

2011
2012

BEDRIJFSECONOMISCHE WETENSCHAPPEN

*master in de toegepaste economische wetenschappen:
handelsingenieur: technologie-, innovatie- en
milieumanagement*

Masterproef

*Op naar duurzame bedrijvenclusters: economische
mogelijkheden en beperkingen*

Promotor :
Prof.dr.ir Steven VAN PASSEL

Sam Thaens

*Masterproef voorgedragen tot het bekomen van de graad van master in de toegepaste
economische wetenschappen: handelsingenieur , afstudeerrichting technologie-, innovatie-
en milieumanagement*

2011
2012

BEDRIJFSECONOMISCHE WETENSCHAPPEN

*master in de toegepaste economische wetenschappen:
handelsingenieur: technologie-, innovatie- en
milieumanagement*

Masterproef

*Op naar duurzame bedrijvenclusters: economische
mogelijkheden en beperkingen*

Promotor :
Prof.dr.ir Steven VAN PASSEL

Sam Thaens

*Masterproef voorgedragen tot het bekomen van de graad van master in de toegepaste
economische wetenschappen: handelsingenieur , afstudeerrichting technologie-, innovatie-
en milieumanagement*

Woord Vooraf

Deze masterproef vormt het sluitstuk van mijn opleiding tot Handelsingenieur aan de Universiteit Hasselt. Het schrijven van deze eindverhandeling is een ware verrijking geweest van mijn masteropleiding en zou veel moeilijker geweest zijn zonder de hulp van enkele personen die me hebben bijgestaan bij de totstandkoming ervan. Bij deze wens ik hen dan ook te bedanken. Een bijzonder woord van dank gaat vooreerst uit naar mijn promotor, Prof. dr. ir. S. Van Passel, en naar begeleidster S. Daniels. Zij hebben tijd noch moeite gespaard om mij bij te staan, te ondersteunen en steeds hun deskundig advies te verlenen.

Ook wens ik de ondernemingen Carcoustics N.V. en Schmitz B.V. ten zeerste te bedanken voor hun medewerking en enthousiasme bij het beschikbaar stellen van de nodige informatie en het beantwoorden van mijn vragen. Zonder hen zou mijn praktijkonderzoek zeker en vast niet mogelijk geweest zijn.

Finaal wil ik graag een speciaal woord van dank richten aan mijn ouders, broer en vriendin. Zij zijn het immers die het voor mij mogelijk hebben gemaakt om deze opleiding te volgen en tot een goed einde te brengen. Zij hebben mij gedurende mijn studies dan ook onvoorwaardelijk gesteund.

Ten slotte wens ik u veel plezier toe bij het lezen van mijn masterproef.

Sam Thaens

Meeuwen, januari 2012

Samenvatting

In deze masterproef wordt onderzocht of het mogelijk is economische en ecologische voordelen te bekomen door middel van het vormen van een industriële symbiose met betrekking tot afvalbeheer. In het eerste gedeelte, de literatuurstudie, wordt een algemene inleiding gegeven met betrekking tot duurzame ontwikkeling en de opgang ervan. De theoretische kant van dit alles wordt nader bepaald en onderzocht.. Er wordt dieper ingegaan op zowel de vraagzijde (maatschappij) als de aanbodzijde (natuur) van materialen en de balans hiervan. Dit alles brengt ons bij een belangrijke drijfveer van duurzame ontwikkeling, zijnde het feit dat meer en meer mensen zich beginnen realiseren dat er, nu of in de verdere toekomst, als onze huidige levensstijl wordt aangehouden, diverse hulpbronnen uitgeput zullen geraken en vele grondstoffen schaars zullen worden. Deze bewustwording (Recycle, Reduce, Reuse) is van kapitaal belang om de nodige en juiste reacties teweeg te kunnen brengen. Een overgang van procesgerelateerde naar cyclusgerelateerde maatregelen inzake materiaalbeheer lijkt aangewezen. Als het bekendste voorbeeld van industriële symbiose kon een uiteenzetting over de Kalundborgcase in Denemarken in de literatuurstudie zeker niet ontbreken. Naar het einde van de literatuurstudie toe worden reeds concrete vormen van gesloten materiaalcyclussen besproken en voor -en nadelen aangehaald. Een introductie van de Monte Carlo analyse, een simulatietechniek die in het praktijkonderzoek gebruikt wordt, sluit het theoretisch gedeelte af.

Voor het beantwoorden van de onderzoeksvraag van deze masterproef, meer bepaald:

Kan het deel uitmaken van een bedrijvencluster met betrekking tot het herinzetten van materialen economische en ecologische kansen creëren voor ondernemingen gelegen op het bedrijventerrein Genk-Zuid?

werd het bedrijf Carcoustics N.V. bereid gevonden om mee te werken aan deze eindverhandeling. Het praktijkonderzoek wordt gevoerd omtrent polypropreen (PP) en polyetheen (PE), twee afvalstromen waarvoor dit bedrijf een vorm van industriële symbiose heeft gevormd met de ondernemingen Arnold (Duitsland) en Schmitz (Nederland). Concreet betekent dit dat deze twee ondernemingen respectievelijk PP en PE gaan ophalen bij Carcoustics om het zelf als secundaire grondstof binnen hun productieproces te hergebruiken. Dit heeft natuurlijk zowel economische als ecologische implicaties. De meeste bedrijven echter kijken eerst naar het financiële plaatje, daarom wordt er uitvoerig aandacht besteed aan een vergelijking tussen enerzijds het huidige, visionaire model, en anderzijds een alternatief Business As Usual (BAU) model. Het visionair model kan gezien worden als een model waarbij een symbiose tussen ondernemingen ontstaat met in dit concreet geval een samenwerking omtrent cyclisch afvalbeheer. Het BAU model daarentegen vertegenwoordigt een groot deel van de huidige ondernemingen, aangezien dit het model is waarbij meestal enkel kostenbesparend wordt gewerkt en gebrainstormd wordt omtrent kernactiviteiten van het bedrijf. Het opstellen van een maatschappelijke kosten-baten analyse leert ons echter dat er zeker ook opportuniteiten schuil gaan met betrekking tot niet-kernactiviteiten, in dit geval duurzaam afvalbeheer. De totale financiële voordelen van de cluster werden geschat op zo'n 2,1 miljoen euro, verspreid over diverse kostenposten maar weliswaar ongelijk verdeeld over de verschillende partners. Om de sensitiviteit van onzekere parameters uit het model te onderzoeken, werden tevens enkele Monte-Carlo simulaties uitgevoerd en geanalyseerd. Tot slot werden ook de ecologische implicaties van deze expliciete synergie onder de loep genomen. Hieruit bleek dat er naast de financiële voordelen ook maatschappelijke winsten te bemerken vallen. Ten eerste het vermeden hoeveelheden afval voor beide stoffen en de vermeden extractie van grondstoffen.

Verder milieuvoordelen ten belope van iets minder dan 600 ton vermeden CO₂ emissies door het vermijden van afvalverbranding en verminderde transportkilometers.

Al deze resultaten tonen de kansen aan die een industriële symbiose met zich mee kan brengen. Echter dient ook opgemerkt te worden dat dit vooralsnog grotendeels onontgonnen gebied is, waar mits voldoende onderzoek, communicatie, openheid en welwillendheid van en tussen ondernemingen nog velen van hen enorm veel voordeel mee kunnen doen. Niet alleen voor het bedrijf zelf, ook voor het milieu...

Inhoudsopgave

Samenvatting.....	IV
Inhoudsopgave.....	VII
Lijst van figuren	IX
Lijst van tabellen	X
Hoofdstuk I: Inleiding.....	1
Hoofdstuk II: Literatuurstudie	5
2.1 Factoren die hun invloed uitoefenen op de interactie maatschappij-natuur.....	5
2.2 Extractie en verbruik van specifieke materiaalsoorten	10
2.3 Vraag versus aanbod natuurlijke grondstoffen	13
2.4 Hoeveelheid reserves natuurlijke grondstoffen	14
2.5 Uitputting grondstoffen.....	18
2.6 Bewustwording.....	21
2.7 Procesgerelateerde maatregelen t.a.v. materiaalbeheer.....	23
2.8 Cyclusgerelateerde maatregelen t.a.v. materiaalbeheer.....	24
Hoofdstuk III: Praktijkonderzoek & Conceptueel model.....	39
Hoofdstuk IV: Polypropreen (PP) en polyetheen (PE)	43
4.1 Polypropreen.....	43
4.2 Polyetheen	43
4.3 Gemeenschappelijke eigenschappen	44
Hoofdstuk V: Polypropreen en polyetheen bij Carcoustics N.V.....	45
5.1 Carcoustics: More than silence!	45
5.2 PP bij Carcoustics	47

5.3	PE bij Carcoustics	50
5.4	Mogelijkheden omtrent PP en PE	52
Hoofdstuk VI: Economische analyse zonder Industriële Symbiose		57
6.1	Assumpties m.b.t. analyse	58
6.2	Financieel model van onafhankelijke ondernemingen	61
Hoofdstuk VII: Economische & Ecologische analyse Industriële Symbiose.....		73
7.1	Assumpties.....	74
7.2	Financieel model van de industriële symbiose	76
7.3	Ecologische implicaties van industriële symbiose	83
Hoofdstuk VIII: Monte-Carlo Analyse		87
8.1	Identificatie van de onzekere parameters.....	88
8.2	Identificatie van de te onderzoeken outputfactoren.....	89
8.3	Monte-Carlo analyses	90
Hoofdstuk IX: Algemene conclusie & Aanbevelingen		95
9.1	Algemene conclusie.....	95
9.2	Aanbevelingen voor verder onderzoek	97
Lijst met geraadpleegde werken		99
Bijlagen		cix

Lijst van figuren

Figuur II-1: Materiaalverbruik per materiaaltipe in Giga ton (Krausmann et al., 2009)	7
Figuur II-2: Globaal gebruikte grondstoffenextractie per materiaalcategorie (Behrens et al., 2007)	8
Figuur II-3: Wereldconsumptie van brandstoffen op basis van wereldwijde energie statistieken (Key world energy statistics, 2010).....	12
Figuur II-4: Schematische voorstelling van de opbouw der probleemstelling	13
Figuur II-5: Where the minerals are (Cohen, 2007)	14
Figuur II-6: How long will it last (Cohen, 2007).....	20
Figuur II-7: Lineaire wijze van materiaalgebruik.....	25
Figuur II-8: Industrieel netwerk opgezet in Kalundborg, Denemarken (Ehrenfeld et al., 1997)	28
Figuur II-9: Diverse mogelijkheden van materiaal terugkoppeling	32
Figuur II-10: Closing the materials cycle (Van Acker, 2010)	33
Figuur III-1: Conceptueel model praktijkgedeelte	40
Figuur IV-1: Chemische opbouw van polypropreen	43
Figuur IV-2: Chemische opbouw van polyetheen	44
Figuur V-1: overzicht van de verschillende Carcoustics vestingen	46
Figuur V-2: drie mogelijkheden uit 'Closing the materials cycle' (Van Acker, 2010)	52
Figuur VI-1: Schematische voorstelling BAU scenario	58
Figuur VI-2: Schematisch overzicht opgelopen kosten per onderneming	71
Figuur VII-1: schematische voorstelling visionair scenario: industriële symbiose.....	73
Figuur VII-2: Schematisch overzicht opgelopen kosten per onderneming.....	80
Figuur VIII-1: Triangulaire kansverdeling van hoeveelheid PE afval	89
Figuur VIII-2: kansverdeling absoluut verschil tussen BAU en visionair model	90

Figuur VIII-3: Totale kosten alle ondernemingen exclusief primaire aankopen: BAU	92
Figuur VIII-4: Totale kosten alle ondernemingen excl. primaire aankopen: I.S.	92
Figuur VIII-5: Relatief verschil totale kosten exclusief primaire aankoop.....	93

Lijst van tabellen

Tabel II-1: Groeiritme van de extractie van schaarse metalen (Gordon et al., 2006)	11
Tabel II-2: Locatie van de mondiale fossiele brandstofreserves in 2006 (Shafiee et al., 2009).....	16
Tabel II-3: Wereld energie reserves in Gtoe (WEC, 1998, in Alpern et al., 2002)	18
Tabel II-4: Voorspelde piek en uitputting van verschillende brandstoffen en metalen (ITRE, 2009, in Sustenuto et al., 2010)	21
Tabel II-5: Economische & ecologische resultaten bekomen in Kalundborg (Lowe & Evans, 1995)	30
Tabel V-1: aankoop polypropreen in 2010	47
Tabel V-2: Schuimstofafval polypropreen (in kg en m ³) in 2010.....	49
Tabel V-3: aankoop polyetheen in 2010.....	50
Tabel V-4: hoeveelheid schuimstofafval (in kg en in m ³) PE 2010	51
Tabel VI-1: Aankoop grondstoffen & bijhorende transportkosten	62
Tabel VI-2: Berekening totaal aantal aan te kopen kubieke meters PE	63
Tabel VI-3: Berekening totaal aantal aan te kopen kubieke meters PP.....	64
Tabel VI-4: Ophalen en storten afval door GAAO	66
Tabel VI-5: procentuele verhouding afval / aangekochte hoeveelheid PE en PP.....	68
Tabel VI-6: Aankoop primaire grondstoffen door Schmitz & Arnold	69
Tabel VI-7: Totale kostenposten zonder Industriële Symbiose	70
Tabel VII-1: Aankoop grondstoffen & transportkosten	77

Tabel VII-2: Berekening kosten balen persen op jaarbasis	78
Tabel VII-3: Berekening transportkosten Schmitz en Arnold	79
Tabel VII-4: Kostenvergelijking per onderneming tussen beide scenario's.....	80
Tabel VII-5: Vergelijking financiële resultaten.....	82
Tabel VII-6: Overzicht van de specifieke CO2-emissies bij verbranding (Gielen en Okken, 1993) .	84
Tabel VII-7: Gegevens omtrent emissie van transport.....	85
Tabel VII-8: Overzicht ecologische implicaties industriële symbiose	86
Tabel VIII-1: Voorstelling onzekere parameters	88
Tabel IX-1: Overzicht economische en ecologische implicaties industriële symbiose.....	96

Hoofdstuk I: Inleiding

Alle natuurlijke systemen hebben limieten en het is aan de mens om met deze limieten te leven (Hall, Daneke, & Lenox, 2010). De aarde is zo een natuurlijk systeem waarvan men al erg lang weet dat het een grote rijkdom aan natuurlijke hulpbronnen en materialen bezit, een rijkdom die echter eindig is. Terwijl dit vele jaren geleden reeds als een nakend probleem erkend werd, was het pas in 1987 dat er voor het eerst opgeroepen werd tot **duurzame ontwikkeling**, meer bepaald door de *World Commission on Environment and Development*. In haar Brundtland-rapport definieerde het WCED dit concept toen als volgt: 'Duurzame ontwikkeling is ontwikkeling die tegemoet komt aan de behoeften van de huidige generatie zonder het vermogen van toekomstige generaties om in hun behoeften te voorzien, in gevaar te brengen'.

Vanuit deze gedachtegang is het belangrijk dat wij, de generatie van vandaag, onze verantwoordelijkheid opnemen en ons steentje bijdragen om een duurzame ontwikkeling van en in onze samenleving te verzekeren. Dit geldt zowel voor individuen, verenigingen, bedrijven als alle andere gemeenschapsvormen.

Met deze eindverhandeling zal dan ook getracht worden een nuttige bijdrage te leveren aan ondernemingen die bereid zijn aan deze duurzame ontwikkeling mee te werken, maar die vaak niet weten hoe ze dit in de praktijk kunnen verwezenlijken, laat staan op een economisch aanvaardbare manier. Aangezien duurzame ontwikkeling erg ruim geïnterpreteerd kan worden, zal er specifiek aandacht geschonken worden aan de effecten die voort kunnen vloeien uit een synergie tussen ondernemingen.

Hoofdstuk 2 omvat een literatuurstudie die start met een algemene schets van de huidige situatie omtrent ons consumptie-, productie- en extractiepatroon met betrekking

tot diverse grondstoffen. Aansluitend hierop zal de probleemstelling geformuleerd worden en diverse aspecten hieromtrent verduidelijkt, zoals de vergelijking van vraag en aanbod van natuurlijke grondstoffen, de hoeveelheid reserves en uitputting hiervan. Verder zal er ook even dieper ingegaan worden op het menselijke aspect, meer bepaald de bewustwording van het probleem, die bij velen de laatste decennia is ontstaan. Dit hoofdstuk wordt afgesloten met een overzicht van verschillende proces- en cyclusgerelateerde maatregelen die reeds bestaan ten aanzien van materiaalbeheer. Om een beter beeld te krijgen van de economisch en ecologische gevolgen van industriële symbiose, een cyclusgerelateerde maatregel, zal ook dieper ingegaan worden op de casestudy uitgevoerd in Kalundborg, Denemarken.

In hoofdstuk 3 zal overgegaan worden tot de concretisering van het praktijkonderzoek, dat zal opgebouwd worden rond volgende onderzoeksvraag:

Kan het deel uitmaken van een bedrijvencluster met betrekking tot het herinzetten van materialen economische en ecologische kansen creëren voor ondernemingen gelegen op het bedrijventerrein Genk-Zuid?

Verder zal er in dit hoofdstuk een conceptueel model voorgesteld worden dat als uitgangspunt voor de praktijkstudie zal dienen. Dit om een georganiseerde en overzichtelijke structuur te kunnen aanhouden. Hierbij zal ook de nodige verduidelijking en verantwoording met betrekking tot de gekozen onderzoekseenheden gegeven worden.

Hoofdstuk 4 vervolgens zal een brug slaan tussen het theoretisch en praktisch luik van deze thesis. Hier zullen namelijk kort de fysische en chemische eigenschappen van polypropreen (PP) en polyetheen (PE) aangehaald worden, de twee producten die ook nader onderzocht zullen worden in het praktijkgedeelte.

Een algemeen overzicht van de onderneming Carcoustics en de functie van de producten PP en PE binnen dit bedrijf zullen onderwerp uitmaken van hoofdstuk 5. Hierin zullen tevens diverse data omtrent PP en PE voorgesteld en verduidelijkt worden. Tot slot zullen ook diverse verwerkingsmogelijkheden voor het afval van beide kunststoffen besproken worden, en dit om de economische en ecologische analyse, die in hoofdstuk 6 zal starten, te duiden. In laatstgenoemd hoofdstuk zal uitgegaan worden van een Business As Usual (BAU) scenario.

Dit in tegenstelling tot het visionair scenario dat besproken zal worden in hoofdstuk 7. Hier zullen de economische en ecologische implicaties van een industriële symbiose berekend en geanalyseerd worden. De vergelijking tussen beide scenario's zal leiden tot een uitgebreide, concrete maatschappelijke kosten-baten analyse.

In hoofdstuk 8 zal dan een Monte-Carlo analyse opgesteld en uitgevoerd worden. Dit is een simulatietechniek waarmee het mogelijk is rekening te houden met onzekere parameters en factoren, die aldus het eindresultaat zouden kunnen beïnvloeden, en in welke mate ze dit doen. De algemene conclusies van dit praktijkonderzoek en aanbevelingen voor verder onderzoek zullen tenslotte onderwerp uitmaken van hoofdstuk 9.

Hoofdstuk II: Literatuurstudie

2.1 Factoren die hun invloed uitoefenen op de interactie maatschappij-natuur

*“Wetenschappelijk onderzoek met betrekking tot duurzaamheid analyseert de **interactie** tussen de **maatschappij** en de **natuur** op een variëteit van ruimtelijke en tijdsgebonden schalen (Kates et al., 2001).”* Er zijn diverse factoren te onderscheiden die in het verleden hun invloed gehad hebben op deze interactie, en die hun invloed ook in de toekomst zullen uitoefenen (Krausmann et al., 2009).

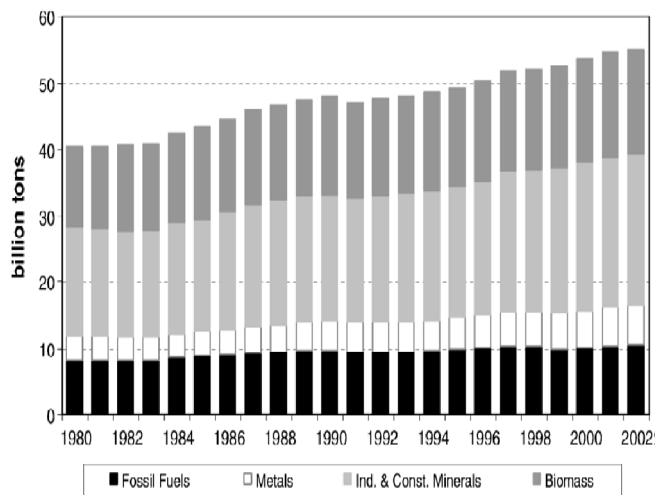
De **populatie op aarde** is een eerste belangrijk element. Zo onderging volgens Maddison (2008) de wereldbevolking in de 20^{ste} eeuw ruw geschat een verviervoudiging in aantal, met een groei van factor drie in de ontwikkelde landen ten opzichte van een groei met factor zes in de ontwikkelingslanden. Ayres (2008) bevestigt deze cijfers en haalt hierbij tevens aan dat de bevolkingsgroei in de nabije toekomst zeker nog niet zal stagneren. Hij voorspelt zelfs nogmaals een verdubbeling van het wereldwijde bevolkingsaantal van vijf miljard mensen in het jaar 1990 naar ongeveer tien miljard in 2050. Volgens Kates (2000) schat de Verenigde Naties, rekening houdend met een assumptie van gemiddelde vruchtbaarheid, dat de bevolking op aarde tegen 2050 toegenomen zal zijn tot ongeveer 8,9 miljard mensen.

Daarenboven stelt hij in deze studie enkele scenario's op die het effect van de voorspelde bevolkingsgroei van vijf naar tien miljard op het wereldwijd gebruik van hulpbronnen weergeven. In het eerste scenario gaat hij uit van een behoud van het huidige consumptie- en productiepatroon in zowel ontwikkelde landen als ontwikkelingslanden. Dit zou tot gevolg hebben dat in het jaar 2050 het verbruik van middelen ten opzicht van

het jaar 1990 net niet zou verdubbelen. Ayres (2008) voorziet echter weinig kans op een 'niet-groei' scenario betreffende het ontwikkelingsniveau en hulpbronnenconsumptie van de diverse landen. Een ander en meer realistisch scenario gaat dus uit van een consumptie- en productiepatroon van ontwikkelingslanden dat hun recente groeiritme aanhoudt. Gecombineerd met en versterkt door de onvermijdelijke bevolkingsgroei zou dit volgens hem dan ook leiden tot een verachtvoudiging van het grondstofverbruik tussen 1990 en 2050. Dit alles impliceert dus dat ook de verdere ontwikkeling van zowel westerse als ontwikkelingslanden een niet te versmaden factor is die de interactie tussen maatschappij en natuur beïnvloedt.

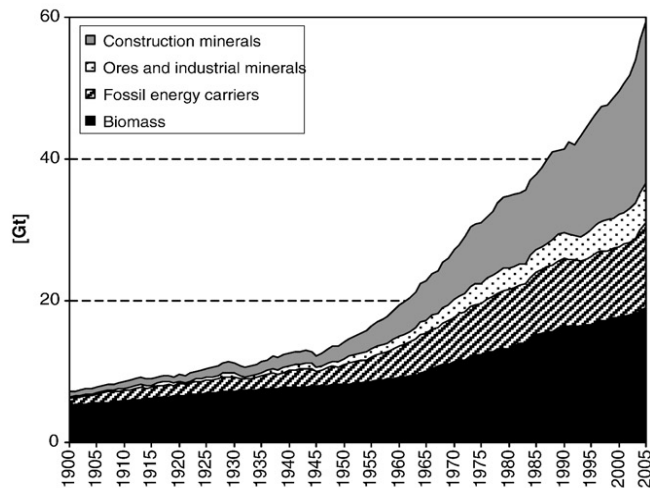
Bovenvermelde **factor van ontwikkeling** wordt in diverse andere studies vervangen door de **economische groeifactor** van een land of regio, vaak uitgedrukt in BNP (Bruto Nationaal Product), zoals onder andere in de studie van Krausmann et al. (2009). Toch dient men hieromtrent enige voorzichtigheid in te bouwen, aangezien er volgens Behrens, Giljum, Kovanda en Niza (2007) op globaal niveau een steeds grotere **materiaalintensiteit**, met andere woorden een daling van de hoeveelheid grondstoffenextractie per eenheid BNP, plaatsvindt. Voor de periode 1980-2002 schatten zij deze daling op ongeveer 25%. Zij spreken dan ook van een relatieve ontkoppeling van de begrippen grondstoffenextractie en economische groei doorheen de tijd. Toch merken ook zij op dat in absolute termen het niveau van grondstoffenextractie toegenomen is in alle regio's ter wereld gedurende de periode 1980-2002. Terwijl Ayres (2008) het grondstoffengebruik enkel onderzocht in relatieve termen, vinden we hieromtrent in studie van Krausmann et al. (2009) wel absolute cijfers terug. Deze studie verdeelt het totale grondstofverbruik in vier subcategorieën, meer bepaald biomassa, fossiele brandstoffen, bulkmineralen voor constructie en tenslotte (metaal-)ertsen en industriële mineralen. Volgens hun bevindingen is het totaal **grondstofverbruik verachtvoudigd** in de periode 1900-2005, van ruw geschat 7 à 8 miljard ton/jaar tot ongeveer 59 miljard

ton/jaar. Figuur II-1 geeft een grafische voorstelling weer van de globale stijging en de stijgingen per subcategorie.



Figuur II-1: Materiaalverbruik per materiaaltipe in Giga ton (Krausmann et al., 2009)

Deze absolute cijfers worden in de studie van Behrens et al. (2007) bevestigd, al hanteren zij een iets andere opsplitsing van het globale grondstofgebruik en omhelst hun studie slechts de periode 1980-2002 (figuur II-2). Zij onderscheiden over dit tijdsinterval een stijging van 40 miljard ton/jaar naar 55 miljard ton/jaar.



Figuur II-2: Globaal gebruikte grondstoffenextractie per materiaalcategorie (Behrens et al., 2007)

Beide studies bevestigen dat de subcategorieën biomassa en fossiele brandstoffen in relatieve termen het minst zijn gegroeid, terwijl de extractie van bulkmineralen, industriële mineralen en (metaal-) ertsen relatief gezien een veel grotere stijging kenden. Op geografisch vlak concluderen Behrens et al. (2007) dat vooral Azië en Latijns-Amerika een groeiend aandeel hebben in de globale grondstoffenextractie. De redenen hiervoor zijn volgens hen echter van een zeer verschillende aard. Zo halen Behrens et al. (2007) aan dat wat betreft Azië, de stijging grotendeels het gevolg is van de enorm snelle industrialisatie van landen zoals bijvoorbeeld China en India. In groot contrast hiermee staan vele Latijns-Amerikaanse landen, onder andere Chili. In deze landen is de exponentiële toename van de binnenlandse grondstofextractie volgens Giljum (2004) te wijten aan een gevolg van de specialisatie in middenintensieve exportproducten uit de mijnbouw, bosbouw, fruitgroei- en vissectoren.

Een studie die een vervolg breidt op deze van Behrens et al. (2007) was die van Giljum, Behrens, Hinterberger, Lutz, & Meyer (2008). Terwijl eerstgenoemde studie een historische tijdreeksanalyse omvat, gebruiken Giljum et al. (2008) deze bevindingen als

basis om diverse scenario's op te stellen die de extractie van grondstofverbruik tot en met het jaar 2020 zo precies mogelijk dienen te voorspellen. Een almaar stijgende grondstofextractie van 55 miljard ton per jaar in 2002 naar om en bij de 80 miljard ton in 2020 wordt in deze studie als een erg aanvaardbare prognose gezien. Hierbij haalt men ook aan dat de groeiratio van de metaalertsen het hoogst is, terwijl een andere belangrijke vaststelling is dat de onttrekking van biomassa als hernieuwbare bron, percentsgewijs veel minder toeneemt dan alle niet-hernieuwbare bronnen. Dit impliceert dat er op een globaal niveau verhoudingsgewijs een **dalend aandeel aan hernieuwbare natuurlijke hulpbronnen** te bemerken valt.

Een laatste belangrijke factor die zeker zijn effect heeft op de interactie tussen maatschappij en natuur is het **rebound effect**. Berkhout, Muskens, & Velthuisen (2000) verklaren dit begrip als volgt: technologische vooruitgang maakt apparatuur en uitrusting meer energie-efficiënt. Er is minder energie nodig om dezelfde hoeveelheid van een bepaald product te produceren met dezelfde apparatuur. Toch blijven niet alle overige factoren hetzelfde. Daling in kost per eenheid product zal vaak een prijsdaling tot gevolg hebben, wat op haar beurt weer een stijgende consumptie zal veroorzaken. Een gedeelte van de efficiëntiewinsten gaan zo verloren omdat er een grotere vraag naar de productieve diensten van de apparatuur zal zijn, wat een hogere energieconsumptie impliceert. Dit verlies van energiebehoud wordt volgens hen aldus gezien als het rebound effect. Hertwich (2005) haalt echter aan dat vanuit een industrieel ecologisch perspectief, dit fenomeen niet enkel van toepassing is en zijn invloed heeft op het energieverbruik, maar bijvoorbeeld ook op grondstoffenverbruik. Hij refereert ook naar het rebound effect als een **gedragmatige respons** op een maatregel genomen om de milieueffecten te reduceren, die het primaire effect gedeeltelijk neutraliseert. Het komt erop neer dat door dit secundair effect de milieuvoordelen van de eco-efficiënte maatregelen lager zullen zijn dan voorzien (rebound) of zelfs negatief (backfire). Zo ook volgens Giljum et al. (2008)

die opmerken dat een focus op strategieën die de energie- en materiaalefficiëntie in productiesfeer beogen, niet noodzakelijk leidt tot een absolute reductie van milieugebonden druk op macroniveau, net omdat reboundeffecten kunnen optreden die dan verantwoordelijk zouden zijn voor een groei in productievolume die de besparingen in materiaalproductiviteit (over)compenseren.

2.2 Extractie en verbruik van specifieke materiaalsoorten

In de vorige paragrafen werd reeds uitgebreid aandacht besteed aan studies die trends en ontwikkelingen hebben onderzocht met betrekking tot het algemeen grondstofverbruik of bepaalde grote subcategorieën ervan, maar er dient gezegd dat er ook reeds uitvoerig onderzoek gebeurd is naar de extractie en het verbruik van bijvoorbeeld specifieke metaalsoorten (Gordon, Bertram, & Graedel, 2006) en de consumptie van diverse (fossiele) brandstoffen (Internationaal Energie Agentschap, 2010).

Zo demonstren Gordon et al. (2006) dat het groeiritme van het onttrekken van vele geochemisch schaarse metalen aan de lithosfeer minstens drie procent per jaar bedroeg gedurende de laatste halve eeuw en dit ritme ook in de toekomst nog zal aangehouden worden. Gebaseerd op eerder onderzoek van Spatari, Bertram, Gordon, Henderson, & Graedel, (2005) omtrent koperverbruik in Noord-Amerika, met name in Canada, Mexico en de Verenigde Staten, stelden zij vast dat bijvoorbeeld het koperverbruik hier van enkele kilogram per capita rond 1900 gestegen was tot 238 kilogram per capita in het jaar 1999. Spatari et al. (2005) beargumenteerden hun keuze voor Noord-Amerika als studieobject door enerzijds te stellen dat deze regio in de twintigste eeuw garant stond voor dertig procent van de wereldwijde koperextractie. Anderzijds kozen zij Noord-Amerika omdat deze regio zo goed als zelfvoorzienend was in haar kopergebruik, wat de

in acht name van import en export in hun studie relatief onbelangrijk maakte.

