

# Milieuanalyses Papier en Karton

Ten behoeve van prioritaire stromen  
ketengericht afvalbeleid

**Rapport**  
Delft, juli 2010

**Opgesteld door:**  
M.N. (Maartje) Sevenster (CE Delft)  
M.M (Marijn) Bijleveld (CE Delft)

# Colofon

## Bibliotheekgegevens rapport:

M.N. (Maartje Sevenster, M. (Marijn) Bijleveld

Milieuanalyses Papier en Karton

Ten behoeve van prioritaire stromen ketengericht afvalbeleid

Delft, CE Delft, juli 2010

Papier / Milieu / Analyse / Afval / Wetgeving / Ketenbeheer / Milieudruk / Afname / Hergebruik  
/ Energieverbruik / Grondstoffen

Publicatienummer: 10.7039.59

Opdrachtgever: Ministerie van VROM.

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

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider Maartje Sevenster.

© copyright, CE Delft, Delft

CE Delft

Committed to the Environment

CE Delft is een onafhankelijk onderzoeks- en adviesbureau, gespecialiseerd in het ontwikkelen van structurele en innovatieve oplossingen van milieuvraagstukken.

Kenmerken van CE-oplossingen zijn: beleidsmatig haalbaar, technisch onderbouwd, economisch verstandig maar ook maatschappelijk rechtvaardig.



# Inhoud

|                  |  |           |
|------------------|--|-----------|
|                  | <b>Samenvatting</b>                              | <b>5</b>  |
| <b>1</b>         | <b>Inleiding</b>                                 | <b>7</b>  |
| 1.1              | Aanleiding                                       | 7         |
| 1.2              | Doel   | 7         |
| 1.3              | Leeswijzer                                       | 7         |
| <b>2</b>         | <b>Methode</b>                                   | <b>9</b>  |
| 2.1              | Werkwijze  | 9         |
| 2.2              | Scope en afbakening                              | 9         |
| 2.3              | Impact assessment, milieuthema's en weegmethoden | 12        |
| <b>3</b>         | <b>Data</b>                                      | <b>19</b> |
| 3.1              | Inleiding  | 19        |
| 3.2              | Referentiescenario                               | 19        |
| 3.3              | Alternatieve grondstoffen                        | 21        |
| 3.4              | Grafische drukkerijen                            | 24        |
| 3.5              | Inzameling drankenkartons                        | 25        |
| <b>4</b>         | <b>Resultaten</b>                                | <b>27</b> |
| 4.1              | Inleiding  | 27        |
| 4.2              | Grondstoffen                                     | 27        |
| 4.3              | Drukkerijen                                      | 30        |
| 4.4              | Inzameling drankenkartons                        | 31        |
| 4.5              | Discussie  | 33        |
| <b>5</b>         | <b>Conclusies en aanbevelingen</b>               | <b>37</b> |
| 5.1              | Conclusies                                       | 37        |
| 5.2              | Aanbevelingen                                    | 37        |
|                  | <b>Literatuurlijst</b>                           | <b>39</b> |
| <b>Bijlage A</b> | <b>Data referentie</b>                           | <b>43</b> |
| A.1              | Hoeveelheden en energie                          | 43        |
| A.2              | Gegevens energiedragers en papier                | 44        |
| <b>Bijlage B</b> | <b>Modellering scenario's</b>                    | <b>47</b> |
| B.1              | Alternatieve grondstoffen                        | 47        |
| B.2              | Drukkerijen                                      | 49        |



|                  |   |           |
|------------------|---|-----------|
| <b>Bijlage C</b> | <b>Drankenkartons</b>                           | <b>51</b> |
| C.1              | Uitgangspunten                                  | 51        |
| C.2              | Inzamelmethodes                                 | 52        |
| C.3              | Verwerkingsmethodes                             | 53        |
| C.4              | Milieuimpact per ton ingezamelde drankenkartons | 57        |
| C.5              | Gevoeligheidsanalyse                            | 58        |
| <br>             |   |           |
| <b>Bijlage D</b> | <b>ReCiPe</b>                                   | <b>61</b> |
| D.1              | Vertaling midpoint - endpoint                   | 61        |



# Samenvatting

Ketengericht Afvalbeleid is een nieuwe aanpak in het kader van het Tweede Landelijk Afvalbeheerplan (LAP2). Voor zeven prioritaire materiaalstromen zal gedurende de tweede planperiode (2009-2015) de ketenaanpak in het afvalbeleid verder worden ingevuld. Richtinggevende doelstelling is om 20% vermindering van milieudruk over de keten te realiseren in 2015.

Eén van deze stromen is 'papier en karton'. In dit rapport wordt een analyse gemaakt van de milieubelasting die gepaard gaat met het huidige gebruik van papier en karton in Nederland. Dit betreft in totaal 3.171 kton, waarvan 70 kton drankenkartons.

Daarnaast wordt het reductiepotentieel in kaart gebracht van een drietal mogelijke maatregelen:

1. Grondstofvervanging: inzet van alternatieve grondstoffen die oud papier dan wel sulfaatpulp vervangen in de Nederlandse papierproductie.
2. Efficiëntieverbetering drukkerijen: materiaal- en energiebesparing in de grafische offsetdrukkerij.
3. Hergebruik drankenkartons: inzameling en materiaalhergebruik van drankenkartons.

Voor grondstofvervanging is gekeken naar de inzet van 5% (naar gewicht) van de alternatieven gras, ontinkingsplib, rejects, bierbostel, vlas en hennep. Naast de inzet van restvezels uit de eigen keten (ontinkingsplib en rejects) lijkt vooral het gebruik van gras als alternatieve grondstof interessant vanuit milieuoogpunt. Efficiëntieverbetering van drukkerijen betreft vooral besparing op elektriciteit en reductie van papieruitval, zoals behaald binnen de Milieucirkel Breda. Uitval van papier bij verwerkers (drukkerijen, verpakkingvullers, etc.) is waarschijnlijk zeer significant. Uit de casus van de Milieucirkel Breda blijkt dat bij die grafische drukkerijen een gemiddeld papierverlies van 20 tot 30% optreedt.

In de referentie geeft de nulmeting 444 miljoen ReCiPe-punten. In milieubelasting per persoon komt dit overeen met ruim 1.250 autokilometers per jaar. De beschouwde maatregelen kunnen besparingen opleveren van 1 tot 5%. Er is geen overlap tussen de maatregelen, dus de besparingen kunnen direct worden opgeteld als meerdere maatregelen tegelijk worden genomen. Dit levert een totaal besparingspotentieel van ongeveer 8%.

Voor een complete milieukundige beoordeling van de inzet van alternatieve grondstoffen is meer praktijkinformatie nodig. Overigens is oud papier, naast directe inzet van grasvezel, de meest aantrekkelijke optie vanuit milieuoogpunt. Het verdient daarom ook aanbeveling te overwegen om inzameling buiten Nederland of zelfs buiten Europa te stimuleren.





# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding

In het kader van de nieuwe ketenaanpak in het Tweede Landelijk Afvalbeheerplan (LAP2) is een aantal prioritaire afvalstromen geselecteerd. Met behulp van deze stromen zal gedurende de tweede planperiode (2009-2015) de ketenaanpak in het afvalbeleid verder worden ingevuld. Voor elk van de zeven geselecteerde stromen zal daarom een plan van aanpak worden opgesteld om 20% vermindering van milieudruk over de keten te realiseren in 2015.

Ter ondersteuning van dit plan van aanpak is een milieuanalyse nodig van zowel de 'status quo' (nulmeting) als een beoordeling van het reductiepotentieel. Deze nulmeting moet uiteraard een beeld geven van de huidige situatie, maar kan daarmee ook inzicht geven in mogelijke aangrijpingspunten voor verbetering.

Eén van de zeven prioritaire stromen is papier en karton.

## 1.2 Doel

Het centrale doel van dit project is het uitvoeren van de nulmeting van de milieu-impact van de stroom papier en karton. In deze nulmeting wordt de hele keten vanaf de ruwe grondstoffen tot en met de afvalfase meegerekend. Op basis van de nulmeting wordt een beoordeling gemaakt van het potentieel te behalen milieuwinst door een aantal maatregelen. In deze rapportage worden drie maatregelen besproken :

- Grondstofvervanging: inzet van alternatieve grondstoffen die oud papier dan wel sulfaatpulp vervangen in de Nederlandse papierproductie.
- Efficiëntieverbetering drukkerijen: materiaal- en energiebesparing in de grafische offsetdrukkerij.
- Hergebruik drankenkartons: inzameling en materiaalhergebruik van drankenkartons.

Een aparte rapportage behandelt de vervanging van geprinte documenten in kantooromgeving door e-readers. Deze rapportage zal eveneens in 2010 worden gepubliceerd.

## 1.3 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 van dit rapport beschrijft de algemene methodiek, die ook voor de andere zes prioritaire stromen is toegepast. Hoofdstuk 3 beschrijft de drie types maatregelen die zijn bekeken en de alternatieve scenario's, evenals de gebruikte data en gemaakte aannames. In Hoofdstuk 4 worden de resultaten gepresenteerd. Hoofdstuk 5 sluit af met conclusies en aanbevelingen.







# 2 Methode

## 2.1 Werkwijze

De Nederlandse papierketen, op basis van consumptie, wordt in totaal gemodelleerd als referentie voor maatregelen. De reden hiervoor is ten eerste dat de maatregel 'grondstofvervanging' de gehele Nederlandse productie aangrijpt en zodoende op alle verschillende eindproducten (verpakkingen, sanitair, grafisch, etc.). Ten tweede zijn voor de schakel 'papierproductie' gegevens gebruikt die voor de industrie als geheel gelden. Onderverdeling naar specifieke producten was hierbij niet haalbaar. Alleen voor drankenkartons is de hele keten apart in kaart gebracht op basis van data uit de algemene database Ecoinvent.

De maatregelen 'grondstofvervanging' en 'efficiëntieverbetering drukkerijen' worden daarom ten opzichte van de totale nulmeting weergegeven. De maatregel 'hergebruik drankenkartons' kan ten opzichte van de subketen en de totale nulmeting worden weergegeven.

De verbeterpotentiëlen van opties worden zodoende direct ten opzichte van de totale stroom gemeten. Voordeel hiervan is dat opschaling van subketens naar totale stroom niet nodig is.

## 2.2 Scope en afbakening

Het doel van deze studie is het bepalen van de milieubelasting in de totale keten van papierconsumptie in Nederland, om als referentie te dienen voor het bepalen van reductiepotentieel van mogelijke maatregelen.

De gehele keten wordt gemodelleerd, van bosbouw tot en met afvalverwerking en recycling van papier. Hiervoor is de keten onderverdeeld in de volgende stappen:

- productie van grondstoffen, waaronder ingezameld oud papier<sup>1</sup>, t.b.v. totale consumptie;
- productie van papier en karton uit grondstoffen t.b.v. totale consumptie;
- het drukken en anderszins verwerken van papier en karton voor verschillende eindtoepassingen;
- de verwerking van restafval en vermeden milieubelasting door energie- en materiaalherwinning t.b.v. totale consumptie.

De deelketens (kranten, verpakkingen, grafisch papier, etc.) zijn dus niet volledig apart gemodelleerd, maar via een totale massabalans van grondstof- en basismateriaalproductie. De gegevens betreffende energiegebruik voor basismateriaalproductie zijn alleen in geaggregeerde vorm beschikbaar<sup>2</sup>. Uitzondering hierop zijn de drankenkartons, die wel als aparte keten zijn

---

<sup>1</sup> Onder grondstoffenstadium vallen de impacts van inzameling en sorteren van oud papier; het uitsparen van sulfaatpulp is meegerekend onder het 'afvalstadium'.

<sup>2</sup> Alternatief was om gebruik te maken van Ecoinvent-data, waarmee geen onderscheid tussen pulpproductie en basismateriaalproductie kan worden gemaakt en ook niet tussen NL- en EU-aandeel. De nu gebruikte energiegegevens voor de papierindustrie als geheel zijn bovendien actueler.



geïntegreerd, omdat één van de maatregelen zeer specifiek hierop aangrijpt en de modellen in een parallel traject worden gebruikt waarin de kosten-effectiviteit van recycling van drankkartons wordt bepaald (CE, 2010a).

De modellering is deels gebaseerd op Ecoinvent-data<sup>3</sup>. Hierin worden kapitaalgoederen meegenomen en deze zijn niet uit de data weg te filteren. Voor data die specifiek voor dit onderzoek zijn verzameld zijn kapitaalgoederen niet geïnventariseerd. Kapitaalgoederen zijn dus alleen in achtergrondprocessen meegenomen. De bijdrage van kapitaalgoederen in dergelijke ketens is ongeveer 1% en de hierdoor geïntroduceerde onnauwkeurigheid is dus kleiner dan 1%.

Een belangrijk punt bij het hergebruik van papier is hoe de vermeden productie wordt gemodelleerd. In de keten van Nederlandse papierconsumptie is sprake van een overschot aan ingezameld oud papier ten opzichte van de inzet van oud papier aan het begin van de keten, met name vanwege de lagere inzet van oud papier in het buitenland (aandeel import). We kunnen de recycling dus niet geheel als gesloten kringloop modelleren. Daarom wordt de hoeveelheid oud papier die aan het begin van de keten wordt ingezet afgetrokken van de hoeveelheid oud papier die aan het eind van de keten wordt ingezameld. Dit geeft een 'overschot' aan oud papier en dit overschot spaart sulfaatpulp uit. Ook bij het inzamelen en hergebruiken van drankkartons gaan we hiervan uit. Uitgangspunt hierbij is dat dit overschot (binnen de Nederlandse keten van consumptie) elders zal worden ingezet in plaats van verse vezel. Zolang de vraag naar oud papier wereldwijd groter is dan het aanbod ervan zal dit effectief het geval zijn, mits de ingezamelde fractie niet om kwalitatieve of hygiënische redenen wordt uitgesloten van de algemene stroom oud papier en karton.

Er is een aantal beslissingen genomen over allocatie, landgebruik, kortcyclische CO<sub>2</sub> en emissies door LULUCF<sup>4</sup> die voor alle prioritaire stromen binnen Ketengericht Afvalbeleid zijn toegepast. Die worden hieronder besproken.

### Allocatie

In LCA speelt allocatie bij een drietal processen:

- multi-inputprocessen, zoals afvalverwerking;
- multi-outputprocessen, zoals processen in landbouwketens waarbij sprake is van meer dan één coproduct (zoals wol en vlees, katoenvezel en katoenolie, etc.);
- allocatie van vermeden emissies of productie, in het geval van recycling.

In deze nulmeting is voor multi-input- en multi-outputprocessen gebruik gemaakt van economische allocatie. Bij economische allocatie gaan we er vanuit dat het 'coproduct' dat het meeste oplevert, in financiële zin, ook verantwoordelijk is voor het grootste deel van de milieu-impact van de voorgaande keten. Hierbij is weliswaar enige variabiliteit in de loop van de tijd mogelijk, vanwege prijsfluctuaties, maar als gekeken wordt naar langjarige gemiddelden dan is dit over het algemeen beperkt (Blonk en Ponsioen, 2009). Alleen bij zeer sterk veranderende markten, zoals in de laatste jaren koolzaad voor olie (biodiesel) in plaats van schroot (veevoer), kunnen grotere verschuivingen optreden.

---

<sup>3</sup> Ecoinvent versie 2.2 (mei 2010), [www.ecoinvent.ch](http://www.ecoinvent.ch)

<sup>4</sup> Land Use, Land Use Change and Forestry.



Een allocatie van vermeden emissies of productie speelt in het geval van recycling van materialen in open kringloop. Als materiaal uit keten A wordt ingezet in keten B dan is er in het algemeen sprake van vermeden productie (met bijbehorende emissies), maar het is niet eenduidig welke keten hiervoor 'verantwoordelijk' is. Omdat we in deze studie de totale papier- en kartonketen bekijken speelt dit probleem van allocatie niet zo sterk bij recycling van materiaal. In sommige deelproducten (bijvoorbeeld verpakkingen) wordt weliswaar oud papier ingezet dat afkomstig is van andere deelproducten (bijvoorbeeld grafisch papier) maar de besparing valt binnen de totale keten en de allocatie hiervan heeft dus geen invloed op de nulmeting. Alleen de inzameling van oud papier dat volledig buiten de gesloten kringloop valt (overschot ten opzichte van inzet in totale productie) leidt in praktijk tot uitsparing van virgin pulp in een ander systeem (consumptie buiten Nederland). Hiervoor wordt volledige 'credit' gegeven aan de beschouwde stroom papier en karton, omdat in de papierketen in het algemeen de inzameling een groter 'knelpunt' is dan de verwerking van oud papier (vraag is groter dan aanbod).

Bij verwerking van restafval met energieopwekking (verbranding in AVI) is een andere keten nodig voor de uitsparing, namelijk de elektriciteitsketen. Ook in dit geval is de winst van deze vermeden productie voor 100% toegerekend aan de papierketen, evenals voor de andere prioritaire stromen en conform algemene praktijk.

### Kortcyclische CO<sub>2</sub>

In een LCA is het belangrijk om een beslissing te nemen over hoe kortcyclische CO<sub>2</sub> meegenomen wordt in de analyse. Biotische grondstoffen als katoen, wol en linnen nemen in de productiefase immers CO<sub>2</sub> op. In de afvalfase komt deze CO<sub>2</sub> weer vrij. Er zijn dus twee mogelijkheden:

1. De opgenomen CO<sub>2</sub> meerekenen als hij wordt opgenomen aan het begin van de keten en ook als hij weer vrijkomt aan het eind van de keten.
2. Kortcyclische CO<sub>2</sub> buiten beschouwing laten.

