net rendabel is. Voor bitumen is het niet mogelijk om een marktwaarderatio te bepalen, omdat voor de toepassing dakbedekking geen externe marktprijs bestaat.

De cases laten daarnaast zien dat de marktwaarderatio wordt beïnvloed door overheidsingrijpen. In het case onderzoek spelen de overheidsinterventies vooral een rol bij recycling van kunststof en hout. Door de verplichting om recycleat te gebruiken in nieuwe flessen, wordt de prijs kunstmatig opgedreven, waardoor de waarde van het recycleat zelfs hoger ligt dan de virgin-prijs. Zonder deze verplichting zou de marktprijs lager liggen. Hetzelfde geldt voor de houtmarkt. Zonder de MEP/SDE+-subsidies zou de marktprijs voor hout als energietoepassing negatief zijn en de toepassing niet levensvatbaar zijn. Deze voorbeelden laten zien dat marktwaarderatio zorgvuldig moet worden geïnterpreteerd en niet per definitie de 'intrinsieke betalingsbereidheid' van de markt reflecteert. Door ingrijpen van de overheid kunnen prijzen namelijk kunstmatig hoger of lager zijn dan in een markt zonder verstoringen.

Daarnaast benadrukken wij nogmaals dat prijzen volatiel zijn en de marktwaarderatio slechts een momentopname weergeeft. Voor sommige materialen is de impact van prijsvolatiliteit voor de marktwaarderatio relatief beperkt. Zo geven marktpartijen aan dat de marktprijs van PET-recycleat uit het statiegeld historisch gezien 0% tot 20% hoger ligt dan de virgin prijs, waardoor de ratio schommelt tussen de 1,0 en 1,2. Omdat de prijsniveaus van recycleat meebewegen met de prijzen van het virgin materiaal, is de ratio relatief constant. Voor andere materialen is de impact van prijsvolatiliteit echter groter. Door de grote fluctuatie in virgin-prijs van bitumen en de relatief constante prijs van recycleat, varieert de marktwaarderatio van bitumengranulaat voor asfalt naar verwachting tussen de 0,3 en 1. De prijzen van het recycleat bewegen minder mee met de virgin prijzen dan bij PET. Hierdoor is de marktwaarderatio sterk afhankelijk van ontwikkelingen op de internationale (virgin) grondstoffenmarkt.

### **Rentabiliteitsratio**

Deze ratio geeft de verhouding weer tussen de marktprijs van het recycleat en de (factor)kosten van het recycleat. Deze ratio zegt iets over de rentabiliteit van het proces. Als de kosten van alle ingezette productiefactoren samen hoger zijn dan de marktprijs, daalt de ratio onder de 1 en is het proces op zichzelf niet rendabel. Immers, in een markt zonder subsidies of verplichtingen, moet de waarderatio op de langere termijn 1 of groter zijn, anders zouden marktpartijen verlies maken.

De tabel laat zien dat de rentabiliteitsratio voor een aantal van de onderzochte materiaalstromen één bedraagt. Dit betekent dat het proces rendabel is zonder ingrijpen van de overheid. Bij kunststoffen, B-hout voor energietoepassing en bitumen voor nieuwe dakbanen en glasrecycling is de ratio kleiner dan één en is het proces niet rendabel zonder overheidsingrijpen:

- recycling van kunststoffen is levensvatbaar door verplichtingen (statiegeldsysteem) en vergoedingen (plastic heroes);
- verbranding van B-hout vóór energietoepassing wordt mogelijk gemaakt door MEP/SDE+-subsidies;
- recycling van verpakkingsglas wordt mogelijk gemaakt door vergoedingen die gemeenten ontvangen voor de inzameling van glasverpakkingen.

Recycling tot nieuwe dakbanen wordt niet gestimuleerd door de overheid en is daarom niet levensvatbaar op de langere termijn. Mocht de overheid dit proces willen stimuleren, dan is overheidsingrijpen te overwegen in de vorm van bijvoorbeeld subsidies of verplichtingen. De afweging die hierbij past is in hoeverre de meerkosten van een recyclingproces worden gerechtvaardigd door de bredere maatschappelijke baten (zoals milieuwinst).

### Implicaties voor beleid

We concluderen dat aan de hand van beide waarderatio's een snelle indicatie kan worden verkregen van de economische hoogwaardigheid van een recyclingroute ten opzichte van een andere recyclingroute. De ratio's zelf vereisen een zorgvuldige interpretatie.