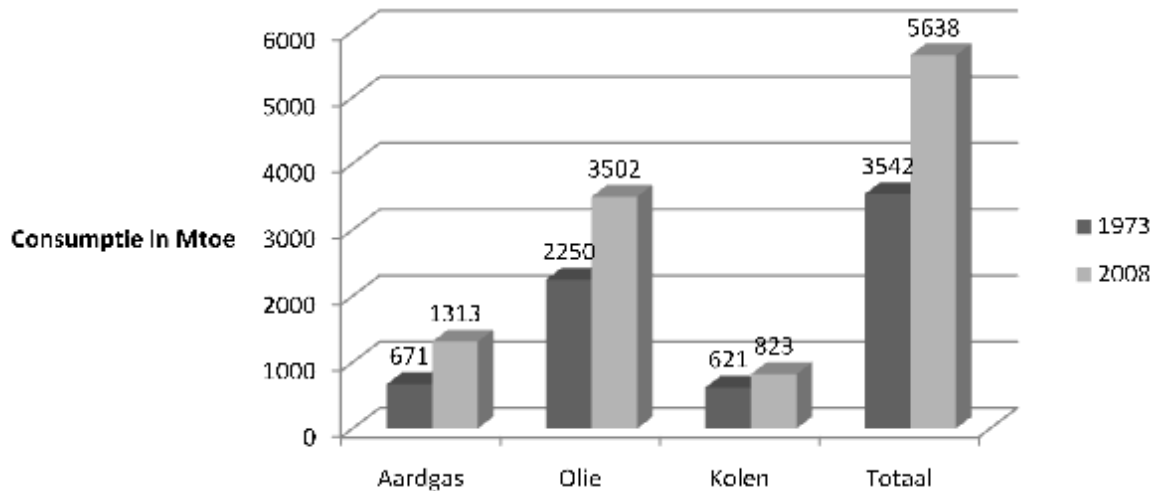
Tabel II-1: Groeiritme van de extractie van schaarse metalen (Gordon et al., 2006)

Metaal	k, % per jaar	t_{dr} jaren
Koper (1910-2002)	3,3	21
Zink (1910-2002)	3,2	22
Nikkel (1979-2002)	3,8	18
Tin (1959-2002)	1,8	39
Platinum (1979-2002)	4,9	14
<i>De berekeningen zijn gedaan voor de geïndiceerde range van jaren (voor welke data beschikbaar waren)</i>		

Gordon et al. (2006) hielden het echter niet bij een analyse van het koperverbruik, ook berekenden zij de jaarlijkse stijgingspercentages van de extractiesnelheid van onder andere zink, nikkel, tin en platina. In tabel II-1 zijn de door hen vastgestelde stijgingspercentages voor deze metalen terug te vinden, evenals de verdubbelingstijden van respectievelijke extracties in jaren uitgedrukt. Hieruit valt op te merken dat ook deze metalen volgens hen een groeiratio van minstens 1,8% per jaar aan houden, de meesten zelfs van 3% en meer. Zo betekent een verdubbelingstijd van 21 voor koper bijvoorbeeld dat er na 21 jaar dubbel zoveel koper geëxtraheerd zal worden ten opzichte van de huidige extractie.

Meer specifieke data omtrent de consumptie van brandstoffen zoals aardgas, olie en kolen worden gepresenteerd in de *Key World Energy Statistics 2010* van het Internationaal Energie Agentschap (IEA). Zo halen zij aan dat de aardgasconsumptie gestegen is van 671 miljoen ton olie equivalent (Mtoe) in het jaar 1973 naar 1313 Mtoe in het jaar 2008, goed voor een stijging met bijna 96% in 35 jaar. Voor olie valt over diezelfde tijdsspanne een stijging met bijna 56 procent van 2250 Mtoe naar 3502 Mtoe op te merken. De totale wereldwijde consumptie van kolen kende volgens het IEA de kleinste stijging (33%), van 621 Mtoe in 1973 tot 823 Mtoe in het jaar 2008. Een

grafische samenvatting van deze consumptiegegevens wordt gepresenteerd in figuur II-3.

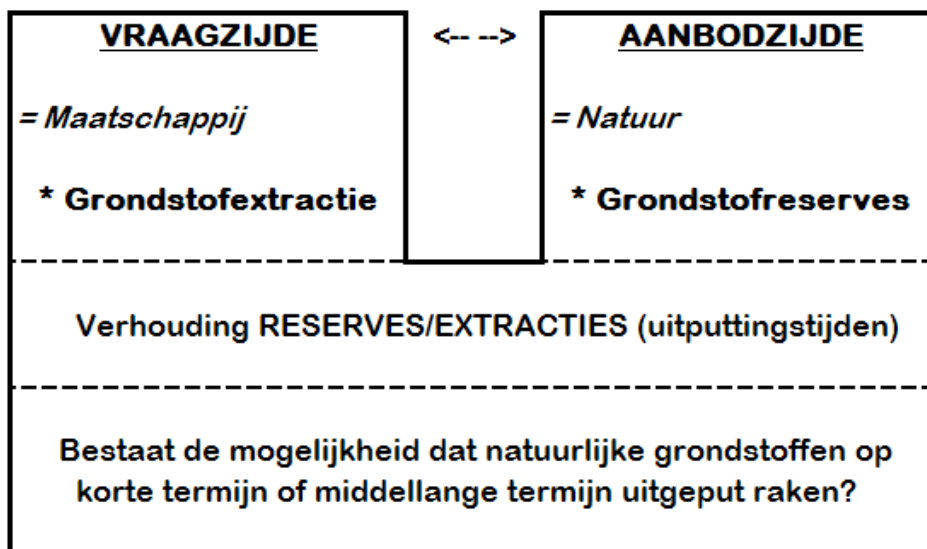


Figuur II-3: Wereldconsumptie van brandstoffen op basis van wereldwijde energie statistieken (Key world energy statistics, 2010)

Wat betreft deze fossiele brandstoffen heeft op haar beurt het U.S. Energy Information Administration (EIA) in haar *International Energy Outlook 2010* dan weer een referentiecasse opgesteld om het toekomstig consumptiepatroon van onder andere aardgas, olie en kolen zo getrouw mogelijk te voorspellen. Hieruit besluit men dat globale consumptiestijgingen van 56%, 44% en 28,5% voor respectievelijk kolen, aardgas en olie tussen 2007-2035 zeker realistische schattingen zijn. Voetnoot hierbij is echter dat men bij het voeren van deze berekeningen geen rekening houdt met eventuele toekomstige veranderingen in wetgeving en beleid.

2.3 Vraag versus aanbod natuurlijke grondstoffen

Bovenstaande studies maken duidelijk dat er zowel in het verleden als tot op heden uitvoerig onderzoek gedaan is naar veranderingen in de consumptiepatronen van allerlei belangrijke natuurlijke grondstoffen, waaronder verschillende metalen, fossiele brandstoffen en mineralen. Voor de meeste van deze grondstoffen werden flinke stijgingen in de extractie en het gebruik ervan waargenomen en voorspeld. Al deze bevindingen schetsen echter enkel een beeld over de vraagzijde van de kwestie, meer bepaald dat van de maatschappij, een maatschappij die veranderlijk en manipuleerbaar is door allerlei wetgevingen en ontwikkelingen.



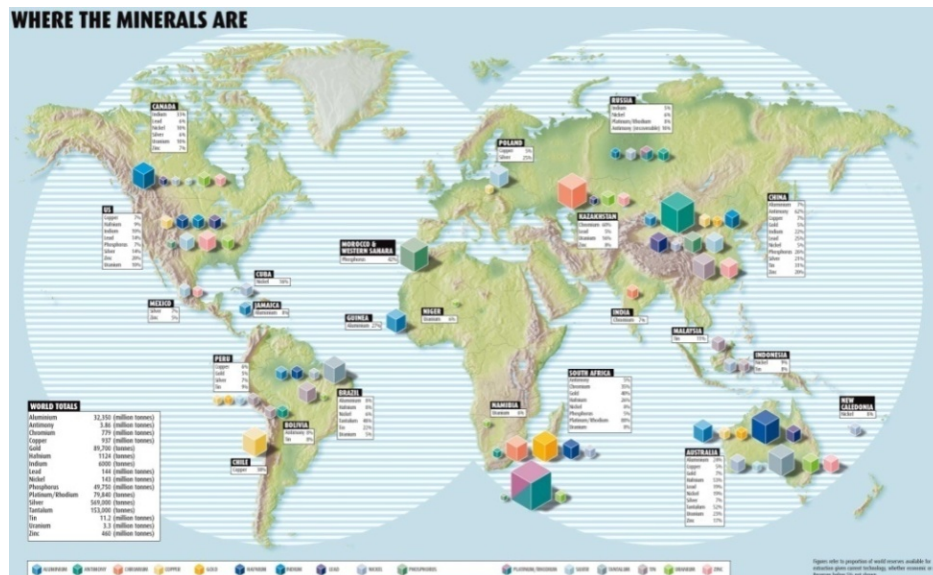
Figuur II-4: Schematische voorstelling van de opbouw der probleemstelling

Lijnrecht daar tegenover staat de aanbodzijde die men de natuur noemt en die al haar grondstofreserves die het rijk is, aan onze maatschappij ter beschikking stelt, maar zoals reeds eerder aangehaald heeft zelfs het natuurlijk systeem haar limieten (Hall et al., 2010). De volgende vragen dienen zich dus onvermijdelijk aan: 'Hoeveel reserves van

natuurlijke grondstoffen zijn er nog?' en 'Bestaat de mogelijkheid dat natuurlijke grondstoffen op korte of middellange termijn uitgeput geraken?'.

2.4 Hoeveelheid reserves natuurlijke grondstoffen

De voorraad aan natuurlijke grondstoffen die de aarde nog bezit is doorheen de jaren reeds onderwerp geweest van vele studies. Zo zijn verschillende wetenschappers of instellingen uit diverse werelddelen in vele gevallen tot andere schattingen en conclusies gekomen met betrekking tot de nog aanwezige hulpbronnen (Gordon et al., 2006). Gordon et al. (2006) halen daarbij het voorbeeld aan van verschillende schattingen die er bestaan omtrent de mogelijke koperreserves. Zo is er in de studie van Meyer en Grassmann (2003) sprake van een wereldreserve koper van om en bij de 548 miljoen ton, terwijl het U.S. Geological Survey (2002, in Gordon et al., 2006) in haar *Mineral Yearbook* het totaal aan voorraden raamde op iets minder dan het dubbele, meer bepaald 950 miljoen ton koper. De 937 miljoen ton die wordt aangegeven in de studie van Cohen (2007) komt hier aardig bij in de buurt.



Figuur II-5: Where the minerals are (Cohen, 2007)

Wat betreft koper maar zeker ook met betrekking tot andere metalen geeft figuur II-5 een duidelijk overzicht van de nog aanwezige hoeveelheden wereldreserves. Bijlage 1 geeft deze figuur nogmaals weer in een groter en duidelijker formaat.

Daarenboven illustreert deze figuur ook waar deze reserves vooral gelokaliseerd zijn. Belangrijke vaststelling die op basis van een analyse van deze figuur gemaakt kan worden is het feit dat Europa zelf enorm weinig metaalreserves bezit, zeker in vergelijking met alle andere werelddelen. Randopmerking hierbij is wel dat op deze figuur de proporties van wereldreserves beschikbaar voor extractie worden getoond gegeven de huidige technologie, maar dat reserves kleiner dan 5% hier niet in opgenomen zijn. Toch wijst ook Tiess (2010) erop dat Europa verre van autarkisch is met betrekking tot haar metaalvoorziening, zelfs al valt er een daling in de gebruiksintensiteit van metalen te bemerken zoals dat het geval is in de meeste mature economieën. Ook de Europese Commissie (2010) erkent dat de Europese Unie sterk afhankelijk is van de import van metaalachtige mineralen, omdat de extractie en productie binnen de Europese grenzen amper drie procent bedraagt van de extractie en productie die wereldwijd plaatsvindt. Schütz, Moll en Bringezu (2004) merken op dat dit een fenomeen is waarmee de meeste geïndustrialiseerde landen te kampen hebben. De groeiende grondstoffen consumptieniveaus leiden tot steeds dalende reserves van de binnenlandse natuurlijke grondstofreserves.

Shafiee en Topal (2009) komen in hun studie tot een gelijkaardige conclusie betreffende de locatie van reserves fossiele brandstoffen. Uit tabel II-2 blijkt dat Rusland (23,77%), Noord-Amerika (19,81%) en het Midden-Oosten (17,88%) samen 61,46 procent van de wereldreserves aan fossiele brandstoffen, meer bepaald olie, kolen en gas, bezitten. In groot contrast hiermee staat het Europees continent, dat onlangs haar enorme verbruik maar reserves van om en bij de 5,03% huisvest.

Tabel II-2: Locatie van de mondiale fossiele brandstofreserves in 2006 (Shafiee et al., 2009)

Regio	Fossiele brandstof reserves (giga ton olie equivalent)				Fossiele brandstof reserves (%)			
	Olie	Kool	Gas	Som	Olie	Kool	Gas	Som
Noord-Amerika	8	170	7	185	0,86	18,20	0,75	19,81
Zuid-Amerika	15	13	6	34	1,61	1,39	0,64	3,64
Europa	2	40	5	47	0,21	4,28	0,54	5,03
Afrika	16	34	13	63	1,71	3,64	1,39	6,75
Rusland	18	152	52	222	1,93	16,27	5,57	23,77
Midden Oosten	101	0	66	167	10,81	0,00	7,07	17,88
India	1	62	1	64	0,11	6,64	0,11	6,85
China	2	76	2	80	0,21	8,14	0,21	8,57
Australië en Oost-Azië	2	60	10	72	0,21	6,42	1,07	7,71
Total	165	607	162	934	17,67	64,99	17,34	100,00

Voor Europa komt dit percentage neer op 47 giga ton olie equivalent reserve, ten opzichte van 222, 185 en 167 giga ton olie equivalent reserves voor respectievelijk Rusland, Noord-Amerika en het Midden-Oosten. Cijfers van de Europese Commissie (2009) leggen de huidige Europese consumptie vast op 15,5% van de wereldconsumptie en zo schatten zij de importafhankelijkheid van Europa op 54%.

Tabel II-2 toont de wereldreserves per fossiele brandstofsoort. Hieruit blijkt dat van alle fossiele brandstoffen de kolen nog het talrijkst aanwezig zijn in de aardkorst. Steenkool vertegenwoordigt 64.99% van de totale voorraad aan kool, olie en gas. goed voor 607 giga ton olie equivalent. Olie en gas vertegenwoordigen ieder ongeveer 17,5% van de totale voorraad. Shafiee et al. (2009) benadrukken in hun studie dat twee belangrijke parameters in het verleden hun effect hebben gehad op de gas-, olie- en kolenreserves, en dit ook nog in de toekomst zullen hebben. Enerzijds worden de reserves logischerwijs rechtstreeks beïnvloed door de consumptie van deze fossiele brandstoffen op aarde, anderzijds halen zij aan dat ook de impact van de prijzen van deze brandstoffen niet verwaarloosd mag worden.

Een interessant globaal fenomeen waarvan Lior (2008) in zijn onderzoek acte nam was dat ondanks de almaar stijgende consumptie, de verhoudingen reserves/extractie voor

de diverse fossiele brandstoffen (ratio 40, 60 en 150 voor respectievelijk olie, gas en kolen) over de afgelopen decennia zo goed als constant zijn gebleven, omdat de bewezen reserves doorheen de tijd ook zijn toegenomen. De verklaring voor de stijging van deze bewezen grondstofreserves is volgens Shihab-Eldin, Hamel en Brennand (2004) tweeledig. Ten eerste spelen hierin natuurlijk de technologische verbeteringen die de afgelopen decennia ontegensprekelijk hebben plaatsgevonden, een cruciale rol. Anderzijds haalt men ook de beschikbaarheid van verbeterde data aan. Dit impliceert dat er meer data ter beschikking komen, maar ook dat men nieuwe aanwijzingen heeft dat er zich meer grondstoffen in de aardkorst bevinden en dat de bereikbaarheid ervan stijgt. Belangrijke nuance die hier echter bij gemaakt dient te worden, is dat indien de huidige extractiesnelheid behouden blijft, deze verhouding sowieso nog zal overhellen in de richting van de extracties en dus de verhouding reserves over extracties zal dalen. Beide factoren (technologische verbeteringen en beschikbaarheid verbeterde data) zorgen er echter ook voor dat het moeilijk blijft om predicties te doen omtrent reserves en extracties naar de toekomst toe, net omdat men niet weet wat de toekomstige technologische ontwikkelingen en ontwikkelingen in dataverwerking zullen zijn en welke impact deze zullen uitoefenen.

De verhouding tussen reserves en extractie wordt in vele studies gelijkgesteld met een factor die de uitputting van deze reserves weergeeft, meestal uitgedrukt in aantal jaren. Toch bekomt men ook op dit vlak, naargelang de aard en interpretatie van het onderzoek, vaak andere resultaten. Zo bekomen Shafiee et al. (2009) in hun onderzoek bijvoorbeeld uitputtingstijden van 35, 37 en 107 jaren voor respectievelijk olie, gas en kolen, duidelijk pessimistischer dan de resultaten van Lior (2008). Toch sluiten zij zich aan bij Lior (2008) in die zin dat ook zij tot de conclusie zijn gekomen dat de reserves van vooral olie en gas de laatste decennia niet zijn afgenomen. Tenslotte maakte ook het World Energy Council (2010) in haar '2010 Survey of Energy Resources' een schatting

omtrent de uitputtingstijden van deze fossiele brandstoffen. Naar hun berekeningen zouden deze voor olie, gas en kolen respectievelijk 41, 54 en 128 jaar bedragen. Frappant hierbij is dat het WEC (1998, in Alpern et al., 2002) ongeveer een decennium geleden nog een voorraad van respectievelijk 41, 63 en 218 jaren voorzag (tabel II-3) uitgaande van de reserve/extractie verhouding.

Tabel II-3: Wereld energie reserves in Gtoe (WEC, 1998, in Alpern et al., 2002)

	Reserves	Productie (jaren)	R/P (jaren)
Kool	486	2,2	218
Olie	143	3,5	41
Gas	132	2	63
Uranium	33	0,6	

2.5 Uitputting grondstoffen

Het opstellen en analyseren van de eerder aangehaalde ratio's hangt nauw samen met de tweede belangrijke vraag die dezer dagen erg actueel is, meer bepaald of de mogelijkheid tot volledige uitputting van grondstoffen op korte of middellange termijn reëel is. Hieromtrent zijn de meningen misschien wel nog meer uiteenlopend.

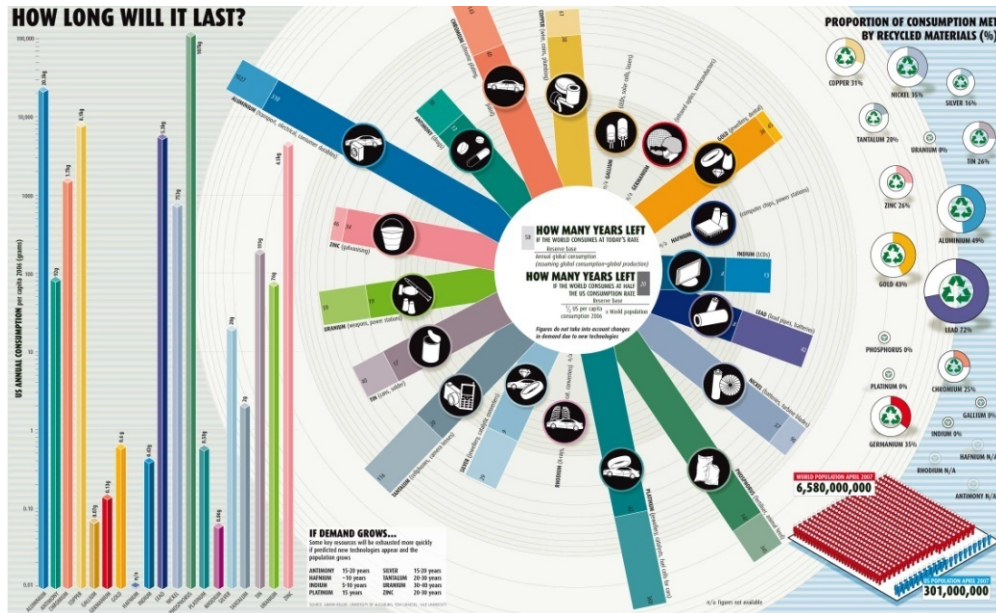
Volgens Tilton (1996) is er zelfs sprake van twee verschillende paradigma's omtrent de uitputbaarheid van grondstoffen. Hij spreekt enerzijds van bezorgde ecologen en andere wetenschappers en ingenieurs die van mening zijn dat de aarde het huidige niveau van de vraag naar uitputbare grondstoffen niet lang meer kan ondersteunen. Zij gaan uit van een denkwijze die een vaste voorraad van grondstoffen vooropstelt, die enkel kan afnemen door gebruik. Ze stellen het vertrouwen in nieuwe technologieën om voldoende middelen te verzekeren, zwaar in twijfel. Lijnrecht daar tegenover staan zij die Tilton (1996) de 'niet-bezorgden', waaronder vaak economen, noemt. Zij geloven in

het paradigma van de opportuniteitskost. Zo zijn zij er rotsvast van overtuigd dat de aarde met behulp van marktstimulaties, een gepast publiek beleid en nieuwe technologieën, moeiteloos en eindeloos kan voorzien in de behoeftes van de maatschappij. Groter kan een tegenstelling in gedachtegang niet zijn. De diverse meningen omtrent de mate van substitueerbaarheid van natuurlijke grondstoffen en de kosten die hiermee samengaan vormen aldus één van de factoren die deze controverse voeden (Mikesell, 1995).

Onder de zogenaamde niet-bezorgde wetenschappers vinden we onder andere Hodges (1995) en Lomborg (2001) terug. Eerstgenoemde haalt aan dat, ondanks talrijke predicties die het tegenovergestelde beweren, blijvende tekorten van industriële mineralen nog bijlange niet zijn voorgekomen. Lomborg (2001) vervolgens is er van overtuigd dat economische groei neutraal en zelfs positief is voor het milieu omdat technologische substituties op korte termijn alle problemen zullen oplossen en dat de tot op heden besproken problemen zelfs grotendeels overdreven zijn. In zijn boek 'the skeptical environmentalist' haalt hij dan ook duidelijk aan dat het aanbod van grondstoffen zoals dat van metalen zeker nog niet op haar einde loopt. Voor het trekken van deze conclusie baseert hij zich op de prijshistoriek van de metalen.

Veel andere ecologen zeggen dat, indien er in de toekomst geen grondstofbesparende technologieën ter beschikking zullen zijn, de daling van natuurlijke grondstoffenreserves gelimiteerde economische activiteiten met zich mee kan brengen. Toch zullen de kansen op een duurzame lange termijn ontwikkeling volgens Bretschger (2005) bepaald worden door een simultaan effect van zowel de toegenomen technische kennis, de wereldbevolking alsook dalende grondstof inputs. Cohen (2007) baseert zich in zijn artikel op data van de jaarlijkse Amerikaanse onderzoeksrapporten omtrent geologie en de statistieken van de Verenigde Naties omtrent de wereldpopulatie om schattingen te maken met betrekking tot de tijd dat het nog zal duren vooraleer de belangrijkste

mineralen uitgeput zullen geraken. Hij wil hiermee de ernst van de situatie aantonen en komt tot alarmerende conclusies. Figuur II-6 geeft zijn bevindingen weer. Een grotere versie van deze figuur is terug te vinden in bijlage 2.



Figuur II-6: How long will it last (Cohen, 2007)

Niet alleen diverse wetenschappers schenken uitvoerig aandacht aan dit topic, ook invloedrijke instanties zoals het Europees Parlement, en meer bepaald de commissie Industrie, onderzoek en energie (ITRE) hebben reeds veel studies uitgevoerd omtrent de uitputting van grondstoffen en komen in veel gevallen tot gelijkaardige conclusies. Tabel II-4 geeft een overzicht van de door het ITRE geschatte uitputtingstermijnen van verschillende brandstoffen en metalen. Hieruit blijkt dat alle vernoemde metalen ten laatste tegen het jaar 2070 uitgeput zullen geraken.

Tabel II-4: Voorspelde piek en uitputting van verschillende brandstoffen en metalen (ITRE, 2009, in Sustenuto et al., 2010)

Grondstof	Piek	Uitputting	Hoofdgebied(en) van toepassing
Olie	2006-2026	2055-2100	Energieopwekking; Chemische industrie en pharmaceutica; Bouw
Aardgas	2010-2025	2075	Energieopwekking
Kool	2100	2160-2210	Energieopwekking
Antimonium	-	2020-2035	Metaal legeringen
Koper	-	2040-2070	Energie transport; Pijpleidingen; Electronica
Gallium	misschien voorbij	-	Electronica (mobiele telefonie, zonnecellen)
Indium	-	2015-2020	Electronica (LCDs, zonnecellen)
Lood	voorbij	2030	Automobiellindustrie; Chemische industrie
Platinum	-	2020	Electronica (printer etc); Industrie (plug, katalysator, glasproductie); Medicijnen (pacemaker)
Zilver	-	2020-2030	Electronica; Pharmaceutica
Tantalum	-	2025-2035	Electronica (mobiele telefonie, automobiel); Pharmaceutica; Chemische industrie
Uranium	-	2035-2045	Energieopwekking
Zink	-	2030	Anticorrosieven; Energie stockage

2.6 Bewustwording

Wat ook de juiste gedachtegang moge zijn, het is vooral van kapitaal belang dat men de dag van vandaag meer stilstaat bij de mogelijke gevolgen van het hedendaagse consumptiepatroon. Volgens Hall et al. (2010) groeit dan ook het bewustzijn dat er een fundamentele transformatie nodig is in de manier waarop de maatschappij natuurlijke hulpbronnen verbruikt en de manier waarop energie geproduceerd wordt, indien we daadwerkelijk vooruitgang wensen te maken met betrekking tot diverse milieugebonden kwesties zoals de wereldwijde klimaatverandering, de eindige voorraad van niet-hernieuwbare hulpbronnen, het verlies aan biodiversiteit en de degradatie van het ecosysteem. Tot eenzelfde conclusie komen Behrens et al. (2007). Zij achten een verandering in globale productie- en consumptiepatronen noodzakelijk om een globale duurzame ontwikkeling te bekomen. Verder onderstrepen zij hierbij dat vooral de rijkste regio's ter wereld met de uitdaging belast zijn om een beleid te implementeren en politiek te voeren gericht op onder andere dematerialisatie (= meer doen met minder), omdat zij ook verantwoordelijk zijn voor een onevenredig aandeel in de wereldwijde grondstoffenextractie en het gebruik ervan, in proportie tot hun inwonersaantal. Om deze veranderingen te bekomen menen Hall et al. (2010) dat er enerzijds waar mogelijk

beroep gedaan zal moeten worden op hernieuwbare hulpbronnen. Anderzijds benadrukken zij dat niet-hernieuwbare middelen zuiniger beheerd, meer bepaald gereduceerd en/of gerecycleerd, dienen te worden. In volgend hoofdstuk zal geen aandacht besteed worden aan de recente ontwikkelingen rond hernieuwbare hulpbronnen aangezien het onderzoeksopzet van deze masterproef gerelateerd is aan de problematiek van niet-hernieuwbare materialen. Er zal dan ook dieper ingegaan worden op het duurzaam beheer van deze materialen.

Moge dus één duidelijke conclusie getrokken worden: het Business As Usual (BAU) scenario is niet langer een optie. Er is nood aan grondige, doordachte en effectieve veranderingen. Zo hebben zowel Belkin (1995) als Kates (2000) het de afgelopen jaren gehad over de 3 R'en die moeten leiden tot een inkrimping van de niet-hernieuwbare materialenconsumptie: Reduce, Recycle, Reuse. Armin Reller, een vooraanstaande materiaalscheikundige aan de universiteit van Augsburg (Duitsland), omschrijft het in een artikel van Cohen (2007) dan weer als volgt: "We need to minimise waste, find substitutes where possible, and recycle the rest". Met betrekking tot maatregelen ten aanzien van niet-hernieuwbare materialen kunnen aldus 2 grote subcategorieën onderscheiden worden. Enerzijds vinden we de procesgerelateerde maatregelen terug, anderzijds de cyclusgerelateerde maatregelen ten aanzien van duurzaam materiaalbeheer.

2.7 Procesgerelateerde maatregelen t.a.v. materiaalbeheer

Eén manier om te komen tot een duurzamer materiaalbeheer, is het ingrijpen in het productieproces zelf. Hier vormen dematerialisatie en materiaalsubstitutie de belangrijkste maatregelen.

2.7.1 Materiaalsubstitutie

Materiaalsubstitutie, of het vervangen van een stof of materiaal door een ander materiaal in de fabricatie van een specifiek product (Messner, 2002), wordt door velen gezien als één van de meest voor de hand liggende oplossingen voor de uitputting van een bepaalde grondstof tegen te gaan. In zijn onderzoek toont Graedel (2002) aan de hand van enkele casestudies aan dat dit echter niet zo voor de hand liggend blijkt te zijn. Hij stelt drie voorwaarden op waaraan zeker voldaan dient te worden om van een gepaste substitutie te spreken. Ten eerste moet het substituuat te ontwikkelen zijn. Een tweede voorwaarde is dat het substituuat zelf niet te maken krijgt met negatieve aspecten zoals een gelimiteerd aanbod, milieuschade (men beoogt detoxificatie) noch hoge energiekosten. Ten derde moet het substituuat ontwikkeld en ontplooid kunnen worden binnen de gewenste tijdsschaal. Het blijkt niet simpel om aan al deze voorwaarden te voldoen. En al is materiaalsubstitutie zeker geen magische formule die alle duurzaamheidsproblemen van de hedendaagse economie kan oplossen, het kan toch een krachtig middel zijn om een globaal niveau van materiaalgebruik te bereiken dat voor een lange periode in stand gehouden kan worden (Messner, 2002).

2.7.2 Dematerialisatie

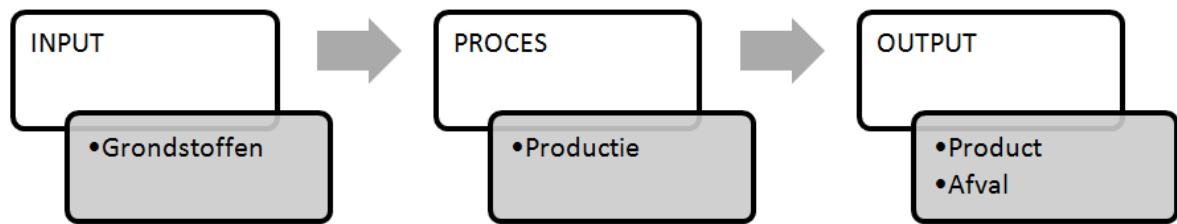
De term dematerialisatie wordt gebruikt om de daling in de tijd van het gewicht van materialen gebruikt in industriële eindproducten weer te geven (Ausubel & Sladovich,

1989). Het is dus als het ware de reductie in vereist materiaal om een product te maken, en dit door een stijgende efficiëntie van materiaalgebruik in het productieproces (Behrens et al., 2007). Vaak wordt dit concept ook vereenzelvigd met de uitdrukking 'doing more with less'. Volgens Ausubel et al. (1989) heeft dit voordelige gevolgen voor het milieu aangezien het gebruik van minder materiaal vertaald kan worden in kleinere hoeveelheden afval gegenereerd zowel in productie als consumptie. Verder is Haake (1999) er van overtuigd dat dematerialisatie bedrijven op weg kan helpen naar een duurzamere ontwikkeling. Ook al zal dematerialisatie, net als materiaalsubstitutie, geen oplossing vormen voor alle problemen rond grondstoffen en schaarste, het zoeken naar optimale efficiëntie kan en moet bij bedrijven toch één van de doelstellingen zijn en blijven.

2.8 Cyclusgerelateerde maatregelen t.a.v. materiaalbeheer

2.8.1 Ontwikkeling van een open naar een gesloten cyclus

In het verleden heeft de maatschappij materialen op grote schaal gebruikt en verbruikt op een lineaire wijze (Harper & Graedel, 2004), zoals weergegeven in figuur II-7. Dit betekent in een eerste fase het ontginnen van de nodige grondstoffen. Daarna volgt de productie van de gewenste producten, waaruit enerzijds het afgewerkte product voortkomt en anderzijds afval. Het afval wordt onmiddellijk gedumpt, terwijl ook het eigenlijke product na gebruik en afdanking op de afvalberg terecht komt.



Figuur II-7: Lineaire wijze van materiaalgebruik

Toch mogen postconsumenten afval, industrieel afval en ongewilde bijproducten van fabricagewerkzaamheden niet gezien worden als alleen maar afval (Allen & Behmanesh, 1994). Volgens Allen et al. (1994) kan dit industrieel afval terug dienst doen als onbewerkt inputmateriaal, en dit naar analogie met diverse toepassingen die we kennen binnen ons natuurlijk ecosysteem (Ayres, 2008). In een eerdere studie van Ayres (2004) werd reeds aangehaald dat vele professionele milieudeskundigen menen dat de biosfeer perfect recycleert en zij stellen dan ook voor dat de industriële wereld hier een voorbeeld aan neemt en de natuur dient te imiteren. Zo is er het alom bekende voorbeeld van koolstofdioxide (CO_2) dat enerzijds een afvalstof is van de dierlijke en menselijke ademhaling, maar anderzijds fungeert als input voor fotosynthese van planten en bomen. Fotosynthese die dan weer zuurstof (O_2) afscheidt dat dient als input voor de ademhaling van mens en dier. Op deze manier is de cirkel rond, op deze manier ontstaat een cyclus. Maar wat heeft men nu gedaan om dit fenomeen in de praktijk te integreren?