Voor een Cradle to Grave-LCA, waarin de complete keten wordt meegenomen, maakt het niet uit welke mogelijkheid gekozen wordt. De resultaten per ketenstap zullen verschillend zijn, maar het overall resultaat is hetzelfde. Voor een Cradle to Gate-LCA, waarin alleen de emissies tot en met productie worden meegenomen, leveren de verschillende methodes echter een verschillend resultaat op. Wordt er voor gekozen kortcyclische CO<sub>2</sub> mee te rekenen, dan wordt bij een Cradle to Gate-LCA de kortcyclische CO<sub>2</sub> wel opgenomen in het product, maar omdat de afvalfase niet meegerekend wordt, wordt de uitstoot van kortcyclische CO<sub>2</sub> ook niet meegerekend. Wordt er voor gekozen kortcyclische CO<sub>2</sub> buiten beschouwing te laten, dan wordt de opname van kortcyclische CO<sub>2</sub> in het product niet meegerekend, waardoor er bij de Gate een verschil tussen de twee benaderingen is ter grootte van de CO<sub>2</sub>-opname<sup>5</sup>. In deze studie speelt dit geen rol.

Alleen als het kortcyclische CO<sub>2</sub> wordt omgezet in methaan, zoals bij spijsvertering van met name herkauwers (productie van vlees, melk), dan zou strikt genomen de karakterisatiefactor (*global warming potential*) van methaan moeten worden gecorrigeerd<sup>6</sup>. In deze studie is dit niet gedaan.

---

<sup>5</sup> Dit is in praktijk met name lastig bij Cradle to Gate-LCA's waarin fossiele en biotische producten vergeleken worden.

<sup>6</sup> Dit wordt o.a. voorgeschreven in de PAS2050-richtlijn (BSI, 2008), maar buiten die context wordt het in praktijk (nog) weinig toegepast.



Binnen de in deze studie gebruikte impactmethode, ReCiPe (zie Paragraaf 2.3), wordt kortcyclische CO<sub>2</sub> volledig buiten beschouwing gelaten en dat is in deze studie dan ook gedaan. Dit betekent dat cijfers voor papierproductie geen CO<sub>2</sub>-opname bevatten en cijfers voor afvalverwerking geen emissies van CO<sub>2</sub>. Over de hele keten is het effect netto nul.

### Landgebruik en LULUCF

Landgebruik is een belangrijk thema, maar het heeft een aparte status ten opzichte van de andere te beschouwen thema's. Landgebruik op zich is in feite geen milieu-impact maar een 'milieu-ingreep' die tot effecten leidt, zoals verlies aan biodiversiteit, veranderde waterhuishouding, etc. Al deze effecten zijn in grote mate afhankelijk van de precieze locatie waar het landgebruik optreedt en dit is in een levenscyclusinventarisatie over het algemeen slecht in kaart te brengen. Omdat de effecten potentieel zeer belangrijk zijn, is landgebruik als indicator opgenomen. Het al of niet meenemen van landgebruik is bijvoorbeeld cruciaal in het beoordelen van recycling van hernieuwbare materialen zoals papier.

Daarnaast kan er sprake zijn van landtransformatie (land use change), zoals ontbossing voor nieuwe landbouwgronden. Hierbij treden zeer significante verliezen van biodiversiteit op en daarnaast emissies van broeikasgassen. Het precies toerekenen van landtransformatie aan een bepaald product is lastig, omdat het meestal ondoenlijk is een product terug te traceren tot een bepaald stuk landoppervlak. Vanwege deze onduidelijkheid wordt LUC en de effecten van LUC niet meegenomen in de nulmetingen van de prioritaire stromen. Ook sinks<sup>7</sup> en emissies als gevolg van landgebruik worden niet meegerekend.

Het is moeilijk in te schatten wat het effect hiervan is op de papierketen. Landtransformatie en emissies door veranderde koolstofhuishouding in de bodem zijn in ieder geval veel minder een issue dan in de voedselketen. Bij sterk toenemende vraag naar papier of verplaatsing van de productie van virgin pulp naar nieuwe gebieden kan dit wel veranderen.

Het buiten beschouwing laten betekent hoe dan ook een onderschatting van de totale impact. Vanwege grote onzekerheid in zowel meting als toerekening van deze effecten is dit zoals gezegd buiten beschouwing gelaten. Dit betekent uiteraard dat het ook bij het berekenen van verbeteropties buiten beschouwing moet worden gelaten. Hiermee is dus zowel de nulmeting als het reductiepotentieel in absolute zin lager. Bij eventuele reductiemaatregelen moet wel worden opgelet dat deze niet tot toename van landtransformatie leiden, aangezien dit buiten beeld valt.

## 2.3 Impact assessment, milieuthema's en weegmethoden

Nadat in de LCA-methode het doel en het kader zijn vastgesteld en data zijn verzameld, wordt een totaal inventarisatieresultaat berekend. Dit inventarisatieresultaat is een erg lange lijst van emissies, verbruikte grondstoffen en soms ook andere onderwerpen. De interpretatie van deze lijst is moeilijk. Een levenscyclusimpact beoordeling (life cycle impact assessment, LCIA) methode helpt bij de interpretatie. De LCIA-resultaten in dit rapport zijn berekend met de ReCiPe-methode, die voortbouwt op de veelgebruikte Eco-indicator 99- en CML2-methoden.

---

<sup>7</sup> Opslag van koolstof in de bodem als gevolg van natuurlijke processen.



### 2.3.1 ReCiPe

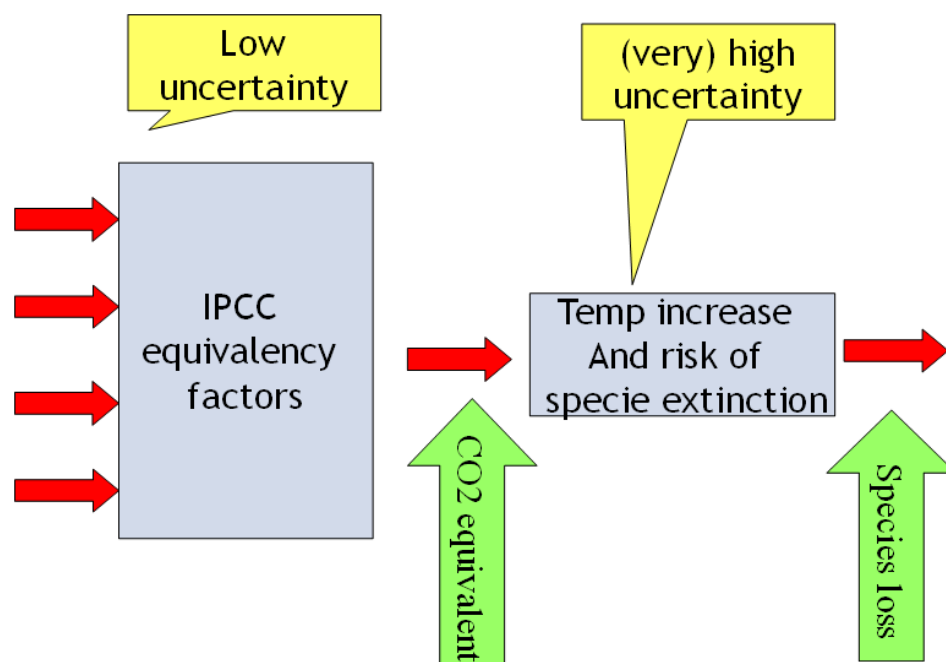
Het hoofddoel van de ReCiPe-methode, is om de lange lijst met inventarisatie-resultaten om te zetten in een beperkt aantal indicatorscores. Deze indicatorscores geven de relatieve ernst van een milieu-impactcategorie weer.

In ReCiPe worden indicatoren op drie niveaus onderscheiden:

1. Achttien midpointindicatoren.
2. Drie endpointindicatoren.
3. Één single score-indicator.

ReCiPe gebruikt een milieumechanisme als basis voor de modellering. Een milieumechanisme kan worden gezien als een reeks van effecten (oorzaak-gevolgketen) die samen een bepaald niveau van schade veroorzaken aan bijvoorbeeld humane gezondheid of ecosystemen. Voor klimaatverandering bijvoorbeeld weten we dat een aantal stoffen de stralingsforcering laten toenemen, wat betekent dat voorkomen wordt dat warmte wordt uitgestraald van de aarde naar de ruimte. Het resultaat is dat meer energie op aarde blijft en dat de temperatuur stijgt. Als gevolg daarvan kunnen we verwachten dat veranderingen in natuurlijke leefomgeving voor levende organismen optreden, met als mogelijke consequentie dat soorten kunnen uitsterven. Dit voorbeeld wordt weergegeven in Figuur 1.

Figuur 1 Voorbeeld van een geharmoniseerd midpoint-endpointmodel voor klimaatverandering, gekoppeld aan ecosysteemschade



Bron: [www.lcia-recipe.net](http://www.lcia-recipe.net).

Uit dit voorbeeld wordt duidelijk dat naarmate men het milieumechanisme langer maakt, de onzekerheden toenemen. De stralingsforcering (in Figuur 1 'IPCC equivalency factors') is een fysieke parameter, die relatief eenvoudig in een laboratorium kan worden gemeten. De temperatuurstoename als gevolg daarvan is minder eenvoudig vast te stellen, omdat er vele parallele positieve en negatieve consequenties zijn. Ons begrip van de verwachte verandering in natuurlijke leefomgeving is ook niet volledig, enzovoorts.

Het duidelijke voordeel van alleen de eerste stap nemen is dus de relatief lage onzekerheid, maar het nadeel is dat de stralingsforcering ons niet direct iets zegt over de merkbare gevolgen. Daarom is het minder makkelijk te interpreteren en te vergelijken met andere milieu-impacts.

### 2.3.2 ReCiPe combineert mid- en endpoints

In ReCiPe zijn factoren berekend voor achttien van dergelijke midpoint-indicatoren, maar ook voor drie veel onzekerder endpointindicatoren. De reden om ook de endpointindicatoren te berekenen, is dat het grote aantal midpointindicatoren erg moeilijk te interpreteren is, deels omdat het er zoveel zijn, deels omdat ze een erg abstracte betekenis hebben. Hoe moet je stralingsforcering vergelijken met basis verzadigingsgetallen die verzuring uitdrukken? De indicatoren op het endpointlevel zijn bedoeld om eenvoudiger interpretatie te faciliteren, doordat het er maar drie zijn en doordat ze begrijpelijker zijn.

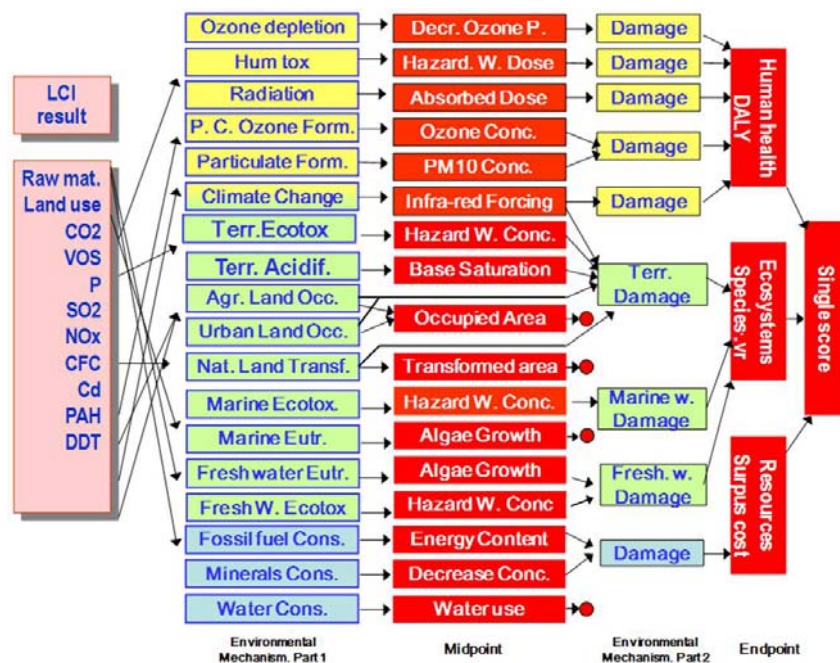
Het idee is dat elke gebruiker kan kiezen op welk niveau hij het resultaat wil hebben:

- achttien relatief robuuste midpoints, die echter niet eenvoudig te interpreteren zijn;
- drie eenvoudig te begrijpen, maar onzekerder, endpoints:
  - schade aan humane gezondheid ('verloren levensjaren/kwaliteit');
  - schade aan ecosystemen ('verloren soorten maal tijdsduur');
  - schade aan grondstoffen beschikbaarheid ('toegenomen kosten van winning').

De gebruiker kan zo kiezen tussen onzekerheid in de indicatoren zelf en onzekerheid in de correcte interpretatie van de indicatoren. Omdat in dit onderzoek het bepalen van een relatieve reductie centraal staat, is juist de interpretatie van de indicatoren (onderlinge verhouding van verschillende impactcategorieën) van belang. Daarom is de keuze gemaakt voor endpoint.

Figuur 2 geeft de globale structuur van de methode.

Figuur 2 Globale structuur van de ReCiPe-methode



Bron: www.lcia-recipe.net.

De factoren die tussen midpointcategorieën en endpointcategorieën zitten, worden gegeven in Bijlage D. Merk op dat waterconsumptie en mariene vermisting niet op endpoint meetellen. De midpointcategorie klimaatverandering daarentegen leidt tot schade aan zowel gezondheid als aan ecosystemen.

In Tabel 1 staat een overzicht van de milieuthema's die in de nulmeting meegenomen worden, met de Engelse en Nederlandse namen en namen zoals gebruikt in figuren en tabellen. In de nulmeting is de categorie landtransformatie buiten beschouwing gelaten (zie Paragraaf 2.2). Om de totale impact te kunnen bepalen, is het nodig om de scores op de verschillende impactcategorieën te wegen. Hiervoor wordt de ReCiPe H/A-weegset gebruikt, met Europese normalisatie. Deze weegset is standaard in ReCiPe beschikbaar en geeft een gewicht van 40% aan humane gezondheid en ecosystemen en een gewicht van 20% aan uitputting van grondstoffen. Wanneer in deze rapportage 'milieubelasting' zonder nadere toelichting staat, dan wordt het éénpuntsresultaat bedoeld volgens deze weegset<sup>8</sup>. Dit is de basis voor de nulmetingen ten behoeve van het toetsen van de milieu-impact reductiedoelstellingen.

Tabel 1 Impactcategorieën (midpointindicatoren)

| Impact category                      | Unit                | NL naam                               | NL naam - kort  |
|--------------------------------------|---------------------|---------------------------------------|-----------------|
| Climate change Human Health          | DALY <sup>(a)</sup> | Klimaatverandering, humane gezondheid | Klimaat, gezond |
| Climate change Ecosystems            | Species. yr         | Klimaatverandering, ecosystemen       | Klimaat, eco    |
| Ozone depletion                      | DALY                | Ozonlaagaantasting                    | Ozonlaag        |
| Terrestrial acidification            | Species. yr         | Verzuring, bodem                      | Verzuring       |
| Freshwater eutrophication            | Species. yr         | Vermesting, zoetwater                 | Vermesting      |
| Marine eutrophication <sup>(b)</sup> |                     |                                       |                 |
| Human toxicity                       | DALY                | Humane toxiciteit                     | Humane tox.     |
| Photochemical oxidant formation      | DALY                | Smogvorming                           | Smog            |
| Particulate matter formation         | DALY                | Fijn stofvorming                      | Fijn stof       |
| Terrestrial ecotoxicity              | Species. yr         | Ecotoxiciteit, bodem                  | Ecotox, bodem   |
| Freshwater ecotoxicity               | Species. yr         | Ecotoxiciteit, zoetwater              | Ecotox, zoetw.  |
| Marine ecotoxicity                   | Species. yr         | Ecotoxiciteit, zoutwater              | Ecotox, zoutw.  |
| Ionising radiation                   | DALY                | Ioniserende straling                  | Straling        |
| Agricultural land occupation         | Species. yr         | Landgebruik, agrarisch                | Land, agr.      |
| Urban land occupation                | Species. yr         | Landgebruik, urbaan                   | Land, urb.      |
| Water depletion <sup>(b)</sup>       |                     |                                       |                 |
| Minerals depletion                   | \$                  | Uitputting, mineralen/metalen         | Uitp. mineraal  |
| Fossil depletion                     | \$                  | Uitputting, fossiel                   | Uitp. fossiel   |

(a) Disability Adjusted Life Year.

(b) Deze categorieën tellen niet mee op endpointniveau.

<sup>8</sup> ReCiPe 2008 method, version 1.02, October 19<sup>th</sup> 2009. Aangepast aan deze analyse door expliciet uitsluiten van land transformation en CO<sub>2</sub> van land transformation, normalisatie zonder de bijdrage van land transformation en karakterisatiefactor PM formation voor PM<sub>2,5</sub> die 1,577 maal hoger is dan voor PM<sub>10</sub>.



### 2.3.3 Korte toelichting per ReCiPe midpoint

#### **Klimaatverandering, humane gezondheid en klimaatverandering, ecosystemen**

Klimaatverandering, het versterkt broeikaseffect, veroorzaakt een aantal milieumechanismen die zowel de endpoint humane gezondheid als ecosystemen beïnvloeden. Omdat deze endpoints in verschillende eenheden worden uitgedrukt (DALY en Species. yr) zijn ze al op midpointniveau opgesplitst. Koolstofdioxide (CO<sub>2</sub>) is het bekendste broeikasgas.