De marktwaarderatio geeft een indicatie van de kwaliteit recycklaat en de inzetbaarheid van recycklaat als vervanger voor een primaire grondstof. Een waarde in de buurt van 1 geeft aan dat recycklaat en virgin onderling uitwisselbaar zijn. Hierboven is al aangegeven dat de marktwaarderatio niet per definitie de 'intrinsieke betalingsbereidheid' van de markt aangeeft, omdat overheidsingrepen de marktprijzen beïnvloeden. Daarnaast geeft een score in de buurt van 1 nog niet aan dat marktpartijen recycklaat ook daadwerkelijk gaan gebruiken om primaire grondstoffen mee te vervangen. Als de primaire grondstof toch nog steeds een hogere perceptie van kwaliteit heeft in relatie tot de kosten of als er mogelijk issues zijn rondom beschikbaarheid of de stabiliteit van de aanvoer, kunnen marktpartijen nog steeds de voorkeur voor primair of virgin-materiaal hebben. In de glas casus geven marktpartijen bijvoorbeeld aan dat juist omdat de marktwaardes zo dicht bij elkaar liggen, het vanuit financieel economisch perspectief niet meer voordelig is om recycklaat toe te passen.

Er moeten dus ook andere redenen aan de orde zijn. Zoals bijvoorbeeld in de toepassing van gerecycled PET waar 'het duurzame imago' opweegt tegen een hogere prijs of het feit dat de huidige ovens gedimensioneerd zijn op de inzet van glasrecycklaat. Deze situaties kunnen tot beleidsvragen leiden. Stel dat er geen gerecycled wit glas meer wordt gebruikt in de productie van glas en primaire grondstoffen de voorkeur genieten. Vanuit besparing van primaire grondstoffen zou dat ongewenst zijn. Wil de overheid in deze situatie interveniëren door bijvoorbeeld een bijmengverplichting vast te leggen? Of vertrouwt de overheid erop dat minder toepassing zal leiden tot vraaguitval en een daling van prijzen, waardoor gerecycled glas vanuit kosten oogpunt weer aantrekkelijk wordt. Interventie door de overheid zou in dat geval ook bestaan uit het optimaliseren van de inzamelstructuur door betere plaatsing glasbakken, waardoor meer glas voor recycling beschikbaar komt.<sup>22</sup> Een afweging zal onder meer afhangen van de sector, waar deze vandaan komt en de zwaarte van het belang om primaire grondstoffen te besparen.

De rentabiliteitsratio geeft aan of recycling van een materiaalstroom zelf uit kan en een positieve businesscase heeft. Bij een waarde hoger dan 1 is geen overheidsinterventie nodig. Bij een waarde lager dan 1 kan de overheid zich afvragen of ze wil interveniëren en zo ja, hoe dan (verplichtingen, subsidies, heffingen). In de afweging zal de overheid bredere maatschappelijke effecten, zoals de mate waarin primaire grondstoffen worden bespaard en de potentiële milieuwinst, moeten meenemen. Als eerste is hiervoor meer inzicht nodig in de daadwerkelijke factorkosten om de onrendabele top te kunnen bepalen.

---

<sup>22</sup> Momenteel lopen hiervoor pilots in samenwerking tussen gemeenten/SDV/Nedvang.

Het in kaart brengen van de onrendabele top zal aanvullend en diepgaander onderzoek vergen. Hier kan een parallel worden getrokken met de subsidiering van duurzame energie, waarin de hoogte van de SDE+-subsidie jaarlijks wordt vastgesteld op basis van onrendabele top berekeningen waarbij consultatierondes met de industrie plaatsvinden.

### Naar een integratie met de beleidsformule

In het voorgaande hebben we geconcludeerd dat beide waarderatio's, de marktwaarderatio en de rentabiliteitsratio, relevant zijn in het kader van het beschouwen van hoogwaardigheid vanuit economisch perspectief. In deze afsluitende paragraaf zetten we een aantal opties naast elkaar voor de integratie van economische hoogwaardigheid in de beleidsformule om de hoogwaardigheidsscore te bepalen. Het gaat dan met name om het bepalen van de  $s_i$  in de beleidsformule of basisregel:

$$\text{Hoogwaardigheidsscore} = \sum_i (H * G_i * q_i * e_i * s_i)$$

De wegingsfactoren  $q$  en  $e$  hebben betrekking op Planet-aspecten. De wegingsfactor  $q$  heeft te maken met de graad/het toepassingsniveau. Indien dit lager is dan het oorspronkelijke vindt een afwaardering plaats. De wegingsfactor  $e$  heeft te maken met benodigde energie van recyclen ten opzichte van primaire grondstoffen; indien relatief veel energie nodig is, dan vindt afwaardering plaats. Economische hoogwaardigheid komt tot uitdrukking in wegingsfactor  $s$  (scarcity).