2.8.2 Industriële ecologie

De transformatie van een lineair naar een steeds meer cyclisch (materiaal-)gebruik wordt in de literatuur gezien als het conceptueel kader voor de studie die de toepasselijke naam industriële ecologie draagt (Harper et al., 2004). Ecologie wordt gedefinieerd zijnde de wetenschappelijke studie van de interacties die de verdeling en overvloed van organismes bepalen (Socolow, Andrews, Berkhout, & Thomas, 1994). Industriële

ecologie daarentegen wordt door Seager en Theis (2002) gedefinieerd als *“a field of study (or branch of science) concerned with the interrelationships of human industrial systems and their environments”*. Het probeert inzicht te krijgen in de manier waarop industriële systemen (zoals bijvoorbeeld een fabriek, een regio, een nationale of globale economie) en de biosfeer op elkaar inwerken. Cohen-Rosenthal (2004) omschreef het concrete doel van industriële ecologie met de volgende woorden: *“The goal, at the minimum, is to generate the least damage in industrial and ecological systems through the optimal circulation of materials and energy. Highest value use with the least dissipation of resources forms the core of systematic application of industrial ecology”*.

Doorheen de jaren zijn verschillende onderzoekstakken binnen industriële ecologie naar voren gekomen, zoals onder andere de materiaalstroom analyse (Material Flow Analysis: MFA) en de industriële symbiose, waarop nu achtereenvolgens dieper in gegaan zal worden. Daarna zal verder gegaan worden met een bondige bespreking van de Kalundborg-case, het prototype voorbeeld van industriële symbiose.

2.8.2.1 Materiaalstroom analyse (MFA)

Materiaalstroom analyse wordt gezien als een significant instrument om het metabolisme van materialen en hulpbronnen te bestuderen. MFA, uitgedrukt in materiaalgewicht in plaats van valuta, is gebaseerd op de theorie van industrieel en sociaal metabolisme om het overdrachtpad van goederen te achtervolgen van de natuur naar het menselijk ecosysteem alsook de eventuele finale omgekeerde beweging (Dai & Chen, 2010). Harper et al. (2004) beschouwen materiaalstroom analyse dan weer als de methodologie die focust op het nasporen en kwantificeren van een substantie of een groep substanties die door een systeem beweegt. Verder is het een kernmethode om stroomdiagrammen op te stellen van substanties binnen welbepaalde ruimtelijke grenzen en tijdsgebonden intervallen.

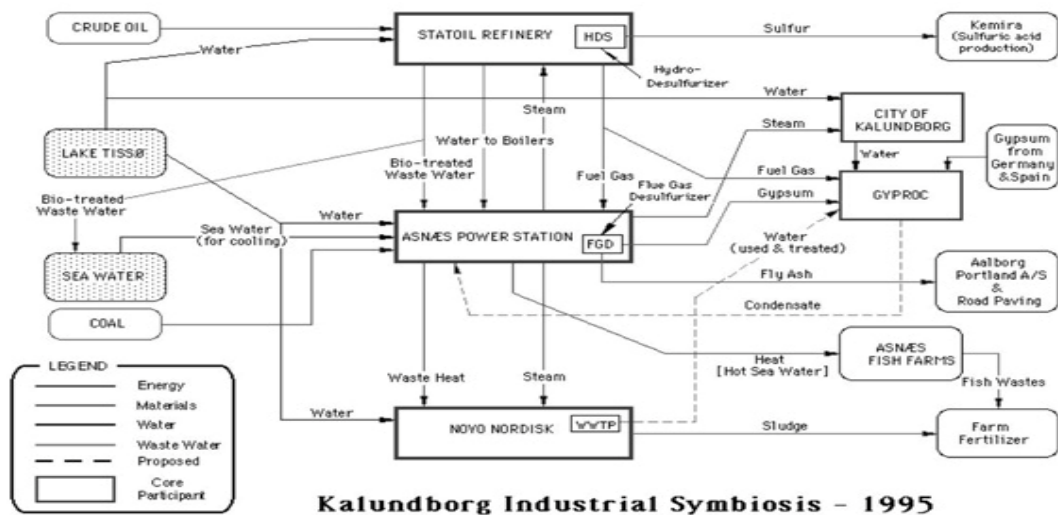
2.8.2.2 Industriële symbiose

Vele bedrijven hebben vaak intern al zo veel vooruitgang geboekt op het gebied van duurzaam materiaalbeheer, dat ze enkel nog verdere substantiële stappen voorwaarts kunnen nemen en zichzelf verbeteren op het vlak van efficiëntie, effectiviteit, duurzaamheid en winstgevendheid, door middel van cross-company samenwerking, consolidatie, bundelen en op elkaar afstellen van energie- en materiaalstromen. Deze vorm van coöperatie tussen bedrijven die meestal geografisch dicht bij elkaar gelegen zijn noemt men industriële symbiose. Het wordt gezien als een subdiscipline van industriële ecologie en het houdt zich bezig met middelenoptimalisatie tussen samen gelegen ondernemingen (Jacobsen, 2006). Net als de term industriële ecologie vindt de term industriële symbiose zijn oorsprong in de natuur. Symbiose wordt namelijk gedefinieerd als zijnde: *“a biological relationship in which at least two otherwise unrelated species exchange materials, energy, or information (Chertow, 2004)”*. Daarnaast formuleerde diezelfde Chertow (2004) ook een expliciete definitie voor industriële symbiose, namelijk: *“Industrial symbiosis engages traditionally separate industries in a collective approach to competitive advantage involving physical exchanges of materials, energy, water and/or by-products. The keys to industrial symbiosis are collaboration and the synergistic possibilities offered by geographic proximity”*. De uiteindelijke doelstelling van het vormen van zulke netwerken is volgens Domenech en Davies (2011) enerzijds het reduceren van de instroom van primaire grondstoffen en anderzijds het verlagen van het productieafval in de industriële sector, die leiden tot waardecreatie, kostenreductie en een positieve milieu-impact.

2.8.2.3 Industriële symbiose: een casestudy in Kalundborg

De Kalundborg-case in Denemarken is het prototype en paradigmatisch voorbeeld van industriële symbiose in de literatuur omtrent industriële ecologie (Jacobsen, 2006). Het

project is omstreeks 1960 ontstaan en op een spontane wijze tot stand gekomen (Ehrenfeld & Gertler, 1997). Het netwerk (zie figuur II-8) is opgebouwd rondom de vijf grootste instanties van Kalundborg, die allemaal behoren tot verschillende sectoren en diverse activiteiten uitoefenen. Meer bepaald gaat het hier om een elektriciteitscentrale (Asnaes), een olieraffinaderij (Statoil Refinery), een biotechnologisch bedrijf dat geneesmiddelen en industriële enzymen produceert (NOVO Group), een Gyproc-producent (Gyproc plasterboards) en tenslotte de gemeente Kalundborg. Hierbij dient echter wel gezegd dat laatstgenoemde in deze samenwerking niet optreedt als een autoriteit maar als een leverancier en/of klant van materialen- en energiestromen en openbare voorzieningen (Domenech et al., 2011).



Figuur II-8: Industrieel netwerk opgezet in Kalundborg, Denemarken (Ehrenfeld et al., 1997)

Verder zijn ook verschillende kleinere perifere actoren terug te vinden waaronder een visfabriek, landbouwers uit de streek en enkele materiaalrecyclage bedrijven die acteren als ontvanger van bepaalde materiaalstromen (Domenech et al., 2011).

Domenech et al. (2011) onderscheidt in het industrieel netwerk van Kalundborg vier types symbiotische transacties. Een eerste type transactie is die van materiaalafval dat

door andere partners binnen de keten gebruikt kan worden als onbewerkte materiaalinput. Verder vinden we binnen het netwerk ook diverse water- en energiestromen terug. Als laatste wisselen de bedrijven (en de gemeente) ook kennis uit. Terwijl de drie eerstgenoemde types allemaal tastbare elementen omvatten, gaat het bij de uitwisseling van kennis om niet-tastbare componenten zoals bijvoorbeeld know-how, die eventueel kan leiden tot innovatie, planning voor noodsituaties en dergelijke meer.

De verschillende samenwerkingsverbanden in Kalundborg hebben geleid tot een investeringskost van circa 50 miljoen euro, verdeeld over 16 projecten (Konz & van den Thillart, 2002). Ook al merken zij op dat gedetailleerde individuele bedragen omtrent besparingen niet beschikbaar gesteld worden uit concurrentieoverwegingen, toch is er bekend geraakt dat de jaarlijkse besparingen van dit project groter zijn dan 9 miljoen euro, wat een gemiddelde terugverdientijd van de projecten van ongeveer 6 jaar tot gevolg heeft. Lowe en Evans (1995) bespreken in hun studie ongeveer gelijkaardige resultaten, maar dan uitgedrukt in Amerikaanse dollars. Zij spreken van een totale investeringskost van om en bij de 60 miljoen dollar, jaarlijkse opbrengsten van circa 10 miljoen dollar en zelfs een terugverdienperiode van 5 jaar. Hierbij halen zij ook nog aan dat de schatting van de jaarlijkse besparingen erg conservatief is en dus zelfs tot 12 à 14 miljoen zou kunnen oplopen. Deze financiële gegevens zijn terug te vinden in tabel II-5.

Tabel II-5: Economische & ecologische resultaten bekomen in Kalundborg (Lowe & Evans, 1995)

Economisch
Totale investering ca US \$ 60 miljoen
Jaarlijkse inkomsten ca US \$ 10 miljoen (voorzichtig, waarschijnlijk US \$ 12-14 miljoen)
Gemiddelde terugverdientijd 5 jaren
Gesommeerde inkomst gedurende 1993 US \$ 120 miljoen
Milieubesparingen (alle aantallen per jaar)
Gereduceerde grondstofconsumptie:
Olie 19×10^3 ton
Kool 30×10^3 ton
Water $600 \times 10^3 \text{ m}^3$ (uit $3 \times 10^6 \text{ m}^3$)
Gereduceerde emissies:
CO ₂ 130×10^3 ton (uit 4×10^6 ton)
SO ₂ 3700 ton (uit 29×10^3 ton)
Hergebruik van afvalproducten:
Fly ash 135 ton
Zwavel 2800 ton
Gips 80×10^3 ton
Stikstof in slijk 800 ton

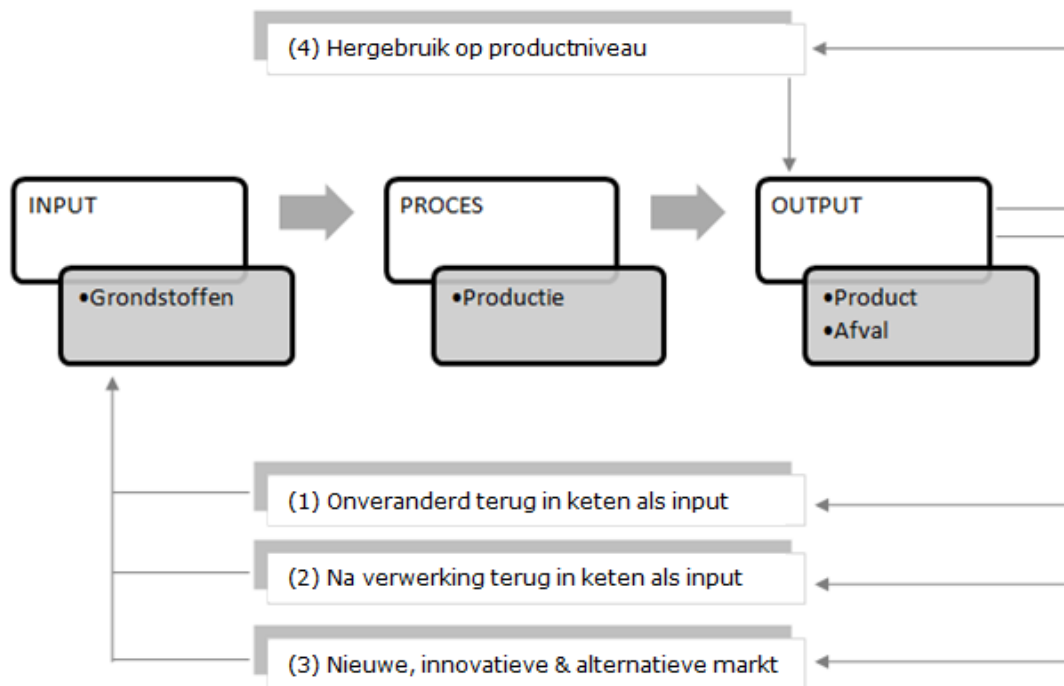
Deze economische voordelen zijn volgens Konz et al. (2002) op marktconforme wijze verhandeld tussen de diverse ondernemingen, en er wordt onderhandeld in contracten van vijf à tien jaar. Naast deze economische voordelen zijn in Kalundborg ook de ecologische voordelen in kaart gebracht. Deze zijn eveneens terug te vinden in tabel II-5. Zo hebben de 16 projecten geleid tot enorme reducties in de consumptie van olie, kolen en water, gereduceerde emissies CO₂ en SO₂ en hergebruik van diverse afvalproducten. Verder wordt er door de plaatselijke elektriciteitscentrale elektriciteit, stoom en warmte geleverd voor heel de streek, wat 5000 olieverbrandende kachels heeft kunnen vervangen (Lowe & Evans, 1995). Zo is er ook nog sprake van ontelbare neveneffecten op kleinere schaal maar die eveneens niet te versmaden zijn.

Ondanks de vele voordelen die dit industrieel symbioseproject met zich mee heeft gebracht, blijkt het toch één grote beperking te hebben die zeker niet verwaarloosd mag worden. Zo wordt (zo goed als) alle energie voor de volledige stad Kalundborg voorzien

door de elektriciteitscentrale Asnaes. Hierbij dient echter opgemerkt te worden dat de input voor deze centrale bestaat uit kolen en raffinaderijgassen (Lowe et al., 1995). Dit wil dus zeggen dat, niet tegenstaande dat dit op zich een zeer goed en duurzaamheid stimulerend project is, de primaire input waarop de symbiose teert toch nog volledig uit niet-hernieuwbare en eindige grondstoffen bestaat.

2.8.3 Diverse categorieën van materiaal terugkoppeling

Zoals reeds duidelijk blijkt uit de analyse van de Kalundborg case, vallen er veel verschillende materiaal- en afvalstromen en diverse manieren van materiaal terugkoppeling te onderscheiden. Naast het klassieke hergebruik op productniveau, dat kan worden gezien als een manier om afgedankte producten integraal herin te zetten, kunnen er, zoals in de schematische voorstelling van figuur II-9 weergegeven, nog 3 andere grote groepen van toepassingen met betrekking tot materialenbeheer onderscheiden worden.



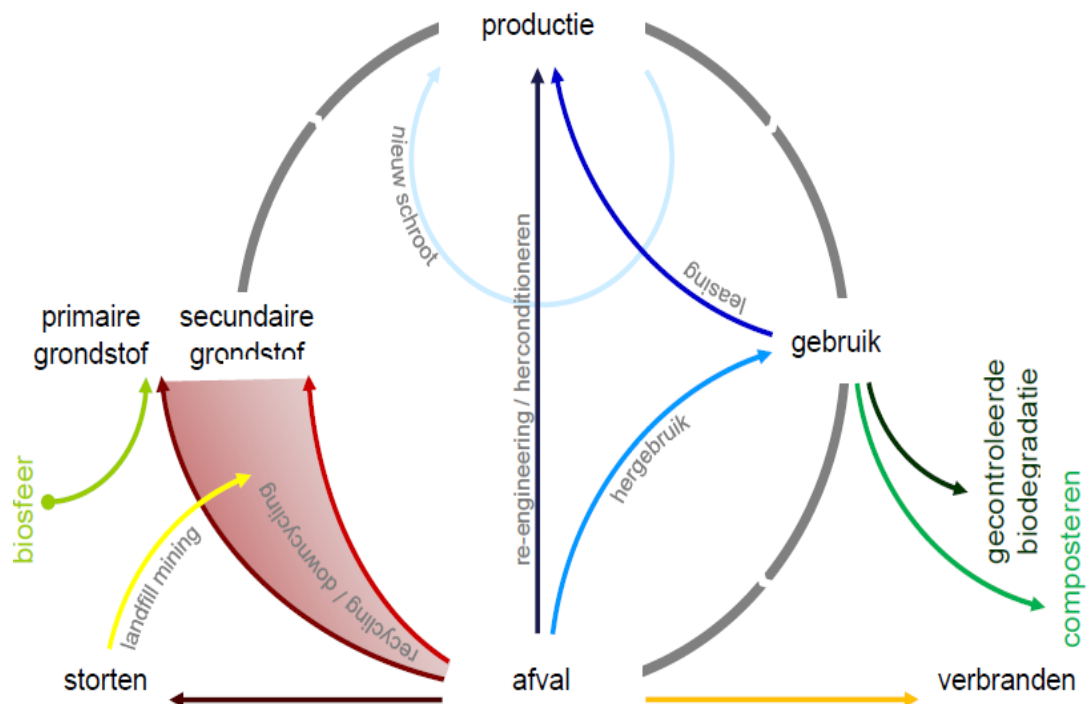
Figuur II-9: Diverse mogelijkheden van materiaal terugkoppeling

Een eerste groep omhelst de toepassingen waarbij afval of in sommige gevallen producten aan het einde van de waardeketen onveranderd en zonder enige verwerking terug worden gebruikt als secundaire grondstof aan de inputzijde, oftewel binnen hetzelfde bedrijf, ofwel door een ander productieproces van een andere onderneming. De tweede groep van toepassingen is gelijkaardig aan de eerste, met dit verschil dat dit afval op de een of andere manier wel verwerkt dient te worden vooraleer het heringezet kan worden als secundaire grondstof. Een derde groep echter is totaal verschillend van de twee voorgaande, in die zin dat men hier op zoek gaat naar een volledig nieuwe, nog niet bestaande en dus innovatieve toepassing, en dit vaak op een alternatieve markt. Vanaf het ogenblik dat het praktijkprobleem uitgewerkt zal worden, is het van belang te weten in welke categorie de toepassing zich situeert om een duidelijk beeld te kunnen krijgen van de relevante en niet-relevante financiële aspecten, die kunnen verschillen

voor de diverse groepen. In volgende paragrafen zullen verschillende concrete vormen van materiaal terugkoppeling aan bod komen, die elk in één van bovenvermelde categorieën thuishoren.

2.8.4 De gesloten cyclus

Om te komen tot een gesloten, cyclisch materiaalbeheer zijn er in de loop van de jaren veel verschillende vormen en principes van het hergebruiken van producten, afval- en grondstoffen ontwikkeld. Aan de linkerzijde van figuur II-10 zien we dat er primaire grondstoffen geëxtraheerd uit de biosfeer de cyclus binnenkomen. Via diverse vormen van hergebruik kan deze cyclus terug gesloten worden.



Figuur II-10: Closing the materials cycle (Van Acker, 2010)

Hieronder is een korte opsomming van de verschillende mogelijkheden die in figuur II-10 terug te vinden zijn en die in volgende paragrafen verder besproken zullen worden:

- Nieuw schroot
- Hergebruik op productniveau
- Re-engineering
- Recycling/Downcycling
- Landfill mining
- Leasing
- Composteren en biodegradatie

2.8.4.1 Nieuw schroot

In wetenschappelijke literatuur wordt nieuw schroot beschreven door de term 'home scrap'. Home scrap wordt geproduceerd in ijzer- en staalfabrieken en metaalgieterijen (Davis et al., 2007) en het is staal- en metaalafval dat gegenereerd wordt in het productieproces en wat gerecycleerd wordt in ofwel hetzelfde productieproces (Michaelis & Jackson, 2000) ofwel in een ander productieproces. Vaak wordt het volledig intern gerecycleerd enerzijds doordat het in de onderneming zelf beschikbaar is, anderzijds ook omdat men intern de zuivere compositie ervan kent (Davis et al., 2007). Toch zijn het ook soms andere bedrijven die dit nieuw schroot in hun productieproces kunnen gebruiken. Davies et al. (2007) haalt echter aan dat nieuw schroot de onderneming van de producent zeker niet gratis zal verlaten, omdat sterke economische motieven aanwezig zijn gerelateerd aan een sterk competitieve omgeving die de metaal- en staalsector toch is.

2.8.4.2 Hergebruik op productniveau

Het hergebruik op productniveau heeft met de opkomst van bijvoorbeeld tweedehands winkels maar zeker ook kringloopcentra sterk aan aandacht gewonnen. Het onveranderd herinzetten van afgewerkte producten, er met andere woorden voor zorgen dat

producten een tweede gebruiksfase ondergaan, is de laatste jaren een populaire vorm van afvalverwerking geworden, aangezien hier helemaal geen vervuiling door verwerking of dergelijke aan te pas komt. Toch dient hier een belangrijke randopmerking gemaakt te worden. Aangezien kringloopwinkels en dergelijke meestal slechts eenmalig de levensduur van een niet-duurzaam product verlengen, is er op deze manier geen sprake van een echte hoogwaardige vorm van afvalverwerking, tenzij echter dit product onbeperkt kan worden blijven ingezet.

Het hergebruiken van materialen op productniveau is enorm uiteenlopend, gaande van boeken, kleding, elektronische apparatuur tot meubels. In Nederland is er zelfs een volledig project op poten gezet om het hergebruik van vangrails, of bij onze noorderburen 'geleiderails' genoemd, in de praktijk te verwezenlijken (Ploos van Amstel Milieu consulting, 2010).

2.8.4.3 Re-engineering

Net zoals men de nodige aandacht schenkt aan Business Process Re-engineering (BPR) om de bedrijfsprocessen zo aan te passen dat effectiviteit en efficiëntie van de organisatie aanzienlijk verbetert, zo ook worden er de laatste decennia steeds meer ideeën ontwikkeld met betrekking tot product re-engineering. Dit impliceert bijvoorbeeld het hermaken van kleine componenten van elektronische toestellen voor bedrijven die zich in een database bevinden, waardoor er voor deze componenten geen nieuwe grote series uitgevoerd dienen te worden. Verder kan dit echter ook een vorm inhouden van creatief hergebruik, het gebruiken van afgedankte reclamespandoeken voor het maken van tenten, om maar een voorbeeld te geven. Deze vorm van hergebruik kan dus enorm veel toepassingen vinden en is tevens een enorm innovatieve markt.

2.8.4.4 Recycling / Downcycling

Recycleren is het proces waarbij gebruikte (afgedankte) materialen in nieuwe producten omgezet worden om te voorkomen dat potentieel nuttige materialen verkwist worden. Verder heeft het ook als doel om de consumptie van primaire grondstoffen te reduceren, evenals het terugschroeven van het energiegebruik, de lucht-en watervervuiling en de uitstoot van broeikasgassen ten opzichte van productie op basis van deze primaire grondstoffen. Vroeger echter doken enorm veel moeilijkheden op omtrent recycleren. McDonough en Braungart (2002) wijten dit aan het feit dat producten vroeger niet ontworpen werden met mogelijke latere recyclage in gedachte. Daarom ijveren zij in hun boek ook voor een duurzaam design van producten om dit probleem op te lossen. Zij benadrukken hierin dan ook dat een volledig gesloten cyclus uitgewerkt dient te worden voor elke component, zodat die ofwel oneindig gerecycleerd kan worden, ofwel via biodegradatie terug kan keren naar het natuurlijk ecosysteem.

McDonough en Braungart (2002) halen echter ook aan dat het meeste 'recycling' eigenlijk 'downcycling' is. Downcycling is het proces waarbij afvalmaterialen of onbruikbare producten omgezet worden in nieuwe materialen of producten, die weliswaar van mindere kwaliteit zijn en/of gereduceerde functionaliteit. De doelstellingen van downcycling zijn volgens McDonough et al. (2002) echter precies dezelfde als die van recycling, zoals in vorige paragraaf aangehaald. Een verhelderend voorbeeld van het concept downcycling is het recycleren van PET-flessen tot bijvoorbeeld plasticen buizen van inferieure kwaliteit.

2.8.4.5 Landfill mining

Landfill mining is een proces waarbij afval dat tevoren gestort is, wordt opgegraven en terug verwerkt om materialen en energie op een duurzame manier te recupereren. Het is

een opkomende benadering van afval- en materiaalbeheer die de extractie, verwerking, behandeling en/of recyclage van materialen inhoudt die vooraf gedumpt zijn in informele opslagplaatsen of in gestructureerde stortplaatsen (Krook, 2010). Ook al werd deze methode in het verleden uitgevoerd met als hoofddoelstelling het consolideren van voldoende stortplaatsen, terugwinning van land en bodemsanering, een nieuwe trend is dat deze stortplaatsen gezien worden als 'alternatieve mijnen voor grondstof- en energiebronnen'.

2.8.4.6 Leasing

Lease of leasing is per definitie (Mont, Dalhammar, & Jacobsson, 2006) een vorm van krediet waarbij er een contract opgesteld wordt tussen de lessor, de kredietverstrekker, en de lessee, de kredietnemer, omtrent bedrijfsuitrusting, bedrijfsmiddelen of duurzame consumptiegoederen. Het leasebedrijf, de lessor, leest deze uitrusting of goederen aan een klant voor een vooraf bepaalde tijdsduur tegen een vooraf overeengekomen prijs. Gedurende deze periode blijft de lessor verantwoordelijk voor beschadigingen of slecht functioneren van het product. Aan het einde van het leasecontract wordt het product meestal verkocht aan de klant, of het wordt aangeboden op de tweedehandsmarkt.

Vaak wordt een lease enkel gebruikt als een financieel instrument om de financiële slagkracht van de lessee te ondersteunen. Om te kunnen spreken van een lease die milieuverbeteringen met zich meebrengt moet er volgens Mont et al. (2006) echter voldaan worden aan volgende drie voorwaarden. Vooraleerst moet de producent van de producten deze producten zelf direct leasen met als doel de levensduur van deze producten te verlengen door middel van onderhoud en upgrading. Ten tweede zouden de producten aan het einde van hun levensduur niet verkocht mogen worden aan de gebruiker, maar moeten terugkeren naar de producent om ze te herproduceren en te recyclen. Ten slotte dient volgens hen de basis afval management hiërarchie (reduce,

reuse en recycle) gevolgd te worden. Dit soort van leasing kan dus leiden tot een intensiever gebruik van uitrusting en goederen, wat tot gevolg heeft dat het volume van de verbruikte materialen zal dalen.

2.8.4.7 Composteren en biodegradatie

Composteren is een simpel proces waarbij plantaardig afval buiten wordt gelegd en blootgesteld aan weer en wind om op die manier rijkdom te vergaren in haar samenstelling. Het afbraakproces van dit afval kan geholpen worden door het versnipperen van de plantenbestanddelen, het toevoegen van water en het verzekeren van verluchting door op regelmatige basis de substantie te mengen of om te spitten. Na verloop van tijd kan het zogenaamde compost van nut zijn in onder andere land-, tuin- en bosbouw, en vindt men zo dus een tweede, duurzame bestemming voor dit afval.

Biodegradatie is een proces waarbij organische stoffen afgebroken worden door de natuurlijke activiteit van micro-organismen, bijvoorbeeld schimmels en bacteriën. De term wordt de dag van vandaag vaak geassocieerd met milieuvriendelijke producten die in staat zijn terug afgebroken te worden in natuurlijke elementen. Zo bestaan er bijvoorbeeld al bio degradeerbare plastics.

Door het feit echter dat deze concepten zo ingeburgerd zijn in de maatschappij en ze voor het vervolg van deze masterproef minder van toepassing zijn, zal hierop niet dieper worden ingegaan. In een laatste gedeelte van dit hoofdstuk zal er een bondige introductie gedaan worden van de Monte-Carlo analyse, een simulatietechniek die onderwerp zal uitmaken van hoofdstuk 8.

Hoofdstuk III: Praktijkonderzoek & Conceptueel model

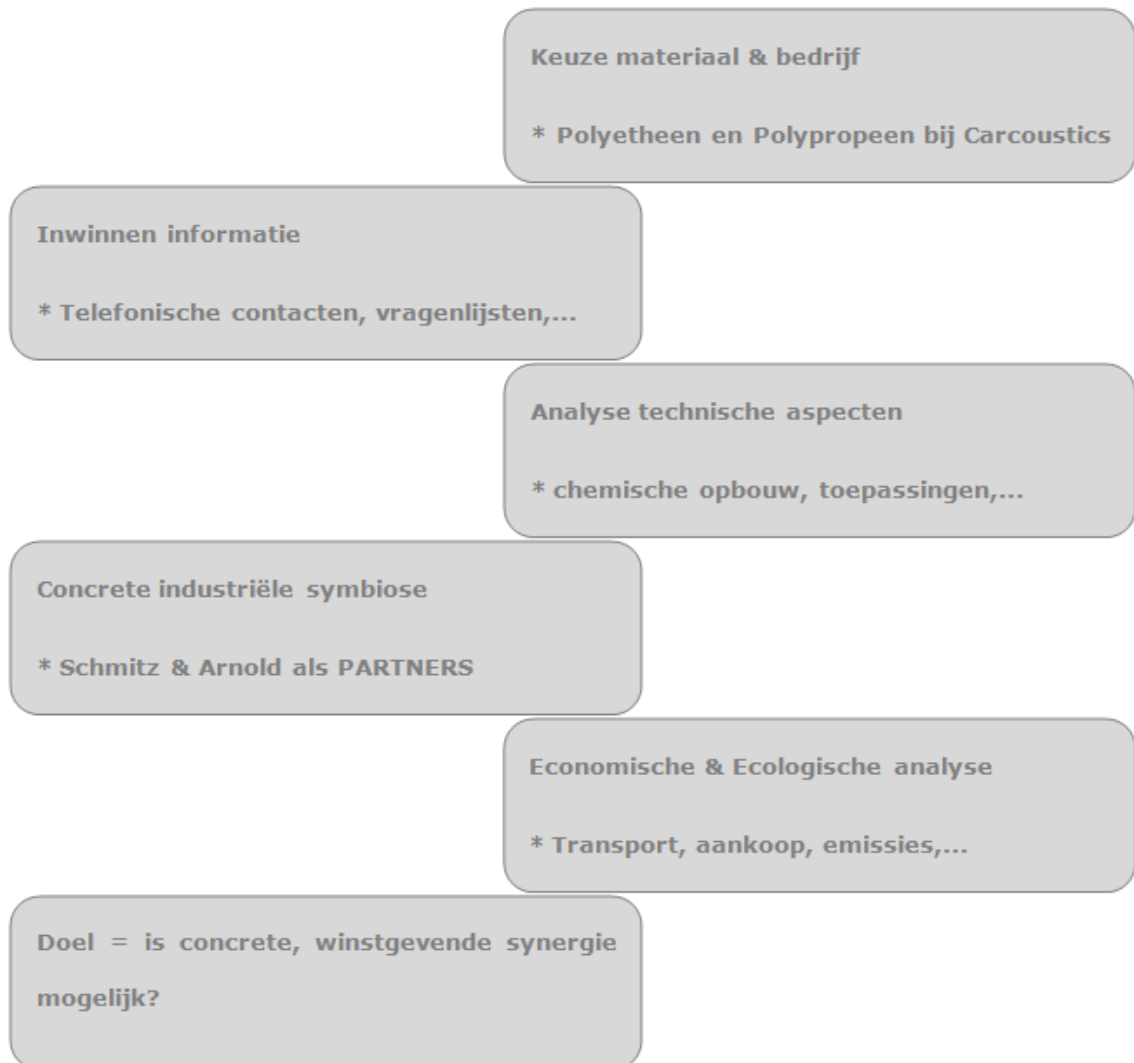
Als gezonde, vooruitstrevende onderneming is men steeds op zoek naar positieve veranderingen en evoluties binnen de diverse bedrijfsprocessen. Hierbij worden vaak de eventuele financiële implicaties van die beslissingen, bijvoorbeeld het genereren van extra opbrengsten of de meerkost van een bepaalde verbetering, berekend. Dit omdat deze financiële implicaties door het management meestal als één van de belangrijkste maatstaven worden aanzien waarop men de beslissingen die men neemt baseert en waarmee men ze ook fundeert. Zeker in tijden van crisis is het voor ondernemingen ondenkbaar om het kostenplaatje buiten beschouwing te laten in hun beslissingsproces.

Toch is dit voor veel bedrijven vaak niet de enige drijfveer om een bedrijfsproces al dan niet te wijzigen. De dag van vandaag wordt er vanuit de politiek, wetgeving en media veel druk gelegd op het beleid van bedrijven om duurzamer te gaan ondernemen, met tot gevolg dat naast het economische aspect ook vaak de ecologische gedachtegang en gevolgen van een verandering van belang zijn en meegenomen worden in de eindbeslissing.

Bedoeling van het praktijkonderzoek van deze eindverhandeling zal dan ook zijn om zowel de economische zijde als de ecologische zijde van diverse mogelijkheden omtrent een concreet bedrijfsproces te analyseren. Met de probleemstelling uit hoofdstuk twee in het achterhoofd en verder bouwend op het concept van de gesloten cyclussen, meer bepaald industriële symbiose, kan de volgende onderzoeksvraag geformuleerd worden:

Kan het deel uitmaken van een bedrijvencluster met betrekking tot het herinzetten van materialen economische en ecologische kansen creëren voor ondernemingen gelegen op het bedrijventerrein Genk-Zuid?