#### **Ozonlaagaantasting**

Tussen ongeveer 15 en 30 kilometer hoogte bevindt zich het meeste ozon en dat deel van de atmosfeer wordt daarom ook wel de ozonlaag genoemd. De ozonlaag neemt een belangrijk deel van de voor het leven schadelijke ultraviolette straling (UV) van de zon op. De dikte van de ozonlaag is vooral sinds de jaren tachtig afgenomen. Boven de Zuidpool is steeds in het voorjaar enige tijd ruim de helft van het ozon verdwenen. Ook boven onze streken is de ozonlaag dunner geworden. Ook hier is deze ozonafname het grootst in het voorjaar, terwijl in de herfst nauwelijks minder is gemeten. De ozonlaag wordt aangetast door bepaalde gassen zoals chloorfluorkoolwaterstoffen (CFK's). Deze komen in de ozonlaag terecht, desintegreer daar en de chlooratomen breken de ozonmoleculen af tot chloormonoxide en gewone zuurstof ( $\text{Cl} + \text{O}_3 \rightarrow \text{ClO} + \text{O}_2$ ). Vervolgens doet de UV-straling het chloormonoxide-molecuul weer uiteenvallen in twee vrije atomen, waarna het chlooratoom weer een nieuw ozonmolecuul ontbindt.

#### **Verzuring, bodem**

Verzuring van bodem (of water) is een gevolg van de emissie van vervuilende gassen door fabrieken, landbouwbedrijven, elektriciteitscentrales en voertuigen. De uitstoot bevat onder andere zwaveldioxide (SO<sub>2</sub>), stikstofoxiden (NO<sub>x</sub>), ammoniak (NH<sub>3</sub>) en vluchtige organische stoffen (VOS). Deze verzurende stoffen komen via lucht of water in de grond terecht. Dat wordt zure depositie genoemd. De stoffen dringen via bladeren en wortels in planten en bomen, waardoor deze vatbaarder worden voor ziekten. Zure depositie tast ook rivieren en meren, en uiteindelijk de dieren die er in leven of uit drinken, aan door hogere zuur- en aluminiumconcentraties.

#### **Vermesting, zoetwater**

Vermesting (ook: eutrofiëring) is de vergroting van de voedselrijkdom in met name water. In de biologie wordt hiermee het verschijnsel aangeduid dat door toevoer van een overmaat aan voedingsstoffen een sterke groei en vermeerdering van bepaalde soorten optreedt, waarbij meestal de soortenrijkheid of biodiversiteit sterk afneemt. Eutrofiëring treedt bijvoorbeeld op in zoetwater waar door uitspoeling veel meststoffen in terecht komen, met name stikstof en fosfaat afkomstig van mest en kunstmest uit de agrarische industrie. Het resultaat is een sterke algenbloei. Dit kan herkend worden aan donkere wateren die daarnaast ook behoorlijk stinken. Eutrofiëring kan leiden tot hypoxie, een tekort aan zuurstof in water.

#### **Humane toxiciteit**

Onder humane toxiciteit worden emissies naar lucht, water of bodem beschouwd die (uiteindelijk) resulteren in schade voor de humane gezondheid.





### **Smogvorming**

Smog, een combinatie van de Engelse woorden smoke en fog, is luchtvervuiling, door rook en uitlaatgassen vervuilde mist die in een bepaalde periode opeens sterk toeneemt, met mogelijk nadelige gevolgen voor de gezondheid.

De stoffen die invloed hebben op het ontstaan van smog zijn vooral ozon en fijn stof en in mindere mate stikstofdioxide en zwaveldioxide.

### **Fijn stofvorming**

Tot fijn stof worden in de lucht zwevende deeltjes kleiner dan 10 micrometer gerekend. Fijn stof bestaat uit deeltjes van verschillende grootte, herkomst en chemische samenstelling. Fijn stof is bij inademing schadelijk voor de gezondheid. Bij mensen met luchtwegaandoeningen en hart- en vaatziekten verergert chronische blootstelling aan fijn stof hun symptomen en het belemmert de ontwikkeling van de longen bij kinderen. De normen voor fijn stof worden in Europa op veel plaatsen overschreden, vooral langs drukke wegen.

### **Ecotoxiciteit, bodem, zoetwater, zoutwater**

Onder ecotoxiciteit worden emissies naar lucht, water of bodem beschouwd die (uiteindelijk) resulteren in schade voor het ecosysteem in respectievelijk bodem, zoetwater en zoutwater.

### **Ioniserende straling**

Ioniserende straling (ook wel radioactieve straling genoemd) is het gevolg van het uiteenvallen van radioactieve atomen zoals Uranium-235, Krypton-85 en Jodium-129. Er zijn twee typen ioniserende straling: deeltjesstraling (alfastraling, bètastraling, neutronen, protonen) en hoogenergetische elektromagnetische straling (röntgenstraling, gammastraling). Ioniserende straling kan DNA-schade veroorzaken en kankerverwekkend zijn.

### **Landgebruik, agrarisch en urbaan**

De landgebruik impactcategorie geeft de schade weer aan ecosystemen door effecten van het bezet houden van land gedurende een bepaalde tijd.

Vanwege gebrek aan en onzekerheid over de inventarisatiedata is de ReCiPe-categorietransformatie bij de in dit rapport gepresenteerde resultaten buiten beschouwing gebleven (zie Paragraaf 2.2).

### **Uitputting, mineralen en fossiel**

Gebruik van minerale grondstoffen en fossiele brandstoffen wordt gewogen met een factor die hoger is naarmate het voorkomen op aarde beperkter en de concentratie lager zijn. De maat is marginale kostentoeename van de winning (in Dollars per kg).





# 3 Data

## 3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk beschrijven we de gebruikte uitgangspunten en data die ten grondslag liggen aan de nulmeting. Eerst worden de uitgangspunten voor het referentiescenario (nulmeting) beschreven.

Vervolgens gaan we in op de veranderingen die hierin optreden als gevolg van de drie gekozen maatregelen:

- Grondstofvervanging: inzet van alternatieve grondstoffen die oud papier dan wel sulfaatpulp vervangen in de Nederlandse papierproductie.
- Efficiëntieverbetering drukkerijen: materiaal- en energiebesparing in de grafische offsetdrukkerij.
- Hergebruik drankenkartons: inzameling en materiaalhergebruik van drankenkartons.

## 3.2 Referentiescenario

Voor de nulmeting gaan we uit van de totale Nederlandse consumptie, inclusief uitval in de schakels tussen productie en consument (uitgeverij, drukkerij, etc.). De massabalans die hiervoor is gebruikt, wordt gegeven in Tabel 2.

Tabel 2 Totale massabalans Nederlandse papierketen

|                        | Omvang | Eenheid | Bron  |
|------------------------|--------|---------|---|
| Consumptie             | 3.171  | kton    | Koninklijke VNP, online statistieken, jaar 2008               |
| Inzameling OPK         | 2.760  | kton    | Koninklijke VNP, online statistieken, jaar 2008               |
| Restafval              | 411    | kton    | Afgeleid  |
| Nederlandse productie  | 774    | kton    | Binnenlandse afzet 26%, Koninklijke VNP Jaarcijfers 2008      |
| Import                 | 2.397  | kton    | Afgeleid  |
| Inzet secundair NL     | 75     | %       | Koninklijke VNP, online statistieken, jaar 2008               |
| Inzet secundair import | 57     | %       | CEPI 2003, gecorrigeerd voor drankenkartons (70 kton, import) |
| Inzameling OPK         | 87     | %       | Afgeleid  |
| Inzameling OPK         | 89     | %       | Correctie voor drankenkartons (70 kton)                       |

De cijfers in Tabel 2 waarbij 'afgeleid' vermeld staat, zijn uit de relevante andere cijfers in de tabel berekend. Tussen inzameling en inzet van oud papier en karton (OPK) wordt een uitvalpercentage van 2% gehanteerd. Het resterende verschil tussen inzameling en inzet (NL + import) wordt als uitgespaard sulfaatpulp (ton/ton) in de modellering meegenomen. Uitgangspunt hierbij is dat het ingezamelde papier ook buiten het hier direct gemodelleerde systeem zal leiden tot uitsparing van virgin vezel, zolang de



vraag naar oud papier groter is dan het aanbod. Van virgin vezel is wereldwijd ongeveer 75% chemisch pulp (Das & Houtman, 2004).

Van de 3.171 kton papier en karton die in Nederland worden gebruikt is 70 kton drankenkartons. Deze zijn met het oog op de derde casus apart in beeld gebracht. In Tabel 3 staat het referentiescenario in meer detail weergegeven. De basiscijfers uit Tabel 2 komen hierin uiteraard weer terug en worden aangevuld met energie- en grondstofgebruik.

Tabel 3 Referentiescenario (hoeveelheden per jaar, 2008)

|                                     | NL<br>productie | Import   | Dranken-<br>karton<br>(import) | Totaal   | Opmerking  |
|-------------------------------------|-----------------|----------|--------------------------------|----------|--|
| <b>Massabalans</b>                  |                 |          |                                |          |  |
| Kton                                | 774             | 2327     | 70                             | 3171     | Drankenkartons aparte stroom; samenstelling, etc., zie Bijlage C                   |
| Inzet OPK, %                        | 75%             | 57%      |                                | 61%      |  |
| Inzet OPK, kton                     | 580,6           | 1.321,8  | (0)                            | 1.902,4  |  |
| Virgin vezel en vulmateriaal (kton) | 193,4           | 1.005,2  |                                | 1.198,6  | Samenstelling zie Tabel 4  |
| Alternatieve vezel                  | 0               | 0        | 0                              | 0        | In referentiescenario nog nul  |
| Inzameling (kton)                   | --              | --       | 0                              | 2.760,0  | Op basis van 89% (gecorrigeerd voor drankenkartons)                                |
| Overschot (kton)                    | --              | --       | 0                              | 802,4    | Inzameling * 98% minus inzet   |
| Uitgespaard sulfaatpulp (kton)      | --              | --       | 0                              | 802,4    |  |
| Papier- naar restafval (kton)       | --              | --       | (70)                           | 411,0    |  |
| <b>Productie</b>                    |                 |          |                                |          |  |
| Elektriciteit (netto TJ)            | 206,2           | 4.747,0  |                                | 4.953,3  | Zie Bijlage A.1  |
| Gas input cogen (netto TJ)          | 6.758,0         | 26.434,5 |                                | 33.192,5 | Zie Bijlage A.1  |
| Restwarmte (TJ)                     | -14,2           | 0        |                                | -14,2    | Zie Bijlage A.1  |
| <b>Verwerking (kton verwerkt)</b>   |                 |          |                                |          |  |
| Verpakkingen, offset printing       |                 |          | (70)                           | 1.261,8  | Zie Bijlage A.1, Invulling milieu-impacts Ecoinvent                                |
| Grafisch, print en kopieer          |                 |          |                                | 433,8    | Zie Bijlage A.1, Invulling milieu-impacts Ecoinvent, EnergyStar                    |
| Grafisch, druk                      |                 |          |                                | 707,8    | Zie Bijlage A.1, Invulling milieu-impacts volgens Milieucirkel (zie Paragraaf 3.4) |
| Kranten                             |                 |          |                                | 412,2    | Zie Bijlage A.1, Invulling milieu-impacts op basis van Wegener, 2006               |



De mix van virgin vezelgebruik en vulstoffen is afgeleid uit gegevens voor de Nederlandse productie (Koninklijke VNP Jaarcijfers 2008, samenstelling vulstoffen gemiddeld op basis van Ecoinvent). Het aandeel geïntegreerde productie in Nederland van het totaal aan verse vezel betreft thermo-mechanische pulp. De geïmporteerde verse vezel betreft chemisch pulp. Voor het modelleren hiervan is sulfaatpulp gebruikt; er is echter weinig verschil in milieu-impact tussen de Ecoinvent-processen sulfaat- en sulfietpulp. In de CEPI-landen gemiddeld (deel import) is het aandeel mechanisch pulp iets hoger dan in Nederland (CEPI, 2003).

Tabel 4 Samenstelling virgin vezel en vulmiddelen in referentie, op basis van NL productie (vezel, VNP, 2008) en Ecoinvent (vulmiddelen)

|             | NL    | Import | Invulling materiaal milieuprofiel |
|-------------|-------|--------|-----------------------------------|
| Sulfaatpulp | 61,3% | 56,9%  | Ecoinvent, gemiddelde mix         |
| TMP         | 21,4% | 25,8%  | Ecoinvent, niet-geïntegreerd      |
| Kaolin      | 7,5%  | 7,5%   | Ecoinvent                         |
| Limestone   | 7,5%  | 7,5%   | Ecoinvent                         |
| Zetmeel     | 2,4%  | 2,4%   | Ecoinvent (aardappel)             |

Merk op dat ook de geïntegreerde productie met mechanisch pulp is gemodelleerd als niet-geïntegreerd. Dit betekent dat een onnodige droogstap in het proces wordt meegenomen; hiervoor kan lastig gecorrigeerd worden omdat in Ecoinvent de droogstap niet te isoleren is van de andere processen. Op de totale score draagt het aandeel TMP 6% bij. Het aandeel van de droogstap aan TMP is naar schatting 1%. De onnodige droogstap zal dus naar schatting de score met ongeveer 0,5% verhogen.

Details over de gebruikte inventarisatie van emissies en dergelijke voor energiegebruik en materialen worden gegeven in Bijlage A.2.

### 3.3 Alternatieve grondstoffen

In deze casus wordt gekeken naar het gebruik van alternatieve grondstoffen. Deels betreft dit grondstoffen die qua vezeleigenschappen op oud papier lijken, deels betreft het grondstoffen met langere vezels die in plaats van verse vezel (chemisch pulp) kunnen worden ingezet.

Voor elk van de grondstoffen die als oud papier kunnen worden ingezet wordt het alternatieve scenario gebruikt dat in Tabel 5 is weergegeven. Ten opzichte van het referentiescenario veranderen alleen de getallen voor inzet van oud papier en karton, inzet van alternatieve vezel en voor overschot aan OPK. In het aandeel import verandert niets.

Tabel 5 Scenario inzet alternatief, 5% vervanging OPK (rood = wijzigingen)

|                                     | Nederlandse productie | Import  | Dranken-karton | Totaal  |
|-------------------------------------|-----------------------|---------|----------------|---------|
| <b>Massabalans</b>                  |                       |         |                |         |
| Kton                                | 774                   | 2.327   | 70             | 3.171   |
| Inzet OPK, %                        | 70%                   | 57%     |                | 59%     |
| Inzet OPK, kton                     | 541,9                 | 1.321,8 |                | 1.863,7 |
| Virgin vezel en vulmateriaal (kton) | 193,4                 | 1.005,2 |                | 1.198,6 |
| Alternatieve vezel                  | 38,7                  | 0       |                | 38,7    |
| Inzameling (kton)                   | --                    | --      |                | 2.760,0 |
| Overschot (kton)                    | --                    | --      |                | 841,1   |
| Uitgespaard sulfaatpulp (kton)      | --                    | --      |                | 841,1   |
| Papier naar restafval (kton)        | --                    | --      |                | 411,0   |

Uitgangspunt is dat het energiegebruik van papierproductie niet verandert. Er is voor diverse grondstoffen een bewerkingsstap nodig voordat de vezels kunnen worden ingezet in de productie, dit geldt echter ook voor de verse vezel op basis van hout. Het is niet voldoende bekend of, en zo ja, welke verschillen hierin te verwachten zijn. Wel is bekend dat bij gebruik van bierbostel energiebesparing te verwachten is in het droogproces. In dat geval is er dus sprake van energiewinst ten opzichte van het standaardproces. Ook dit is niet in de berekeningen meegenomen. In Paragraaf 4.2.1 gaan we in op hoeveel verschil in energiegebruik de te verwachten milieuwinst 'ongedaan' zou maken.

Voor elk van de grondstoffen die in plaats van verse vezel kunnen worden ingezet wordt het alternatieve scenario gebruikt dat in Tabel 6 is weergegeven. Ten opzichte van het referentiescenario veranderen alleen de getallen voor inzet van verse vezel (sulfaatpulp) en alternatieve vezel in de Nederlandse productie.

Tabel 6 Scenario inzet alternatief, 5% vervanging sulfaat pulp (rood = wijzigingen)

|                                     | Nederlandse productie | Import  | Dranken-karton | Totaal  |
|-------------------------------------|-----------------------|---------|----------------|---|
| <b>Massabalans</b>                  |                       |         |                |   |
| Kton                                | 774                   | 2.327   | 70             | 3171  |
| Inzet OPK, %                        | 75%                   | 57%     |                | 60%   |
| Inzet OPK, kton                     | 580,6                 | 1.321,8 |                | 1.902,4   |
| Virgin vezel en vulmateriaal (kton) | 154,7                 | 1.005,2 |                | 1.159,9   |
|                                     |                       |         |                | 38.7 kton minder sulfaatpulp in NL productie t.o.v. Tabel 4 |
| Alternatieve vezel                  | 38,7                  | 0       |                | 38,7  |
| Inzameling (kton)                   | --                    | --      |                | 2.760,0   |
| Overschot (kton)                    | --                    | --      |                | 802,4   |
| Uitgespaard sulfaatpulp (kton)      | --                    | --      |                | 802,4   |
| Papier naar restafval (kton)        | --                    | --      | (70)           | 411,0   |



### 3.3.1 Te bekijken grondstoffen

In de berekeningen is een aantal grondstoffen meegenomen:

- Gras, zowel directe inzet van gras als vezel (geen bewerking nodig) als het vezeldeel van vergisting en fermentatie van gras, met coproductie van ethanol/methaan en eiwitten.
- Bierbostel, bijproduct van bier, op dit moment vrijwel volledig ingezet als diervoeder.
- Rejects en ontinktingslib, beide reststromen van de verwerking en inzet van oud papier uit de industrie zelf, die op dit moment buiten de papierketen worden ingezet in energie- en/of materiaal terugwinning;
- Vezelgewassen vlas en hennep, die speciaal voor gebruik gekweekt zouden kunnen worden. De huidige commerciële kweek van hennep in Nederland is waarschijnlijk klein; het CBS geeft geen cijfers sinds 2003.