Als we naar de gehele formule kijken en deze in verband brengen met de twee gehanteerde waarderatio's, dan zien we dat er een overlap zit tussen wegingsfactor  $q$  en de marktwaarderatio. De marktwaarderatio hanteert voor virgin de waarde voor de hoogst mogelijke/oorspronkelijke toepassing terwijl  $q$  afwaardeert als deze oorspronkelijke doelstelling/toepassing niet wordt gehaald. Het gebruik van zowel  $q$  als de marktwaarderatio in de beleidsformule kan derhalve een dubbele afwaardering tot gevolg hebben.

Dit brengt ons tot de volgende alternatieven voor de vormgeving van de wegingsfactor  $q$  in de beleidsformule:

- de wegingsfactor  $q$  wordt op de eerder voorgestelde manier bepaald (afwaardering voor tweede en derde graad) en de marktwaarderatio wordt gebruikt als een soort ijking of check, maar wordt niet ook gebruikt in de beleidsformule;
- de marktwaarderatio wordt gehanteerd om de wegingsfactor  $q$  te bepalen. Dit betekent dat de meer kwalitatieve wijze om  $q$  te bepalen wordt vervangen door een meer kwantitatieve wijze (marktwaarde recycleat/marktwaarde virgin).

Voor beide manieren is iets te zeggen. Als we naar de cases kijken dan zien we dat de 'ranking van verschillende recyclingroutes' volgens de marktwaarderatio en de bepaling van  $q$  (zie hoofdrapport hoogwaardige recycling) overeenkomt. In Tabel 13 is dit voor de beton case aangegeven.

Tabel 13 Correlatie eerdere kwaliteitsfactor  $Q$  en marktwaarderatio groot

	Q	Marktwaarderatio
Recycling tot oorspronkelijke elementen	1	0,75
Betongranulaat in nieuw beton	0,5	0,45
Funderingsmateriaal	0,25	0,3



Voor de vormgeving van wegingsfactor  $s$  valt, mede als gevolg van de hierboven genoemde overlap tussen  $q$  en de marktwaarderatio, de gecombineerde waarderatio (marktwaarderatio \* rentabiliteitsratio) dan ook af.

De volgende twee alternatieven resteren:

- Om de wegingsfactor  $s$  te bepalen, wordt de rentabiliteitsratio gehanteerd. De uitkomst van de rentabiliteitsratio kan rechtstreeks als  $s$  worden gehanteerd. Er zouden ook waarden voor  $s$  (tussen 0 en 1) aan bepaalde intervallen van de rentabiliteitsratio kunnen worden toegekend.
- De wegingsfactor  $s$  wordt bepaald door een alternatieve gecombineerde waarderatio, namelijk de rentabiliteitsratio ( $x$ ) de marktwaarderatio<sup>i</sup> (d.w.z. niet de marktwaarde voor toepassing in de hoogste graad, maar de marktwaarde van de primaire grondstof die wordt vervangen). De teller in beide ratio's wordt bepaald door de waarde van het recycleat wanneer dat recycleat wordt gebruikt als substituuat voor de primaire grondstof (die wordt vervangen).

Wij vinden op basis van dit onderzoek het meeste te zeggen voor het hanteren van de rentabiliteitsratio om de wegingsfactor  $s$  te bepalen in combinatie met het hanteren van de  $q$  om stromen 'af te waarden' (waarbij dan eventueel de marktwaarderatio zelf gehanteerd kan worden om  $q$  te bepalen).

De alternatieve gecombineerde waarderatio kan in beeld komen bij de verdiepende analyse naar verschillende toepassingsmogelijkheden binnen een recyclingroute (en verschillende primaire grondstoffen die worden vervangen). In dat geval wordt de wegingsfactor  $q$  op de oorspronkelijke wijze bepaald op basis van beleidsmatige overwegingen<sup>23</sup>; in de gecombineerde waarderatio wordt dan - zoals gezegd - de teller in beide ratio's bepaald door de marktwaarde van het recycleat wanneer dat recycleat wordt gebruikt als substituuat voor de primaire grondstof (die wordt vervangen<sup>24</sup>).

Rest nog de vraag hoe  $q$ ,  $e$  en  $s$  in samenhang en op vergelijkbare wijze te bepalen. Aanvankelijk hebben we voor  $q$  en  $e$  een aantal vaste waarden tussen de 0 en 1 vastgesteld. Als we een  $s$  vaststellen die alle waarden tussen de 0 en 1 kan hebben is het de vraag wat de invloed daarvan is op de uitkomst van de totale formule. Voor de vergelijking binnen een materiaalstroom zal het ons inziens geen verschil maken voor de interpretatie van de resultaten, mits de bepaling steeds op dezelfde manier gebeurt. Sowieso is het lastig een conclusie te verbinden aan de absolute waarden. Interessant zijn de relatieve verschillen en de discussie daarover.