Concreet zal er een studie gebeuren omtrent de herinzetbaarheid van polypropreen en polyetheen schuimafvalstoffen en dit voor het bedrijf Carcoustics. Deze keuze werd gemaakt in samenspraak met de onderzoeksgroep CleanTech die werkzaam is op de Universiteit Hasselt. Onderstaand conceptueel model dient als leidraad voor het praktijkgedeelte van deze masterproef (figuur III-1):



Figuur III-1: Conceptueel model praktijkgedeelte

De keuze van materialen en bedrijf werd hierboven reeds toegelicht. Vanaf dit ogenblik staat alles in functie van de uit te voeren economische en ecologische analyse. Hiervoor dient eerst en vooral accurate informatie bekomen te worden. Dit zal gebeuren aan de hand van allerlei vragenlijsten, telefonisch en e-mail contacten en dergelijke met Carcoustics. Een volgende belangrijk aspect omhelst het verkennen van de chemische en technische eigenschappen van de producten, wat voorwerp uitmaakt van het volgend hoofdstuk. Voorts is het cruciaal om voldoende inzichten en gegevens te bekomen over alle partners die aan de studie van de concrete industriële symbiose onderworpen zullen worden, zijnde Carcoustics, Schmitz en Arnold.

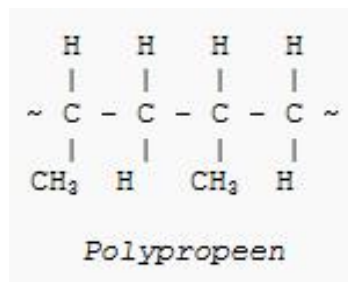
De economische analyse zal diverse kostenaspecten uitdiepen en behandelen, gaande van de primaire en secundaire aanschafkosten van grondstoffen over de transportkosten tot de pers-, stort- en verwerkingskosten. Voor het ecologische gedeelte van het onderzoek zullen factoren als CO₂-emissie aan bod komen evenals de vermeden extractie van grondstoffen en de grootte van de vermeden afvalberg.

Wanneer het voorgestelde conceptueel model gevolgd wordt, moet de concrete uitwerking ervan leiden tot een antwoord op volgende doelvraag: Is een concrete, winstgevende synergie mogelijk?

Hoofdstuk IV: Polypropeen (PP) en polyetheen (PE)

4.1 Polypropeen

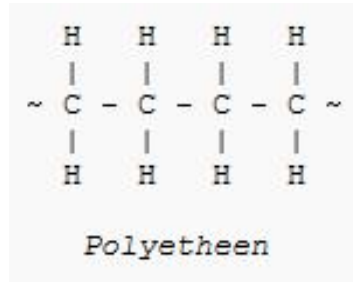
Polypropeen (PP), vaak ook bekend onder de oudere benaming polypropyleen, is een thermoplastisch polymeer dat een enorme diversiteit aan toepassingen kent. Thermoplastisch betekent dat het een kunststof is die bij verhitting zacht wordt (in tegenstelling tot thermoharders), terwijl polymeren moleculen zijn die bestaan uit een opeenvolging van meerdere identieke delen. De kunststof PP, waarvan de chemische opbouw gegeven is in figuur IV-1 wordt voornamelijk gebruikt in verpakkingsmateriaal, huishoudelijke artikelen en meubels maar zeker ook binnen de automobielsector.



Figuur IV-1: Chemische opbouw van polypropeen

4.2 Polyetheen

Net als polypropeen kent ook polyetheen (PE), ook wel polyethyleen genoemd, een enorme variëteit aan toepassingen in allerlei sectoren. Zo wordt PE gebruikt voor het maken van plastic flesjes en zakken, allerlei verpakkingen, gas- en waterleidingen, omhulsels voor elektrische kabels en nog zoveel meer. Het is eveneens een thermoplastisch polymeer en wordt algemeen aanschouwd als de meest gebruikte kunststof. Figuur IV-2 geeft de chemische samenstelling van polyetheen weer.



Figuur IV-2: Chemische opbouw van polyetheen

4.3 Gemeenschappelijke eigenschappen

Wanneer we polypropreen en polyetheen even verder onder de loep nemen, valt het op dat er veel gelijkenissen terug te vinden zijn tussen beide kunststoffen. Zo worden zowel PP als PE aanzien als milieuvriendelijke materialen omdat de meeste vormen van PP en PE gemakkelijk hergebruikt en gerecycleerd kunnen worden. Dit is een groot voordeel wanneer men de huidige tendens inzake duurzaamheid in het achterhoofd houdt.

Een laatste belangrijke vaststelling kan gedaan worden omtrent de gebruiksvorm van deze materialen. Zo valt het op dat beide stoffen in diverse vormen voorkomen. Vlokken, schilfers, poeders, korrels of moussevorm, PE en PP zijn op dit vlak flexibele polymeren. Deze eigenschap verklaart natuurlijk grotendeels hun gevarieerd en uitgebreid toepassingsgebied.

Hoofdstuk V: Polypropeen en polyetheen bij Carcoustics N.V.

5.1 Carcoustics: More than silence!

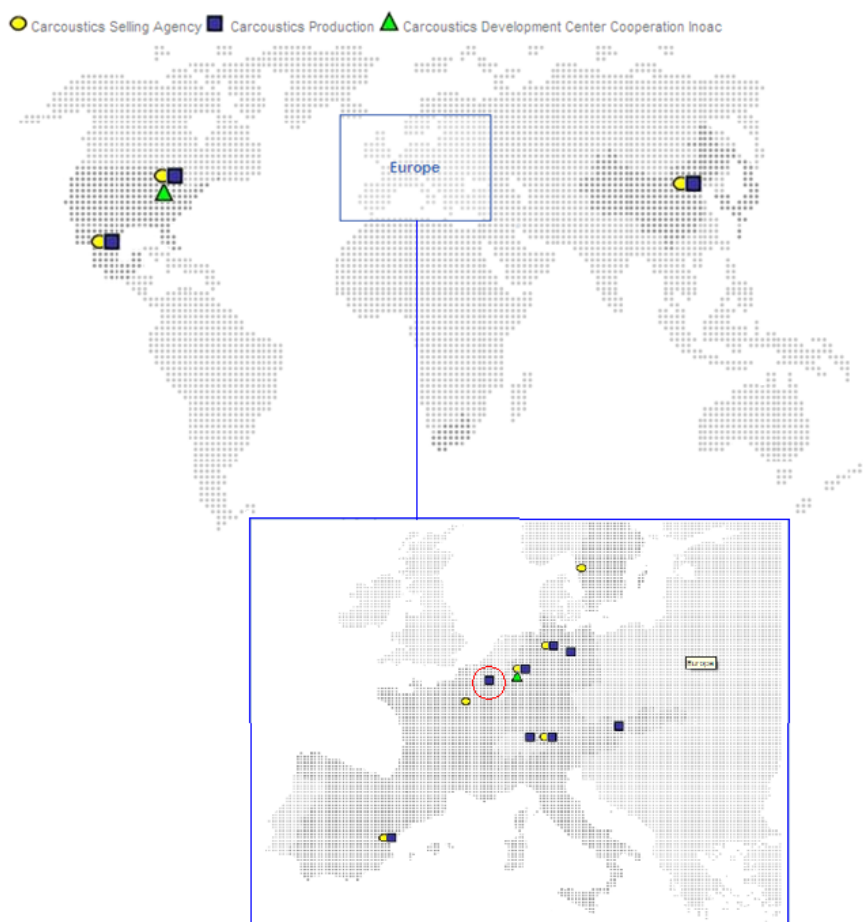
Ondertussen zo goed als 50 jaar geleden, meer bepaald in 1952, is het bedrijf Illbruck GmbH opgericht te Leverkusen door Willi en Christiane Illbruck. De onderneming werd al snel een invloedrijke speler in diverse markten, onder meer in de sanitair-, industrie- en automotivemarkt, als ook in de bouw.

Na verschillende samenwerkingsverbanden en een blijvende groei, werd de automotive afdeling in 2001 afgescheurd van de rest van Illbruck door de verkoop ervan, meer bepaald een management buy-out. Dit impliceerde dat deze tak vanaf dat moment onafhankelijk zou functioneren van haar moederonderneming. In 2002 vond dan ook een naamsverandering plaats. Dit is het ogenblik waarop Carcoustics gedoopt werd. Actief in de automotive markt en continue zoekend naar verbeteringen, startte Carcoustics in 2006 een proces van 'verandering'. Hoewel haar roots in de automotive- en akoestiek sector liggen, met talrijke isolatie-, afdichtings- en vele andere toepassingen, wilde men als bedrijf blijven richten op innovatie en verbreding van hun activiteiten. Na veel brainstormen, discussiëren, organiseren van workshops en het zoeken naar de werkelijke ziel van het bedrijf, werd de slogan "Carcoustics: more than silence!" geïntroduceerd, enerzijds verwijzend naar één van de kernproducten, het voorzien van geluidsisolatie in de automotive sector, en anderzijds duidelijk stellend dat zij voor de klant veel meer willen zijn dan een fabrikant van goederen die zij nodig hebben. Men wou vanaf dit moment, samen met de klant, zoeken naar de beste oplossingen voor bestaande problemen en deze oplossingen ook daadwerkelijk aanbieden.

In 2008 werd dan ook officieel een tweede steunpilaar, naast automotive, opgericht, met name deze van industriële producten & consulting. Momenteel richt Carcoustics zich dus

op drie belangrijke business areas: automotive, industriële producten en het voorzien van technische diensten.

Zoals op figuur V-1 te zien is, wordt Carcoustics wereldwijd vertegenwoordigd door diverse productievestigingen, verkoopsagentschappen en development centra. Eén van deze productievestigingen is gelegen op het bedrijventerrein van Genk-Zuid, en is rood omcirkeld op figuur V-1.



Figuur V-1: *overzicht van de verschillende Carcoustics vestingen*¹

¹ <http://www.carcoustics.com/contact/locations/worldwide.html> laatst bezocht 29 11 '11

Hun omzetcijfer de laatste jaren schommelde om en bij de 200 miljoen euro. Het bedrijf stelt duizend driehonderd werknemers tewerk en hun hoofdkwartier bevindt zich in Leverkusen (Duitsland).

5.2 PP bij Carcoustics

5.2.1 inkoop en productieproces

Polypropeen maakt bij Carcoustics deel uit van het dagdagelijkse productieproces. Het materiaal wordt aangekocht bij leverancier Sekisui Alveo in de vorm van rollen mousse, en dit in verschillende dichtheden. Sekisui Alveo is een onderneming, van oorsprong Japans, die gespecialiseerd is in de productie van polyolefin schuimen. Polyolefin wordt gezien als de grootste klasse van organische thermoplastische polymeren. Een overzicht van de hoeveelheden door Carcoustics aangekochte grondstoffen PP in het jaar 2010 worden weergegeven in tabel V-1.

Tabel V-1: aankoop polypropeen in 2010

<u>Aankoop PP-schuimstof 2010</u>			
40 kg/m³	2800	meter	0,82%
70 kg/m³	9650	meter	2,83%
140 kg/m³	57500	meter	16,84%
150 kg/m³	<u>271380</u>	<u>meter</u>	<u>79,51%</u>
Total	341 330	meter	100%

De aankoop van polypropeen, dat op rol aan de productieafdeling van Carcoustics aangeleverd wordt, is echter nog maar het begin van een heel proces. In een tweede

stap vindt namelijk de eigenlijke verwerking en productie plaats. Polypropreen kent binnen de auto industrie, en ook bij Carcoustics, vooral veel toepassingen met betrekking tot geluidsdemping en geluidsisolatie. Wanneer we hier iets specifiek op ingaan, valt het op dat bij Carcoustics polypropreen vooral zijn toepassingen kent in en om de motorruimte van zowel personenauto's als vrachtwagens. De zogenoemde "Dämpfungsmatte" worden geproduceerd door machines via vacuümvormen en vacuüm stansen/snijden. Na installatie onder de motorkap van personenwagens en vrachtwagens zorgen ze voor de geluidsdemping van de motor. De derde en laatste stap in dit proces, meer bepaald deze omtrent het afvalbeheer van Carcoustics, zal verder besproken worden in volgende paragraaf.

5.2.2 Polypropreen afval

Wanneer men het productieproces heeft afgerond binnen Carcoustics blijft men, zoals in zoveel andere productieprocessen, achter met een gedeelte van de grondstof -die eventueel een bewerking ondergaan heeft- die niet nuttig gebruikt werd en als afval beschouwd mag worden. Tabel V-2 geeft een overzicht betreffende de hoeveelheden polypropreen schuimafvalstoffen in kilogram en in kubieke meters van het jaar 2010, gegroepeerd per dichtheid. Hierbij dient wel duidelijk vermeld te worden dat het hier gaat om schattingen van het bedrijf zelf en hier dus wel kleine variaties met de werkelijke cijfers kunnen opduiken.

Afhankelijk van de soort grondstof en de toepassing in het productieproces zal de mogelijkheid zich al dan niet aanbieden om dit overschot alsnog als grondstof te gebruiken. Dit kan oftewel zijn in hetzelfde productieproces, oftewel in een alternatief productieproces. Even vaak echter blijkt geen van beiden mogelijk te zijn. Polypropreen is wel een interessante (schuim)afvalstof waar zich diverse opties aanbieden. Hierop zal dieper ingegaan worden in paragraaf 5.4.

Tabel V-2: Schuimstofafval polypropreen (in kg en m³) in 2010

<u>Schuimstofafval PP 2010 in kg en m³</u>					
40 kg/m³	104	kg	0,20%		2,6 m ³
70 kg/m³	728	kg	1,40%		10,4 m ³
140 kg/m³	8424	kg	16,20%		60,17 m ³
150 kg/m³	<u>42744</u>	kg	<u>82,20%</u>		<u>284,96 m³</u>
Total	<u>52000</u>	kg	<u>100%</u>		<u>358,13 m³</u>

Om in een volgende fase de juiste analyses te kunnen maken voorziet de grijze kader van tabel V-2 alvast de geschatte kubieke meters afvalstof per schuimdichtheid. Deze getallen werden bekomen door een tweedelige berekening. Vooreerst werden het geschatte aantal kilo's per dichtheid, zijnde kolom 2, verkregen door het totaal (52 ton) te vermenigvuldigen met de percentages uit kolom 3, die aan de hand van een vragenlijst (bijlage 4) door Carcoustics verschaft werden. De omzetting naar kubieke meters kon dan bekomen worden door de deling te maken met het aantal kilo's (kolom 2) in de teller en de dichtheden (kolom 1) in de noemer.

Voorbeeld:

$$52.000 \text{ kg} * 0.20\% = 104 \text{ kg}$$

Berekening 1

$$(104 \text{ kg}) / (40 \text{ kg/m}^3) = 2.6 \text{ kg} * \text{m}^3/\text{kg} = 2.6 \text{ m}^3$$

Berekening 2

5.3 PE bij Carcoustics

5.3.1 Inkoop en productieproces

Polyetheen is net zoals polypropeen een enorm veel gebruikte kunststof in de automobielsector. Op dit ogenblik wordt de aankoop van deze grondstof voor Carcoustics gedaan bij leverancier Trocellen Italia. Dit is een bedrijf gespecialiseerd in ondermeer harsen, schuimrubberstoffen en schuimplastics. De hoeveelheden polyetheen die in het jaar 2010 werden aangekocht, onderverdeeld per dichtheid, zijn terug te vinden in tabel V-3 en worden uitgedrukt in meters schuimstof, aangezien deze grondstof in rollen aangeleverd wordt.

Tabel V-3: aankoop polyetheen in 2010

<u>Aankoop PE-schuimstof 2010</u>			
33 kg/m³	827090	meter	62,06%
40 kg/m³	3700	meter	0,28%
55 kg/m³	176980	meter	13,28%
60 kg/m³	18400	meter	1,38%
70 kg/m³	248842	meter	18,67%
115 kg/m³	480	meter	0,04%
140 kg/m³	<u>57240</u>	<u>meter</u>	<u>4,29%</u>
Total	1 332 732	meter	100%

Het boven beschreven aankoopproces maakt natuurlijk deel uit van één grote productcyclus. De tweede stap van deze cyclus omvat de productie van het afgewerkt product, zijnde geluidsisolatie, warmte-isolatie en waterafdichting van personenwagens (bijvoorbeeld voor de merken Ford, Audi, BMW, Daimler en Volkswagen). Naar analogie

met het productieproces van polypropreen worden ook de eindproducten op basis van polyetheen aangemaakt met behulp van onder andere vacuümvormen en stansen/snijden. In volgende paragraaf zal verder uitgewijd worden over het PE afval dat uit het productieproces voortkomt.

5.3.2 Polyetheen afval

Polyetheen schuimstoffen die na het vervaardigen van allerlei isolaties en afdichtingen overblijven, mogen als afval van het productieproces aanzien worden. Een schatting van de hoeveelheden polyetheen schuimafvalstoffen die in 2010 bij Carcoustics gegenereerd werden is te vinden in tabel V-4. Deze hoeveelheden worden zowel in kilogram als in m³ weergegeven en gegroepeerd per dichtheid.

De berekeningen die uitgevoerd werden om het aantal kubieke meters te verkrijgen zijn gebeurd analoog met de berekeningen in paragraaf 5.2.2 betreffende het polypropreen afval.

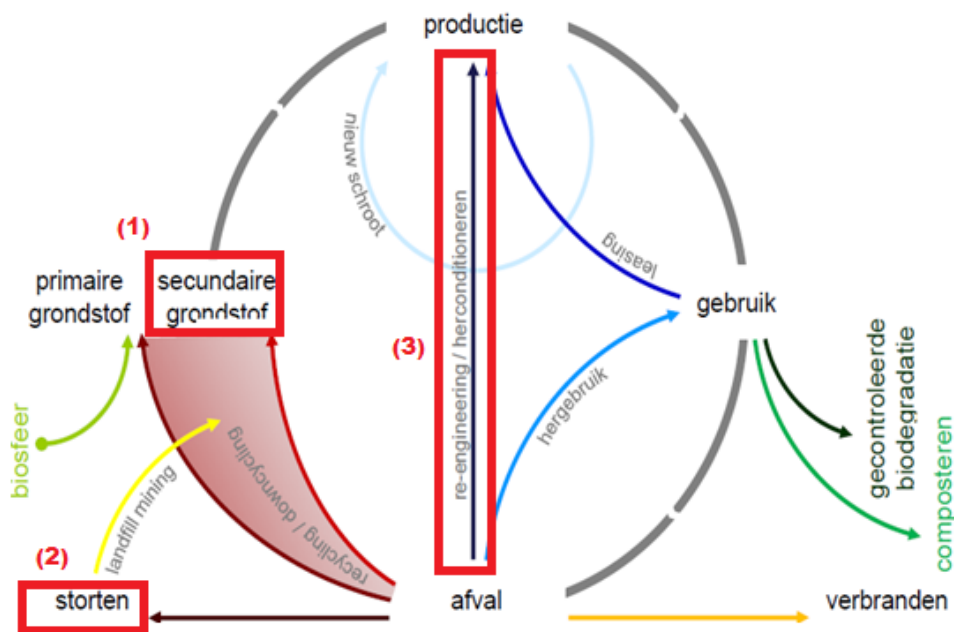
Tabel V-4: hoeveelheid schuimstofafval (in kg en in m³) PE 2010

<u>Schuimstofafval PE 2010 in m³</u>				
33 kg/m³	47936	kg	42,80%	1452,61 m ³
40 kg/m³	224	kg	0,20%	5,6 m ³
55 kg/m³	17136	kg	15,30%	311,56 m ³
60 kg/m³	1904	kg	1,70%	31,73 m ³
70 kg/m³	30576	kg	27,30%	436,8 m ³
115 kg/m³	112	kg	0,10%	0,97 m ³
140 kg/m³	14112	kg	12,60%	100,8 m ³
Total	112 000	kg	100%	2340,07 m ³

Paragraaf 5.4 zal nu dieper ingaan op de mogelijkheden die het afval van de kunststoffen polypropreen en polyetheen eventueel te bieden kan hebben na het originele productieproces.

5.4 Mogelijkheden omtrent PP en PE

Wanneer men de mogelijkheden die zowel polypropreen als polyetheen te bieden (kunnen) hebben op een rijtje wil zetten, loont het de moeite om figuur II-10 uit hoofdstuk twee nog eens te herbekijken. Alle aangekochte PE en PP begint bij Carcoustics als een primaire grondstof. De weg echter die na de productie wordt afgelegd, nadat een gedeelte van de PE en PP als afval wordt aanschouwd kan erg verschillend zijn. Figuur V-2 is een kopie van figuur II-10, met dit verschil dat er in deze figuur drie mogelijke 'levenspaden' voor PE en PP werden aangeduid en genummerd.



Figuur V-2: drie mogelijkheden uit 'Closing the materials cycle' (Van Acker, 2010)

Een eerste scenario (1) bestaat erin dit PP en PE afval te hergebruiken als een secundaire grondstof, hetzij door de toeleveranciers ervan, respectievelijk Sekisui Alveo

en Trocellen Italia, hetzij door Carcoustics zelf in hun productieproces. Deze vorm van hergebruik is een voorbeeld van gesloten cyclussen, waarnaar men als samenleving zeker dient te streven. Uit de vragenlijst in bijlage 4 bleek echter reeds dat hergebruik binnen Carcoustics praktisch niet haalbaar is. Wat betreft hergebruik als secundaire grondstof bij de leverancier, dient er een duidelijk onderscheid gemaakt te worden tussen PP en PE. PE-schuimstof is namelijk 'chemisch vernet', wat betekent dat er covalente bindingen tussen de ketens ontstaan zijn waardoor die aan elkaar gebonden worden en aldus een stevig netwerk vormen. Sterker nog, dit zijn de stevigste bindingen die binnen dergelijke materialen mogelijk zijn. Dit proces noemt men ook wel vaak het 'uitharden' van de kunststof en kan gebeuren onder invloed van thermische energie of licht. Dit alles maakt het onmogelijk voor de leverancier, Trocellen Italia, om dit afval te gebruiken als secundaire grondstof voor eenzelfde toepassing.

In tegenstelling tot PE is PP 'chemisch unverniet', en zijn bijgevolg veel minder sterke bindingen te onderscheiden in deze kunststof. Dit impliceert dat het PP afval in theorie wel in het productieproces van de leverancier, Sekisui Alveo, heropgenomen kan worden voor dezelfde toepassing. Doordat deze mogelijkheid echter economisch niet rendabel blijkt te zijn, blijft deze piste momenteel nog redelijk onontgonnen. In de toekomst zou het echter toch interessant kunnen blijken om hier verder onderzoek naar te voeren en daarom mag dit alternatief zeker niet uit het oog verloren worden. Al zal hier in het verdere verloop van deze masterproef geen verdere aandacht meer aan geschonken worden.

Een tweede scenario (2) omhelst een vorm van lineair afvalstoffenbeheer en zal in het vervolg van deze thesis omschreven worden als het '**Business As Usual (BAU) scenario**'. In deze situatie gaat men ervan uit dat PE en PP afvalstoffen die ontstaan binnen Carcoustics afgevoerd worden door en gestort bij een gespecialiseerde

afvalophalende en afvalstortende ondernemingen, in het verdere verloop van deze eindverhandeling kortweg GAAO genoemd. Dit scenario zal onderwerp zijn van hoofdstuk 6.

Een laatste, derde scenario (3), in wat volgt omschreven als het **visionair scenario**, speelt zich af binnen het domein van een meer en meer opkomend thema, een nieuwe vorm van denken, zijnde de bedrijfssynergie. Een synergie is een begrip dat een proces beschrijft waarbij het samengaan van delen meer oplevert dan de som van de individuele delen, in dit geval een samenwerking vergeleken met onafhankelijk handelende ondernemingen. Men gaat dus als onderneming op zoek naar één of meerdere andere ondernemingen, al dan niet in geografische nabijheid van mekaar, waarmee men een samenwerkingsovereenkomst kan bereiken. Deze samenwerking kan betrekking hebben op allerlei verschillende factoren, gaande van energie tot grond- en hulpstoffen, het delen van grote kosten en/of investeringen,... Carcoustics heeft dit vernieuwend gedachtegoed de laatste jaren in de praktijk omgezet, met in het geval van polypropreen afval een samenwerking met het bedrijf Arnold uit Duitsland, en in het geval van polyetheen een synergie met de Nederlandse onderneming Schmitz B.V.

Om in de volgende hoofdstukken een duidelijke, transparante vergelijking te kunnen maken van de economische meerwaarde van het herinzetten van afvalstoffen, is het nuttig nu reeds even stil te staan bij de ondernemingen Arnold en Schmitz en wat hun kernactiviteiten zijn, aangezien ook deze bedrijven uitvoerig deel zullen uitmaken van de analyses.

Arnold GmbH is een Duitse onderneming gevestigd in het centrum van Duitsland. In het begin was het een onderneming enkel gericht op rubber, maar dezer dagen is het uitgegroeid tot een firma met een breed spectrum producten in de polymerentechniek, meer bepaald in de elastomeren en thermoplasten. Polypropreen behoort tot deze laatste

groep kunststoffen. Het fabriceren en verzenden van alle elastomeren en thermoplastische kunststoffen als hulpstukken, extrusie- en stansonderdelen en prototypen behoort tot de dagdagelijkse werkzaamheden van dit bedrijf. Zij produceren producten voor diverse markten zoals de machinebouwindustrie, automobielsector, medicijnen- en sanitairindustrie enzovoort.

Wat betreft de alternatieve verwerking van PE kunststoffen is de Nederlandse firma Schmitz B.V., waarvan het hoofdkantoor gelegen is in Roermond, zeer gerenommeerd. Schmitz B.V. is de producent van de Schmitz producten die verkocht worden door de verkoopsorganisatie Schmitz Foam Products B.V. Verder bevindt zich onder de Schmitz holding ook nog het Transportbedrijf Schmitz B.V. Schmitz herverwerkt industriële polyethyleen reststoffen tot nieuwe, hoogwaardige en gediversifieerde producten zoals de RecyTop, S-Foam, Proplay en Floramat . Men is aldus actief in zeer verschillende markten, onder meer in de tunnelbouw, de aanleg van sportvelden, kinderspeelplaatsen, daktuinen, manegebakken, stortplaatsen en dergelijke.

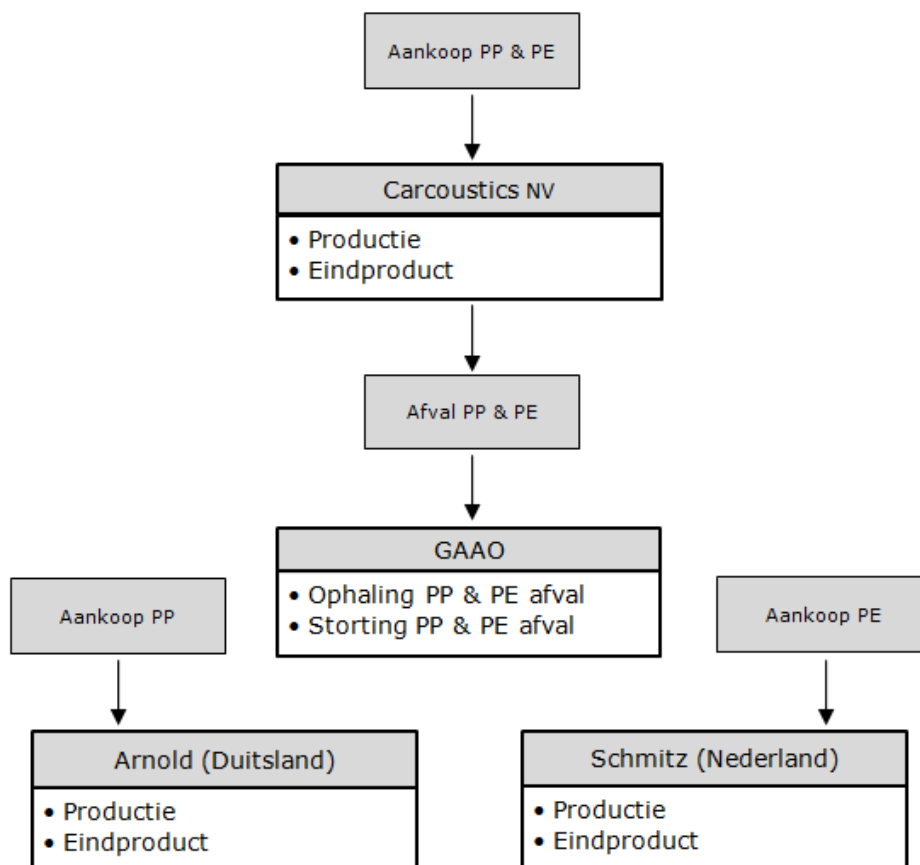
Hoofdstuk VI: Economische analyse zonder Industriële Symbiose

In wat volgt zal er een economische analyse gemaakt worden van wat in hoofdstuk vijf paragraaf 5.4 omschreven werd als het BAU scenario, zijnde het door Carcoustics (laten) afvoeren en storten van haar afvalstromen polypropreen en polyetheen kunststoffen. Daarbij zal er uitgegaan worden van verschillende tabellen die reeds in vorig hoofdstuk werden voorgesteld en die belangrijke data bevatten voor de opbouw van het te voeren onderzoek. Op de ecologische aspecten zal dieper ingegaan worden op het einde van hoofdstuk 7, bij de vergelijking van de twee modellen die besproken zullen worden in dit en volgend hoofdstuk.

Aangezien wijzigingen in de gebruikte parameters een gevoelig afwijkend resultaat teweeg zouden kunnen brengen, zal hoofdstuk 8 volledig gewijd worden aan een sensitiviteitsanalyse van zowel het BAU scenario, dat nu besproken zal worden in dit hoofdstuk, als het visionair scenario, dat het onderwerp zal uitmaken van volgend hoofdstuk.

Om een goed onderbouwde economische analyse te kunnen maken is het belangrijk niet enkel te focussen op het afvalbeheer zelf, maar zeker ook te kijken naar de implicaties hiervan op het aankoopproces en de transportkosten. In figuur VI-1 wordt een algemene schets weergegeven van de situatie waarin nog diverse bedrijven zich bevinden, meer bepaald een werkomgeving zonder industriële symbiose tussen ondernemingen. Dit impliceert dat we uitgaan van een scenario waarbij Carcoustics enkel samenwerkt met andere bedrijven met betrekking tot haar kernbedrijfsactiviteiten (core business activities) zoals onder andere aankoop en verkoop. Om zich te ontdoen van haar productieafval bijvoorbeeld, in dit specifiek geval PP en PE afvalstromen, doet men beroep op de diensten van een gespecialiseerde afvalophalende en afvalstortende

onderneming (GAAO). Analooq zouden ook Arnold en Schmitz, respectievelijk gelegen te Duitsland en Nederland, geen deel uitmaken van een symbioseproject en aldus geen afvalstoffen van Carcoustics overnemen om in hun productieproces te (her-)gebruiken.



Figuur VI-1: Schematische voorstelling BAU scenario

6.1 Assumpties m.b.t. analyse

Vooraleer er van start gegaan wordt met de specifieke uitwerking van het BAU scenario, loont het de moeite om even enkele assumpties te maken en deze bondig te verantwoorden.

Een eerste assumptie wordt gemaakt met betrekking tot de dieseltoeslag die veel transportbedrijven momenteel extra aanrekenen op transport van goederen. Dit is het gevolg van de aanhoudende hoge noteringen van allerlei brandstoffen, waaronder ook diesel. Deze hoge prijzen zorgen bij transportbedrijven voor een structurele meerkost, waardoor ze genoodzaakt worden dit te verrekenen in hun eindfactuur naar de klant toe. Aangezien verschillende ondernemingen verschillende tarieven, berekeningen en aldus toeslagen vermelden, zal er voor het opzet van dit onderzoek gewerkt worden met één vaste dieseltoeslag, verkregen via een prijsofferte via mail (zie bijlage 8), van 7.1%. Dit percentage zal doorheen de volledige analyse, voor beide scenario's (BAU en visionair), toegepast worden.

Een volgende veronderstelling werd gemaakt in verband met de breedte en dikte van de rollen PE en PP die Carcoustics aankoopt als grondstoffen, en dit om het aantal kubieke meters te kunnen bepalen, wat dan weer noodzakelijk is om een gefundeerde schatting van de transportkosten (per vracht, per container,...) te kunnen maken. Omdat Carcoustics niet bereid bleek deze gegevens te verschaffen, wordt er voor PE uitgegaan van een breedte van 1 meter per rol, en een dikte van 4 centimeter. Voor PP zal dit een breedte zijn van 0,9144 meter en dikte van 5,08 centimeter. Enerzijds gebeuren deze schattingen op basis van de toepassingen waarvoor de grondstoffen polypropreen en polyetheen door Carcoustics worden aangetrokken. Anderzijds omdat de richtprijzen (bijlagen 6 en 7 voor resp. PE en PP) ook op deze maten berekend werden. Met betrekking tot deze richtprijzen echter dient ook nog aangehaald te worden dat deze berekend werden zonder rekening te houden met de koopkrachtpariteit (PPP: Purchasing Power Parity) tussen verschillende landen. Aangezien er gewerkt werd met productprijzen uit het buitenland zou dit verantwoord geweest zijn, maar voor het doel van deze studie was dit niet prioritair mede doordat de indexen tussen de betrokken landen geen wezenlijk grote verschillen vertonen.