In Tabel 7 geven we een overzicht van de grondstoffen.

Tabel 7 Overzicht beschouwde alternatieve grondstoffen en parameters

|   | Gras                 | Gras       | Gras        | Bier-<br>bostel                 | Rejects              | OI slib             | Vlas              | Hennep   |
|---|----------------------|------------|-------------|---------------------------------|----------------------|---------------------|-------------------|----------|
|   | Direct               | Vergisting | Fermentatie |                                 |                      |                     |                   |          |
| Huidige toepassing                      | Geen                 | Geen       | Geen        | Veevoer                         | Secundaire brandstof | CDEM                | Geen              | Geen     |
| Vervanging OPK (ton/ton d.s.)           | 1                    | 1          | 1           | 1                               | 1                    | 1                   |                   |          |
| Vervanging chemisch pulp (ton/ton d.s.) |                      |            |             |                                 |                      |                     | 1                 | 1        |
| Beschikbaar (kton d.s./jaar)            | 1.000 <sup>(b)</sup> |            |             | +/- 100                         | 30                   | 50                  | 13 <sup>(a)</sup> | Onbekend |
| T.o.v. 774 kton productie               | +/- 100%             |            |             | 13%                             | 4%                   | 6,5%                | 1,5%              |          |
| Aanpassing papier-productie?            |                      |            |             | Reductie energie droog-behoefte |                      | Extra zetmeel nodig |                   |          |
| Energie voor-bewerking                  | Middel               | Middel     | Middel      | Hoog                            | Laag                 | Laag                |                   |          |

(a) Oogst in Nederland in 2008 (CBS Statline).

(b) Natuurgras (40% droge stof) (Koppejan et al., 2009).

Voor zowel grasvezels als de beide vezelgewassen is geen rekening gehouden met huidige inzet en dus verschuivingen in andere ketens. Voor vlas en hennep is het onwaarschijnlijk dat de inzet in papierproductie ten koste van andere toepassingen zou gaan. Wel zou de nodige uitbreiding van areaal uiteraard ten koste gaan van andere gewassen. De effecten hiervan zouden in meer detail moeten worden bekeken, indien dit een interessante optie lijkt. De teelt van hennep en vlas zou in dat geval direct met bosbouw moeten worden vergeleken in termen van opbrengsten per hectare, effecten van land



management (ploegen, bemesting, etc.) en risico's op landtransformatie en ontbossing. In deze studie is alleen rekening gehouden met biodiversiteit-effecten van het gebruik van landoppervlak.

Voor gras wordt uitgegaan van natuurgras dat op dit moment gecomposteerd zou worden. Bij gebrek aan goede data voor het composteren van gras wordt het proces 'vermeden composteren' buiten beschouwing gelaten. Het is waarschijnlijk dat bij meenemen van dit proces, de score van natuurgras lager zou worden (zie Paragraaf 4.2), omdat het composteren in het algemeen een netto milieubelasting heeft ondanks uitgespaarde meststoffen.

Er zijn wel andere mogelijke toepassingen van natuurgras, zoals covergisting met mest of andere hoogenergetische toepassingen. Vergelijking hiermee wordt niet gemaakt in deze studie, omdat de status quo uitgangspunt is. Tot slot merken we op dat de gemaakte vergelijking niet opgaat voor natuurgras dat in de huidige situatie ter plekke achterblijft. In dat geval zou toepassing als papiergrondstof namelijk een verandering in de lokale koolstofbalans gaan veroorzaken en zou dit effect moeten worden meegenomen.

De details van de milieuanalyse worden gegeven in Bijlage B.1.

### 3.4 Grafische drukkerijen

Voor de casus efficiëntieverbetering grafische drukkerijen is gebruik gemaakt van ervaringen uit de Grafische Milieucirkel Breda<sup>9</sup>. Hierin is een aantal drukkerijen verenigd, die via de Milieubarometer<sup>10</sup> een aantal indicatoren monitoren. In Tabel 8 worden de in deze studie beschouwde parameters weergegeven, met zowel gemiddelde waarden als beste waarden voor de deelnemende bedrijven.

Tabel 8 Gegevens grafische offsetdrukkerijen, Grafische Milieucirkel Breda

| Milieuaspect                | Invulling                      | Eenheid   | Gemiddeld | Beste |
|-----------------------------|--------------------------------|-----------|-----------|-------|
| <b>Grote drukkerijen</b>    |                                |           |           |       |
| Elektriciteit               | Elektriciteit/kg papierdoorzet | kWh/kg    | 0,66      | 0,34  |
| Papierverlies               | Percentage papierverlies       | %         | 23        | 10    |
| Water                       | Water/kg papierdoorzet         | liter/kg  | 1,07      | 0,62  |
| IPA-verbruik <sup>(a)</sup> | IPA/ton papierdoorzet          | liter/ton | 4,74      | 1,47  |
| <b>Kleine drukkerijen</b>   |                                |           |           |       |
| Elektriciteit               | Elektriciteit/kg papierdoorzet | kWh/kg    | 1,0       | 0,34  |
| Papierverlies               | Percentage papierverlies       | %         | 30        | 23    |
| Water                       | Water/kg papierdoorzet         | liter/kg  | 2,9       | 1,35  |
| IPA-verbruik <sup>(a)</sup> | IPA/ton papierdoorzet          | liter/ton | 4,74      | 1,47  |

(a) Isopropylalcohol.

In het referentiescenario (Tabel 2) gaan we uit van een 50/50-verdeling van het drukken van grafisch papier (naar kton) over kleine en grote drukkerijen met gemiddelde prestatie. De verbeteroptie is dan dat de prestatie van drukkerijen verbetert van 'gemiddeld' met de helft van het verschil tussen

<sup>9</sup> [www.milieucirkel.nl](http://www.milieucirkel.nl)

<sup>10</sup> [www.milieubarometer.nl](http://www.milieubarometer.nl)





'gemiddeld' en 'best'. De beste scores in Tabel 8 zijn namelijk per categorie bepaald en het is niet waarschijnlijk dat er bedrijfsomstandigheden bestaan waarbij op alle onderdelen tegelijk 'best' gescoord kan worden. Om een schatting te maken van het verbeterpotentieel voor de gehele drukkerij is daarom de helft van de verbetering voor elk onderdeel genomen.

De details van de milieuanalyse worden gegeven in Bijlage B.2.

### 3.5 Inzameling drankenkartons

Op dit moment worden verreweg de meeste drankenkartons (96%) meegegeven met het restafval en verbrand in een AVI. Alternatieve afvalverwerking is mogelijk via ofwel mechanische nascheiding ofwel gescheiden inzameling, apart dan wel samen met bijvoorbeeld kunststoffen.

In het geval van mechanische nascheiding is hergebruik van het materiaal niet mogelijk vanwege hygiënische overwegingen. Daarom is alleen energieretrieving met hoog rendement (bijstook in een kolencentrale) een optie. In geval van gescheiden inzameling zijn diverse recyclingopties mogelijk:

- volledig hergebruik;
- volledige bijstook cementoven;
- hergebruik LPB<sup>11</sup> en aluminium, polyethyleen (PE) vergassen;
- hergebruik LPB, PE en aluminium bijstoken in cementoven.

Inzameling kan lopen via een haalsysteem, bijvoorbeeld een kunststof-drankenkarton-zak in huis, of een brengsysteem, zoals een wijkcontainer. Alles bij elkaar geeft dit in theorie achttien mogelijkheden. Voor tien hiervan is het milieueffect van de verwerkingsroute per kton drankenkarton bepaald (zie Bijlage C). Het verschil tussen het haalsysteem en het brengsysteem is in praktijk verwaarloosbaar. Een klein verschil wordt veroorzaakt door het al of niet samen met kunststof ophalen; de scheidingsstap die dan nodig is vergt extra energie.

We beschouwen als significante verbeteropties gescheiden inzameling met recycling van papierdeel, met bijstook van PE en aluminium in een cementoven, en gescheiden inzameling met volledige materiaalrecycling. Hiermee wordt de grootste winst gehaald ten opzichte van verbranding in AVI (zie Bijlage C). Het effect van het precieze inzamelsysteem is niet significant<sup>12</sup>.

Geen enkel inzamelsysteem zal 100% effectief zijn en ook in de toekomst zal naar verwachting dus een deel van de afvalverwerking dus nog steeds in AVI's plaatsvinden. Voor doorrekening van de verbeteropties gaan we uit van een inzamelpercentage van 50%. Voor de referentie gaan we uit van 100% verwerking via AVI; op dit moment wordt slechts ongeveer 4% van de drankenkartons gescheiden ingezameld.

De details van de milieuanalyse worden gegeven in Bijlage C.

---

<sup>11</sup> Liquid Packaging Board, het kartonnen deel van een drankenkarton.

<sup>12</sup> Zie echter CE (2010a) voor een discussie over mogelijke vervuiling van kunststoffen door zuivel in drankenkartons.





# 4 Resultaten

## 4.1 Inleiding

Op basis van de data beschreven in Hoofdstuk 3 zijn de ReCiPe-scores voor verschillende scenario's bepaald. In dit hoofdstuk geven we de resultaten voor de casus alternatieve grondstoffen en efficiëntieverbetering drukkerijen.

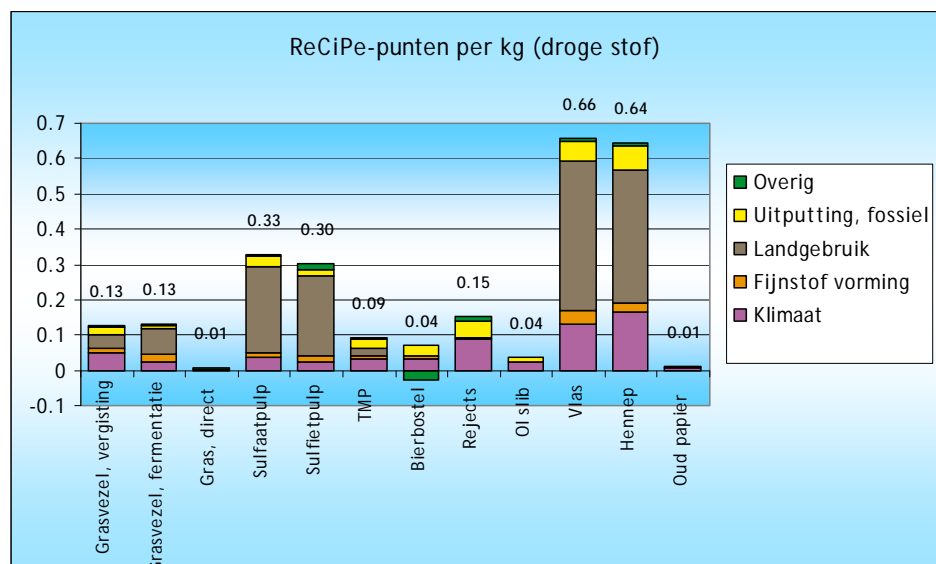
Waar onderscheid wordt gemaakt naar ketenfase gaan we uit van de volgende indeling:

- Grondstoffen: winning (teelt, bosbouw) en verdere ketenstappen tot aan inzet in de papierfabriek. Diverse bestanddelen worden voor zover mogelijk apart weergegeven.
- Productie: productie van het basismateriaal (grafisch papier, massief karton, etc.) uit de grondstoffen.
- Drukken: gebruik van basismateriaal zowel commercieel als door consument, bedrukken en vouwen van verpakkingen, bedrukken (printen, kopiëren) van papier.
- Afval: onderscheid naar restafval, waaronder emissies van verbranding in AVI en vermeden energieopwekking en uitgespaard sulfaatpulp door materiaalhergebruik.

## 4.2 Grondstoffen

De milieuscores per kg voor de alternatieve grondstoffen zoals besproken in Hoofdstuk 3 kunnen worden weergegeven naast de traditionele grondstoffen sulfaatpulp, sulfietpulp, thermo-mechanisch pulp (TMP) en oud papier (alle vier volgens Ecoinvent).

Figuur 3 Scores per kg grondstof, zoals ingezet in papierproductie (cijfers geven netto totaal)

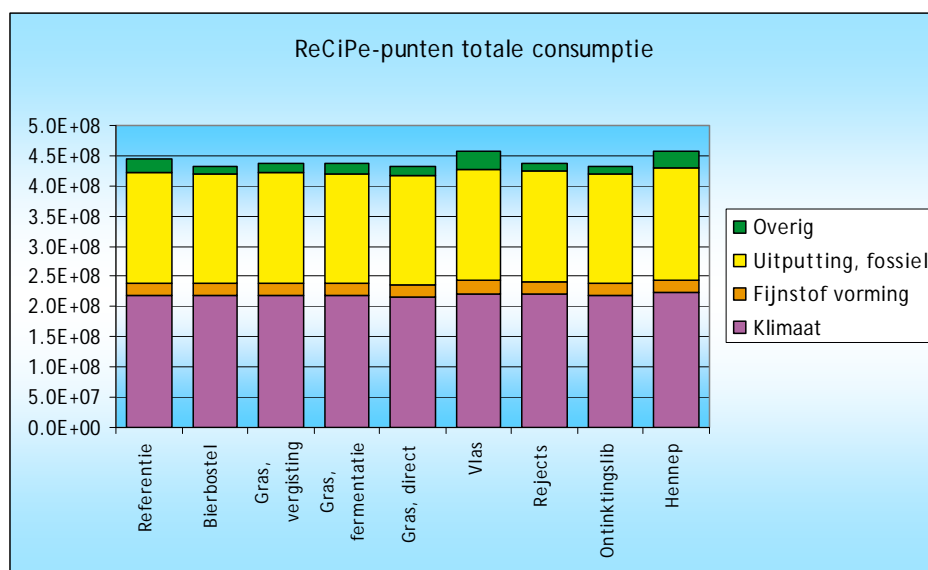


We zien dat grasvezel, bij directe inzet, dezelfde score heeft als oud papier. Dit is naar verwachting, omdat voor beide alleen de inzameltransporten meetellen. Ontinkingslib en bierbostel zijn ook alternatieven met lage milieu-impact. Vervolgens kunnen we zeggen dat de scores van grasvezel uit vergisting of fermentatie en rejects ongeveer gelijk scoren. Voor deze grondstoffen is de score hoger dan voor TMP maar belangrijk lager dan voor chemisch pulp.

De productie van vlas en hennep tenslotte leidt tot meer impacts dan chemisch pulp. De negatieve impact in de 'overige' categorieën betreft vrijwel volledig de uitgespaarde emissie van het insecticide cypermethrin dat een extreem hoge toxische impact heeft en dat bij raapzaadteelt wordt gebruikt (zie Bijlage B.1 voor aannames over veevoervervanging).

Dat de score van grasvezels uit vergisting of fermentatie zoveel hoger is dan gewoon gras lijkt op het eerste gezicht verbazend, omdat er tenslotte sprake is van coproducten waar ook een deel van de milieubelasting aan toegerekend wordt. Ongeveer 60% van de milieuscore van vezel uit grasraffinage bestaat uit de productie van het gras. Zoals gezegd, bij directe inzet van grasvezel wordt aangenomen dat dit natuurgras betreft, waardoor er geen impact van productie is (maar zie opmerkingen Paragraaf 3.3.1). Zelfs bij buiten beschouwing laten van deze impacts is de score nog aanzienlijk hoger. Het raffinageproces levert weliswaar waardevolle coproducten maar is toch tamelijk energie-intensief. Bovendien wordt in de Ecoinvent-database het grootste gedeelte van de milieu-impacts aan de vezel gealloceerd<sup>13</sup>.

Figuur 4 Totale nulmeting (referentie) en scenario's met 5% inzet van alternatieve grondstoffen



In de referentie geeft de nulmeting 444 miljoen ReCiPe-punten (hele keten NL-consumptie). De besparing bij 5% inzet van alternatieve grondstoffen ter vervanging van oud papier is 2 à 3%. De inzet van vlas en hennep in plaats van sulfaatpulp geeft een toename van de milieuscore met 3%. Bij inzet van 10% alternatieve grondstof is de winst/achteruitgang ook tweemaal zo groot.

<sup>13</sup> Omdat de allocatiepercentages per stap verschillen, is het achterhalen van de precieze allocatie aan vezel lastig. Het is in ieder geval meer dan 50%.

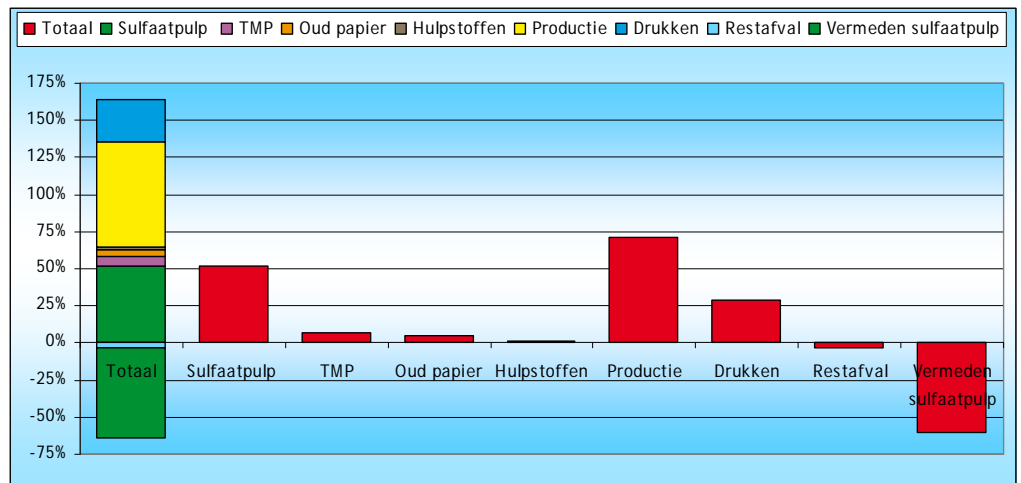


Landgebruik draagt in de nulmeting netto nauwelijks bij, zoals blijkt uit Figuur 4. Dit komt omdat de hoeveelheid uitgespaard sulfaatpulp, door het hoge percentage oud papierinzameling in Nederland, vrijwel even groot is als de hoeveelheid pulp die wordt ingezet (Figuur 5). De plus en de min heffen elkaar vrijwel exact op, waardoor in de nulmeting sprake is van vrijwel 'nul netto landgebruik'.