### Transparantie behouden

Als er een factor  $S$  (schaarste) wordt toegevoegd aan de beleidsformule over hoogwaardige recycling is nog belangrijker dat bij gebruik steeds de verschillende subfactoren worden gepubliceerd naast de uiteindelijke totaalscore van de formule. Dat maakt dat transparant is waarom de hoogwaardigheid hoger of lager is van een bepaalde recyclingroute.

<sup>23</sup> Down-cycling zoveel mogelijk voorkomen; en als het zich voordoet heeft dat effect op de hoogwaardigheidsscore omdat je daarvoor afwaardeert. Binnen het economisch perspectief ben je dan vervolgens aangeland op een 2<sup>e</sup> graad toepassing en gelden de waarde en kostenniveaus voor die toepassing (of nieuwe werkelijkheid).

<sup>24</sup> In het normale economische verkeer mag je verwachten dat de marktwaarde van het toe te passen recycleat tendeert naar de marktwaarde van de primaire grondstof die wordt vervangen.

## Slotbeschouwing

In dit rapport (en de rapportage van Fase 1) hebben we een aanzet gedaan voor een methodiek om hoogwaardigheid te duiden. Deze methodiek hebben we vervolgens getoetst in een aantal praktijkcases.

Het onderzoek heeft ons tot nu toe een aantal interessante inzichten opgeleverd. Zo zijn we gesterkt in ons idee dat beschouwing van hoogwaardigheid vanuit verschillende perspectieven (de drie P's) waardevol is. De ene vorm van recycling kan hoogwaardiger zijn dan de andere vorm omdat er meer primaire grondstoffen worden uitgespaard. Maar wat als dat gebeurt tegen aanzienlijke extra energie-inzet en kosten? Deze verschillende perspectieven voeden en structureren de discussie over wat hoogwaardige recycling in de praktijk is.

Waar we aanvankelijk dachten dat het vangen van het gehele hoogwaardigheidsbegrip in één formule en het uitdrukken van de score in één getal uitkomst bood, is het voor het inzicht in waar de hoogwaardigheid zit juist van belang de verschillende perspectieven afzonderlijk te belichten en minder te integreren. Dit betekent in ieder geval dat de hoogwaardigheidsformule gesplitst zal worden in een planet deel en een profit deel.

In de komende tijd zal de methodiek verder worden getoetst. We zien hierbij onder meer de volgende aandachtspunten:

- Delen en bespreken methodiek met stakeholders.
- Het gedetailleerd doorlopen van de methodiek in een aantal cases samen met partijen die betrokken bij verschillende ketens, mede in relatie tot de in Fase 1 ontwikkelde mLCA-methodiek.
- Het praktisch toepasbaar maken van de methodiek voor beleidsmakers, maar ook voor stakeholders door een gebruikershandleiding op te stellen. Hierin kan dan bijvoorbeeld aandacht besteed worden aan (1) de omgang met de volatiliteit van marktprijzen, (2) de vraag of er een nauwkeuriger inschatting van de factorkosten benodigd is en hoe daar dan toe gekomen kan worden en (3) de vraag welke marktwaarde voor virgin van toepassing is in de vergelijking.

# 5 Bibliografie

CE Delft; IVAM; Rebel, 2016. *Hoogwaardige recycling : Gevat in een beleidsformule en een multicyclus-LCA-methodiek*, Delft: CE Delft.

CE Delft, 2014. *Kosten statiegeldsystemen voor grote PET-flessen*, Delft: CE Delft.

CPB/PBL, 2013. *Algemene leidraad voor maatschappelijke kosten-batenanalyse*, Den Haag: Centraal Planbureau (CPB) ; Planbureau voor de Leefomgeving (PBL).

ECN, 2015. *Eindadvies basisbedragen SDE+ 2016*, Petten: ECN.

Nedvang, 2016. *Vergoedingen Raamovereenkomst Verpakkingen 2013-2014*, sl: Nedvang.

Thoden van Velzen, E. & Bos-Brouwers, H., 2012. *Analyse Nederlands statiegeldsysteem voor PET-flessen : Studie naar kosten, materiaalgebruik en energiegebruik van het Nederlandse statiegeldsysteem voor frisdrank- en waterflessen*, Wageningen: Wageningen UR (WUR), Food & Biobased Research.

TNO, 2014. *Verschillenanalyse rapporten WUR en CE Delft over kosten statiegeldsysteem*, Utrecht: TNO, Earth, Life & Social Sciences.