Assumptie drie wordt gemaakt omtrent de kosten van de gespecialiseerde afvalophalende en afvalstortende ondernemingen. Jammer genoeg bevond zich geen enkele GAAO bereid om een prijsofferte op te stellen voor studenten ter ondersteuning van een masterproef. Daarom zijn berekeningen uitgevoerd voor dit gedeelte gebaseerd op prijzen die online terug te vinden zijn op het internet (Prijsindicatie afvalophalend -en verwerkend bedrijf, 2011), meer bepaald richtprijzen die een goede indicatie zouden moeten geven van de werkelijke kosten. Verder wordt er een bijkomende assumptie gemaakt met betrekking tot het aantal transporturen per containervracht, zijnde een vrachtwagenrit heen en terug tussen Meerbeek (GAAO waarvoor prijzen online staan) en Genk (Carcoustics). Deze reistijd inclusief laden en lossen wordt op drie transporturen vastgelegd.

Een volgende veronderstelling betreft de afvalhoeveelheden waarover Carcoustics beschikt. Deze worden geacht de totale inpuhoeveelheden weer te geven die Schmitz voor PE en Arnold voor PP nodig hebben. Dit impliceert dat in het BAU model de enige aangekochte PE of PP hoeveelheden van deze ondernemingen evenredig zullen zijn met de hoeveelheden afval die zij in het visionair scenario zullen hergebruiken van Carcoustics, ervan uit gaande dat dit hun enige nodige PE en PP input is.

Een laatste, niet te versmaden assumptie is er één inzake het productieproces en hier uit voortkomend eindproduct, zowel voor de ondernemingen Carcoustics, Arnold en Schmitz. Vooreerst worden de kosten van het productieproces en het eindproduct bij Carcoustics niet in de analyse opgenomen aangezien er geen verschillen te bemerken vallen tussen beide scenario's. Verder wordt ook deze gedachtegang gevolgd voor de productie en/van het eindproduct bij zowel Schmitz als Arnold. Er wordt namelijk van uitgaan dat de manier waarop de producten worden bekomen -aankoop van primaire grondstof of het hergebruik als secundaire grondstof-, behalve eventuele voorafgaande verwerkingskosten, geen financiële veranderingen teweeg brengt in het productieproces

van het eindproduct. Dit impliceert dat er ook geen verschillen zouden opdagen tussen het BAU scenario en dat met industriële symbiose. Voor de transparantie van deze eindverhandeling en omdat de ondernemingen geen financiële data aangaande hun productieproces wensten mee te delen, zullen de economische factoren van het productieproces aldus buiten beschouwing gelaten worden.

6.2 Financieel model van onafhankelijke ondernemingen

De financiële analyse die in dit gedeelte zal besproken worden is chronologisch opgesteld en zal aldus in de volgorde van de levensloop van PE en PP behandeld worden. In een eerste gedeelte zal het aankopen van de grondstoffen door Carcoustics en bijhorende transportkosten onder de loep genomen worden. In een volgend gedeelte zal het financieel plaatje van het ophalen en storten van het afval door een GAAO uitvoerig aan bod komen. In een derde paragraaf zal er dieper ingegaan worden op de aan te kopen hoeveelheden PE en PP, voor Schmitz en Arnold respectievelijk, en de daarmee verbonden transportkosten. De laatste paragraaf geeft een transparant overzicht van de bekomen resultaten

6.2.1 Aankoop primaire grondstoffen door Carcoustics

Gegevens over het aankoopproces van PE en PP werden verschaft door Carcoustics aan de hand van het invullen van opgestelde vragenlijsten, die terug te vinden zijn in bijlagen 3 en 4. Het aantal meters aangekochte schuimstof op rol werd reeds in tabelvorm voorgesteld in vorig hoofdstuk, meer bepaald tabel V-1 voor PP en tabel V-3 voor PE. De hoeveelheden voor het jaar 2010 werden vastgelegd op 341.330 en 1.332.732 meter respectievelijk.

Aangezien het aankoopbeleid van Carcoustics voorschrijft geen aankooprijzen mee te delen aan derden, was het niet mogelijk om hierover via de directe weg informatie te verkrijgen. Door middel van prijzen beschikbaar online (Foam Sales PE Price, 2012; RCFoam, 2012) was het mogelijk om volgende prijzen per lopende meter te berekenen: PE wordt verondersteld te worden aangekocht aan 31,69 €/lopende meter (berekening bijlage 6), PP aan 17,33 €/lopende meter (berekening bijlage 7).

Hierop wordt tabel VI-1 gebaseerd, een overzicht van de geschatte kosten die Carcoustics jaarlijks oploopt met betrekking tot de PE en PP schuimstoffen op rol. Wat betreft polyetheen gaat het hier om een bedrag van om en bij de 42 miljoen euro. Verder wordt er voor een bedrag polypropeen schuimstof aangekocht ten belope van 5,9 miljoen euro.

Tabel VI-1: Aankoop grondstoffen & bijhorende transportkosten

Totaal aangekochte PE door Carcoustics	1.332.732,00	meter
Prijs per lopende meter PE	31,69	€
<i>Totaalprijs PE</i>	<i>42.234.277,08</i>	<i>€</i>
Totaal aangekochte PP door Carcoustics	341.330,00	meter
Prijs per lopende meter PP	17,33	€
<i>Totaalprijs PP</i>	<i>5.915.248,90</i>	<i>€</i>
Transportkosten voor Carcoustics	2,78	€/m ³
Aantal m ³ PE	53.309,28	
Aantal m ³ PP	15.855,30	
<i>Totale transportkosten</i>	<i>192.123,83</i>	<i>€</i>
Dieseltoeslag 7,1 %	13.640,79	€
<i>Totaal inclusief dieseltoeslag</i>	<i>205.764,62</i>	<i>€</i>

Dit zijn echter niet de enige gegevens die af te lezen zijn in deze tabel. Zo goed als alle leveranciers rekenen bovenop de standaardprijs voor hun producten ook nog eens

transportkosten aan, vaak per vracht (en bijgevolg is een berekening per kubieke meter mogelijk). Zowel de huidige toeleverancier van PE, Trocellen, als de leverancier van PP, Sekisui Alveo, zijn actief doorheen heel Europa met heel wat vestingen in diverse landen. Dit vergemakkelijkt natuurlijk het transport en de bijhorende transportkosten. De kostprijs van 2,78 €/m³ werd bekomen door de € 250 vervoerskosten, terug te vinden in de prijsofferte van bijlage 8, te delen door het aantal kubieke meters voor deze prijs, zijnde 2 containers van elk 45 m³ is 90 m³. De hoeveelheden PE en PP kubieke meters werd op volgende wijze bekomen (tabel VI-2):

Tabel VI-2: Berekening totaal aantal aan te kopen kubieke meters PE

Aankoop PE Carcoustics	Dichtheid (in kg/m ³)	Lengte (in m)	Gewicht (in kg)
aangekochte PE 33 kg/m ³ op rol	33	827090	1091758,8
aangekochte PE 40 kg/m ³ op rol	40	3700	5920
aangekochte PE 55 kg/m ³ op rol	55	176980	389356
aangekochte PE 60 kg/m ³ op rol	60	18400	44160
aangekochte PE 70 kg/m ³ op rol	70	248842	696757,6
aangekochte PE 115 kg/m ³ op rol	115	480	2208
aangekochte PE 140 kg/m ³ op rol	140	57240	320544
totaal aangekochte PE		1332732	2550704,4
Totaal aantal kubieke meters PE		53309,28	
PE op rol: geschatte breedte van een rol:		1 meter	
PE op rol: geschatte dikte van een rol:		0,04 meter	

Door de assumpties te gebruiken die gemaakt werden omtrent de breedte en dikte van de aangekochte rollen, zijnde resp. 1 en 0,04 meter, was het mogelijk kolom vier, het gewicht in kilogram te berekenen aan de hand van de formule:

$$\text{Dichtheid (kg / m}^3\text{)} \times \text{Lengte (m)} \times \text{Breedte (m)} \times \text{Dikte (m)} = \text{Gewicht (kg)}$$

In een laatste fase dienen dan de gevonden gewichten (kolom 4) gedeeld te worden door de bijhorende dichtheden (kolom 2) en van deze getallen de som genomen te worden om

op deze manier het totaal aantal kubieke meters te weten, zijnde 53.309,28 m³. Deze berekening werd ook nog eens volledig analoog gevoerd voor PP op basis van tabel VI-3, met dit verschil dat hier de dikte en breedte van de rol resp. 0,0508 en 0,9144 meter bedroegen:

Tabel VI-3: Berekening totaal aantal aan te kopen kubieke meters PP

Aankoop PP Carcoustics	Dichtheid (in kg/m ³)	Lengte (in m)	Gewicht (in kg)
aangekochte PP 40 kg/m ³ op rol	40	2800	5202,57024
aangekochte PP 70 kg/m ³ op rol	70	9650	31378,00176
aangekochte PP 140 kg/m ³ op rol	140	57500	373934,736
aangekochte PP 150 kg/m ³ op rol	150	271380	1890902,025
totaal aangekochte PP		341330	2301417,333
Totaal aantal kubieke meters PP		15855,29732	
PP op rol: geschatte breedte van een rol:		0,9144 meter	
PP op rol: geschatte dikte van een rol:		0,0508 meter	

Met een totaal resultaat van 15.855,30 kubieke meters. Voor de concrete uitwerking van de transportkosten bleek het tevens belangrijk om rekening te houden met de eerste assumptie uit paragraaf 6.1 omtrent de dieseltoeslag, die voor deze case op 7.1% vastgelegd werd. Na het vermenigvuldigen van de transportprijs per kubieke meter met het totaal aantal kubieke meters aangekochte grondstoffen en deze hoeveelheid vermenigvuldigd met factor 1,071 (dieseltoeslag), bekomen we een totale transportkost van iets meer dan 200.000 euro op jaarbasis.

De totale aankoopprijs van PE en PP gesommeerd met de totale transportkosten geeft een totaal voor het aankoopproces van 48.355.290,60 euro. Deze gegevens zijn ook terug te vinden in bijlage 9 waarin de totaalvergelijking van beide scenario's (BAU en visionair) samengevat wordt.

6.2.2 Ophalen en storten afval door GAAO

Wanneer men als onderneming te maken krijgt met (veel) afvalstoffen voortkomend uit het productieproces, van eender welke vorm, is het in vele gevallen zo dat men gaat zoeken naar de meest voor de hand liggende, gemakkelijkste oplossing. In hun zoektocht naar deze gemakkelijke oplossing komen de bedrijven dan maar al te vaak onmiddellijk uit bij GAAO's, gespecialiseerde afvalophalende en afvalstortende ondernemingen. Eén van de redenen hiervoor kan zijn dat men als bedrijf zelf niet over de nodige middelen beschikt, bijvoorbeeld afvalcontainers met voldoende volume, de geschikte transportmogelijkheden en dergelijke. Op dat ogenblik kunnen GAAO's vanzelfsprekend oplossingen op maat aanbieden die op het eerste zicht enorm interessant blijken. De klant betaalt een bepaalde overeengekomen som per container, per transport of per periode en de dienstverlener zorgt voor de ophaling en verdere verwerking van de voor de onderneming overbodige, niet te hergebruiken afvalstoffen.

In het specifieke geval van Carcoustics hebben zij na hun productieproces te maken met een bepaalde hoeveelheid afval van de kunststoffen polypropreen en polyetheen. Gegevens van het jaar 2010, terug te vinden in bijlagen drie en vier, tonen aan dat het hier respectievelijk gaat om hoeveelheden van 52 en 112 ton afval. De 52 ton PP afval werd verspreid over vier verschillende dichtheden maar zoals weergegeven in tabel V-2 heeft het grootste afvalgedeelte (82.2%) een dichtheid van 150 kg/m^3 . Van de 112 ton PE afval heeft het grootste gedeelte een dichtheid van 33 kg/m^3 (42.8%) of 70 kg/m^3 (27.3%), goed voor een totaal van 70.1% van de afvalproductie van PE, zoals te zien was in tabel V-4.

De boven vermelde hoeveelheden van 52 ton PP en 112 ton PE komen overeen met respectievelijk $358,13 \text{ m}^3$ en $2.340,07 \text{ m}^3$, zoals weergegeven in tabel VI-4. Vooreerst dient gezegd te worden dat na diverse aanvragen geen enkele firma die

gespecialiseerd is in het afhalen en storten van afval zich bereid vond om een offerte op te stellen om een masterproefwerk te ondersteunen. Dit heeft ertoe geleid dat de financiële data waarmee gewerkt wordt in tabel VI-4 gebaseerd zijn op standaardprijzen die een GAAO op haar website tentoon heeft gespreid (Prijsindicatie afvalophalend -en verwerkend bedrijf, 2011). Dit geldt zowel voor de diverse transportgerelateerde kosten als voor de stortingskosten. De transportkosten kunnen onderverdeeld worden in drie subcategorieën, zijnde een vaste kostprijs per container, de eigenlijke transportkosten per uur en de extra huurprijs per container per dag.

Tabel VI-4: Ophalen en storten afval door GAAO

Hoeveelheid afval PE	2.340,07		m ³
Hoeveelheid afval PP	358,13		m ³
<u>Ophaling & storting GAAO</u>	<u>PP</u>	<u>PE</u>	
Grootte afhaalcontainers	18,00	18,00	m ³
Aantal containers/jaar	19,90	130,00	
Aantal containers/jaar ROND	20,00	130,00	
Vaste kostprijs/container	495,00	495,00	€
Totaal vaste kostprijs	9.900,00	64.350,00	€
Aantal transporturen (3u/rit heen-terug)	60,00	390,00	
Kostprijs per transportuur	60,00	60,00	€
Totaal transportkosten	3.600,00	23.400,00	€
Aantal extra te rekenen dagen	325,00	105,00	
Meerprijs huren na 2 dagen	2,00	2,00	€/dag
Totale meerprijs	650,00	210,00	€
BTW 21%	2.971,50	18.471,60	€
Totale kostprijs transport	17.121,50	106.431,60	€
Totale kostprijs transport PE+PP	123.553,10		€
Hoeveelheid PE afval	112,00		ton
Hoeveelheid PP afval	52,00		ton
Kostprijs afval per ton	175,45		€/ton
Totale kostprijs storting	28.773,80		€

Enkele bemerkingen hierbij: de vaste kostprijs per container wordt geraamd op 495 euro exclusief BTW, en dit voor een container van 18 m³. Er werd in de berekeningen gewerkt met deze grootte van containers omdat dit de grootste (en aldus relatief goedkoopste) container is die de betreffende GAAO (die de prijzen op haar website tentoon stelde), in haar gamma heeft. Voor de eigenlijke transportkosten werd verondersteld, zoals in de assumpties reeds besproken, dat één transport, zijnde een heen- en terugreis, drie uur in beslag neemt. De laatste kost, meer bepaald de extra huurprijs per container per dag, begint slechts te tellen vanaf dag drie dat deze container gehuurd wordt.

Zoals zichtbaar in tabel VI-4 werd er wel gewerkt met de precieze hoeveelheden afval, zoals meegedeeld door Carcoustics. Dit geeft volgende getallen: een totaal van 150 containers afval PE plus PP per jaar, 450 transporturen en een totale kostprijs van € 123.553,10. Hierbij komt nog een kostprijs van € 28.773,80 voor het storten van deze kunststoffen, aangezien –ook volgens deze GAAO– de kostprijs per gestorte ton kunststof € 175,45 inclusief BTW bedraagt. Dit alles zorgt voor een totaal kostenplaatje ten belope van € 152.326,90 op jaarbasis voor Carcoustics.

6.2.3 Aankoop primaire grondstoffen door Schmitz en Arnold

In het scenario dat op dit ogenblik geanalyseerd wordt, gaan we er van uit dat er tussen de betrokken ondernemingen niet samengewerkt wordt in de vorm van een industriële symbiose. Dit wil zeggen dat Schmitz en Arnold in dit geval geen beroep doen op de polyetheen en polypropeen schuimafvalstoffen van Carcoustics als secundaire grondstof, wat tot gevolg heeft dat zij hun grondstoffen op een alternatieve manier zouden moeten bekomen. De meest logische manier is deze waarbij deze bedrijven de elementen, nodig voor het vervaardigen van hun producten, rechtstreeks gaan aankopen bij een leverancier. De nodige hoeveelheid PE en PP voor respectievelijk Schmitz en Arnold is te zien in tabel VI-6.

Bij het berekenen van deze hoeveelheden leek het mij aangewezen uit te gaan de gegevens die Carcoustics zelf verschaft heeft. De volgende verhoudingen werden berekend (tabel VI-5):

Tabel VI-5: procentuele verhouding afval / aangekochte hoeveelheid PE en PP

% afval PE t.o.v. aangekochte PE (kg's)	Waarde (in %)	Hulpberekeningen
schuimstofafval PE 33 kg/m ³	4,39%	=47936 kg/1091758,8 kg * 100
schuimstofafval PE 40 kg/m ³	3,78%	=224 kg/5920 kg * 100
schuimstofafval PE 55 kg/m ³	4,40%	=17136 kg/389356 kg * 100
schuimstofafval PE 60 kg/m ³	4,31%	=1904 kg/44160 kg * 100
schuimstofafval PE 70 kg/m ³	4,39%	=30576 kg/696757,6 kg * 100
schuimstofafval PE 115 kg/m ³	5,07%	=112 kg/2208 kg * 100
schuimstofafval PE 140 kg/m ³	4,40%	=14112 kg/320544 kg * 100
Gewogen gemiddelde percentage afval t.o.v. aangekochte PE	4,39%	=112000 kg/2550704,4 kg * 100

% afval PP t.o.v. aangekochte PP (kg's)	Waarde (in %)	Hulpberekeningen
schuimstofafval PE 40 kg/m ³	2,00%	=104 kg/5202,57 kg * 100
schuimstofafval PE 70 kg/m ³	2,32%	=728 kg/31378 kg * 100
schuimstofafval PE 140 kg/m ³	2,25%	=8424 kg/373934,74 kg * 100
schuimstofafval PE 150 kg/m ³	2,26%	=42744 kg/1890902 kg * 100
Gewogen gemiddelde percentage afval t.o.v. aangekochte PP	2,26%	=52000 kg/2301417,3 kg * 100

Aan de hand van de percentages in kolom 2 van tabel VI-5 was het vervolgens mogelijk om, via vermenigvuldiging met de aangekochte hoeveelheden PP en PE, respectievelijk weergegeven in tabel V-1 en V-3, het totaal benodigde aantal meters (tabel VI-6: 7.709,79 en 58.501,92 meter resp.) schuimstoffen te bekomen. De geschatte prijzen die in paragraaf 6.2.1 gebruikt werden bleven vanzelfsprekend ook hier van toepassing, zodat de aankooprijzen voor deze kunststoffen berekend konden worden. Verder bleef de transportkost per kubieke meter dezelfde, zodat ook deze calculatie analoog kon verlopen. Sommatie van de diverse kostengroepen leert ons dat de opgelopen kosten voor Schmitz met betrekking tot PE ongeveer 1,86 miljoen euro bedragen, terwijl het verkrijgen van de nodige hoeveelheid polypropreen voor het productieproces van Arnold dit het bedrijf iets minder dan € 135.000 kost.

Tabel VI-6: Aankoop primaire grondstoffen door Schmitz & Arnold

Totaal aangekochte PE door Schmitz	58.501,92	meter
Prijs per lopende meter PE	31,69	€
Totaalprijs PE	1.853.925,96	€
Totaal aangekochte PP door Arnold	7.709,79	meter
Prijs per lopende meter PP	17,33	€
Totaalprijs PP	133.610,65	€
Transportkosten voor Schmitz	2,78	€/m ³
Aantal m ³ PE	2.340,08	m ³
Totale transportkosten	6.500,21	€
Dieseltoeslag 7,1 %	461,52	€
Transport Schmitz incl. toeslag	6.961,73	€
Transportkosten voor Arnold	2,78	€/m ³
Aantal m ³ PP	358,13	m ³
Totale transportkosten	994,81	€
Dieseltoeslag 7,1 %	70,63	€
Transport Arnold incl. toeslag	1.065,44	€

6.2.4 Financiële resultaten zonder industriële symbiose

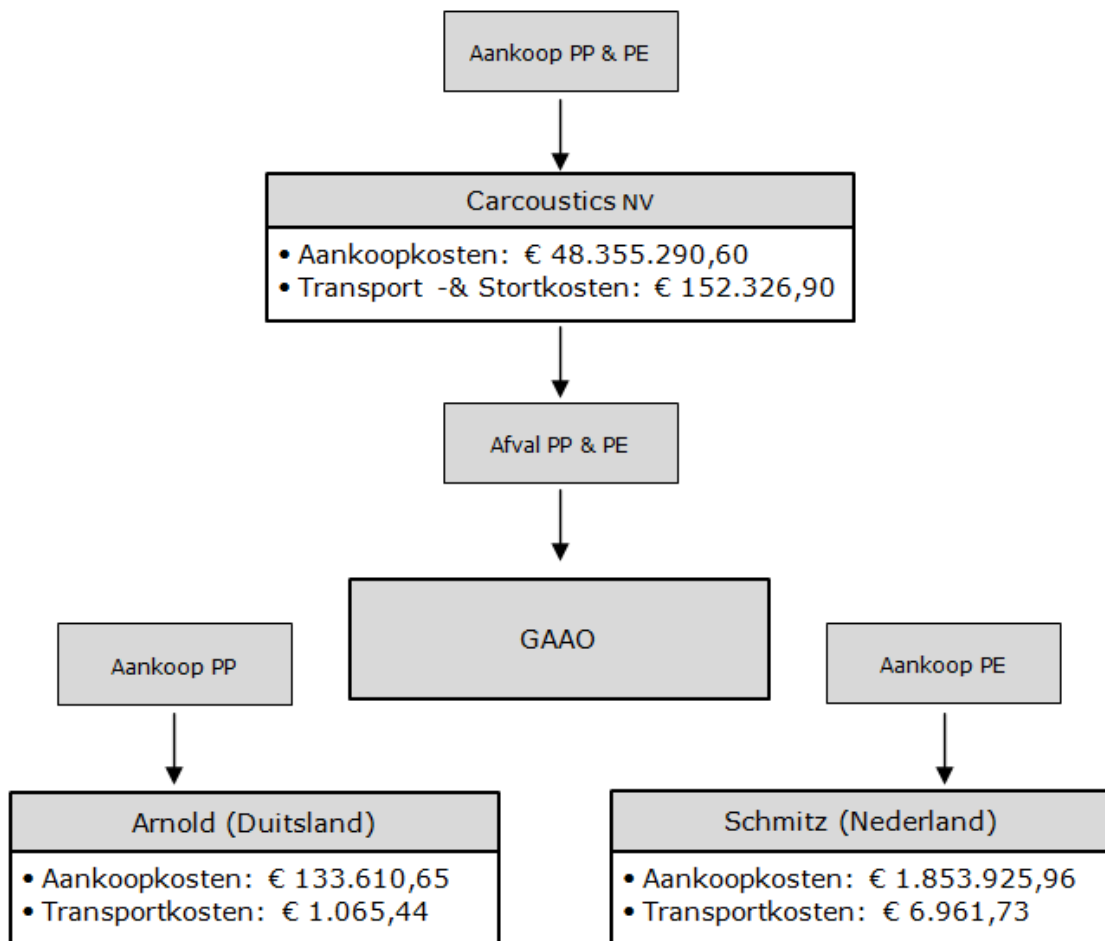
In bijlage 6 wordt een algemeen overzicht getoond van alle kosten omtrent aankoop en afvalbeheer waarmee de diverse betrokken ondernemingen te maken krijgen met betrekking tot de kunststoffen PE en PP in het geval er geen sprake is van industriële symbiose. Hierbij zou een GAAO fungeren als oplossing voor het afvalprobleem van Carcoustics. In dit geval zouden de diverse kostenposten van Carcoustics, Schmitz en Arnold te samen oplopen tot een bedrag van € 50.503.181,27, zoals samengevat in tabel VI-7. Wanneer we echter enkel naar de kosten kijken die verschillend zijn tussen de

beide modellen (dus exclusief de **primaire** grondstoffen aankoop), bekomen we voor het BAU model een totaal kost van 2.353.655,29 euro.

Tabel VI-7: Totale kostenposten zonder Industriële Symbiose

Totaalkost grondstoffen	€	50.137.062,59
Totaalkost ophaling & transport	€	337.344,89
Totaalkost storten & balen persen	€	28.773,80
Totale kostprijs	€	50.503.181,27
Totale kostprijs excl. Primaire aankoop	€	2.353.655,29

Aangezien elke onderneming in de eerste plaats rekening houdt met haar eigen kostenverloop en met welke verbeteringen men eventueel kan implementeren in haar processen om deze kosten te minimaliseren, is het belangrijk om de deelenkosten te kunnen toewijzen aan de juiste betrokken onderneming. Om hier een duidelijk beeld van te schetsen, werd er opnieuw een beroep gedaan op figuur VI-1 uit dit hoofdstuk. Nu worden echter niet enkel de stromen weergegeven, maar worden ook de kosten per onderneming gevisualiseerd (figuur VI-2). Hieruit wordt duidelijk dat Carcoustics in dit model een totale kost van € 48.507.617,50 oploopt voor de aankoop van PE en PP kunststoffen op rol inclusief transport -en stortkosten na gebruik in het productieproces, terwijl Schmitz en Arnold respectievelijk 1.860.887,69 euro en 134.676,09 euro betalen voor de nodige grondstoffen en bijhorend transport.

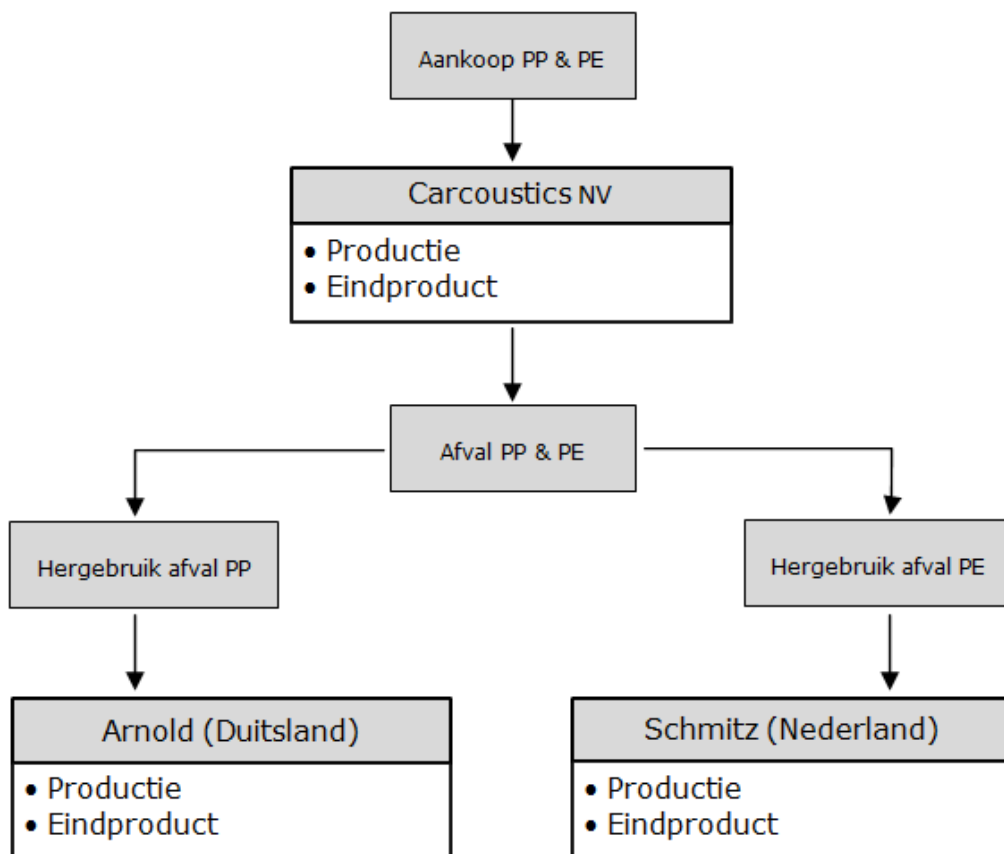


Figuur VI-2: Schematisch overzicht opgelopen kosten per onderneming

Om deze absolute aantallen te kunnen duiden loont het de moeite eerst het andere concrete scenario uit te werken, het scenario dat uitgaat van industriële symbiose tussen de betrokken ondernemingen. Dit zal het onderwerp zijn in het eerste gedeelte van hoofdstuk 7. Dit hoofdstuk zal erna afgesloten worden met enerzijds een bondige vergelijking van beide economische modellen en anderzijds een schets van de ecologische implicaties van beide scenario's.

Hoofdstuk VII: Economische & Ecologische analyse Industriële Symbiose

Na de bespreking van het BAU model in vorig hoofdstuk, is het nu tijd om een analyse te maken van een alternatief model, meer bepaald dat waarin er een industriële symbiose samenwerking bestaat tussen de betrokken ondernemingen Carcoustics, Schmitz en Arnold. Deze symbiose, die specifiek gebaseerd is op een innovatieve vorm van afvalbeheer, opent nieuwe perspectieven voor alle drie de entiteiten, die weergegeven worden in figuur VII-1. Ook de productstromen verschillen merkbaar van deze in figuur VI-1, die eveneens een concreet overzicht illustreerde voor het BAU scenario.



Figuur VII-1: schematische voorstelling visionair scenario: industriële symbiose

Hierop is te zien dat zowel Arnold als Schmitz een overeenkomst hebben bedongen met Carcoustics voor het ophalen van het kunststofafval, zijnde polyetheen schuim voor Schmitz en polypropreen schuim voor Arnold. Aan deze overeenkomst is echter een voorwaarde verbonden die van belang is voor de komende economische studie. Zo dient zowel het PP als PE schuimstofafval door Carcoustics tot balen geperst te worden vooraleer Arnold en Schmitz ze komen ophalen. Deze voorwaarde kwam naar boven tijdens de bevraging van Carcoustics NV, opgenomen in bijlage 3, en werd bevestigd door Schmitz B.V. (bijlage 5). Door deze symbiose met betrekking tot het afvalbeheer dient Carcoustics echter niet langer beroep te doen op de diensten van een gespecialiseerde afvalophalende en afvalstortende onderneming, terwijl ze in het BAU model wel nog verplicht waren zulk een bedrijf in te schakelen om zich te ontdoen van hun afvalstromen. In figuur VII-1 is dan ook duidelijk te merken dat Carcoustics, Schmitz en Arnold zijn overgeschakeld naar een samenwerkingsverband omtrent een activiteit die voor geen van de drie ondernemingen tot de kernactiviteiten behoort, met name het afvalbeheer.

7.1 Assumpties

Alvorens een blik te werpen op het economisch model van het visionair, industrieel symbiose scenario, is het nodig om nog even enkele belangrijke assumpties uit vorig hoofdstuk op te frissen en enkele nieuwe, die enkel toepasselijk zijn voor het huidige model, te introduceren.

Een eerste assumptie is volledig analoog met deze uit hoofdstuk 6. Logischerwijs dient de dieseltoeslag van 7,1% (bijlage 8), die transportondernemingen aanrekenen ten gevolge van aanhoudende hoge noteringen van allerlei brandstoffen, eveneens in het symbiose model opgenomen te worden en verrekend te worden in de transportkosten.

Ook een tweede veronderstelling blijft in het visionair model van toepassing, namelijk omtrent de breedte en dikte van de primaire grondstoffen die Carcoustics aankoopt. Respectievelijke maten van 1 meter en 4 centimeter (PE, zie bijlage 6) en 0,9144 meter op 5,08 centimeter (PP, bijlage 7) blijken aanvaardbare schattingen voor de toepassingen waarvoor polypropeen en polyetheen binnen Carcoustics aangetrokken worden.

Een derde algemene assumptie die voor beide modellen kan gemaakt worden heeft betrekking op het buiten beschouwing laten van economische factoren van het productieproces. Dit geldt voor zowel de onderneming Carcoustics als de partners waarmee zij de industriële symbiose mee is aangegaan, het Nederlandse Schmitz en het Duitse Arnold. Een uitgebreide verantwoording voor deze keuze werd reeds in vorig hoofdstuk gegeven. De belangrijkste redenen hiervoor blijven echter dat er verondersteld wordt dat er voor het productieproces geen financiële verschillen tussen beide scenario's te onderscheiden zijn, met uitzondering van verwerkingskosten waarmee in het visionair model rekening dient gehouden, en dat de betrokken ondernemingen geen financiële data omtrent hun productieproces wensten vrij te geven. Bovengenoemde verwerkingskosten zullen niet in de economische analyse zelf aan bod komen, maar er zal in de conclusie aandacht geschonken worden in die zin dat er gekeken zal worden hoe hoog deze verwerkingskosten mogen oplopen zodat het visionair model nog steeds economisch rendabel blijft.