De vorming van fijn stof treedt vooral op bij de papierproductie en is gekoppeld aan het gebruik van energie (gas, elektriciteit). Ook voor deze impactcategorie geldt dat de bijdrage van de pulpproductie netto heel klein is, omdat inzet van pulp en vermeden pulpproductie door inzameling van oud papier elkaar vrijwel volledig in balans houden.

Figuur 5 geeft de bijdragen van verschillende ketenstappen aan de totale score. De ketenstap 'grondstoffen' is opgesplitst in sulfaatpulp, thermo-mechanisch pulp, oud papier en hulpstoffen.

Figuur 5 Bijdragen van ketenstappen aan de totale score in de referentie



De bijdrage van papierproductie en van drukken (verpakkingen, kranten, print- en kopieerpapier en overig grafisch) aan de totale nulmeting is groot (Figuur 5). De netto bijdrage van sulfaatpulp als grondstof is negatief, omdat er ook in de referentie sprake is van een overschot aan oud papier van inzameling ten opzichte van inzet. De bijdrage van sulfaatpulp hoort dus zowel bij het 'grondstoffen' stadium als bij het post-consument stadium. Zoals altijd bij deels gesloten kringlopen zijn deze ketenfases nauw verbonden.

#### 4.2.1 Verandering energiegebruik productie

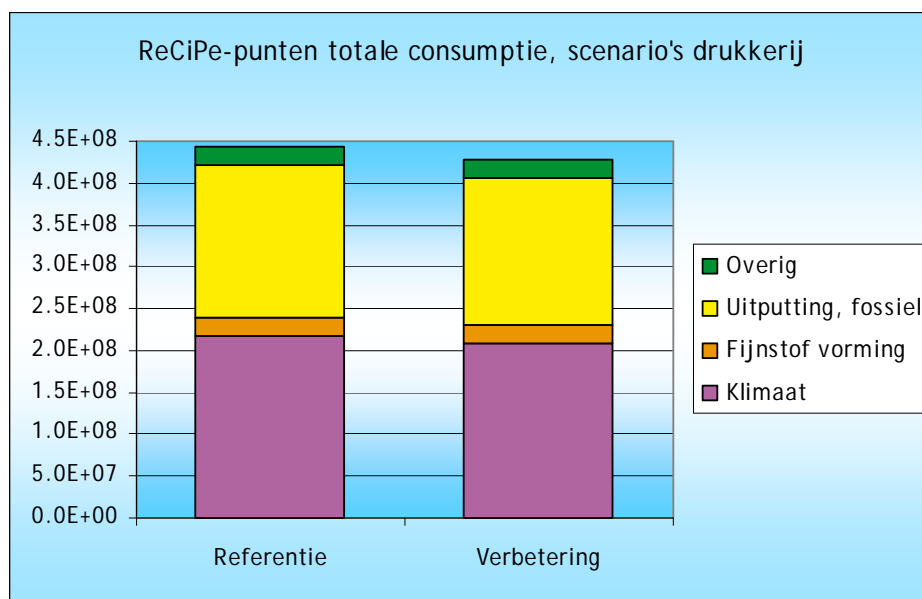
Zoals in Hoofdstuk 3 gezegd, is het nog niet mogelijk goed te bepalen hoe het energiegebruik van papierproductie verandert bij inzet van alternatieve grondstoffen. Een reductie van 3% in de milieubelasting in de hele keten door grondstofverandering betekent wel dat de milieubelasting van het totale energiegebruik (alleen papierproductie) met zo'n 4,5% kan toenemen voor het effect teniet is gedaan. Een extra voorbewerking van 200 kWh/ton verandert de berekende reducties nauwelijks.

### 4.3 Drukkerijen

Het bedrukken van papier (grafisch druk, printen en kopiëren, krantendruk, verpakkingendruk) draagt 28% bij aan de nulmeting (zie Figuur 5). Efficiëntieverbetering kan daarom een belangrijke bijdrage hebben. Zoals uiteengezet in Hoofdstuk 3 bekijken we het verbeterpotentieel bij grafische offsetdrukkerijen op basis van ervaringen in Breda. De bijdrage van alleen grafische druk aan de nulmeting is 8%.

Figuur 6 geeft de verbetering weer.

Figuur 6 Totale nulmeting (referentie) en scenario met efficiëntieverbetering drukkerijen



Het verbeterpotentieel vanuit drukkerijen volgens maatregelen zoals gedefinieerd in Hoofdstuk 3 is 4% ten opzichte van de totale stroom. Ten opzichte van de genoemde bijdrage van 8% lijkt dit extreem veel. Hierin zit echter niet het deel papieruitval opgenomen, dat gewoon onder 'productie' valt (Figuur 5).

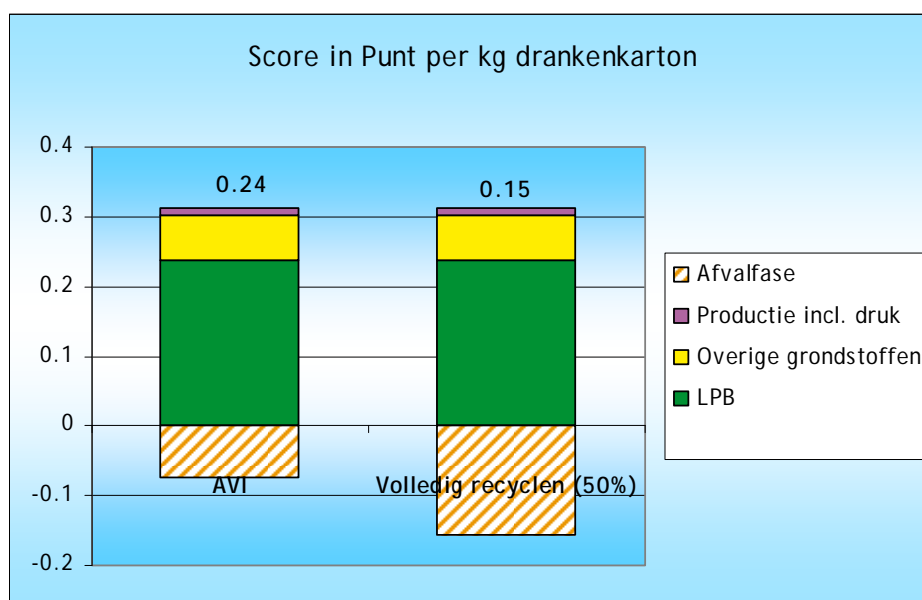
Daarom is het reductiepotentieel, waarin wel de *reductie* van papieruitval wordt meegerekend, zo hoog ten opzichte van de bijdrage aan de nulmeting. Het verbeterpotentieel door alleen de reductie van papieruitval is 1,3% (ten opzichte van de nulmeting) en dit betreft een reductie van het verlies met 25 tot 50% (zie Paragraaf 3.4) in de grafische drukkerijen, die ongeveer 23% van de totale papierconsumptie van 3.171 kton verwerken. De rest van het reductiepotentieel dat is berekend komt voor rekening van elektriciteitsbesparing bij de grafische druk (2,7% ten opzichte van nulmeting).

#### 4.4 Inzameling drankenkartons

Het aandeel van drankenkartons (productie en afvalverwerking) in de nulmeting is ongeveer 4%. Naar gewicht is het aandeel ongeveer 2% (70 t.o.v. 3.171 kton). De relatief hoge milieubelasting naar gewichtaandeel is te verklaren uit het feit dat voor drankenkartons alleen virgine vezels worden ingezet en het bovendien een composiet materiaal is.

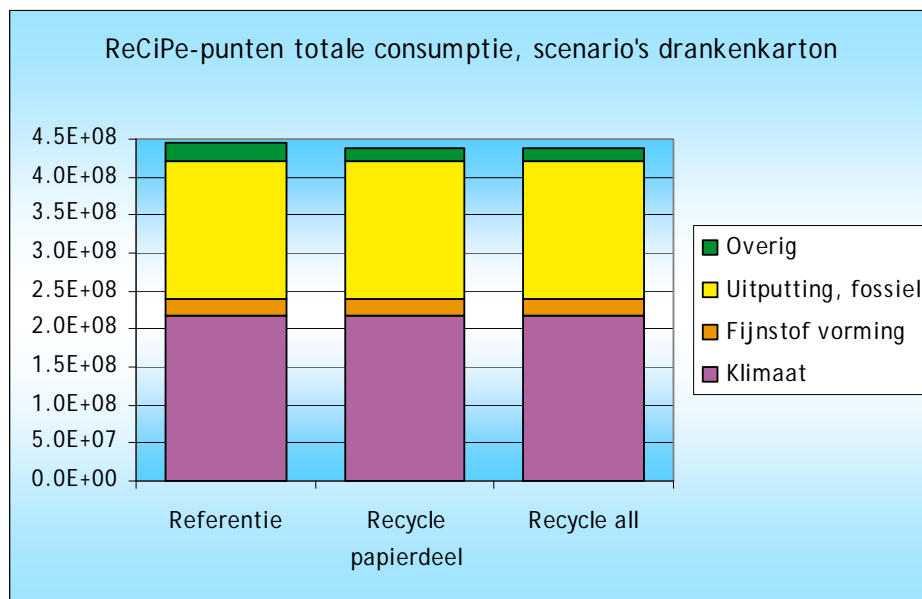
Figuur 7 laat zien dat de productie van Liquid Packaging Board (LPB) het grootste aandeel heeft in de totale keten. Hierin zit ook het deel dat uitvalt bij productie van de drankenkartons verdisconteerd. Verbranding met restafval levert een aanzienlijke besparing ten opzichte van de productie. Ten opzichte van de keten van alleen drankenkartons geeft het recyclen een groot verbeterpotentieel van 37% bij 50% inzameling (Figuur 7). Daarbij moet worden opgemerkt dat het volledig toerekenen van deze verbetering aan de keten van drankenkartons vanuit product LCA-oogpunt onderwerp van discussie kan zijn omdat er geen sprake is van gesloten kringloop. De besparing valt echter sowieso binnen de papierketen (zie ook Paragraaf 2.2 en Bijlage C.1).

Figuur 7 Score per kg drankenkarton voor verbranding in AVI en volledige recycling opgesplitst naar ketenstap



Ten opzichte van de nulmeting is het verbeterpotentieel bij inzameling van 50% van de drankenkartons, met recycling van tenminste het papierdeel, ruim 1% (Figuur 8).

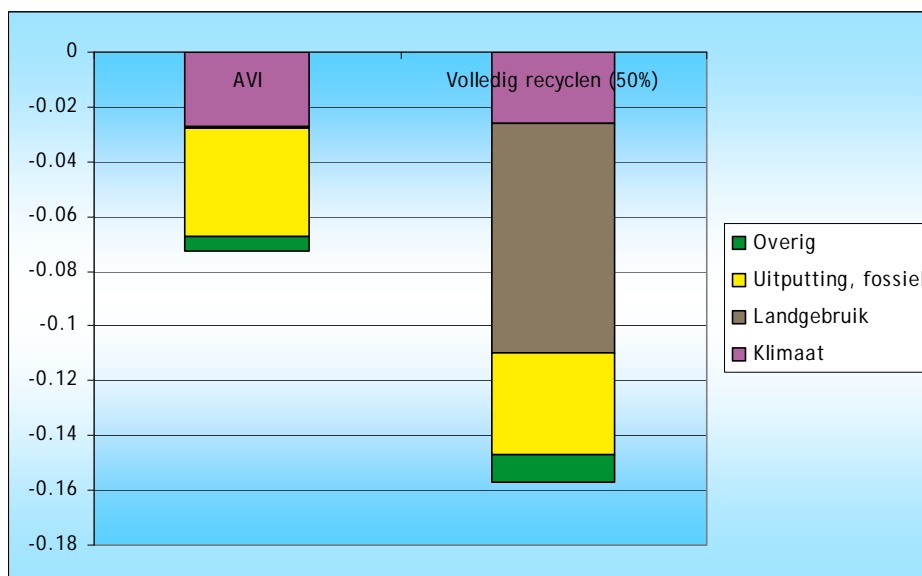
Figuur 8 Totale nulmeting (referentie) en scenario met inzameling drankenkartons



De gevoeligheid voor andere parameters is klein. Twee parameters in de modellering van inzameling van drankenkartons zijn aan gevoeligheidsanalyse onderworpen (zie Bijlage C.5). Het betreft de transportafstand naar locatie van verwerking en de kwaliteitfactor die wordt gehanteerd voor recycling van PE/aluminium granulaat. De effecten van beide parameters (aannames) blijken verwaarloosbaar.

Het vermeden landgebruik dat samenhangt met het recyclen van het papierdeel van de drankenkartons is de dominante factor in de vergelijking. In Figuur 9 laten we in detail zien hoe de milieuwinst van de afvalfase is opgebouwd voor de referentie (AVI) en voor volledige recycling.

Figuur 9 Opsplitsing van de score in punt per kg drankenkartons (alleen afvalverwerking) naar categorie





## 4.5 Discussie

De hier bekeken scenario's en maatregelen gaan uit van de huidige situatie (nulmeting) en de potentiële veranderingen in 2015. Hierbij wordt uitgegaan van een gelijkblijvende totale consumptie. Aangezien de nulmeting een absolute meting is en niet om efficiëntie gaat (milieudruk per eenheid) zou een toenemende of afnemende consumptie ook effect hebben op de behaalde reductie in 2015.

Voor grondstofvervanging zou ook een vergelijking van toekomstige scenario's op z'n plaats kunnen zijn. Zoals gezegd zijn de meeste grondstoffen qua kwaliteit gelijkwaardig aan oud papier en niet aan verse vezel. Er is dan ook vanuit gegaan dat in het alternatieve scenario het aandeel oud papier in de grondstoffenmix lager wordt. In praktijk zal de inzet van alternatieve grondstoffen voornamelijk nodig worden bij toenemende productie (in Nederland). Het inzamelpercentage van oud papier is in Nederland al hoog en zal waarschijnlijk niet veel verder toenemen. De papierproducenten hebben daarom bij toenemende productie een aantal 'opties':

- meer verse vezel inzetten bij gebrek aan oud papier, waardoor de recycled content van papier omlaag zal gaan;
- importeren van oud papier, dit betekent dat elders de behoefte aan verse vezel zal toenemen;
- inzet van alternatieve grondstoffen, waardoor geen extra verse vezel nodig is in toekomst.

Als grondstofvervanging zou worden beoordeeld ten opzichte van een toekomstperspectief met toenemende consumptie, zouden de alternatieve grondstoffen dus direct als vervanging van verse vezel kunnen worden gezien. Effectief geeft dit echter exact hetzelfde resultaat, omdat in de hier gebruikte aanpak het ingezameld materiaal ook als uitsparing van sulfaatpulp wordt gemodelleerd<sup>14</sup>. In beide benaderingen is het uitgangspunt dat er in de rest van de wereld nog veel te weinig oud papier wordt ingezameld belangrijk. Daarom zijn alternatieve grondstoffen nodig en geldt dat alle extra inzameling van papier ergens tot vermindering van gebruik van sulfaatpulp leidt.

Gras is een interessante alternatieve grondstof vanuit milieuoogpunt. Ten opzichte van huidige toepassing zou directe inzet van gras als vezel goed scoren. Of inzet als papiergrondstof beter scoort dan inzet als energiebron in hoogrendement energieopwekking is hier niet bekeken. Wel is ook gekeken naar de inzet van grasvezel uit fermentatie of vergisting, met als coproducten eiwit (diervoeder) en energiedragers (gas of ethanol). Ook dit is een gunstige optie wat betreft milieuprofiel, zeker als natuurgras als grondstof wordt gebruikt. Bij inzet van natuurgras moet wel gekeken worden naar stromen die ook nu al worden verwijderd uit het betreffende gebied. Volgens Koppejan et al. (2009) is in principe ruim 1.000 kton droge stof per jaar beschikbaar aan natuurgras, maar welk deel daarvan op dit moment ook verwijderd wordt is niet duidelijk.

---

<sup>14</sup> Merk hierbij wel op dat in deze studie landtransformatie buiten beschouwing is gelaten. Bij benadering vanuit een toekomstig perspectief zou dit in de papierketen een belangrijker rol kunnen spelen dan op dit moment. Er zal naar verwachting in toenemende mate sprake zijn van nieuw in productie genomen gebieden voor winning van papiervezel. Daarmee wordt het 'voorkomen' van productie van verse vezel dus nog belangrijker.



Ook ontinkingslib en rejects zijn interessant als input. De score van bierbostel is weliswaar ook lager dan die van chemisch pulp, maar toch zou terughoudend moeten worden omgegaan met het onttrekken van een eiwitrijk restproduct dat als veevoeder wordt gebruikt. In 2007 werd 128 kton (droge stof) bierbostel ingezet in de vee-industrie (WUR, 2009). Dit is de totale stroom die vrijkomt uit de bierindustrie (zie Tabel 7). Uitgaande van het scenario geschetst in WUR (2009) zou extra inzet van bierbostel als veevoer leiden tot een toename van raapzaad en een afname van soja en maisgluten in het veevoer. In deze studie gaan we er vanuit dat het omgekeerde ook geldt, gebaseerd op voederwaarde en dergelijke. In praktijk zouden andere effecten kunnen optreden. De vermeden bijdrage van raapzaad speelt nu een belangrijke rol in de score van bierbostel; dit zou in meer detail geverifieerd moeten worden.