Wat betreft de aankooprijzen die in de analyse worden gebruikt voor PE en PP per lopende meter, en die respectievelijk in bijlagen 6 en 7 gedetailleerd uitgewerkt worden, dient er een kleine randbemerking gedaan te worden. Zo wordt bij de berekening in bovengenoemde bijlagen de koopkrachtpariteit van de betrokken landen niet in acht genomen. De verantwoording van deze keuze werd reeds bij de assumpties van het BAU model afgelegd.

Een laatste veronderstelling betreffende de input van Schmitz en Arnold werd ook reeds in de assumpties van vorig hoofdstuk aangehaald. Hier wordt ervan uitgegaan dat de afvalstoffen PE en PP die resp. opgehaald en hergebruikt worden door Schmitz en Arnold, de enige PE en PP grondstoffen zijn die ze nodig hebben in hun productieproces.

7.2 Financieel model van de industriële symbiose

Het financieel model dat hier uitgewerkt wordt, is opgesteld op basis van de elementen uit figuur VII-1 en zal deze chronologisch bediscussiëren. De eerste stap is en blijft de aankoop van de primaire grondstoffen door Carcoustics, en zal besproken worden in de volgende paragraaf. Het volgende gedeelte behandelt dan de kostprijs van het tot balen persen van het PE en PP afval schuimstof. In de daaropvolgende paragraaf zal er een woordje uitleg gegeven worden omtrent de vermeden kosten door het hergebruik van PE en PP en de opgelopen transportkosten. Tot slot zullen de financiële resultaten die deze concrete industriële symbiose met zich meebrengt geanalyseerd worden en vergeleken met deze van het BAU model. Paragraaf 7.3 zal dit hoofdstuk afsluiten en handelt over de ecologische implicaties van beide modellen.

7.2.1 Aankoop primaire grondstoffen door Carcoustics

De hoeveelheid aan te kopen primaire grondstoffen PE en PP die Carcoustics nodig heeft in haar productieproces om haar eindproducten te kunnen vervaardigen, blijft in het industrieel symbiosemodel hetzelfde als onder het BAU model. In de bespreking van eerstgenoemd model werd al aangehaald dat de door Carcoustics zelf ter beschikking gestelde data omtrent deze kunststoffen dateren van het jaar 2010, en dat deze geschatte hoeveelheden 341.330 meter PP en 1.332.732 meter PE betrof. Deze getallen werden reeds in tabelvorm gegoten in tabellen V-1 en V-3 respectievelijk.

Tabel VII-1 is volledig identiek aan tabel VI-1 uit vorig hoofdstuk, en geeft aldus de berekeningen van de totale aankoopkosten en transportkosten weer. Voor verdere uitleg wordt er dan ook terug verwezen naar paragraaf 6.2.1 waarin alle parameters uitgebreid werden verklaard. De totaalkost voor aankopen en transport van PE en PP is analoog met het BAU model ook voor het visionair model 48.355.290,60 euro.

Tabel VII-1: Aankoop grondstoffen & transportkosten

Totaal aangekochte PE door Carcoustics	1.332.732,00	meter
Prijs per lopende meter PE	31,69	€
<i>Totaalprijs PE</i>	<i>42.234.277,08</i>	<i>€</i>
Totaal aangekochte PP door Carcoustics	341.330,00	meter
Prijs per lopende meter PP	17,33	€
<i>Totaalprijs PP</i>	<i>5.915.248,90</i>	<i>€</i>
Transportkosten voor Carcoustics	2,78	€/m ³
Aantal m ³ PE	53.309,28	
Aantal m ³ PP	15.855,30	
<i>Totale transportkosten</i>	<i>192.123,83</i>	<i>€</i>
Dieseltoeslag 7,1 %	13.640,79	€
<i>Totaal inclusief dieseltoeslag</i>	<i>205.764,62</i>	<i>€</i>

7.2.2 Balen persen

De inhoud van deze paragraaf bouwt voort op een belangrijke voorwaarde voor de ondernemingen Schmitz en Arnold om deel te nemen aan het industrieel symbioseproject, een voorwaarde die reeds in de inleiding van dit hoofdstuk werd aangehaald. Om van een geslaagde en lucratieve samenwerking te kunnen spreken, is het voor deze twee ondernemingen namelijk van belang dat zowel de PE schuimstof voor Schmitz als het PP afval voor Arnold, tot balen wordt geperst. Dit om een gemakkelijker

en compacter vervoer te kunnen garanderen. Deze twee bedrijven hebben aldus bedongen dat zij respectievelijk het voor Carcoustics overbodige PE en PP afval komen ophalen op afroep zonder enige extra kost, op voorwaarde dat alles tot balen geperst wordt door Carcoustics, voor transport.

De kosten voor dit balenpersen kunnen niet precies weergegeven worden, maar een artikel van Unizo (2009) leert ons dat het voor de meeste bedrijven handiger is om een persmachine te huren dan zelf eentje aan te kopen. Verder haalt een medewerker van Van Gansewinkel in hetzelfde artikel aan dat de kostprijs van het huren van een grote persmachine schommelt tussen de 300 en 500 euro op maandbasis. Dit brengt ons tot de volgende korte omrekening op jaarbasis (tabel VII-2). We houden aldus rekening met een vaste kost voor het balenpersen van 6.000 euro/jaar.

Tabel VII-2: Berekening kosten balen persen op jaarbasis

Huur perscontainer	500,00	€/maand
Aantal maanden/jaar	12,00	
<i>Kosten voor balenpersen</i>	<i>6.000,00</i>	<i>€</i>

Deze berekening maakt deel uit van de totale kostenberekening van het industrieel symbiosemodel, dat kan teruggevonden worden in bijlage 9.

7.2.3 Vermeden aankoopkosten en transportkosten

Doordat de ondernemingen Schmitz en Arnold op regelmatige basis resp. PE en PP komen ophalen en deze dit kunststof afval hergebruiken als secundaire grondstof, vermijden zij op deze manier extra kosten, meer bepaald aankoopkosten van primaire grondstoffen. De enige kost die zij hierbij oplopen zijn de transportkosten van het PE en PP afval naar hun onderneming, wat zij volledig op hun dienen te nemen, dit in samenspraak met Carcoustics.

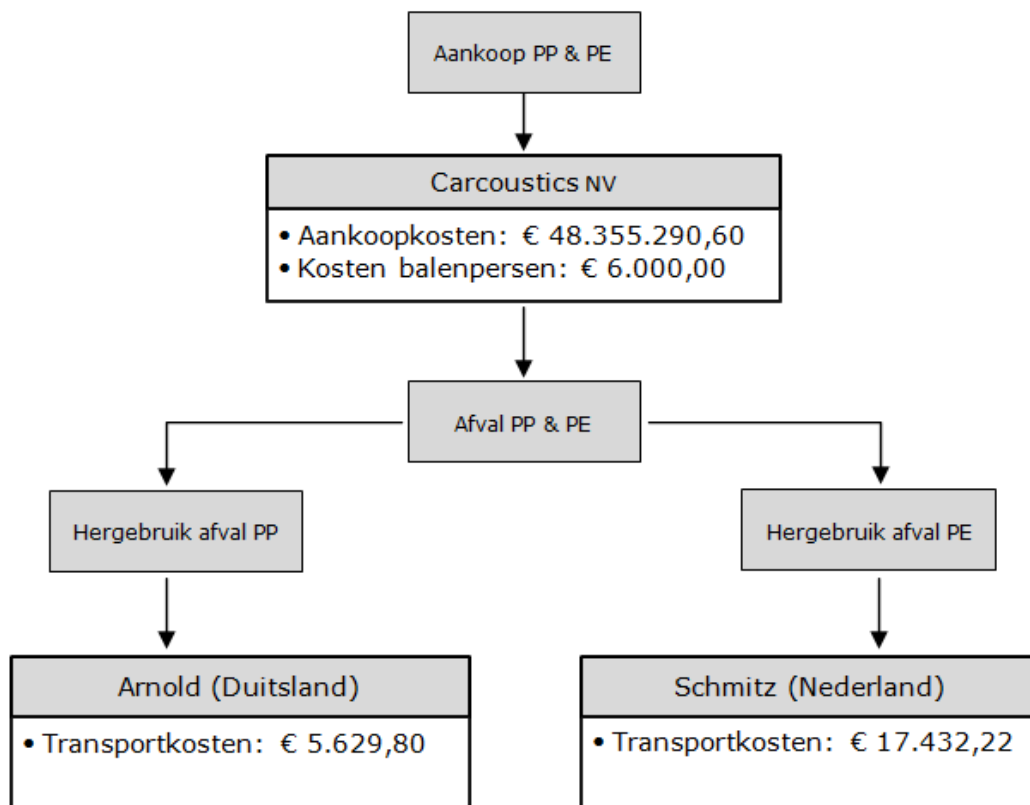
Deze kosten kunnen aldus per bedrijf opgesplitst worden, en worden berekend in volgende tabel VII-3:

Tabel VII-3: Berekening transportkosten Schmitz en Arnold

Vervoerskosten synergie	PP (D)	PE (NL)	
Grootte afhaalcontainers	45,00	45,00	m ³
Aantal containers/jaar	7,96	52,00	
Aantal containers/jaar ROND	8,00	52,00	
Containers (2) plaatsen te Genk	250,00	250,00	€/ 2 containers
Totaal vaste kostprijs	1.000,00	6.500,00	€
Huur per container per week	15,00	15,00	€
Aantal weken huur	104,00	104,00	€
Totale huurkosten	1.560,00	1.560,00	€
Vervoer & lossen containers (2)	700,00	320,00	€/ 2 containers
Aantal keren lossen/ jaar	4,00	26,00	€
Totale kosten vervoer & lossen	2.800,00	8.320,00	€
Dieseltoeslag 7,1% op vervoer	269,80	1.052,22	€
Totale vervoerskosten synergie	5.629,80	17.432,22	€

7.2.4 Financiële resultaten met industriële symbiose

Aangezien het hergebruik van PE en PP door resp. Schmitz en Arnold ervoor zorgt dat de verwerkingskosten -productiekosten zoals in de assumpties opgenomen buiten beschouwing gelaten- de laatst opgelopen kosten zijn doorheen het chronologisch overlopen van het industrieel symbioseproces, kan er nu overgegaan worden tot een bondige bespreking van de financiële resultaten. Hierbij zal de vergelijking met het BAU model vooropstaan, maar eerst zullen de kosten per betrokken onderneming nog even toegelicht worden (figuur VII-2).



Figuur VII-2: Schematisch overzicht opgelopen kosten per onderneming

Hierin zijn de volgende totaalkosten per onderneming te onderscheiden, totaalkosten die in tabel VII-4 vergeleken worden tussen beide scenario's:

Tabel VII-4: Kostenvergelijking per onderneming tussen beide scenario's

	Totaalkosten BAU (€)	Totaalkosten Industriële Symbiose (€)	%-kostenbesparing
Carcoustics	48.507.617,50	48.361.290,60	0,30%
Schmitz	1.860.887,69	17.432,22	99,06%
Arnold	134.676,09	5.629,80	95,82%

Hieruit valt dadelijk op te merken dat het bij Schmitz en Arnold gaat om kostenbesparingen van resp. 99 en 95,8%. Al is de redenering die er achter zit theoretisch zeker juist, toch dient dit percentage afgezwakt te worden door de laatste

assumptie uit paragraaf 7.1 nog eens te herhalen. Hierbij werd verondersteld dat de hoeveelheden PE en PP waarmee doorheen de volledige analyse gewerkt is, de hoeveelheden waren die respectievelijk Schmitz en Arnold nodig hadden voor hun volledig productieproces, wat ervoor zorgt dat kosten in tabel VII-3 hun enige PE en PP grondstofkosten zouden zijn. Dit is natuurlijk niet echt realistisch aangezien het hier gaat om grote bedrijven die meer PE en PP gebruiken als ze verkrijgen via Carcoustics. Daarom ook dienen de percentages met een kritisch oog bekeken te worden, maar vooral voor Schmitz (verschil van meer dan 1,8 miljoen tussen beide modellen) doet zich evenzeer een mooie financiële opportuniteit voor door de samenwerking, terwijl ook de andere ondernemingen er op economisch vlak een stap voorwaarts mee zetten. Een tweede belangrijk element echter is het feit dat het hergebruik van PE en PP hoogstwaarschijnlijk toch ook enige verwerkingskosten met zich mee zal brengen voor zowel Schmitz als Arnold. Dit impliceert dat de industriële symbiose voor deze bedrijven economisch rendabel blijft, en dus een positieve netto contante waarde (NCW) zal vertonen, zolang de verwerkingskosten voor het herinzetten van de PE onder de € 1.843.455,47 en die van PP onder de € 129.046,29 blijven voor resp. de Nederlandse en Duitse onderneming, zijnde de economische verschillen tussen beide modellen.

Zoals ook weergegeven in tabel VII-5 valt er in elke kostencategorie een verschil te bemerken tussen beide modellen. Nu zal de vergelijking gemaakt worden voor de volledige synergie.

Het verschil in de totaalkost van de grondstoffen is te wijten aan het feit dat er in het industrieel symbiosemodel geen primaire grondstoffen meer dienen aangekocht te worden door Schmitz en Arnold, terwijl dit in het BAU model wel het geval was. In absolute cijfers brengt dit een kostenbesparing van bijna € 2.000.000 met zich mee, procentueel gezien 3,96%. Ook met betrekking tot de totale kosten voor het ophalen en transporteren van zowel primaire grondstoffen als afvalstoffen valt er een procentueel

verschil op te merken van 32,17% in het voordeel van het visionair scenario. Dit valt grotendeels te verklaren doordat de transportkosten van de GAAO (Prijsindicatie afvalophalend -en verwerkend bedrijf, 2011) veel hoger liggen dan deze van een zuiver transportbedrijf (bijlage 8).

Ook in de categorie met diverse kosten (storten, balen persen) valt het op dat het visionair model in absolute en relatieve cijfers veel minder kosten met zich meebrengt. De kosten voor het storten van goederen uit het BAU model overstijgt namelijk die van het balen persen, wat een noodzakelijke kost binnen de synergie is. Dit laatste blijkt 79,15% goedkoper te zijn. Echter zoals al eerder aangehaald, zijn we er van uitgegaan dat er geen verwerkingskosten nodig zijn voor het herinzetten van het polyetheen en polypropreen afval. Dit is echter niet realistisch, en daarom zullen in deze diverse kostencategorieën ook de eventuele verwerkingskosten in rekening genomen moeten worden. Afhankelijk van hoeveel deze bedragen kan dit de balans binnen deze categorie doen omslaan, maar verwacht wordt evenwel dat deze kosten niet zullen opwegen tegen de vermeden aankoopkosten. Zo bekomen we een totale kostenbezuiniging van 4,20 procent of 2.118.828,66 euro, zoals te zien in tabel VII-5. Deze tabel wordt ook nog eens in groter formaat getoond in bijlage 9, pagina -xcc-.

Tabel VII-5: Vergelijking financiële resultaten

	<i>BAU model</i>	<i>Industriële Symbiose</i>	<i>Vershil absoluut</i>	<i>/relatief</i>
Totaalkost grondstoffen	€ 50.137.062,59	48.149.525,98	1.987.536,61	3,96%
Totaalkost ophaling & transport	€ 337.344,89	228.826,64	108.518,25	32,17%
Totaalkost storten & balen persen	€ 28.773,80	6.000,00	22.773,80	79,15%
Totale kostprijs	€ 50.503.181,27	48.384.352,62	2.118.828,66	4,20%
Totale kostprijs excl. Primaire aankoop	€ 2.353.655,29	234.826,64	2.118.828,66	90,02%

Echter wanneer we de aankoop van primaire grondstoffen polyetheen en polypropreen schuimstoffen door Carcoustics buiten beschouwing laten, wat duidelijk verantwoord kan worden door het feit dat dit de enige identieke kost is tussen beide modellen en aldus tegen elkaar zou wegvallen, wordt er eenzelfde absolute besparing van iets meer dan twee miljoen vastgesteld, maar vertegenwoordigd dit verschil nu een relatieve besparing van maar liefst 90,02%. Dit verschil is zeker significant te noemen en zoals reeds eerder vermeld geniet Schmitz zowel in absolute als in relatieve cijfers het grootste economisch voordeel aan deze synergie.

7.3 Ecologische implicaties van industriële symbiose

Het blijft echter niet bij de economische besparingen die met dit visionair samenwerkingsverband bereikt kunnen worden. Zo kan zulk een industriële symbiose tussen ondernemingen ook ecologische gevolgen met zich meebrengen. Aangezien de opmars van het duurzaam en milieubewust ondernemen nog steeds bezig is en voorspeld wordt nog even te blijven duren, is het zeker interessant even stil te staan bij de ecologische implicaties die deze concrete synergie teweeg heeft gebracht. Natuurlijk dient hierbij gezegd dat dit geen grote totaalimpact zal hebben, maar dit zou natuurlijk kunnen veranderen moesten meerdere bedrijven de opportuniteiten van deze samenwerkingsvorm ontdekken en in de praktijk omzetten.

Een eerste positief gevolg van de industriële symbiose tussen Carcoustics, Schmitz en Arnold is dat de extractie van diverse grondstoffen vermeden wordt door het hergebruik van de kunstafvalstoffen PE en PP door twee laatstgenoemde ondernemingen. Dit houdt in dat er in totaal 58.501,92 lopende meter PE en 8.953,29 lopende meter PP minder geproduceerd dient te worden door toeleveranciers, respectievelijk Trocellen en Sekisui Alveo. De **extractie van de grondstoffen** nodig om deze hoeveelheden schuimstof op rol te maken wordt aldus **vermeden**.

Een tweede gunstig milieueffect veroorzaakt door deze synergie heeft dan weer te maken met de afvalstoffen PE en PP bekomen na het productieproces bij Carcoustics. In het eerste model zouden deze gestort worden op de afvalberg, terwijl het tweede scenario voorziet in een creatieve, innovatieve en ecologisch voordelige oplossing voor dit afval. Dit heeft tot gevolg dat de **vermeden hoeveelheden afval** oplopen tot 112 ton en 52 ton voor respectievelijk polyetheen en polypropreen schuimafvalstoffen.

Hiermee samenhangend maar zeker apart het vermelden waard: in het BAU scenario, wanneer het gebruikte PE en PP gestort wordt, is de kans reëel dat deze afvalstoffen verbrand zullen worden. Deze verbranding brengt automatisch een bepaalde CO₂-uitstoot met zich mee. Deze emissies zijn afhankelijk van het materiaal en van de zuiverheid ervan, maar volgens Gielen en Okken (1993) zou deze vervuiling voor PE en PP ongeveer gelijkaardig zijn en al snel kunnen oplopen tot 3,14 ton CO₂ per verbrande ton afval, zoals af te lezen in tabel VII-6.

Tabel VII-6: Overzicht van de specifieke CO₂-emissies bij verbranding (Gielen en Okken, 1993)

Materiaal	CO ₂ [t/t]
PE	3,14
PP	3,14
PS	3,35
PET	2,29
PVC	1,42

Voor het aantal ton afval waarmee we in onze studie te maken kregen, zou deze verbranding in het BAU model aldus een negatief effect uitoefenen op het milieu van maar liefst:

$3,14 \text{ ton CO}_2/\text{ton kunststofafval} * [52 \text{ ton PP} + 112 \text{ ton PE}] = \mathbf{514,96 \text{ ton CO}_2 \text{ emissie}}$

Een laatste factor waarvan de financiële kant reeds uitvoerig in de economische analyse aan bod is gekomen, is die van het transport. Betrachting is vanzelfsprekend om ondernemingen te stimuleren zo weinig mogelijk transportkilometers te maken, aangezien dit eveneens gepaard gaat met een CO₂-uitstoot. Uit een studie van Menkveld (2001) bleek de emissie van dieselvrachtwagens 880 g CO₂/km te zijn. Wanneer we hiervan de berekening maken voor de 2 scenario's bekomen we volgende totale hoeveelheden CO₂ (tabel VII-7):

Tabel VII-7: Gegevens omtrent emissie van transport

Vertrekplaats - Eindplaats	Model	Afstand (km)	# enkele ritten	Emissie (g CO ₂ /km)	Totale emissie (kg CO ₂)
Osio Sopra (I) - Genk *	Beide	925	1.184	880	963.776
Culemborg (NL) - Genk *	Beide	173	352	880	53.588
Genk - Veltem	BAU	73	300	880	19.272
Osio Sopra (I) - Roermond (NL) *	BAU	923	52	880	42.236
Culemborg (NL) - Linsengericht (D) *	BAU	438	8	880	3.084
Genk - Roermond (NL)	I.S.	53	52	880	2.425
Genk - Linsengericht (D)	I.S.	351	8	880	2.471

** aangezien hier geen gegevens van beschikbaar zijn gaan we uit van transport van 90 m³ per rit zoals in offerte bijlage 6*

Osio Sopra is de thuishaven van Trocellen Italia, de huidige toeleverancier van PE voor Carcoustics. In Culemborg ligt de BeNeLux-afdeling van Sekisui Alveo, leverancier van PP. Verder is de GAAO waarvan online prijzen beschikbaar zijn gelegen in Veltem, Schmitz in Roermond en Arnold in Liesengericht. Met de gegevens uit deze tabel is het mogelijk volgende sommaties te maken om beide modellen te kunnen vergelijken:

963,776 ton + 53,588 ton + 19,272 ton + 42,236 ton + 3,084 ton

= 1.081,956 ton CO₂ [BAU]

963,776 ton + 53,588 ton + 2,425 ton + 2,471 ton

= 1.022,260 ton CO₂ [I.S.]

Dit geeft een verschil van 59,696 ton CO₂ minder verbruik ten voordele van het industrieel symbiosemodel. Dit komt overeen met een vermindering van CO₂-uitstoot ten gevolge van transport voor een percentage van 5,52% ten opzichte van het BAU scenario.

Samengevat kunnen we dus volgende positieve ecologische gevolgen onderscheiden die ontstaan door een synergie van Carcoustics, Arnold en Schmitz (tabel VII-8).

Tabel VII-8: Overzicht ecologische implicaties industriële symbiose

Ecologische gevolgen van deze concrete industriële symbiose:

- * Vermeden extractie van grondstoffen voor het maken van 58.501,92 lopende meter PE
 - * Vermeden extractie van grondstoffen voor het maken van 8.953,29 lopende meter PP
 - * Vermeden hoeveelheid schuimstof afval PE: 112 ton
 - * Vermeden hoeveelheid schuimstof afval PP: 52 ton
 - * Vermeden verbandingsemissies: 514,96 ton CO₂
 - * Vermeden emissies naar aanleiding van verminderde transportkm's: 59,70 ton CO₂
-

Hoofdstuk VIII: Monte-Carlo Analyse

Welke modellen men ook bestudeert en welke procesveranderingen men ook wilt doorvoeren, het loont steeds de moeite om een grondige economisch analyse te maken om na te gaan wat de financiële implicaties ervan zijn. Dit gebeurde reeds erg gedetailleerd in de vorige hoofdstukken. Vaak echter worden diverse parameters die deel uitmaken van zulk een analyse als veranderlijk/variabel beschouwd. Dit kan enerzijds omdat er onzekerheid bestaat over het feit of sommige parameters ook in de toekomst hetzelfde zullen blijven, of anderzijds omdat men in de analyse gebruik heeft gemaakt van schattingen van factoren. Dit is ook in mijn concreet model het geval. De Monte-Carlo sensitiviteitsanalyse is een veelgebruikte simulatietechniek die tot nut heeft de impact van risico's en onzekerheden in een financieel, kosten of ander voorspellingsmodel beter te reflecteren. De methode bootst 'Markov random walks' na binnen de structuur van het origineel probleem en schat hoeveelheden van de gewenste parameters uit deze willekeurige steekproeven (Wang, Gleich, Saberi, Etemadi, & Moin, 2008). Meer bepaald worden er voor de onzekere variabelen keer op keer willekeurig waarden gegenereerd om een model te simuleren. Meerdere scenario's van dit model worden gegenereerd door herhaaldelijk steekproefwaarden te nemen uit de waarschijnlijkheidsverdeling die opgesteld is voor deze onzekere waarden en de bekomen waarden te gebruiken in het model (Castro, da Silva, Bakuzis, & Miotto, 2005). De uitkomst van deze simulatie is een range van mogelijke oplossingen vergezeld van een nieuwe waarschijnlijkheidsverdeling (Castro et al., 2005). Verder wordt ook een individuele invloed per parameter opgesteld. Dit alles zal nu geconcretiseerd worden op basis van het economisch model opgesteld in vorige hoofdstukken. Hiervoor dienen enerzijds parameters uit het model geselecteerd te worden waarmee de nodige

onzekerheid gepaard gaat, anderzijds dienen ook de te voorspellen factoren waarop deze parameters effect hebben en die men wil onderzoeken, vooraf bepaald te worden. Vanaf dat moment zal het mogelijk zijn een Monte-Carlo analyse uit te voeren.

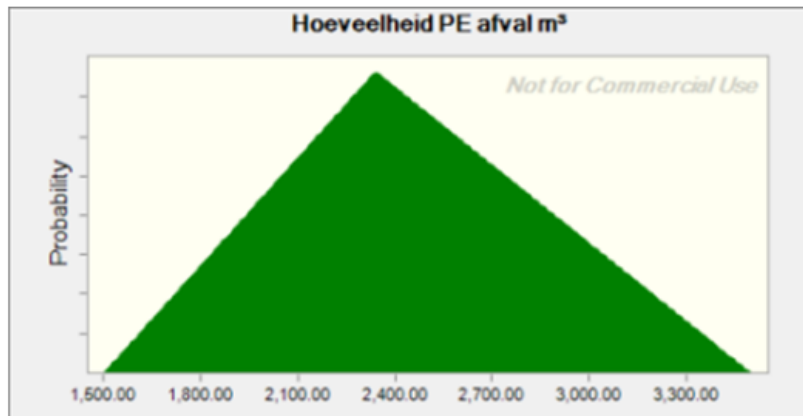
8.1 Identificatie van de onzekere parameters

Uit de economische analyse die reeds in de twee vorige hoofdstukken gebeurde, werden volgende parameters geselecteerd als zijnde onderworpen aan onzekerheid:

Tabel VIII-1: Voorstelling onzekere parameters

Onzekere parameter	Minimum	Maximum	Meest waarschijnlijk	Verdeling
Hoeveelheid PE afval (m ³)	1500	3500	2340,07	Triangulair
Hoeveelheid PP afval (m ³)	250	500	358,13	Triangulair
Prijs PE per lopende meter (€)	15	50	31,69	Triangulair
Prijs PP per lopende meter (€)	10	35	17,33	Triangulair
Transportkost per m ³ (€)	1	5	2,78	Triangulair

In tabel VIII-1 valt af te lezen dat alle parameters verondersteld worden een triangulaire verdeling te volgen, zoals weergegeven in figuur VIII-1 voor bijvoorbeeld de 'Hoeveelheid PE afval m³'. Aangezien deze kansverdelingen in werkelijkheid niet exact bekend zijn, blijkt het alvast een pragmatische oplossing om te werken met drie schattingen (min., max. en meest waarschijnlijke waarde) en hierop de triangulaire verdeling op toe te passen. Dit alles dient vastgelegd te worden om de range af te bakenen waarbinnen de 10.000 trials uitgevoerd zullen worden. Deze iteraties genereren op hun beurt een kansverdeling met betrekking tot de gewenste te onderzoeken factoren, die in volgende paragraaf besproken worden.



Figuur VIII-1: Triangulaire kansverdeling van hoeveelheid PE afval

8.2 Identificatie van de te onderzoeken outputfactoren

Aangezien het vrij staat om de outputfactoren te kiezen, heb ik me bij de keuze ervan gebaseerd op het feit welke factoren naar mijn mening het meeste extra verduidelijking konden teweegbrengen voor mijn praktijkgedeelte. De meest interessante factoren waarop de sensitiviteit van de inputparameters voor zowel het BAU model als het visionair model een invloed kan uitoefenen en die belangrijk zijn met het oog op de onderzoeksvraag, zijn de volgende:

- Het verschil in **totaalkost** tussen beide modellen in **absolute** waarden
- **Totaalkosten exclusief primaire grondstofaankoop & bijhorende transportkosten** (die identiek zijn voor beide modellen) zowel **absolute** als **relatieve** waarden

Het is tenslotte erg belangrijk om de financiële implicaties van wijzigingen in de aankooprijzen, transportprijs en hoeveelheden afval op deze factoren te kennen, aangezien dit de factoren zijn waarin ondernemingen geïnteresseerd zijn wanneer zij

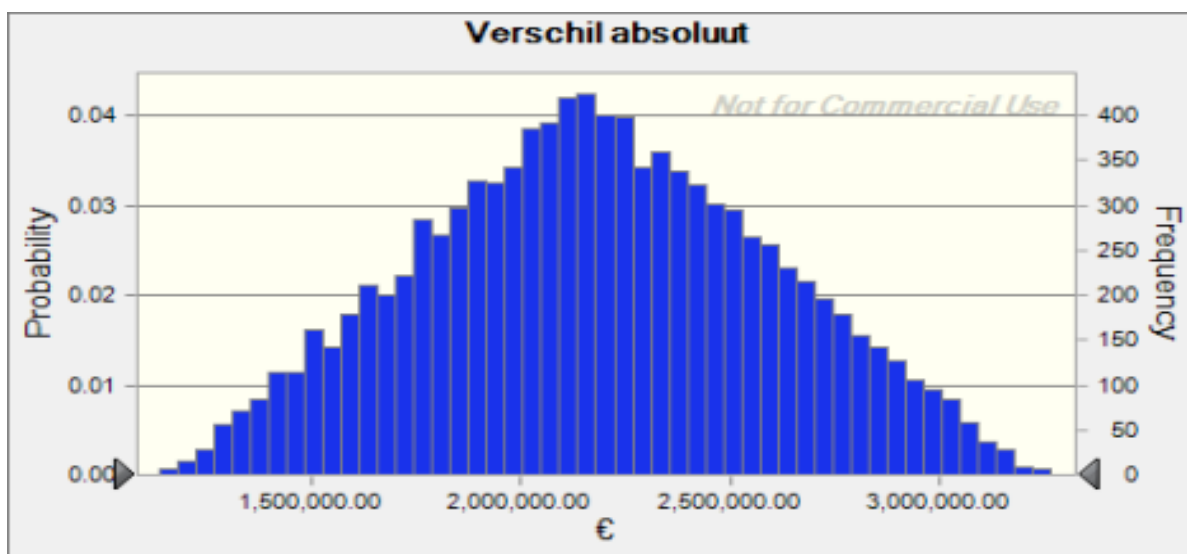
bijvoorbeeld procesveranderende beslissingen moeten nemen en deze beslissingen gestaafd willen zien.

In wat volgt zullen achtereenvolgens de totaalkosten en de totaalkosten exclusief primaire aankoop behandeld worden.