Het reduceren van papieruitval in de schakels tussen papierproducent en eindgebruiker is waarschijnlijk een zeer effectieve optie voor reductie van milieubelasting over de totale keten. Een vrij beperkte reductie van uitval met ongeveer 5 procentpunt (19%) alleen de grafische drukkerij leidt al tot een reductie van de totale milieubelasting (nulmeting) met ruim 1%.

Het verzamelen van drankenkartons en hergebruiken van de papervezels heeft groot effect ten opzichte van de productieketen van drankenkartons, met name vanwege de effectieve reductie van landgebruik. Ten opzichte van de totale stroom papier en karton is het effect bij 50% inzameling ongeveer 1%.

Tabel 9 Milieuwinst per optie

| Optie  | Winst t.o.v. nulmeting |
|--|------------------------|
| Grondstofvervanging oud papier, 5%   | ±2,5%                  |
| Grondstofvervanging oud papier, 10%  | ±5%                    |
| Efficiëntieverbetering grafische drukkerijen (incl. reductie papieruitval) | 4%                     |
| <i>Reductie papieruitval drukkerijen</i>                                   | <i>±1,3%</i>           |
| Inzameling en recycling drankenkartons                                     | ±1,3%                  |

#### 4.5.1 Gevoeligheid

Voor een aantal specifieke aannames is in Hoofdstuk 3 al een indicatie van de gevoeligheid gegeven, die in het algemeen zeer klein is.

Een bepalende factor in de uitkomsten is de aanname dat het overschot aan ingezameld oud papier leidt tot een uitsparing sulfaatpulp. Dit uitgangspunt is reëel, omdat de vraag naar oud papier groter is dan het aanbod.

In tegenstelling tot de andere nulmetingen van biotische materialen (bij CE, 2010b) zien we hier in de scores landgebruik niet terug, omdat inzet en uitsparing van virgin pulp van dezelfde orde zijn (bijv. Figuur 4). De bijdrage van landgebruik in de ReCiPe-methodiek speelt daarom in deze nulmeting geen grote rol. Daarmee is de gevoeligheid van de nulmeting en verbeterpotentieel voor de methode waarmee landgebruik wordt meegenomen heel klein.

Alleen voor de subketen van drankenkartons en het effect van inzameling daarvan is landgebruik wel bepalend. De reden daarvoor is dat energierugwinning en materiaalrugwinning in deze casus expliciet worden vergeleken. Daarmee wordt de vergelijking bepaald door de vergelijking van vermeden fossiele uitputting (en emissie van broeikasgassen) versus vermeden

landgebruik. De methode om landgebruik in biodiversiteitsverlies om te zetten krijgt daarom in deze casus wel een prominente rol (zie ook CE, 2010b).

We zien echter dat om AVI en materiaal terugwinning gelijk te laten scoren de impact van landgebruik slechts 5% zou moeten zijn van wat deze nu is. Het is zeer onwaarschijnlijk dat de impacts dermate overschat zijn; het is zelfs mogelijk dat de impacts onderschat zijn (zie CE, 2010a). Wel moet worden vastgesteld dat beperking van landgebruik in het algemeen de voornaamste aanleiding is om papier te recyclen omdat met recycling van papier in het algemeen meer fossiele energie betrokken is dan bij virgin productie, waarbij vooral hernieuwbare energie (deel van het hout dat niet als vezel wordt gebruikt) wordt gebruikt.

In Paragraaf 4.2.1 is reeds toegelicht dat er weliswaar bij de inzet van alternatieve grondstoffen geen rekening is gehouden met verandering van energiegebruik in het papierproces zelf, maar dat deze verandering behoorlijk groot kan zijn voordat het positieve effect van de uitsparing van sulfaatpulp teniet is gedaan. De gevoeligheid van het reductiepotentieel voor deze aanname is waarschijnlijk relatief klein. In de nulmeting speelt dit geen rol.

De modellering van drukkerijen en printen/kopiëren bij de consument is tamelijk grof, zoals bijvoorbeeld de aanname dat de Milieukring Breda representatief is voor de grafische offsetdrukkerijen in Nederland. De bijdrage van deze schakel is 25%. Met een grote fout van 40% betekent dit dus een afwijking van 10% op de nulmeting.



# 5 Conclusies en aanbevelingen

## 5.1 Conclusies

In de referentie geeft de nulmeting 444 miljoen ReCiPe-punten (hele keten NL-consumptie, 3.171 kton). In milieubelasting per persoon komt dit overeen met ruim 1.250 autokilometers per jaar. De beschouwde maatregelen geven besparingen van 1 tot 5% (zie Tabel 9). Er is geen overlap tussen de maatregelen voor wat betreft effect, met uitzondering van de reductie van papieruitval bij drukkerijen. De andere besparingen kunnen direct worden opgeteld als meerdere maatregelen tegelijk worden genomen. Dit levert een totaal besparingspotentieel van ongeveer 8%.

Bij de maatregel 'alternatieve grondstoffen' zijn we in deze studie uitgegaan van alleen het deel van de Nederlandse productie dat ook in Nederland wordt afgezet. Dat betekent dat de grondstofvervanging slechts aangrijpt op 24% van de keten van Nederlands papiergebruik. Naast de inzet van restvezels uit de eigen keten (ontinkingslib en rejects) lijkt vooral het gebruik van gras als alternatieve grondstof interessant vanuit milieuoogpunt.

Uitval van papier bij verwerkers (drukkerijen, verpakkingvullers, etc.) is waarschijnlijk zeer significant. Uit de casus van de Milieucirkel Breda blijkt dat bij die grafische drukkerijen een gemiddeld papierverlies van 20 tot 30% optreedt. In het referentievolumen van 3.171 kton dat in deze studie is gehanteerd zit deze uitval verdisconteerd, zonder dat het precieze percentage expliciet is te maken. Het reduceren van deze verliezen kan een belangrijke reductie over de hele keten opleveren, zoals blijkt uit de casus Milieucirkel Breda.

## 5.2 Aanbevelingen

Voor een complete milieukundige beoordeling van de inzet van alternatieve grondstoffen is meer praktijkinformatie nodig. Onder andere ontbreekt informatie over de invloed op de processen bij de papierindustrie, zoals verandering in energiegebruik en maximale inzet van de verschillende grondstoffen uit kwaliteit- of technologische overwegingen.

Overigens is oud papier, naast directe inzet van grasvezel, de meest aantrekkelijke optie vanuit milieuoogpunt. Het verdient daarom ook aanbeveling te overwegen om inzameling buiten Nederland of zelfs buiten Europa te stimuleren. Zelfs bij grote transportafstanden blijft de impact beperkt ten opzichte van die van chemisch pulp, maar ook ten opzichte van die van de andere alternatieve grondstoffen.

Reductie van verliezen bij verwerkers lijkt het meest realistisch voor wat betreft potentieel op korte termijn. Bij het terugdringen van reductie kunnen verschillende schakels in de keten samenwerken. Een deel van de uitval bij drukkerijen betreft waarschijnlijk opslag voor derden (afnemers). Overtollige voorraden worden dan bijvoorbeeld na een herziening van huisstijl, logo's, en dergelijke, weggedaan. Een betere afstemming van levering en vraag zou kunnen leiden tot kleinere voorraden en daarmee minder uitval.





# Literatuurlijst

## **ACE, 2010**

ACE - The Alliance for Beverage Cartons and the Environment  
www.ace.be

## **Blonk en Ponsioen, 2009**

Blonk, T.J. en T. Ponsioen  
Towards a tool for assessing carbon footprints of animal feed : Product Board  
Animal Feed  
The Hague : Blonk Milieu Advies, 2009

## **BSI, 2008**

PAS 2050:2008 : Specification for the assessment of the life cycle greenhouse  
gas emissions of goods and services  
London : BSI, British Standards, 2008

## **Campina, 2009**

Persoonlijke communicatie met Jaap Petraeus, oktober 2009

## **CE, 2000**

H.J. (Harry) Croezen, G.C. (Geert) Bergsma  
Subcoal milieukundig beoordeeld  
Delft : CE Delft, 2000

## **CE, 2001**

H.J. (Harry) Croezen, J.T.W. (Jan) Vroonhof  
Milieuanalyse drankenkartons, notitie  
Delft : CE Delft, 2001

## **CE, 2005**

J.T.W. (Jan) Vroonhof, G.C. (Geert) Bergsma  
Verwerking drankenkartons: Milieuanalyse en kosten- en risico-indicatie van  
verwijderingroutes van drankenkartons  
Delft : CE Delft, 2005

## **CE, 2007**

M.N. (Maartje) Sevenster, L.M.L. (Lonneke) Wielders, G.C. (Geert) Bergsma,  
J.T.W. (Jan) Vroonhof  
Milieukentallen van verpakkingen voor de verpakkingenbelasting in Nederland  
Delft : CE Delft, 2007

## **CE, 2007a**

M.N. (Maartje) Sevenster, D. (Derk) Hueting  
Energiegebruik in de Veevoerketen  
Delft : CE Delft, 2007

## **CE, 2008**

M.N. (Maartje) Sevenster, G.C. (Geert) Bergsma, D.H. (Derk) Hueting,  
L.M.L. (Lonneke) Wielders, F.P.E. (Femke) Brouwer  
Prioriteiten en aangrijpingspunten voor toekomstig afvalbeleid  
Delft : CE Delft, 2008



**CE, 2010a**

Kosteneffectiviteit inzameling drankenkartons  
Delft : CE Delft, in voorbereiding

**CE, 2010b**

M.N. (Maartje) Sevenster (CE Delft), H. (Hans) Blonk (Blonk Milieu Advies),  
S. (Sander) van der Flier (Blonk Milieu Advies)  
Milieuanalyses Voedsel en Voedselverliezen  
Ten behoeve van prioritaire stromen ketengericht afvalbeleid  
Delft : CE Delft, 2010

**CE, 2010c**

G.J. (Gerdien) van de Vreede, M.N. (Maartje) Sevenster  
Milieuanalyses textiel  
Ten behoeve van prioritaire stromen ketengericht afvalbeleid  
Delft : CE Delft, 2010

**CEPI, 2003**

CEPI Historical Statistics, 1991-2003  
Via: <http://www.vnp-online.nl/>

**CEPI, 2009**

Sustainability report 2009  
Confederation of European Paper Industries

**CDEM, 2010**

Basisgegevens CDEM  
[www.cdem.nl](http://www.cdem.nl)

**Das & Houtman, 2004**

T.K. Das, C. Houtman  
Evaluating chemical-, mechanical-, and bio-pulping processes and their  
sustainability characterization using life-cycle assessment  
In : Journal of Environmental progress, vol. 23, no. 4 (2004); p. 347-357

**FO-industrie, 2007**

Evaluatie MBO grafische industrie en verpakkingsdrukkerijen 2007  
Den Haag : Facilitaire Organisatie (FO) Industrie, 2007

**Grafische Milieucirkel Breda, 2010**

[www.milieucirkel.nl](http://www.milieucirkel.nl)

**HEDRA, 2002**

Kwaliteitseisen gebruikte kartonnen drankverpakkingen  
Terneuzen : Stichting Hergebruik Kartonnen Drinkverpakkingen (HEDRA), 2002

**HEDRA, 2009**

Persoonlijk contact met Inge Eggermont, oktober 2009

**Koppejan et al., 2009**

Jaap Koppejan, Wolter Elbersen, Marieke Meeusen, Prem Bindraban  
Beschikbaarheid van Nederlandse biomassa voor elektriciteit en warmte in  
2020  
S.I. : Procédé Biomass B.V., 2009





**Milieubarometer, 2010**  
www.milieubarometer.nl

**ReCiPe, 2008**

Mark Goedkoop, Reinout Heijungs, Mark Huijbregts, An De Schryver,  
Jaap Struijs, Rosalie van Zelm  
A life cycle impact assessment method which comprises harmonised category  
indicators at the midpoint and the endpoint level, First edition  
Report I: Characterisation  
Den Haag : Ministerie van VROM, 2008

**RENTECH Consult B.V., 2003**

Naskas project: Nascheiding en nuttige toepassing van kunststoffen en  
drankenkartons uit huishoudelijk restafval door middel van automatische  
sortering  
Fase 1: Onderzoek naar de technische en economische haalbaarheid  
Spaubeek : Advies-en Ingenieursbureau voor Milieutechnologie en Milieurecht  
(RENTECH), 2003

**SenterNovem, 2004**

H.H.J. Vreuls  
Nederlandse lijst van energiedragers en standaard CO<sub>2</sub>-emissiefactoren  
S.L. : SenterNovem, 2004

**SolidPack, 2009**

Persoonlijke communicatie met Rob Broere, oktober 2009

**VNP, 2003**

Energieverbruik in de Nederlandse papier- en kartonindustrie  
Hoofddorp : Vereniging van Nederlandse Papier- en kartonfabrieken (VNP),  
2003

**Wegener, 2007**

T. Peren  
Milieujaarverslag 2006 Wegener  
Apeldoorn : Centrale milieuoördinatie Wegener, 2007

**WUR, 2009**

Th.V. Vellinga, H. van Laar, M.A.; Thomassen, I.J.M de Boer P.; Berkhout,  
H. Aiking  
Milieueffecten van diervoeders  
Wageningen : WUR, Animal Science Group, 2009





# Bijlage A Data referentie

## A.1 Hoeveelheden en energie

Tabel 10 Energiegebruik (netto) per kton product (totale NL papierindustrie)

| Energiedrager  | Netto input <sup>(a)</sup> | Opmerking   |
|----------------|----------------------------|---|
| MWh            | 74                         | Meeste elektriciteit van WKK  |
| <i>Inkoop</i>  | 281                        | Inkoop als elektriciteit  |
| <i>Verkoop</i> | -207                       | Teruglevering aan het net   |
| TJ gas         | 8,73                       | Energie inhoud 31.6 MJ/m <sup>3</sup> (VNP 2003); van netto gebruik is 95% inzet in WKK |
| TJ thermisch   | -0,02                      | Output thermische (rest)warmte van WKK  |

(a) Op basis van data geleverd door Koninklijke VNP voor productie jaar 2008 (zie Figuur 10).

Dit geeft een netto energiegebruik van 9,0 GJ/ton voor de Nederlandse papierproductie.

Tabel 11 Energiegebruik per kton product (import, CEPI Sustainability report 2009, cijfers 2008)

| Energiedrager                   | Hoeveelheid | Opmerking                                |
|---------------------------------|-------------|--|
| TJ elektriciteit (netto inkoop) | 2.04        | 46% elektriciteit is van eigen opwekking |
| Brandstoffen (TJ)               | 11.36       | Aanname: gas voor WKK                    |

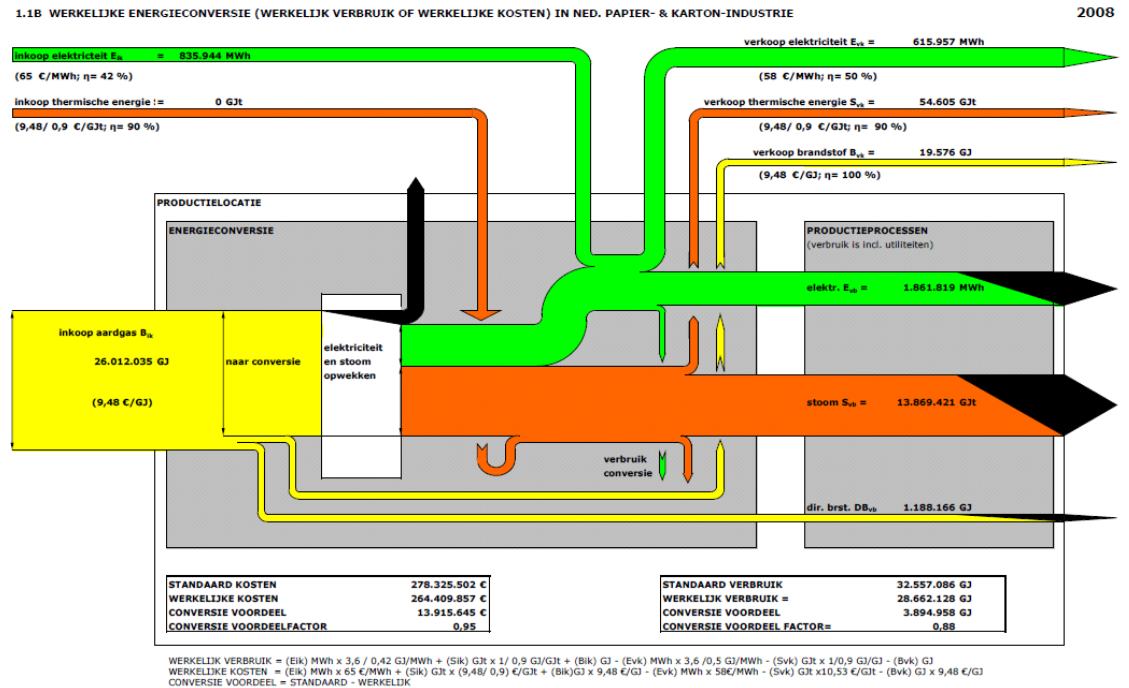
Dit geeft een netto energiegebruik van 13,4 GJ/ton voor de Europese papierproductie.

Tabel 12 Samenstelling papierconsumptie op basis van schattingen voor 2005

| Type            | Aandeel |
|-----------------|---------|
| Berpakking      | 42%     |
| San. + hyg.     | 8%      |
| Krant           | 13%     |
| Grafisch overig | 36%     |
| Overig          | 1%      |

Van de verpakkingen is 70 kton drankenkartons. Dit is 2% van het totale papierverbruik van 3.171 kton

Figuur 10 Sankey diagram van energiegebruik door Nederlandse papierindustrie (Kon. VNP, voor 2008)  
Kosten zijn op basis van toenmalige kentallen en geven geen daadwerkelijke prijzen weer



## A.2 Gegevens energiedragers en papier

Tabel 13 geeft de Ecoinvent-processen weer die zijn gebruikt in de modellering van het referentiescenario.

Tabel 13 Ecoinvent-processen gebruikt voor energiebronnen en drukprocessen

| Energiebron/proces  | Ecoinvent-proces   |
|---|--|
| Elektriciteit, ingekocht<br>NL-industrie                    | Electricity, medium voltage, at grid/NL  |
| Elektriciteit, teruglevering NL net                         | Electricity, low voltage, at grid/NL   |
| Elektriciteit, ingekocht<br>EU-industrie                    | Electricity, medium voltage, production<br>UCTE, at grid/UCTE  |
| Restwarmte levering door<br>industrie (NL en EU)            | Heat, natural gas, at industrial furnace<br>low-NO <sub>x</sub><br>> 100 kW/RER                                    |
| Gasgebruik door industrie<br>(NL en EU)                     | Natural gas, burned in cogen 1 MWe lean<br>burn/RER  |
| Verbranding in AVI; vermeden impacts                        | Electricity, low voltage, at grid/NL<br>Efficiëntie 22% op basis van LHV   |
|   | Heat, natural gas, at industrial furnace<br>low-NO <sub>x</sub><br>> 100 kW/RER<br>Efficiëntie 7% op basis van LHV |
| Verpakkingen, offset printing (niet voor<br>drankenkartons) | Production of cardboard boxes, offset<br>printing  |

| Energiebron/proces         | Ecoinvent-proces   |
|----------------------------|--|
| Grafisch, print en kopieer | Use, printer, laser jet, colour, per kg printed paper/RER (10%)                                  |
|                            | Use, printer, laser jet, b/w, per kg printed paper/RER (40%)                                     |
|                            | Electricity, low voltage, at grid/NL<br>0,0668 kWh per kg voor copier, Energystar (50%)          |
| Grafisch, overig           | Zie modellering in Paragraaf B.3   |
| Kranten                    | Printing colour, offset, 47.5% solvent, at plant/RER<br>16 gram per kg papier, Wegener, 2006     |
|                            | Aluminium, production mix, at plant/RER<br>2,9 gram per kg papier, Wegener, 2006 (offset platen) |
|                            | Electricity, low voltage, at grid/NL<br>0,87 kWh per kg papier, Wegener, 2006                    |
|                            |  |

De productie van sulfaatpulp, thermo-mechanisch pulp en oud papier ('waste paper, sorted, for further treatment, RER') zijn overgenomen uit Ecoinvent, evenals kaolin, limestone en aardappelzetmeel.





# Bijlage B Modellerings scenario's

## B.1 Alternatieve grondstoffen

De modellering van de productie van de verschillende mogelijke alternatieve grondstoffen wordt weergegeven in Tabel 14.

Tabel 14 Databronnen grondstoffen

| Vezel                 | Bron   | Coproducten                         |
|-----------------------|--|-------------------------------------|
| Grasvezel vergisting  | Ecoinvent  | 0.40 kg vezel per kg gras           |
|                       |  | 0.21 m <sup>3</sup> gas per kg gras |
|                       |  | 0.15 kg eiwit per kg gras           |
| Grasvezel fermentatie | Ecoinvent  | 0.20 kg vezel per kg gras           |
|                       |  | 0.12 kg ethanol per kg gras         |
|                       |  | 0.25 kg eiwit per kg gras           |
| Gras, direct          | Alleen transport (natuurgras)  |                                     |
| Bierbostel            | CE, 2009, vertrouwelijke data bierindustrie (21% d.s.)                             | Bier                                |
| Vlas, hennep          | CE, 2010c  |                                     |
| Rejects               | Geen milieubelasting keten, wel effect vervanging toepassing (55% d.s.)            |                                     |
| OI slib               | Geen milieubelasting keten, wel effect vervanging toepassing (51% d.s.; 25% vezel) |                                     |

Merk op dat voor grasvezel uit vergisting/fermentatie volgens Ecoinvent wordt uitgegaan van teelt op cultuurland; bij directe inzet van gras is uitgegaan van natuurgras waaraan geen landgebruik wordt toegerekend. Dit geeft een behoorlijk hogere impact voor de grasvezel uit raffinage, ondanks het feit dat er coproducten zijn waaraan een deel van de impacts wordt gealloceerd.

Zoals beschreven in Hoofdstuk 3 worden eventuele veranderingen in het energiegebruik van het papierproductie proces niet in beeld gebracht. De reden hiervoor is dat hierover nog zeer weinig bekend is en dat een deel van de energieverandering voorbewerkingsstappen betreft die ook voor de huidige grondstoffen genomen moeten worden. Bij wijze van uitgangspunt is daarom aangenomen dat er geen verandering is in energiegebruik. Daarom is ook niet meegenomen dat er bij inzet van bierbostel minder energie nodig is bij het drogen van papier (informatie Kenniscentrum Papier en Karton) en dat bij inzet van OI slib waarschijnlijk extra zetmeel moet worden toegevoegd.

In plaats daarvan wordt bepaald hoeveel het energiegebruik kan veranderen om de milieuwinst van de alternatieve grondstof ongedaan te maken.

Tabel 15 geeft weer hoe de eventuele huidige toepassingen van de grondstoffen zijn gemodelleerd.



Tabel 15 Huidige toepassing zoals gemodelleerd

| Vezel                 | Toepassing   | Bron  |
|-----------------------|--|---|
| Grasvezel vergisting  | Geen   |   |
| Grasvezel fermentatie | Geen   |   |
| Gras, direct          | Geen   |   |
| Bierbostel            | Veevoer; bierbostel + koolzaad<br>vervangen sojaschroot + maisgluten                             | WUR, 2009                                   |
| Rejects               | Bijstook; 1 kg steenkool per kg d.s.<br>bespaard, plus CO <sub>2</sub> -emissie van<br>steenkool | CE, 2007                                    |
| OI slib               | Verwerking CDEM; 0,22 kg cement en<br>0,14 kWh per kg slib (nat) bespaard                        | Op basis van gegevens<br>CDEM (www.cdem.nl) |
| Vlas, hennep          | Geen   |   |

Tabel 16 Model bierbostel huidige toepassing (1 kg)

| Ecoinvent-proces                   | Hoeveelheid |                              |
|------------------------------------|-------------|------------------------------|
| Soybean meal, at oil mill/US       | -0,035 kg   |                              |
| Soybean meal, at oil mill/BR       | -0,035 kg   |                              |
| Maïsgluten, veevoer                | -1,37 kg    | Model op basis van CE, 2007a |
| Rape seed conventional, at farm/DE | 0,356 kg    |                              |

Bron: Basisgegevens uit WUR, 2009.

Tabel 17 Model rejects huidige toepassing (1 kg)

| Ecoinvent-proces  | Hoeveelheid |           |
|---|-------------|-----------|
| Hard coal supply mix/NL   | -0,55 kg    | Vermeden  |
| Electricity, medium voltage, at grid/NL                                     | 0,45 MJ     | Bewerking |
| Heat, natural gas, at industrial furnace<br>lowNO <sub>x</sub> > 100 kW/RER | 2,45 MJ     | Bewerking |
| Carbon dioxide, fossil  | -1,18 kg    | Vermeden  |

Bron: Basisgegevens uit CE, 2007.

Tabel 18 Model OI slib huidige toepassing (1 kg)

| Ecoinvent-proces  | Hoeveelheid |                                |
|---|-------------|--------------------------------|
| Electricity, low voltage, at grid/NL S                        | -0.14 kWh   | Netto opwekking                |
| Cement, unspecified, at plant/CH S                            | -0.22 kg    | Vermeden                       |
| Disposal, paper, 11.2% water, to municipal<br>incineration/CH | 0,278 gram  | Verbranding vezeldeel<br>(25%) |

Bron: Basisgegevens CDEM.





## B.2 Drukkerijen

Materiaal- en energiegebruik bij de grafische offsetdrukkerijen worden gemodelleerd volgens Tabel 19.

Tabel 19 Gegevens grafische offsetdrukkerijen, Milieucirkel Breda

| Verbruik   | Modellering   |
|--|---|
| Elektriciteit  | Electricity, low voltage, at grid/NL  |
| Papierverlies (alleen verschil tussen referentie en verbetering) | Gemiddelde van totale papierconsumptie volgens nulmeting, inclusief afvalverwerkingsscenario, exclusief druk/print/verwerking |
| Water  | Tap water, at user/RER  |
| IPA-verbruik (isopropylalcohol)                                  | Isopropanol, at plant/RER   |
|  | Productie; gewicht 0,785 kg per liter   |
|  | NMVOC, non-methane volatile organic compounds, unspecified origin   |
|  | Emissie naar lucht, 90% van IPA verbruik  |
|  | Disposal, solvents mixture, 16.5% water, to hazardous waste incineration/CH   |
|  | 10% van IPA-verbruik; naverbrander  |

Omdat papierverlies bij drukkerijen, uitgeverijen, verpakkingvullers, etc., al in het referentiescenario worden meegenomen, wordt alleen de *vermindering* van uitval in het verbeteringscenario binnen de drukkerij module opgenomen.

Bij het verbruik van IPA is ervan uitgegaan dat 90% als directe emissie naar lucht (100% NMVOS) verdwijnt en 10% in een naverbrander wordt verbrand (FO Industrie, 2007).



# Bijlage C Drankenkartons

## C.1 Uitgangspunten

Voor de berekening van de milieu-impact is gekeken naar een gemiddelde samenstelling van septische en aseptische kartons, beiden goed voor ongeveer 50% van de totale stroom van 70 kton. De septische kartons, die gebruikt worden voor dagverse producten, bestaan enkel uit Liquid Packaging Board (LPB; 88% van het gewicht) en polyethyleen (PE; 12%). Aseptische kartons worden gebruikt voor langer houdbare producten, en bevatten naast LPB (75%) en PE (20%) ook een laagje aluminium (5%)<sup>15</sup>.

Onder de aanname dat een ton ingezamelde drankenkartons evenveel septische als aseptische karton bevat, is in de berekeningen uitgegaan van een gemiddelde samenstelling van 81,5% LPB, 16% PE en 2,5% aluminium. De milieudruk van de productieketen, van de grondstoffenwinning tot en met de productie van de drankenkartons is gemodelleerd op basis van de proces-inventarisatie van Ecoinvent, met een aangepaste verhouding van materialen zoals hierboven genoemd.

De verwerkingsroutes en daarvoor benodigde milieugegevens worden in Paragraaf C.2 en Paragraaf C.3 beschreven. Er wordt uitgegaan van verwerking in Nederland. Indien inzameling van drankenkartons grootschalig zal gaan worden gedaan dan wordt het voor partijen interessant een installatie te bouwen voor de verwerking hiervan. Op dit moment bestaan echter alleen installaties in het buitenland. De drankenkartons die al worden ingezameld in een aantal Nederlandse gemeenten worden verwerkt in het Duitse Niederau (zie ook Paragraaf C.3). De gehanteerde transportafstanden zijn echter met oog op verwerking in Nederland. Als gevoeligheidsanalyse wordt een tien maal langere transportafstand beschouwd.

Alle uitsparingen, zowel van energie als van materiaal, worden voor 100% toegerekend aan de keten van drankenkartons. Hetzelfde geldt voor de energie in processtappen die nodig zijn voor het opwerken van hergebruikte materialen.

In een productlevenscyclusanalyse zou slechts een deel van deze processen en besparingen mogen worden toegerekend aan de drankenkartons. In dit geval gaat het echter om:

- a. Reductie van milieubelasting binnen de stroom papier en karton.  
De milieuwinst als gevolg van papierrecycling kan dus geheel worden meegerekend, ongeacht waar het secundaire papier precies wordt ingezet (deze studie).
- b. Totale milieuwinst (versus kosten) bij inzameling en recycling van drankenkartons, ongeacht waar deze winst precies wordt gerealiseerd (CE, 2010a).

Voor deze niet strikt op het product gerichte vragen is een volledige toerekening van zowel milieuwinst als milieubelasting van recycling van toepassing.

---

<sup>15</sup> Zie bijvoorbeeld: <http://www.hedra.nl/samenstelling.htm>



## C.2 Inzamelmethodes

### C.2.1 Standaard ophalen met restafval

Dit is het traditionele systeem waarin drankenkartons met het restafval worden opgehaald. Dit restafval wordt direct naar een verbrandingsinstallatie vervoerd, of naar een scheidingsinstallatie waar de drankenkartons mechanisch gescheiden worden van de rest. Door vermenging met restafval zijn de drankenkartons echter vervuild, waardoor het papierdeel niet gerecycled kan worden. Na scheiding worden de drankenkartons en kunststoffen gebruikt voor bijstook in een kolencentrale.

Tabel 20 Parameters ophalen restafval

| Proces                     | Hoeveelheid   | SimaPro-eenheid  | Referentie     |
|----------------------------|---|--|----------------|
| Transport vuilophaaldienst | 40 (naar AVI) of 35 km (naar scheidingsinstallatie) | Transport, municipal waste collection, lorry 21 t/CH S | CE, 2005; 2007 |

### C.2.2 Haalsysteem

In dit systeem worden drankenkartons en kunststoffen gezamenlijk opgehaald in plastic zakken. Deze worden periodiek aan de straat gezet, gescheiden van het andere afval opgehaald en naar een scheidingsinstallatie getransporteerd. Indien de verdere verwerking van de drankenkartons en kunststof gescheiden plaatsvindt, zoals bijv. het geval is bij materiaalhergebruik van drankenkartons, worden kunststof- en drankenkartonfracties gescheiden (hier is uitgegaan van mechanische scheiding) en tot balen geperst. Als de verdere verwerking gezamenlijk plaatsvindt, zoals bijv. wanneer ze worden bijgestookt in een cementoven, worden beide fracties samengeperst in balen.

Tabel 21 Parameters haalsysteem drankenkarton en kunststof

| Proces                                | Hoeveelheid  | SimaPro-eenheid                              | Referentie |
|---------------------------------------|--|--|------------|
| Transport vuilophaaldienst            | 35 km  | Transport, lorry > 16 t, fleet average/RER S | CE, 2005   |
| Mechanische scheiding en balenpersers | 14,6 (volledige bijstook) of 142,2 (papierrecycling) kWh | Electricity, low voltage, at grid/NL S       | CE, 2005   |

### C.2.3 Brengsysteem

In dit systeem brengen bewoners hun drankenkartons gescheiden naar een container in hun buurt. De inhoud van de containers wordt opgehaald als ze vol zijn, en getransporteerd naar een persinstallatie om de drankenkartons in balen te persen.

Tabel 22 Parameters brengsysteem drankenkarton

| Proces                     | Hoeveelheid | SimaPro-eenheid                              | Referentie |
|----------------------------|-------------|--|------------|
| Transport vuilophaaldienst | 35 km       | Transport, lorry > 16 t, fleet average/RER S | CE, 2005   |
| Balenpersers               | 14,6 kWh    | Electricity, low voltage, at grid/NL S       | CE, 2005   |



## C.3 Verwerkingsmethodes

### C.3.1 Verbranding in een AVI

Hierbij worden de drankenkartons samen met het andere restafval verbrand in een AVI. Daarbij wordt warmte en elektriciteit opgewekt en vervangt daarmee energie die uit andere centrales komt. Hier is uitgegaan van het vervangen van de gemiddelde Nederlandse mix voor elektriciteit, resp. warmte. Voor het rendement van de AVI is tevens het gemiddelde rendement van het Nederlandse AVI-park genomen (22% voor elektriciteit, 7% voor warmte). Bij verbranding vinden emissies plaats en komen bodemassen vrij.

Tabel 23 Parameters AVI

| Proces  | Hoeveelheid                        | SimaPro-eenheid  | Referentie |
|---|------------------------------------|--|------------|
| Uitsparen elektriciteit   | 4.827 MJ                           | Electricity, low voltage, at grid/NL S   | CE, 2005   |
| Uitsparen warmte  | 1.536 MJ                           | Heat, natural gas, at industrial furnace<br>lowNO <sub>x</sub> > 100 kW/RER S  | CE, 2005   |
| Emissies door verbranding op basis van deze Ecoinvent-processen | 0,815 ton<br>0,16 ton<br>0,025 ton | Disposal, packaging board, 19,6% water, to municipal incineration/CH S<br>Disposal, polyethylene, 0,4% water, to municipal incineration/CH S<br>Disposal, aluminum, 0% water, to municipal incineration/CH S |            |

De verbrandingswaarde van drankenkarton voor de gemiddelde samenstelling is 22 MJ/kg<sup>16</sup>.

### C.3.2 Cementoven

Voor bijstook in de cementoven, worden de drankenkartons mechanisch gescheiden van het overige afval, wat energie kost. Vervolgens worden de drankenkartons tot balen geperst en naar de cementoven getransporteerd, versnipperd en verbrand. Door de energie die vrijkomt bij de verbranding van LPB en PE wordt steenkool vervangen. Het aluminium, dat als katalysator bij de cementproductie wordt gebruikt, vervangt aluminium dat nu gehaald wordt uit vliegashoud of hoogovenslakken. Als er geen geschikte afvalstroom is om in de cementoven in te zetten als bron van aluminium (oxide) dan wordt bauxiet gebruikt. Het aluminium zou daarom dus uiteindelijk bauxiet uitsparen. Dit heeft echter verwaarloosbaar effect op de analyse.