8.3 Monte-Carlo analyses

8.3.1 Totaalkosten absoluut: vergelijking tussen modellen

Vanaf het ogenblik dat de juiste in –en output paramaters gedefinieerd zijn, is het mogelijk om de eigenlijke Monte-Carlo simulatie te starten. Nadat de 10.000 trials zijn gedaan, wat in dit specifieke geval wil zeggen dat er 10.000 keer het absolute verschil (bijlage 10) berekend wordt met steeds veranderende parameters, werd volgende output bekomen (figuur VIII-2):

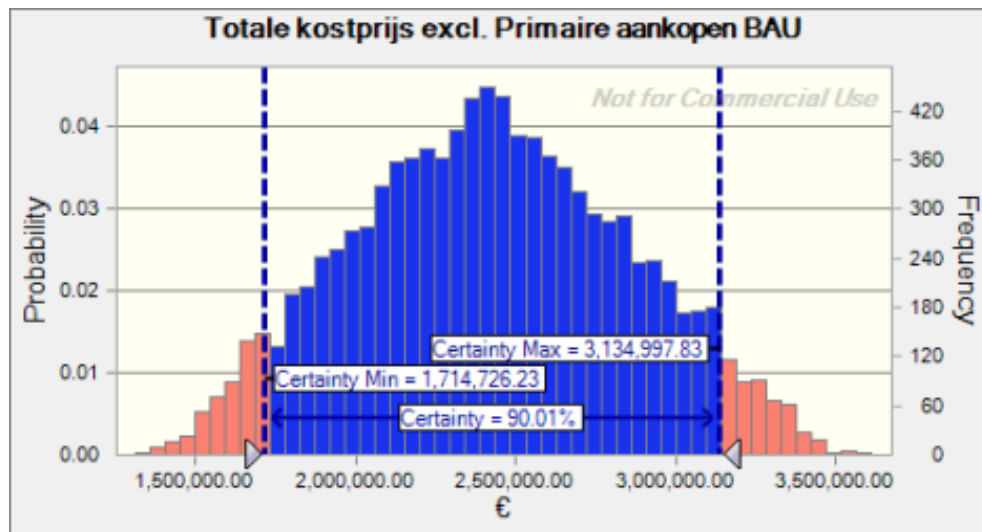


Figuur VIII-2: kansverdeling absoluut verschil tussen BAU en visionair model

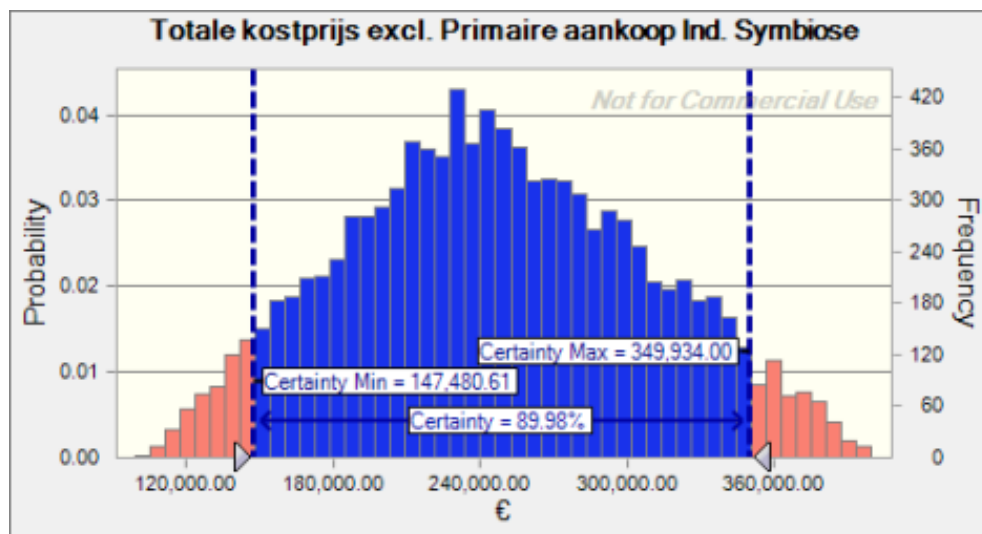
Deze kansverdeling geeft een gemiddeld absoluut verschil tussen beide scenario's weer van 2.182.257,57 miljoen euro, tegenover het basisscenario van € 2.118.828,66 dat bijgevolg nog eerder aan de lage kant ligt. Er werd een standaardafwijking ten opzichte van het gemiddelde vastgesteld van 4.178 en alle waarden bevinden zich in de range van € 1.138.532,18 – € 3.265.224,93, bijgevolg kan er geconcludeerd worden dat het industrieel symbiosemodel ook met veranderlijke parameters veruit rendabeler blijft dan het BAU model. Zoals uit de sensitiviteitsgrafiek uit bijlage 10 af te lezen valt, wordt het absolute verschil tussen beide modellen zo goed als volledig bepaald door de parameter 'prijs PE per lopende meter', die 98,9% van de beïnvloeding op haar neemt. Indien deze factor stijgt, daalt het absolute verschil, en visa versa. Deze parameter is aldus negatief gecorreleerd met de outputfactor. De 'prijs PP per lopende meter' blijkt daarenboven een positieve correlatie te bezitten, maar de invloed hiervan is eerder gering (0,80%).

8.3.2 Totaalkosten excl. Primaire aankoop & bijhorend transport

In de laatste paragraaf van dit hoofdstuk zal er aandacht geschonken worden aan de Monte-Carlo simulatie met als outputfactoren de **absolute** kosten exclusief de primaire aankoop (en bijhorende transportkosten) van beide modellen, en het **relatief** verschil hiertussen. Figuren VIII-3 en VIII-4 tonen de absolute kosten voor respectievelijk het BAU model en het industrieel symbiosemodel.



Figuur VIII-3: Totale kosten alle ondernemingen exclusief primaire aankopen: BAU

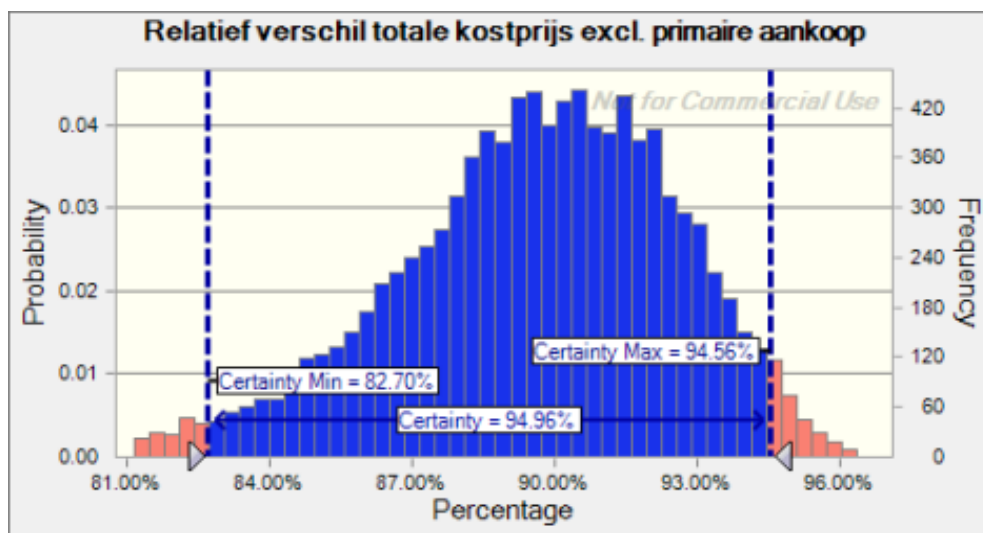


Figuur VIII-4: Totale kosten alle ondernemingen excl. primaire aankopen: I.S.

Voor beide modellen werd een 90%-betrouwbaarheidsinterval opgesteld, om de ranges te definiëren waarbinnen deze outputfactoren zich met deze waarschijnlijkheid bevinden. Voor Het BAU scenario is dit € 1.714.726,23 – € 3.134.997,83, voor het symbiosemodel

amper € 147.480,61 - € 349.934,00. Dit impliceert dat met veranderende inputfactoren de kloof tussen beide scenario's zeker niet verkleint in vergelijking met het basisscenario. Aangezien een groot deel van de aankoopkosten, meer bepaald de primaire aankoopkosten, buiten beschouwing wordt gelaten omwille van het feit dat deze voor beide modellen identiek zijn, is het logisch dat de sensitiviteitsgrafiek in bijlage 11 de 'Transportkost per kubieke meter' weergeeft als zijnde de meest invloedrijke inputfactor (99,9% verklarend).

Ten slotte werd een voorspelling opgesteld om een beter beeld te krijgen van het relatief verschil tussen de reeds boven gesimuleerde modellen van absolute totaalkosten exclusief primaire aankoopkosten. Dit leidde tot volgende kansverdeling (figuur VIII-5):



Figuur VIII-5: Relatief verschil totale kosten exclusief primaire aankoop

Met een gemiddelde van 89,56% ten opzichte van 90,02% in het basisscenario, en een 95%-betrouwbaarheidsinterval gaande van 82,70%-94,56%, is eveneens gebleken dat het een vorm van industriële symbiose enorm kostenbesparend kan zijn en effectief kan werken. Toch dient ook hier nog even de randopmerking gemaakt te worden dat de eventuele verwerkingskosten nog niet in acht zijn genomen. Zolang deze echter onder

bovenvermelde percentages blijven zal de synergie nog steeds winst putten (minder kosten oplopen) uit haar samenwerking.

Hoofdstuk IX: Algemene conclusie & Aanbevelingen

9.1 Algemene conclusie

Door het voeren van een verduidelijkende literatuurstudie, het opbouwen van een gedetailleerde economische schets, meer bepaald een maatschappelijke kosten-baten analyse, en het onderzoeken van enkele ecologische aspecten was het opzet van deze masterproef om te komen tot een antwoord op volgende centrale onderzoeksvraag:

Kan het deel uitmaken van een bedrijvencluster met betrekking tot het herinzetten van materialen economische en ecologische kansen creëren voor ondernemingen gelegen op het bedrijventerrein Genk-Zuid?

Overzichtstabel IX-1 leert ons dat er voor Carcoustics N.V. alsook voor haar partners voldoende economische redenen waren om een concrete industriële symbiose op poten te zetten omtrent het PE en PP afval Carcoustics bezat. Hierbij valt op dat in het visionair model alle betrokken ondernemingen een financieel voordeel bekomen in vergelijking met het BAU model, al is de grootte ervan zeker niet evenredig verdeeld.

Het blijft echter niet enkel bij het economisch gewin, ook de maatschappij heeft baat bij deze concrete samenwerking aangezien de ecologische implicaties zoals besproken in paragraaf 7.3 en eveneens samengevat in tabel IX-1, ook niet gering blijken.

Tabel IX-1: Overzicht economische en ecologische implicaties industriële symbiose.

Economische gevolgen van deze concrete industriële symbiose:	
* Kostenbesparing grondstoffen: € 1.987.536,61 of 3,96%	
* Kostenbesparing ophaling & transport: € 108.518,25 of 32,17%	
* Kostenbesparing storten & balen persen: € 22.773,80 of 79,15%	
* Totale kostenbesparing: € 2.118.828,66 of 4,20%	
* Carcoustics: 6,91 % van totale kostenbesparing	
* Schmitz: 87,00% van totale kostenbesparing	
* Arnold: 6,09 % van totale kostenbesparing	
Ecologische gevolgen van deze concrete industriële symbiose:	
* Vermeden extractie van grondstoffen voor het maken van 58.501,92 lopende meter PE	
* Vermeden extractie van grondstoffen voor het maken van 8.953,29 lopende meter PP	
* Vermeden hoeveelheid schuimstof afval PE: 112 ton	
* Vermeden hoeveelheid schuimstof afval PP: 52 ton	
* Vermeden verbandingsemissies: 514,96 ton CO ₂	
* Vermeden emissies naar aanleiding van verminderde transportkm's: 59,70 ton CO ₂	

Voor dit specifiek samenwerkingsverband bleek dat het industrieel symbiose concept enorm veel mogelijkheden kan bieden. Omdat er de dag van vandaag nog steeds enorm veel ondernemingen actief zijn die zich enkel bezighouden met kostenbesparende maatregelen met betrekking tot hun kernactiviteiten, ben ik van mening dat er zich, mits een grondige evaluatie en het zoeken naar juiste, betrouwbare partners, ook voor andere ondernemingen met betrekking niet-kern activiteiten nog enorme opportuniteiten kunnen voordoen. De moeilijkheid echter om deze opportuniteiten te ontdekken ligt hem mijns inziens in het feit dat veel ondernemingen te veel focussen op hun kernactiviteiten en moeite hebben om uit een oplossingsgerichte manier van denken te ontwikkelen buiten hun dagdagelijks kader. Om dit fenomeen te voorkomen zou het leerrijk kunnen zijn om nog meer gebruik te maken van intercompany werkgroepen, al dan niet geografisch bepaald en zoals er nu reeds verschillende zijn, opdat diverse noden, tekorten, afvalstromen, mogelijkheden en dergelijke gecentraliseerd en geverifieerd kunnen worden om zo gemakkelijker tot concrete oplossingen te komen. Moge één conclusie uit deze thesis duidelijk zijn: industriële symbiose vormt een van de pijlers waarop

ondernemingen toekomstgericht zeker nog meer en meer op zullen moeten vertrouwen om economische criteria en ecologische normen te blijven halen.

9.2 Aanbevelingen voor verder onderzoek

Ik hoop met dit onderzoek te hebben aangetoond dat het vormen van bedrijvensclusters en de economische en ecologische implicaties die dit teweeg kunnen brengen, een nog redelijk onontgonnen gebied waarbinnen zich enorm veel kansen kunnen voordoen. Met betrekking tot de concrete uitgewerkte gevalstudie zijn er zeker nog verdere onderzoeksmogelijkheden. Zo kwam uit de vragenlijsten die Carcoustics N.V. beantwoord heeft naar boven dat polypropeen op dit ogenblik wel kan heringezet worden in het productieproces van haar leverancier, zijnde Sekisui Alveo, maar dat dit tot op heden nog niet economisch rendabel blijkt te zijn. Verder onderzoek naar de rendabiliteit en de factoren die hierbij een rol kunnen spelen, zouden voor Carcoustics alternatieve mogelijkheden kunnen scheppen omtrent hun PP afval. Indien de rendabiliteit van deze piste verzekerd zou kunnen worden, zou dit bijvoorbeeld kunnen leiden tot een nog betere samenwerking tussen deze ondernemingen met nog scherpere aankooprijzen voor Carcoustics.

Een laatste topic dat zeker ook nog verder onderzoek verdient en wat één van de mogelijke factoren kan zijn waarom sommige ondernemingen die de mogelijkheid hebben om samen te werken, het vooralsnog niet doen, is de ongelijkheid van de financiële voordelen van een industriële symbiose tussen de betrokken bedrijven. Onderzoek naar de mogelijkheden om de economische voordelen van concrete bedrijfsclusters door middel van financiële modellen eerlijker te verdelen lijkt aangewezen om het initieel vormen van deze clusters te bevorderen.

Lijst met geraadpleegde werken

- Allen, D.T., Behmanesh, N. (1994). *Wastes as raw materials*. In Allenby BR, Richards DJ, editors. *The greening of industrial ecosystems*. Washington, DC: National Academy Press, 1994, 69-89. Opgevraagd via <http://books.google.be/books?hl=nl&lr=&id=60XT8qeb1UoC&oi=fnd&pg=PA69&dq=wastes+as+raw+materials&ots=gaK6qkDcX8&sig=3MbbP15LgcJ-2Andv-emtPEjFXk#v=onepage&q=wastes%20as%20raw%20materials&f=false>
- Alpern, B., Lemos de Sousa, M.J. (2002). Documented international enquiry on solid sedimentary fossil fuels; coal: definitions, classifications, reserves-resources, and energy potential [Elektronische versie]. *International Journal of Coal Geology*, 50, 3-41.
- Ausubel, J.H., & Sladovich, H.E. (1989). *Technology and environment*. Washington, DC: National Academy Press. Opgevraagd via: http://books.google.be/books?hl=nl&lr=&id=Ih6piyCS8loC&oi=fnd&pg=PA1&dq=a+usubel+technology+and+environment&ots=Gtv_BcznaA&sig=UtkiHnH3N_7PhEOH_6PXBpob5oQ#v=onepage&q&f=false
- Ayres, R.U. (2004). On the life cycle metaphor: where ecology and economics diverge [Elektronische versie]. *Ecological Economics*, 48, 425-438.
- Ayres, R.U. (2008). Sustainability economics: where do we stand? [Elektronische versie]. *Ecological Economics*, 67, 281-310.
- Behrens, A., Giljum, S., Kovanda, J., & Niza, S. (2007). The material basis of global economy: worldwide patterns of natural resource extraction and their implications for sustainable resource use policies [Elektronische versie]. *Ecological Economics*, 64, 444-453.

- Belkin, N.L. (1995). Reduce, Reuse, Recycle [Elektronische versie]. *AORN*, 62 (3), 333.
- Berkhout, P.H.G., Muskens, J.C., & Velthuisen, J.W. (2000). Defining the rebound effect [Elektronische versie]. *Energy policy*, 28, 425-432.
- Bretschger, L. (2005). Economics of technological change and the natural environment: How effective are innovations as a remedy for resource scarcity? [Elektronische versie]. *Ecological Economics*, 54, 148-163.
- Chertow, M.R. (2004). *Industrial Symbiosis. Encyclopedia of energy*. Oxford: Elsevier.
- Castro, L.L., da Silva, M.F., Bakuzis, A.F., & Miotto, R. (2005). Aggregate formation on polydisperse ferrofluids: A Monte Carlo Analysis [Elektronische versie]. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 293, 553-558.
- Cohen, D. (2007). Earth's natural wealth: an audit [Elektronische versie]. *New Scientist magazine*, 2605, 34-41.
- Cohen-Rosenthal, E. (2004). Making sense out of industrial ecology: a framework for analysis and action [Elektronische versie]. *Journal of cleaner production*, 12, 1111-1123.
- Dai, J., & Chen, B. (2010). Materials Flows Analysis of fossil fuels in China during 2000-2007 [Elektronische versie]. *Procedia environmental sciences*, 2, 1818-1826.
- Davis, J., Geyer, R., Ley, J., He, J., Clift, R., Kwan, A., Sansom, M., & Jackson, T. (2007). Time-dependent material flow analysis of iron and steel in the UK Part 2. Scrap generation and recycling [Elektronische versie]. *Resources, Conservation and Recycling*, 51, 118-140.

- Domenech, T., & Davies, M. (2011). Structure and morphology of industrial symbiosis networks: the case of Kalundborg [Elektronische versie]. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 10, 79-89.
- Ehrenfeld, J., & Gertler, N. (1997). Industrial Ecology in practice: the evolution of interdependence at Kalundborg [Elektronische versie]. *Journal of industrial ecology*, 1 (1), 67-79.
- Energy Information Administration (2010). *International Energy Outlook 2010* [Elektronische versie]. Opgevraagd op 12 04, 2011, via <http://www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/pdf/0484%282010%29.pdf>
- European Commission (2009). *Statistical pocketbook* [Elektronische versie]. Opgevraagd op 29 04, 2011, via http://ec.europa.eu/energy/publications/statistics/doc/2009_energy_transport_figures.pdf
- European Commission (2010). *Facts and figures* [Elektronische versie]. Opgevraagd op 29 04, 2011, via <http://ec.europa.eu/enterprise/policies/raw-materials/facts-figures>
- Foam Sales PE Price (2012). Opgevraagd op 04 01 2012, via <http://www.foamsales.com.au/shop/categories/5>
- Gielen, D.J., & Okken, P.A. (1993). De invloed van kunststofrecycling op de Nederlandse CO₂-emissie [Elektronische versie]. Opgevraagd op 04 01 2012, via <ftp://ecn.nl/pub/www/library/report/1993/c93051.pdf>
- Giljum, S. (2004). Trade, material flows and economic development in the South: the example of Chile [Elektronische versie]. *Journal of Industrial Ecology*, 8(1-2), 241-261.

- Giljum, S., Behrens, A., Hinterberger, F., Lutz, C., & Meyer, B. (2008). Modelling scenarios towards a sustainable use of natural resources in Europe [Elektronische versie]. *Environmental science & policy*, 11, 204-216.
- Gordon, R.B., Bertram, M., & Graedel, T.E. (2006). Metal stocks and sustainability [Elektronische versie]. *PNAS*, 103 (5), 1209-1214.
- Graedel, T.E. (2002). Material substitution: a resource supply perspective [Elektronische versie]. *Resources, Conservation and Recycling* 34, 107-115.
- Haake, J. (1999). Sustainable development through dematerialisation and industrial transformation: a conceptual framework and research implications [Elektronische versie]. *International Journal of Sustainable Development*, 2 (4), 506-516.
- Hall, J.K., Daneke, G.A., & Lenox, M.J. (2010). Sustainable development and entrepreneurship: past contributions and future directions [Elektronische versie]. *Journal of Business Venturing*, 25, 439-448.
- Harper, E.M., & Graedel, T.E. (2004). Industrial ecology: a teenager's progress [Elektronische versie]. *Technology in Society*, 26, 433-445.
- Hertwich, E.G. (2005). Consumption and the rebound effect [Elektronische versie]. *Journal of Industrial Ecology*, 9, 85-98.
- Hodges, C.A. (1995). Mineral resources, environmental issues, and land use [Elektronische versie]. *Science*, 268, 1305-1311.
- Inch- Centimeter Converter. 2012. Opgevraagd 04 01 2012, via <http://eslus.com/Gizmos/inchcm.html>
- International Energy Agency (2010). *Key World Energy Statistics 2010* [Elektronische versie]. Opgevraagd op 12 04, 2011, via www.iea.org/textbase/nppdf/free/2010/key_stats_2010.pdf

- Jacobsen, N.B. (2006). Industrial Symbiosis in Kalundborg, Denmark : A quantitative assessment of economic and environmental aspects [Elektronische versie]. *Journal of Industrial Ecology*, 10, 239-255.
- Kates, R.W. (2000). Population and consumption: what we know, what we need to know [Elektronische versie]. *Environment*, 42 (3), 10-19.
- Kates, R.W., Clark, W.C., Corell, R., Hall, J.M., Jaeger, C.C., Lowe, I., McCarthy, J.J., Schellnhuber, H.J., Bolin, B., Dickson, N.M., Faucheux, S., Gallopin, G.C., Grubler, A., Huntley, B., Jäger, J., Jodha, N.S., Kaspersen, R.E., Mabogunje, A., Matson, P.A., Mooney, H.A., Moore, B., O'Riordan, T., Svedin, U. (2001). Sustainability Science [Elektronische versie]. *Science*, 292, 641-642.
- Konz, W., van den Thillart, C. (2002). *Industriële symbiose op bedrijventerreinen* [Elektronische versie]. Opgevraagd op 17 04 2011, via <http://alexandria.tue.nl/extra2/200210660.pdf>
- Krausmann, F., Gingrich, S., Eisenmenger, N., Erb, K.H., Haberl, H., & Fischer-Kowalski, M. (2009). Growth in global materials use, GDP and population during 20th century [Elektronische versie]. *Ecological Economics*, 68, 2696-2705.
- Krook, J. (2010). Urban and landfill mining: emerging global perspectives and approaches [Elektronische versie]. *Journal of cleaner production*, 18, 1772-1773.
- Lior, N. (2008). Energy resources and use: The present situation and possible paths to the future [Elektronische versie]. *Energy*, 33, 842-857.
- Lomborg, B. (2001). *The skeptical environmentalist: Measuring the real state of the world*. Cambridge University Press.
- Lowe, E.A., & Evans, L.K. (1995). Industrial ecology and industrial ecosystems [Elektronische versie]. *Journal of cleaner production*, 3 (1-2), 47-53.

- Maddison, A. (2008). Historical Statistics for the World Economy: 1-2006 AD. Opgevraagd op 10 04, 2011, via www.ggdc.net/maddison/Historical_Statistics/horizontal-file_09-2008.xls
 - McDonough, W., Braungart, M. (2002). *Cradle to cradle: remaking the way we make things*. U.S.: North Point Press.
 - Menkveld, M. (2001). *Verificatie CO₂-meter voor de stichting Face* [Elektronische versie]. Opgevraagd op 03 01 2012, via <ftp://ecn.nl/pub/www/library/report/2001/c01106.pdf>
 - Messner, F. (2002). Material substitution and path dependence: empirical evidence on the substitution of copper for aluminum [Elektronische versie]. *Ecological Economics*, 42, 259-271.
 - Meyer, F. M., & Grassmann, J. (2003). A global assessment on the present and future availability of copper ore [Elektronische versie]. *Erzmetall*, 56 (8), 413-419.
 - Michaelis, P., & Jackson, T. (2000). Material and energy flow through the UK iron and steel sector. Part 1: 1954-1994 [Elektronische versie]. *Resources, Conservation and Recycling*, 29, 131-156.
 - Mikesell, R.F. (1995). The limits to growth: a reappraisal [Elektronische versie]. *Resources policy*, 21, 127-131.
 - Mont, O., Dalhammar, C., & Jacobsson, N. (2006). A new business model for baby prams based on leasing and product remanufacturing [Elektronische versie]. *Journal of cleaner production*, 14, 1509-1518.
- Ploos van Amstel milieu consulting, (2010). Praktijkproef hergebruik geleiderail; ketenproject [Elektronische versie]. Opgevraagd op 29 05 2011, via <http://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:WW6ZmAFXABEJ:www.hergebruik>.

nu/Download.aspx%3Fdltype%3D1%26downloadrequest%3DEindrapport_zinkpilot_definitief_tcm24-338754.pdf+geleiderail+ketenproject&hl=nl&gl=be&pid=bl&srcid=ADGEESiyQOASBY9vNx2sLdkAP0JWGRGHcMeg_WrPVnirDlireiIffMQfs7b-2LMbvnt-NXlvIdWVfJi7kat7bhFKokm5DxQXdH3_L-9Y0dxft3Yku9wRs2dT6oYCLPqdXZ8sk03a5nBL&sig=AHIEtbRusbkRczGGvTpU8HdxrR6JhtyKLw

- Prijsindicatie afvalophalend -en verwerkend bedrijf. 2011. Opgevraagd op 24 12 2011, via <http://www.de-coninck.be/afvalverwerking/Activiteiten/Eencontainerhuren/Prijzen/tabid/501/Default.aspx>
- RCFoam Prijsindicatie PP. 2012. Opgevraagd op 04 01 2012, via http://www.rcfoam.com/product_info.php?cPath=82&products_id=634&osCsid=34c854e11b5455da891704141b4cd3e4
- Schatting afstand Osio Sopra-Genk. 2012. Opgevraagd op 02 01 2012, via [http://nl-be.mappy.com/#d\[\]=Osio+Sopra,+24040,+Lombardije,+Itali%C3%AB&d\[\]=Genk,+3600,+Vlaams+Gewest,+Belgi%C3%AB&endPos\[y\]=50.963559&endPos\[x\]=5.500185&ipo=1&lm=r&p=itinerary](http://nl-be.mappy.com/#d[]=Osio+Sopra,+24040,+Lombardije,+Itali%C3%AB&d[]=Genk,+3600,+Vlaams+Gewest,+Belgi%C3%AB&endPos[y]=50.963559&endPos[x]=5.500185&ipo=1&lm=r&p=itinerary)
- Schatting afstand Culemborg-Genk. 2012. Opgevraagd op 02 01 2012, via [http://nl-be.mappy.com/#d\[\]=Culemborg,+4101,+4102,+...,+4153,+Nederland&d\[\]=Genk,+3600,+Vlaams+Gewest,+Belgi%C3%AB&endPos\[y\]=50.963559&endPos\[x\]=5.500185&ipo=1&lm=r&p=itinerary](http://nl-be.mappy.com/#d[]=Culemborg,+4101,+4102,+...,+4153,+Nederland&d[]=Genk,+3600,+Vlaams+Gewest,+Belgi%C3%AB&endPos[y]=50.963559&endPos[x]=5.500185&ipo=1&lm=r&p=itinerary)
- Schatting afstand Genk-Veltem. 2012. Opgevraagd op 02 01 2012, via [http://nl-be.mappy.com/#d\[\]=Veltem,+3020,+Vlaams+Gewest,+Belgi%C3%AB&d\[\]=Genk,+3600,+Vlaams+Gewest,+Belgi%C3%AB&endPos\[y\]=50.963559&endPos\[x\]=5.500185&ipo=1&lm=r&p=itinerary](http://nl-be.mappy.com/#d[]=Veltem,+3020,+Vlaams+Gewest,+Belgi%C3%AB&d[]=Genk,+3600,+Vlaams+Gewest,+Belgi%C3%AB&endPos[y]=50.963559&endPos[x]=5.500185&ipo=1&lm=r&p=itinerary)
- Schatting afstand Genk-Roermond. 2012. Opgevraagd op 02 01 2012, via [http://nl-be.mappy.com/#d\[\]=Roermond,+6041,+6042,+...,+6071,+](http://nl-be.mappy.com/#d[]=Roermond,+6041,+6042,+...,+6071,+)

Nederland&d[]=Genk,+3600,+Vlaams+Gewest,+Belgi%C3%AB&endPos[y]=50.963559&endPos[x]=5.500185&ipo=1&lm=r&p=itinerary

Schatting afstand Osio Sopra – Roermond. 2012. Opgevraagd op 02 12 2012, via [http://nl-be.mappy.com/#d\[\]=Roermond,+6041,+6042,+...](http://nl-be.mappy.com/#d[]=Roermond,+6041,+6042,+...)

..,+6071,+Nederland&d[]=Osio+Sopra,+24040,+Lombardije,+Itali%C3%AB&endPos[y]=45.63&endPos[x]=9.585796&ipo=1&lm=r&p=itinerary

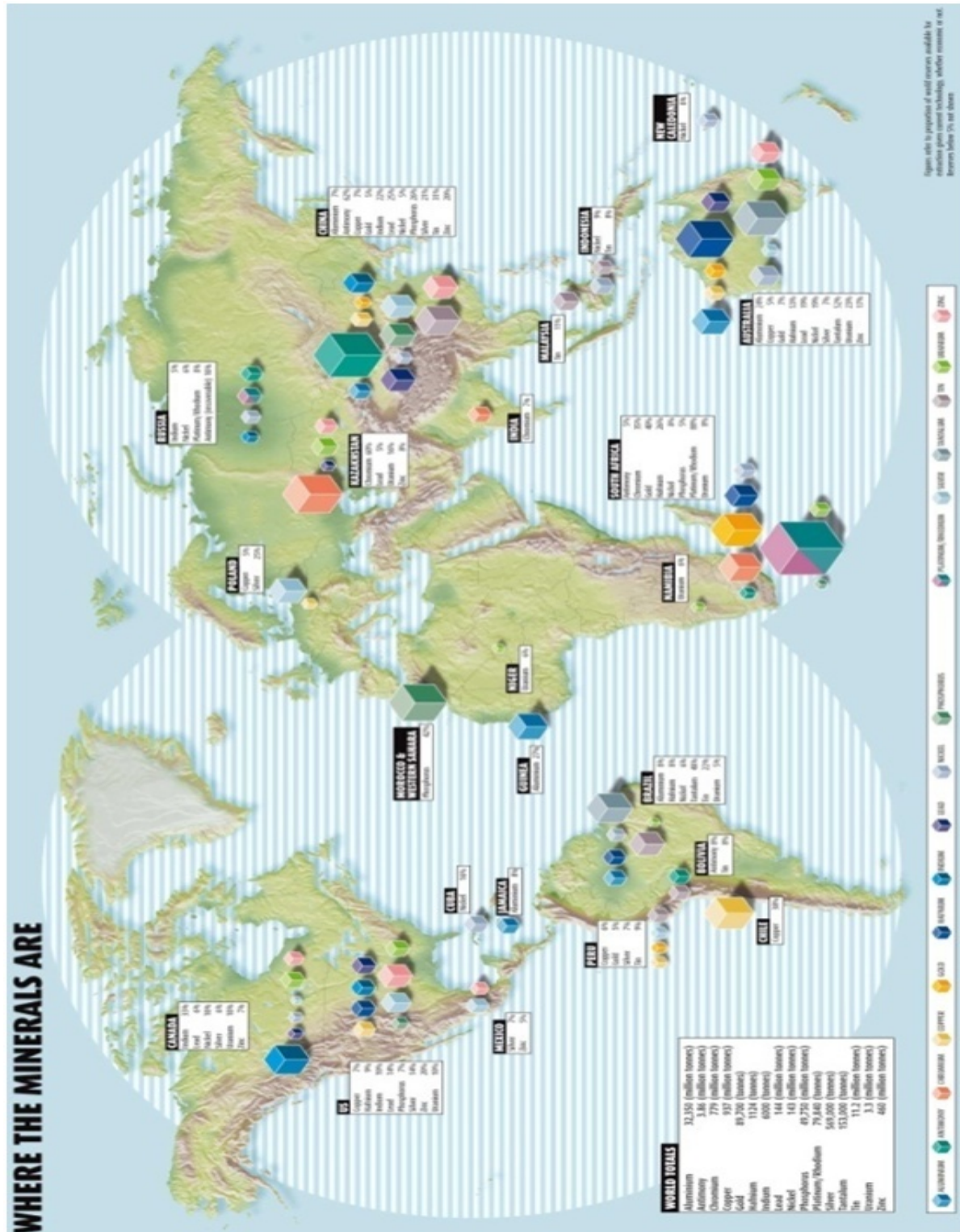
- Schatting afstand Culemborg – Linsengericht. 2012. Opgevraagd op 02 01 2012, via [http://nl-be.mappy.com/#d\[\]=Culemborg,+4101,+4102,+...](http://nl-be.mappy.com/#d[]=Culemborg,+4101,+4102,+...),
+4153,+Nederland&d[]=Linsengericht,+63589,+Hessen,+Duitsland&endPos[y]=50.186927&endPos[x]=9.196085&ipo=1&lm=r&p=itinerary
- Schatting afstand Genk-Linsengericht. 2012. Opgevraagd op 02 01 2012, via [http://nl-be.mappy.com/#d\[\]=Linsengericht,+63589,+Hessen,+Duitsland&d\[\]=Genk,+3600,+Vlaams+Gewest,+Belgi%C3%AB&endPos\[y\]=50.963559&endPos\[x\]=5.500185&ipo=1&lm=r&p=itinerary](http://nl-be.mappy.com/#d[]=Linsengericht,+63589,+Hessen,+Duitsland&d[]=Genk,+3600,+Vlaams+Gewest,+Belgi%C3%AB&endPos[y]=50.963559&endPos[x]=5.500185&ipo=1&lm=r&p=itinerary)
- Schotanus, F., Telgen, J., de Boer, L. (2009). Unraveling quantity discounts [Elektronische versie]. *Omega*, 37, 510-521.
- Schütz, H., Moll, S., & Bringezu, S. (2004). *Globalisation and the shifting environmental burden* [Elektronische versie]. Opgevraagd op 30 04, 2011, via http://www.wupperinst.org/uploads/tx_wibeitrag/WP134e.pdf
- Seager, T.P., Theis, T.L. (2002). A uniform definition and quantitative basis for industrial ecology [Elektronische versie]. *Journal of cleaner production*, 10, 225-235.
- Shafiee, S., & Topal, E. (2009). When will fossil fuel reserves be diminished? [Elektronische versie]. *Energy policy*, 37, 181-189.
- Shihab-Eldin, A., Hamel, M., & Brennand, G. (2004). Oil outlook to 2025 [Elektronische versie]. *OPEC Review*, 28, 155-205.