<sup>16</sup> Inclusief verbranding van aluminium.



Tabel 24 Parameters cementoven

| Proces                                | Hoeveelheid | SimaPro-eenheid                              | Referentie         |
|---------------------------------------|-------------|--|--------------------|
| Transport naar cementoven             | 150 km      | Transport, lorry > 16 t, fleet average/RER S | CE, 2007           |
| Elektriciteit voor versnipperen       | 111 kWh     | Electricity, low voltage, at grid/NL S       | CE, 2000           |
| Uitsparen steenkool                   | 0,93 ton    | Hard coal, supply mix, NL S                  |                    |
| Uitgespaarde CO <sub>2</sub> -emissie | 1,34 ton    | CO <sub>2</sub>                              | Alleen deel papier |

Er wordt aangenomen dat de emissies van verbranding hetzelfde zijn als bij inzet van kolen, met uitzondering van het deel kooldioxide dat van verbranding van papier afkomstig is (kortcyclisch).

### C.3.3 Kolencentrale

Voor bijstook in de kolencentrale, worden de drankenkartons gescheiden van het overige afval, gepelleterd en gedroogd. Vervolgens worden de pellets naar de kolencentrale vervoerd, gemicroniseerd en ingezet ter vervanging van steenkool. Er wordt aangenomen dat de emissies van verbranding hetzelfde zijn als bij inzet van kolen, met uitzondering van het deel kooldioxide dat van verbranding van papier afkomstig is (kortcyclisch).

Tabel 25 Parameters kolencentrale

| Proces                                     | Hoeveelheid | SimaPro-eenheid                              | Referentie                                      |
|--|-------------|--|---|
| Mechanische scheiding en balenpers         | 29,9 kWh    | Electricity, low voltage, at grid/NL S       | CE, 2005  |
| Transport naar kolencentrale               | 235 km      | Transport, lorry > 16 t, fleet average/RER S | Aanname   |
| Aardgas voor drogen DKs                    | 763 MJ      | Natural gas, high pressure, at consumer/NL S | RENTECH, 2003; Nederlandse lijst energiedragers |
| Elektriciteit voor pelleteken/microniseren | 170 kWh     | Electricity, low voltage, at grid/NL S       | RENTECH, 2003                                   |
| Uitsparen steenkool                        | 0,93 ton    | Hard coal, supply mix, NL S                  |   |
| Uitgespaarde CO <sub>2</sub> -emissie      | 1,34 ton    | CO <sub>2</sub>                              | Alleen deel papier                              |

### C.3.4 Gedeeltelijk hergebruik

Deze methodes zijn feitelijk combinaties van de hiervoor beschreven opties, waarbij karton en eventueel aluminium van de drankenkartons wordt hergebruikt en het PE op een andere manier worden ingezet. Het terugwinnen van het kartondeel geschiedt, net als bij volledige recycling, door verpulping van de drankenkartons, waardoor ongebleekte sulfaatpulp wordt uitgespaard. Deze variant is op dit moment de standaard manier van verwerken van drankenkarton in Europa. Ongeveer 33% (ACE, 2010) van de drankenkartons verkocht in Europa werden in 2008 op deze manier gerecycled.



Figuur 11 Locaties van drankenkartons recycle installaties in Europa (2008)

## Recycling operators Europe



De methodes hieronder beschreven verschillen vooral in het soort brandstof dat vervangen wordt door energetisch gebruik van PE.

### Hergebruik karton, terugwinnen aluminium, vergassen PE

Na transport naar de installatie en verpulping, worden de PE- en aluminiumdelen gezamenlijk in een vergassingsinstallatie ingebracht. Het PE wordt vergast en ingezet in een gasturbine, waarbij het stookolie vervangt. Het aluminium kan worden hergewonnen. Dit is het proces dat werd toegepast bij onder andere Corenso (zie Figuur 11), inmiddels niet meer actief. Andere bedrijven als bijvoorbeeld Storaenso in Spanje zijn echter ook technieken aan het uitproberen om PE en aluminium wel als materiaal te recycleren.

Tabel 26 Parameters hergebruik materiaal/energie (vergasen PE)

| Proces                       | Hoeveelheid | SimaPro-eenheid   | Referentie                       |
|------------------------------|-------------|---|----------------------------------|
| Transport                    | 160 km      | Transport, lorry > 16 t, fleet average/RER S                            | Aanname                          |
| Elektriciteit voor pulpmolen | 36,4 kWh    | Electricity, low voltage, at grid/NL S                                  | CE, 2000                         |
| Uitsparen sulfaat pulp       | 0,811 ton   | Sulphate pulp, unbleached, at plant/RER S                               |                                  |
| Terugwinnen aluminium        | 0,0185 ton  | Aluminium, production mix, at plant/RER S                               |                                  |
| Uitsparen stookolie          | 0,16 MJ     | Light fuel oil, burned in industrial furnace 1 MW, non-modulating/RER S | Nederlandse lijst energiedragers |
| Emissies door verbranding    | 0,16 ton    | Disposal, polyethylene, 0,4% water, to municipal incineration/CH S      |                                  |

### Hergebruik karton, bijstook aluminium en PE

Na verpulping, worden de PE en aluminium van de pulp gescheiden, en bijgestookt in een cementoven. De PE vervangt daarbij steenkool. Het aluminium, dat als katalysator bij de cementproductie wordt gebruikt, vervangt aluminium dat nu gehaald wordt uit vliegias of hoogovenslakken. Aangezien dit ook een materiaalhergebruik uit afval betreft, en bij vervanging een alternatief daarvoor gevonden zou moeten worden, wordt de uitgespaarde aluminium niet meegeteld. Dit is het proces dat onder andere in de Niederauer Papier Mühle in Kreuzau wordt toegepast (zie Figuur 11).

Tabel 27 Parameters hergebruik materiaal/energie (bijstook aluminium, PE)

| Proces                       | Hoeveelheid | SimaPro-eenheid                              | Referentie |
|------------------------------|-------------|--|------------|
| Transport                    | 150 km      | Transport, lorry > 16 t, fleet average/RER S | Aanname    |
| Elektriciteit voor pulpmolen | 36,4 kWh    | Electricity, low voltage, at grid/NL S       | CE, 2000   |
| Uitsparen sulfaat pulp       | 0,811 ton   | Sulphate pulp, unbleached, at plant/RER S    |            |
| Uitsparen steenkool          | 0,28 ton    | Hard coal, supply mix, NL S                  |            |

#### C.3.5 Volledig materiaalhergebruik

De geperste drankenkartons worden naar een verpulplingsinstallatie getransporteerd en verpulpt. De papierpulp vervangt vervolgens ongebleekte sulfaatpulp. Alleen bij gebruik van de secundaire vezels uit het papierdeel in een toepassing waar nu veel primaire pulp wordt ingezet (bijvoorbeeld grafisch papier of drankenkartons) wordt direct primaire pulp vervangen. In andere toepassingen, zoals soorten karton waar sowieso al uitsluitend secundaire pulp voor wordt gebruikt, is deze aanname ook realistisch zolang de (wereldwijde) vraag naar secundair papier groter is dan het aanbod.

De PE en aluminium worden gescheiden en vervolgens geagglomereerd tot herbruikbare grondstofkorrels, die PE-kunststofkorrels als grondstof vervangen. Op dit moment is nog niet helemaal duidelijk van welke kwaliteit deze korrels zijn en is rekening gehouden met een kwaliteitfactor van 75% bij het vervangen van PE als primaire grondstof. Deze 75% is een aanname, uitgaande van een gemiddelde tussen 50 en 100%. In theorie kan deze factor van 0 tot 100% lopen. Voor het recyclen van LDPE uit folies kan een kwaliteitfactor van 62% worden vastgesteld, op basis van dikteverschillen tussen primair en gerecycled folie (CE, 2007). Omdat het granulaat een gemengd materiaal is, is het nog lastiger een exacte kwaliteitfactor te definiëren. In de gevoeligheidsanalyse bekijken we ook een factor van 50 en van 100%.





Tabel 28 Parameters materiaalhergebruik

| Proces                             | Hoeveelheid | SimaPro-eenheid                               | Referentie  |
|------------------------------------|-------------|---|---|
| Transport naar recyclingcentrum    | 150 km      | Transport, lorry > 16 t, fleet average/RER S  | Aanname   |
| Energie pulpen/drogen/agglomeratie | 233 MJ      | Electricity, low voltage, at grid/NL S        | CE, 2001; Rob Broere, SolidPack NL, persoonlijke communicatie |
| Uitsparen sulfaat pulp             | 0,811 ton   | Sulphate pulp, unbleached, at plant/RER S     |   |
| Uitsparen polyethyleen             | 0,14 ton    | Polyethylene, LDPE, granulate, at plant/RER S | Voor granulaat van zowel PE als aluminium, maal factor 0,75   |

#### C.4 Milieuimpact per ton ingezamelde drankenkartons

Door verschillen in kwaliteit en nut van de verschillende ophaalmethodes in combinatie met de verwerkingsmethode, zijn de volgende combinaties bekeken:

1. Ongescheiden ophalen met verbranding in een AVI.
2. Ongescheiden ophalen, mechanische nascheiding en bijstook in een kolencentrale.
3. Milieuzak (halen) in combinatie met:
  - a Volledig hergebruik.
  - b Volledige bijstook cementoven.
  - c Hergebruik LPB en aluminium, PE vergassen.
  - d Hergebruik LPB, PE en Al bijstoken in cementoven.
4. Container (brengen) in combinatie met:
  - e Volledig hergebruik.
  - f Volledige bijstook cementoven.
  - g Hergebruik LPB en aluminium, PE vergassen.
  - h Hergebruik LPB, PE en Al bijstoken in cementoven.

Tabel 29 geeft de scores weer per ton drankenkarton verwerkt.



Tabel 29 Score in ReCiPe-punten per ton verwerkt drankenkarton (keten inclusief productie) en reductie ten opzichte van AVI<sup>17</sup>

| Inzameling            | Verwerkingsroute                   | Score | Absolute reductie | Relatieve reductie |
|-----------------------|------------------------------------|-------|-------------------|--------------------|
| Restafval             | AVI                                | 246.8 | 0.0               | 0%                 |
| Restafval             | Nasch + Subcoal                    | 186.7 | -60.0             | -24%               |
| Halen (met kunststof) | Bijstook Cement                    | 174.7 | -72.1             | -29%               |
| Halen (met kunststof) | Bijstook + Recycle pap             | 91.5  | -155.3            | -63%               |
| Halen (met kunststof) | PE vergassen, Recycle papier + alu | 126.4 | -120.4            | -49%               |
| Halen (met kunststof) | Recycle All                        | 78.4  | -168.4            | -68%               |
| Brengen (apart)       | Bijstook Cement                    | 174.7 | -72.1             | -29%               |
| Brengen (apart)       | Bijstook + Recycle pap             | 83.5  | -163.3            | -66%               |
| Brengen (apart)       | PE vergassen, Recycle papier + alu | 118.4 | -128.4            | -52%               |
| Brengen (apart)       | Recycle All                        | 70.1  | -176.7            | -72%               |

In het hoofdrapport wordt gewerkt met scenario's waarin in 2015 50% van de drankenkartons wordt ingezameld en verwerkt volgens methode A of C.

## C.5 Gevoeligheidsanalyse

Twee parameters in de modellen zijn in CE (2010) aan een gevoeligheidsanalyse onderworpen:

- kwaliteitfactor voor het granulaat van PE/aluminium dat als plastic granulaat kan worden ingezet; deze kwaliteitfactor is een aanname;
- transportafstand naar verwerkingslocatie; in de basisberekening gaan we uit van een (nog te bouwen) faciliteit in Nederland. Als transport naar het buitenland nodig is dan zijn de afstanden uiteraard groter.

De kwaliteitfactor komt alleen voor in de optie volledige recycling. Tabel 30 laat zien dat met een lage kwaliteitfactor van 50% de score van deze optie vrijwel gelijk is aan de optie waarin het papierdeel wordt hergebruikt en aluminium en PE worden bijgestookt (Tabel 29). Bij een hoge kwaliteitfactor scoort de optie uiteraard nog beter dan in de basisberekening. De relatieve score ten opzichte van referentie (AVI) kan hiermee 8% variëren. Ten opzichte van de totale nulmeting (zie Paragraaf 4.4, Figuur 8) is deze variatie kleiner dan 0,2%.

<sup>17</sup> Voor consistentie met CE, 2010a zijn deze scores niet aangepast aan de nieuwe Ecoinvent-database. Met nieuwe data wijken de scores 0% tot 7% af maar de rangorde wordt niet beïnvloed. In de scenario's in 4.4 is wel gewerkt met de nieuwe Ecoinvent achtergronddata.



Tabel 30 Score in ReCiPe-punt per ton verwerkt drankenkarton; gevoeligheidsanalyse optie volledige recycling<sup>18</sup>

|                      | Score | Score t.o.v. AVI | Vershil in score t.o.v. AVI |
|----------------------|-------|------------------|-----------------------------|
| Basisberekening      | 78.4  | -168.4           |                             |
| Kwaliteitfactor 50%  | 91.8  | -155             | -8%                         |
| Kwaliteitfactor 100% | 65.0  | -181.8           | 8%                          |
| Transport 350 km     | 82.4  | -164.4           | -2.4%                       |
| Transport 700 km     | 86.9  | -159.9           | -5%                         |

Een transportafstand van 700 km verhoogt de score met 8 punten per ton. Verschillen in transportafstand van minder dan 1.000 km tussen verwerkingsopties zullen dus de milieuscores wel enigszins beïnvloeden maar zullen niet de onderlinge rangorde van opties veranderen. Het verschil ten opzichte van verbranding in AVI wordt met een transportafstand van 700 km 5% kleiner. Ten opzichte van de nulmeting betekent dat een variatie van de orde van 0,1%.

<sup>18</sup> Voor consistentie met CE, 2010a zijn deze scores niet aangepast aan de nieuwe Ecoinvent-database. De gevoeligheidsanalyse wordt hierdoor sowieso nauwelijks beïnvloed (scores verschillen met minder dan 0,5%)





# Bijlage D ReCiPe

## D.1 Vertaling midpoint - endpoint

Binnen ReCiPe bestaan zowel mid- als endpointkarakterisatiefactoren. In deze studie is endpointkarakterisatie gebruikt, met het oog op een eenduidige eindscore. De 'vertaling' van midpoint- naar endpointindicatoren wordt in Tabel 31 gegeven. Voor landgebruik en ioniserende straling is de impact afhankelijk van het type landgebruik respectievelijk de specifieke radioactieve stof. In ReCiPe zijn hiervoor landtype en stoflijsten beschikbaar. In deze studie zijn slechts twee types land gebruikt, namelijk grasland en akkerland.

Tabel 31 Factoren midpoint - endpoint

|                                 | Endpointeenheid | Midpointeenheid          | Factor   |                                    |
|---------------------------------|-----------------|--------------------------|----------|------------------------------------|
| Climate change Human Health     | DALY            | kg CO <sub>2</sub> -eq.  | 1.40E-06 | DALY/kg CO <sub>2</sub> -eq.       |
| Climate change Ecosystems       | Species. yr     | kg CO <sub>2</sub> -eq.  | 7.93E-09 | Species*yr/kg CO <sub>2</sub> -eq. |
| Ozone depletion                 | DALY            | kg CFC-11-eq.            | 2.61E-03 | DALY/kg CFC11-eq.                  |
| Terrestrial acidification       | Species. yr     | kg SO <sub>2</sub> -eq.  | 5.80E-09 | Species*yr/kg SO <sub>2</sub> -eq. |
| Freshwater eutrophication       | Species. yr     | kg P-eq.                 | 4.45E-08 | Species*yr/kg P-eq.                |
| Human toxicity                  | DALY            | kg 1,4-DB-eq.            | 6.99E-07 | DALY/kg 1,4DB-eq.                  |
| Photochemical oxidant formation | DALY            | kg NMVOC                 | 3.90E-08 | DALY/kg NMVOC                      |
| Particulate matter formation    | DALY            | kg PM <sub>10</sub> -eq. | 2.60E-04 | DALY/kg PM <sub>10</sub> -eq.      |
| Terrestrial ecotoxicity         | Species. yr     | kg 1,4-DB-eq.            | 1.27E-07 | Species*yr/kg 1,4DB-eq.            |
| Freshwater ecotoxicity          | Species. yr     | kg 1,4-DB-eq.            | 2.60E-10 | Species*yr/kg 1,4DB-eq.            |
| Marine ecotoxicity              | Species. yr     | kg 1,4-DB-eq.            | 8.00E-13 | Species*yr/kg 1,4DB-eq.            |
| Ionising radiation              | DALY            | kg U235-eq.              | divers   | DALY/kBq per stof                  |
| Agricultural land occupation    | Species. yr     | M <sup>2</sup> a         | divers   | Per type landgebruik               |
| <i>Akkerland (deze studie)</i>  | Species. yr     | M <sup>2</sup> a         | 1.84E-08 | Species*yr/m <sup>2</sup> a        |
| <i>Grasland (deze studie)</i>   | Species. yr     | M <sup>2</sup> a         | 1.27E-08 | Species*yr/m <sup>2</sup> a        |
| Urban land occupation           | Species. yr     | M <sup>2</sup> a         | 1.93E-08 | Species*yr/m <sup>2</sup> a        |
| Metal depletion                 | \$              | kg Fe-eq.                | 0.0714   | Dollar/kg Fe-eq.                   |
| Fossil depletion                | \$              | kg oil-eq.               | 16.0845  | Dollar/kg oil-eq.                  |

De uiteindelijke optelsom tot ReCiPe-'punten' gebeurt door normalisatie van de endpointscores en weging (zie toelichting in Paragraaf 2.3).