- Socolow, R., Andrews, C., Berkhout, F., & Thomas, V. (1994). *Industrial ecology and global change*. Cambridge University Press.
- Spatari, S., Bertram, M., Gordon, R.B., Henderson, K., & Graedel, T.E. (2005). Twentieth century copper stocks and flows in North America: A dynamic analysis [Elektronische versie]. *Ecological Economics*, 54, 37-51.
- Sustenuto, KULeuven, & Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy (2010). *Sustainable materials management for Europe, from efficiency to effectiveness* [Elektronische versie]. Opgevraagd op 6 06 2011, via <http://smartpro2.eu/documents/SMM%20for%20Europe,%20from%20efficiency%20to%20effectiveness%2031%20March%202010.pdf>
- Tiess, G. (2010). Minerals policy in Europe: Some recent developments [Elektronische versie]. *Resources policy*, 35, 190-198.
- Tilton, J. (1996). Exhaustible resources and sustainable development: two different paradigms [Elektronische versie]. *Resources policy*, 22, 91-97.
- Unizo (2009). Vers van de afvalpers [Elektronische versie]. Opgevraagd op 27 12 2011, via <http://www.unizo.be/zo-magazine/viewobj.jsp?id=397759>.
- Van Acker, K. (2010). *Slimme, duurzame materialen in een gesloten kringloop* [Elektronische versie]. Opgevraagd op 10 05 2011, via http://www.flanderssmarthub.be/uploads/1KarelVanAcker_v.pdf
- Wang, Q., Gleich, D., Saberi, A., Etemadi, N., Moin, P. (2008). A Monte Carlo method for solving unsteady adjoint equations [Elektronische versie]. *Journal of computational Physics*, 227, 6184-6205.
- WCED (1987). *Our common future*. Oxford: Oxford University Press
- Wisselkoers. 2012. Opgevraagd op 04, 12, 2012, via <http://www.wisselkoers.org>

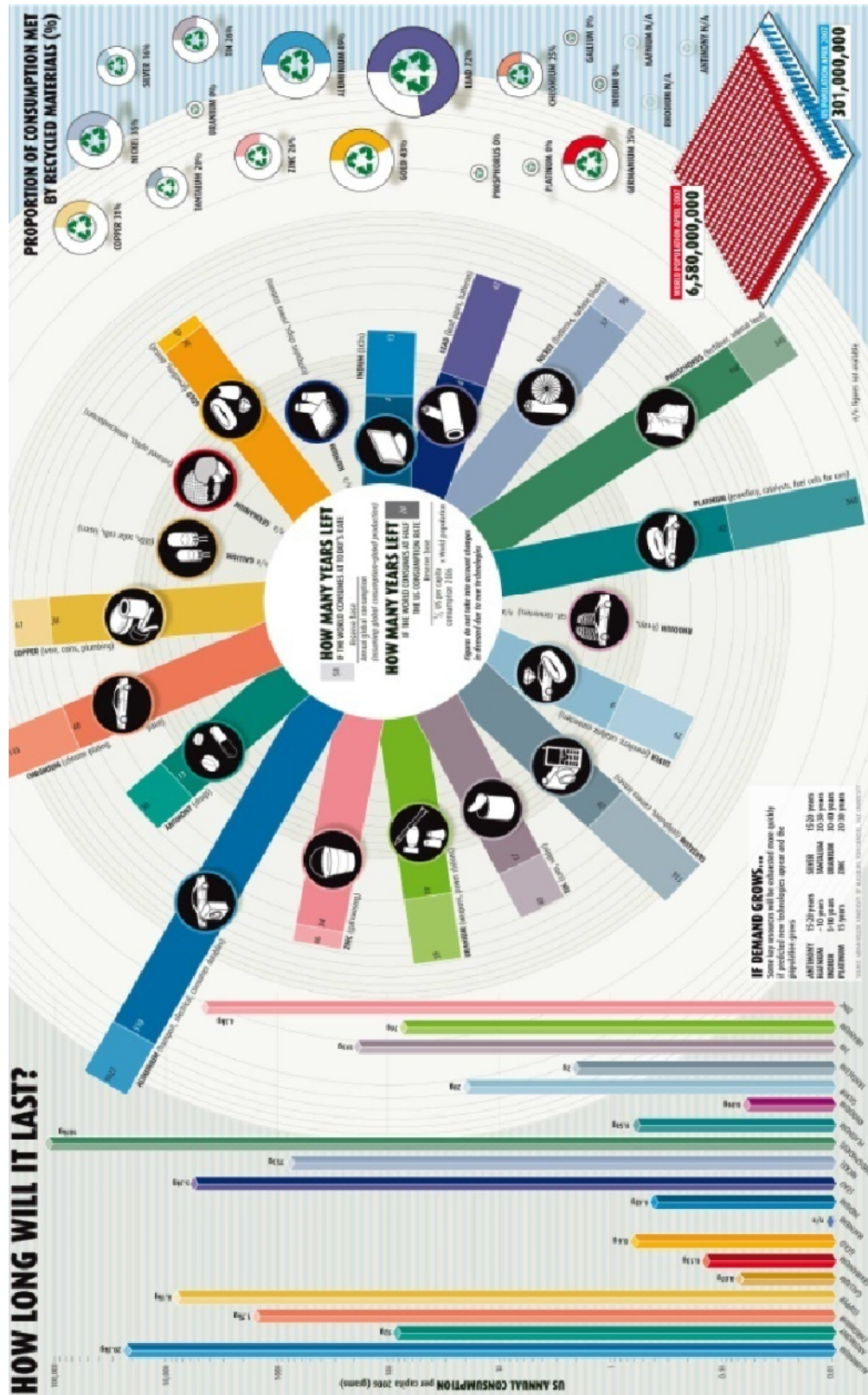
- World Energy Council (2010). *2010 Survey of Energy Resources* [Elektronische versie]. Opgevraagd op 30 04, 2011, via http://www.worldenergy.org/documents/ser_2010_report_1.pdf

Bijlagen

Bijlage 1: Where the minerals are (Cohen, 2007)



Bijlage 2: Where the minerals are (Cohen, 2007)



Bijlage 3: Vragenlijst 1 Carcoustics Belgium N.V.



Geachte

In het kader van mijn masterproef en ter voltooiing van mijn opleiding handelsingenieur aan de Universiteit Hasselt, voer ik een onderzoek naar de economische en ecologische mogelijkheden en beperkingen van het vormen van een bedrijvencluster met betrekking tot de herinzetbaarheid van materialen op het industrieterrein Genk-Zuid. Dit onderzoek voer ik in samenwerking met de onderzoeksgroep Cleantech, die reeds diverse enquêtes uitvoerden op Genk-Zuid. Nu heb ik meer specifiek gekozen voor het onderzoeken van de mogelijkheden omtrent het herinzetten van PE en PP. Omdat ik via Cleantech heb vernomen dat u als onderneming op dit ogenblik deze materialen als afval hebt, zou ik heel erg verheugd zijn mocht uw bedrijf mij willen helpen met het voeren van dit onderzoek. Meer bepaald zou het mij enorm vooruit helpen mocht u mij meer informatie kunnen geven omtrent de afvalstoffen PE en PP binnen uw bedrijf. Dit aan de hand van het invullen van onderstaande vragenlijst. Deze informatie zal gebruikt worden om een reëel beeld te verkrijgen van de huidige situatie, maar ook omtrent toekomstgerichte mogelijkheden en beperkingen. Verder wil ik er de aandacht op vestigen dat de resultaten van dit onderzoek ook met uw bedrijf gedeeld zullen worden en u deze resultaten indien gewenst door jullie gebruikt kunnen worden in transitie naar een duurzamer en efficiënter afvalbeheer. Ten laatste wil ik benadrukken dat al deze informatie vertrouwelijk behandeld zal worden en dat u mij voor extra vragen altijd kan contacteren op het nummer 0494/70 12 40 of via thaenssam_33@hotmail.com.

Alvast van harte bedankt voor uw medewerking
Sam Thaens

1. In welke vorm(en) komen bij u PE en PP als afvalstof voor?

- ☐ vlokken/schilfers
- ☐ poeder
- ☐ korrels
- ☒ mousse
- ☐ andere : ...

Opmerkingen:

.....PE-schuimstofafval: dichtheden van 33 kg/m³ t/m 150 kg/m³.....
.....PP-schuimstofafval: dichtheid van 150 kg/m³.....

2. Uit welk specifiek industrieel proces komen deze afvalstoffen voort? (bv. Plaatsen isolatie, autozetels, deuren,...)

.....vacuumvervormen – stanzen/ snijden.....
.....
.....
.....

3. Wat gebeurt er op dit ogenblik met de afvalstoffen PP en PE binnen uw bedrijf?

- ☒ Ophaling
- ☐ Storten
- ☐ Interne verwerking
- ☐ andere : ...

Uitleg hieromtrent: (wie doet dit, hoe wordt dit georganiseerd, wat is de frequentie van de storting/ophaling,...)

..... PE-schuimstofafval: ophaler = firma Schmitz (NL), op afroep, 2 à 4 keer/ maand.....
.....opgehaalde hoeveelheid in 2010: 112 ton.....
..... PP-schuimstofafval: ophaler = firma Arnold (D), op afroep, 1 à 2 keer/ maand.....
..... opgehaalde hoeveelheid in 2010: 52 ton

4. Weet u als bedrijf wat er met deze afvalstof gebeurt NA eventuele ophaling, storting e.d.

X Nee
O Ja

Indien Ja, gelieve wat meer concrete uitleg te geven hieromtrent:

.....
.....
.....

5. Betaalt u voor het storten of ophalen ervan?

X Nee
O Ja

Indien Ja, hoe gebeurt deze betaling (vaste bijdrage of per ton?) en hoeveel betaalt u hiervoor?

.....
.....
.....

6. Zijn er voor uw bedrijf voorwaarden die gelden met betrekking tot dit item?

.....PE-schuimstofafval (alle dichtheden) wordt tot balen geperst.....
.....PP-schuimstofafval wordt tot balen geperst.....

7. Heeft u nog andere opmerkingen of vragen?

.....Resultaat van het onderzoek doorsturen naar jrutten@carcoustics.com.....
.....

Nogmaals hartelijk dank voor uw medewerking!

Bijlage 4: Vragenlijst 2 Carcoustics Belgium N.V.



Geachte

In het kader van mijn masterproef en ter voltooiing van mijn opleiding handelsingenieur aan de Universiteit Hasselt, voer ik een onderzoek naar de economische en ecologische mogelijkheden en beperkingen van het vormen van een bedrijvencoluster met betrekking tot de herinzetbaarheid van materialen op het industrieterrein Genk-Zuid. Dit onderzoek voer ik in samenwerking met de onderzoeksgroep Cleantech, die reeds diverse enquêtes uitvoerden op Genk-Zuid.

Dankzij uw medewerking ben ik er reeds in geslaagd om mijn thesis omtrent het herinzetten van PE en PP op te starten en ik ben op dit ogenblik vol op bezig met verder onderzoek van zowel economische als ecologische gegevens. Het zou me echter enorm vooruit helpen mocht u, na het invullen van de eerste algemene vragenlijst, mij nu kunnen verderhelpen door het beantwoorden van de iets specifiekere vragen in onderstaande vragenlijst met betrekking tot PE en PP

Verder wil ik er nogmaals duidelijk de aandacht op vestigen dat de resultaten van dit onderzoek ook met uw bedrijf gedeeld zullen worden en u deze resultaten indien gewenst door jullie gebruikt kunnen worden in transitie naar een duurzamer en efficiënter afvalbeheer. Ten laatste wil ik benadrukken dat al deze informatie vertrouwelijk behandeld zal worden en dat u mij voor extra vragen altijd kan contacteren op het nummer 0494/70 12 40 of via thaenssam_33@hotmail.com.

Alvast van harte bedankt voor uw medewerking
Sam Thaens

1. De afvalstoffen PE en PP komen in uw onderneming voor in moussevorm. Voor PP gaat het enkel om schuimstofafval met één dichtheid, namelijk 150 kg/m^3 . Wat betreft PE-schuimstofafval maakte u in vorige vragenlijst melding van dichtheden tussen 33 en 150 kg/m^3 , maar welke verschillende dichtheden komen er dan precies? (bv. 33, 75, 100 en 150 kg/m^3 of nog erg veel anderen daartussen?)

..... PE-schuimstofafval: dichtheden van 33, 40, 55, 60, 70, 115 en 140 kg/m^3
..... → dichtheid van 90 kg/m^3 vanaf juni 2011.....
..... PP-schuimstofafval: dichtheden van 40, 70, 140 en 150 kg/m^3
..... → dichtheid van 37 kg/m^3 vanaf september 2011.....
.....
.....
.....

2. In vorige vragenlijst vermeldde u dat er in 2010 een hoeveelheid van 112 ton PE opgehaald werd. Hoe zit dan de verdeling per dichtheid hiervan? Of indien hier geen specifieke cijfers van zijn, kan u schattingen geven van welke dichtheden het grootste percentage hiervan uitmaken?

..... PE-schuimstofafval (schattingen): $33 \text{ kg/m}^3 = 42,8 \%$; $40 \text{ kg/m}^3 = 0,2 \%$; $55 \text{ kg/m}^3 = 15,3 \%$; $60 \text{ kg/m}^3 = 1,7 \%$; $70 \text{ kg/m}^3 = 27,3 \%$; $115 \text{ kg/m}^3 = 0,1 \%$; $140 \text{ kg/m}^3 = 12,6 \%$ → 112 ton.....
..... PP-schuimstofafval (schattingen): $40 \text{ kg/m}^3 = 0,2 \%$; $70 \text{ kg/m}^3 = 1,4 \%$; $140 \text{ kg/m}^3 = 16,2 \%$; $150 \text{ kg/m}^3 = 82,2 \%$ → 52 ton.....
.....
.....

3. Kan u iets meer uitleg geven over de concrete toepassingen waarvoor PP en PE binnen uw bedrijf gebruikt worden?

Uitleg PP:

.....geluidsisolatie motorruimte auto en vrachtwagen "Dämpfungsmatte" (Daimler).....

.....

.....

.....

Uitleg PE:

.....geluids- en warmteisolatie/ waterafdichting deur auto (Audi, BMW, Daimler, Ford en VW).....

.....

.....

.....

4. Kunnen jullie afvalstoffen (na verwerking) in aanmerking komen om terug binnen jullie onderneming hergebruikt te worden voor eenzelfde toepassing?

☐ Ja
☒ Nee

Indien Ja, gelieve indien mogelijk wat meer concrete uitleg te geven omtrent de verwerking die voor jullie nodig is om te kunnen spreken van een bruikbare secundaire grondstof PE en/of PP:

Indien Nee, gelieve te argumenteren waarom dit niet tot de mogelijkheden behoort:

..... PE-schuimstofafval: PE-schuimstof = "chemisch vernetzt" zodat deze afvalstof niet kan gebruikt worden in het productieproces van onze leverancier.....

..... PP-schuimstofafval: PP-schuimstof = "chemisch unvernetzt" zodat deze afvalstof kan gebruikt worden in het productieproces van onze leverancier, maar is momenteel economisch niet rendabel.....

.....

.....

.....

5. In welke vorm worden PE en PP op dit ogenblik als INPUT aangeleverd in jullie bedrijf?

☐ vlokken/schilfers
☐ poeder
☐ korrels
☒ mousse
☐ andere : ...

Opmerkingen:

.....PE-/ PP-schuimstof wordt geleverd in rollen.....

.....

6. Kan u mij gegevens verstrekken over de hoeveelheden (eventueel schattingen) PP en PE die u in een gegeven tijdsperiode (maand/jaar/...) aankoopt? Indien u bereid zou zijn eventuele leveranciers van zowel PP als PE met bijhorende aankooprijzen of schattingen ervan te vermelden zou dit mijn onderzoek zeker ook vergemakkelijken.

.....PE-schuimstof (jaar 2010): 33 kg/m³ = 827090 meter; 40 kg/m³ = 3700 meter; 55 kg/m³ = 176980 meter; 60 kg/m³ = 18400 meter; 70 kg/m³ = 248842 meter; 115 kg/m³ = 480 meter; 140 kg/m³ = 57240 meter (huidige leverancier = Trocellen Italia).....
.....PP-schuimstof (jaar 2010): 40 kg/m³ = 2800 meter; 70 kg/m³ = 9650 meter; 140 kg/m³ = 57500 meter; 150 kg/m³ = 271380 meter (huidige leverancier = Sekisui Alveo).....

7. Heeft u nog andere opmerkingen of vragen?

..... Resultaat van het onderzoek doorsturen naar jrutten@carcoustics.com

Nogmaals hartelijk dank voor uw medewerking!

Bijlage 5: Vragenlijst Schmitz B.V.



Geachte

In het kader van mijn masterproef en ter voltooiing van mijn opleiding handelsingenieur aan de Universiteit Hasselt (Belgisch Limburg), voer ik een onderzoek naar de economische en ecologische mogelijkheden en beperkingen van het vormen van een bedrijvencluster met betrekking tot de herinzetbaarheid van materialen. Nu heb ik meer specifiek gekozen voor het onderzoeken van de mogelijkheden omtrent het herinzetten van Polyetheen (Polyethyleen). Omdat dit onderzoek gebeurt in samenwerking met Carcoustics NV te Genk, één van de partners waarmee u werkt, zou ik graag via jullie firma, Schmitz Foam Products, een beetje meer informatie vergaren over de manier waarop PE bij jullie terecht komt, verwerkt wordt en terug heringezet wordt. Meer bepaald zou het mij enorm vooruit helpen mocht u mij meer informatie kunnen geven omtrent onderstaande vragenlijst met betrekking tot PE. Deze informatie zal gebruikt worden om een reëel beeld te verkrijgen van de huidige situatie, maar ook omtrent het onderzoeken van eventuele toekomstgerichte mogelijkheden en beperkingen. Verder wil ik er de aandacht op vestigen dat de resultaten van dit onderzoek ook met uw bedrijf gedeeld zullen worden en u deze resultaten indien gewenst door jullie gebruikt kunnen worden in transitie naar een nog duurzamer en efficiënter afvalbeheer. Ten laatste wil ik benadrukken dat al deze informatie vertrouwelijk behandeld zal worden en dat u mij voor extra vragen altijd kan contacteren op het nummer 0494/70 12 40 of via thaenssam_33@hotmail.com.

Alvast van harte bedankt voor uw medewerking
Sam Thaens

1. In welke vorm(en) komt bij u PE als afvalstof terecht?

- ☒ vlokken/schilfers
☐ poeder
☐ korrels
☐ mousse
☒ andere : .. **platen, rollen, snij en stansresten, geperste balen.**

Opmerkingen (bijvoorbeeld ook hoe wordt dit PE bij u aangeleverd? In geperste balen, ...?) :

.....
.....
.....

2. Dient u rekening te houden en hoe houdt u rekening met verschillende dichtheden PE?

ja

.....
.....
.....
.....

3. Indien van toepassing, welke verwerking dient PE binnen uw bedrijf nog te ondergaan vooraleer te kunnen worden heringezet als secundaire grondstof?

bedrijfsgeheim

.....
.....
.....
.....
.....

4. Wordt er door uw bedrijf een financiële compensatie voorzien aan bedrijven waarvan u dit 'afval' PE mag gebruiken?

☒ Nee
☐ Ja

Indien Ja, kan u een inschatting geven van de compensatie? En verder: wordt deze PE aan u toegeleverd of staat u zelf in voor het transport ervan?

5. Kan u een schatting geven van het aantal ton PE dat u (bijvoorbeeld maandelijks/jaarlijks) ophaalt en verwerkt?

bedrijfsgeheim

6. Bent u bereid financiële gegevens te verstrekken omtrent de aan- en verkoopprijzen van secundair PE en eventuele (schattingen van) verwerkingskosten en dergelijke?

☒ Nee, liever niet
☐ Ja (nogmaals, *deze informatie zal uiterst vertrouwelijk behandeld worden*)

Indien ja, en indien u dit niet via mail wenst te verstrekken, ben ik zeker ook bereid een afspraak met u te maken om dit te bespreken:

7. Zijn er voor uw bedrijf voorwaarden die gelden met betrekking tot dit item?

bedrijfsgeheim

8. Heeft u nog andere opmerkingen of vragen?

nee

Nogmaals hartelijk dank voor uw medewerking!

Bijlage 6: Berekening geschatte aankoopprijs PE

Een prijsreferentie voor particuliere aankopen online gevonden kan hieronder teruggevonden worden (Foam Sales PE Price, 2012) :

<u>Expanded Polyethylene</u> <u>40mm thick</u>	<u>Expanded Polyethylene 40mm thick</u> Avaible in sheets of 1800 x 1000 mm \$108.00 per sheet...
	Code: EPE040
	Price: \$ 108
	More Details » Add to Cart »

De prijs voor een polyethyleen schuimplaat van 1800x1000x40 mm (lengte x breedte x dikte) is dus \$108. Wanneer we dit omzetten naar euro's tegen een gemiddelde koers van 0,7689 Euro/Dollar (Wisselkoers, 2012) betekent dit een bedrag van € 83,04 per plaat. Omdat we de kostprijs per lopende meter willen verkrijgen, dienen we deze boven vermelde prijs te delen door de lengte van de plaat, zijnde 1,8m. Zo bekomen we een richtprijs van € 46,13/lopende meter .

Tenslotte maken we volgende assumptie: aangezien dit de kostprijs is per plaat, en de leverancier van Carcoustics levert met grote rollen van X-aantallen meters, mogen we ervan uitgaan dat dit de kostprijs per lopende meter nog gevoelig zal verminderen door zogenaamde hoeveelheidskortingen. In een studie van Schotanus, Telgen en de Boer (2009) is er sprake van een gemiddelde hoeveelheidskorting van 31,30% die bij producten kan plaatsvinden ten gevolge van het aankopen van grotere hoeveelheden. Daarom gaan we in onze studie uit van een kostprijs van $(1-0,3130) \cdot 46,13$ euro/lopende meter = **€ 31,69 per lopende meter voor PE.**

Bijlage 7: Berekening geschatte aankoopprijs PP

Een prijsreferentie (RCFoam, 2012) voor particuliere aankopen online gevonden levert volgende gegevens op:

PP Foam

2" x 24" x 36"	afmetingen (dikte x breedte x lengte)
20 \$	kostprijs per schuimplaat

Met een wisselkoers van 0.7689 Euro/Dollar (Wisselkoers, 2012) resulteert dit in een kostprijs van 15,38 € voor een plaat van 914,4x609,6x50,8 mm (breedte x lengte x dikte), aangezien één inch gelijkgesteld wordt aan 2,54 cm (Inch- Centimeter Converter, 2012). Om de prijs per lopende meter te krijgen, aangezien we uitgaan van een 'lengte' van 609,6 mm, dienen we de richtprijs van € 15,38 te delen door 0,6096 om te komen tot een prijs van € 25,23/lopende meter.

Tenslotte maken we eenzelfde assumptie als in bijlage 6 met betrekking tot de hoeveelheidskortingen. Aangezien Carcoustics PP op rol koopt, zal het hier een deel prijsvermindering voor krijgen. Een studie van Schotanus, Telgen en de Boer (2009) leert ons dat dit gemakkelijk kan oplopen tot 31,30% op de aankoopprijs. Als we dit percentage verrekenen bekomen we dan een prijs per lopende meter van $(1-0.3130) * 25,23 \text{ €/lopende meter} = \text{€ 17,33 per lopende meter voor PP.}$

Bijlage 8: Prijsoffertes PP en PE vervoer Baets B.V. Transport

☆ van **Marc Baets** Marc.Baets@baets.nl [details verbergen](#) 19-12-11
aan ● **Sam Thaens** <sam.thaens@student.uhasselt.be>
datum 19 december 2011 16:27
onderwerp RE: Offerteaanvraag Polyetheen
verzonden door baets.nl

📌 Vooral belangrijk vanwege je interactie met berichten in de conversatie.

Goedemiddag Sam,

We hebben diverse soorten cont ter beschikking de grootste zijn 45 m3.

Prijs indicatie Transport Genk (B) naar Roermond(NL).

1 ^e	2 x 45 m3 cont plaatsen Genk	€ 250,00
2 ^e	Container huur P/Cont P/Week	€ 15,00
3 ^e	2 volle cont wisselen in Genk en lossen Roermond	€ 320,00 p/2 cont ca 90 m3

Prijs indicatie Transport Genk (B) naar Linsengericht 63589(D).

1 ^e	2 x 45 m3 cont plaatsen Genk	€ 250,00
2 ^e	Container huur P/Cont P/Week	€ 15,00
3 ^e	2 volle cont wisselen in Genk en lossen Linsengericht	€ 700,00 p/2 cont ca 90 m3

Prijzen zijn excl dieseltoeslag op dit in December 2011 **7.1%**.

Hopende u hiermee voldoende te hebben geïnformeerd, zij er nog vragen horen wij dat graag.

Succes,

Baets B.V. Transport.
Marc Baets.

Bijlage 9: Economisch model: vergelijking van BAU met visionair scenario

<i>Factor</i>	<i>BAU model</i>	<i>Industriële symbiose</i>	<i>Toelichting</i>
Totaal aangekochte PE door Carcoustics	1.332.732,00	1.332.732,00	meter
Prijs per lopende meter PE	31,69	31,69	€
<i>Totaalprijs PE</i>	<i>42.234.277,08</i>	<i>42.234.277,08</i>	<i>€</i>
Totaal aangekochte PP door Carcoustics	341.330,00	341.330,00	meter
Prijs per lopende meter PP	17,33	17,33	€
<i>Totaalprijs PP</i>	<i>5.915.248,90</i>	<i>5.915.248,90</i>	<i>€</i>
Transportkosten voor Carcoustics	2,78	2,78	€/m³
Aantal m³ PE	53.309,28	53.309,28	
Aantal m³ PP	15.855,30	15.855,30	
<i>Totale transportkosten</i>	<i>192.123,83</i>	<i>192.123,83</i>	<i>€</i>
Dieseltoeslag 7,1 %	13.640,79	13.640,79	€
<i>Totaal inclusief dieseltoeslag</i>	<i>205.764,62</i>	<i>205.764,62</i>	<i>€</i>
Hoeveelheid afval PE	2.340,07	2.340,07	m³
Hoeveelheid afval PP	358,13	358,13	m³
<u>Ophaling & storting GAAO</u>	<u>PP</u>	<u>PE</u>	
Grootte afhaalcontainers	18,00	18,00	m³
Aantal containers/jaar	19,90	130,00	
Aantal containers/jaar ROND	20,00	130,00	
Vaste kostprijs/container	495,00	495,00	€
<i>Totaal vaste kostprijs</i>	<i>9.900,00</i>	<i>64.350,00</i>	<i>€</i>

Opmerking *

Aantal transporturen (3u/rit heen-terug)				
Kostprijs per transportuur	60,00	390,00	N.V.T.	€
Totaal transportkosten	3.600,00	23.400,00	N.V.T.	€
Aantal extra te rekenen dagen				
Meerprijs huren na 2 dagen	325,00	105,00	N.V.T.	Opmerking **
Totale meerprijs	650,00	210,00	N.V.T.	€/dag
BTW 21%	2.971,50	18.471,60	N.V.T.	€
Totale kostprijs transport	17.121,50	106.431,60	N.V.T.	€
Totale kostprijs transport PE+PP	123.553,10	0,00	€	
Hoeveelheid PE afval	112,00		N.V.T.	ton
Hoeveelheid PP afval	52,00		N.V.T.	ton
Kostprijs afval per ton	175,45		N.V.T.	€/ton
Totale kostprijs storting	28.773,80		€	Opmerking ***
Huur perscontainer	N.V.T.	500,00	€	/maand
Aantal maanden/jaar	N.V.T.	12,00		
Kosten voor balenpersen	N.V.T.	6.000,00	€	Opmerking ****
Vervoerskosten synergie				
Grootte afhaalcontainers	N.V.T.	45,00	45,00	m³
Aantal containers/jaar	N.V.T.	7,96	52,00	
Aantal containers/jaar ROND	N.V.T.	8,00	52,00	
Containers (2) plaatsen te Genk	N.V.T.	250,00	250,00	€/ 2 containers
Totaal vaste kostprijs	N.V.T.	1.000,00	6.500,00	€

Huur per container per week	N.V.T.	15,00	15,00	€
Aantal weken huur	N.V.T.	104,00	104,00	€
Totale huurkosten	N.V.T.	1.560,00	1.560,00	€
Vervoer & lossen containers (2)	N.V.T.	700,00	320,00	€/ 2 containers
Aantal keren lossen/ jaar	N.V.T.	4,00	26,00	€
Totale kosten vervoer & lossen	N.V.T.	2.800,00	8.320,00	€
Dieseltoeslag 7,1% op vervoer	N.V.T.	269,80	1.052,22	€
Totale vervoerskosten synergie	N.V.T.	5.629,80	17.432,22	€
Totale kosten vervoer synergie PE+PP	0,00		23.062,02	€
Totaal aangekochte PE door Schmitz	58.501,92		N.V.T.	meter
Prijs per lopende meter PE	31,69		31,69	€
Totaalprijs PE	1.853.925,96		0,00	€
Totaal aangekochte PP door Arnold	7.709,79		N.V.T.	meter
Prijs per lopende meter PP	17,33		17,33	€
Totaalprijs PP	133.610,65		0,00	€
Transportkosten voor Schmitz	2,78		N.V.T.	€/m³
Aantal m³ PE	2.340,08		N.V.T.	m³
Totale transportkosten	6.500,21		N.V.T.	€
Dieseltoeslag 7,1 %	461,52		N.V.T.	€ Opmerking *
Transport Schmitz incl. toeslag	6.961,73		N.V.T.	€

Transportkosten voor Arnold				
Aantal m³ np	2,73	N.V.T.	€/m³	
	358,13	N.V.T.	m³	
Totale transportkosten	994,81	N.V.T.	€	
Dieseltoeslag 7,1 %	70,63	N.V.T.	€	Opmerking *
Transport Schmitz incl. toeslag	1.065,44	N.V.T.	€	

Totale economische kosten	50.503.181,27	<-->	48.384.352,62	
Verschuil tussen scenario's		2.118.828,66		
%-verschil tussen scenario's		4,20%		

Opmerking * Dieseltoeslag tarief december 2011: 7,1%
Opmerking ** Gaan uit van een niet-schrikkeljaar met 365 dagen/jaar
Opmerking *** Stortingsprijs van kunststoffen inclusief BTW
Opmerking **** In BAU hoeft afval niet tot ballen geperst te worden, zie ervan uit gaan dat dit gestort wordt

	RAU model	Industriële Symbiose	Verschuil absoluut	/relatief
Totaalkost grondstoffen	€ 50.137.062,50	48.145.525,98	1.987.536,61	3,96%
Totaalkost ophefing & transport	€ 337.344,89	228.826,64	108.518,25	32,17%
Totaalkost storten & balen persen	€ 28.773,80	6.000,00	22.773,80	79,15%
Totale kostprijs	€ 50.503.181,27	48.384.352,62	2.118.828,66	4,20%
Totale kostprijs excl. Primaire aankoop	€ 2.353.655,29	234.826,64	2.118.828,66	90,02%

Bijlage 10: Monte-Carlo Analyse op het absoluut verschil tussen modellen

Rapport 1, variatie op absoluut verschil tussen scenario's

Crystal Ball Report - Full

Simulation started on 1/6/2012 at 13:25:03

Simulation stopped on 1/6/2012 at 13:25:08

Run preferences:

Number of trials run	10.000
Extreme speed	
Latin Hypercube (size)	50000
Random seed	
Precision control on	
Confidence level	95,00%

Run statistics:

Total running time (sec)	1,38
Trials/second (average)	7,261
Random numbers per sec	36,307

Crystal Ball data:

Assumptions	5
Correlations	0
Correlated groups	0
Decision variables	0
Forecasts	1

Forecasts

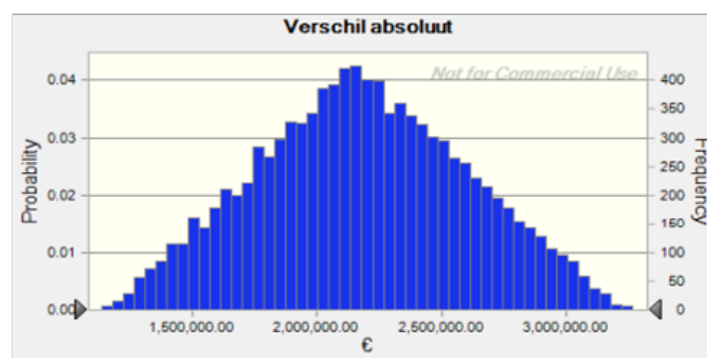
Worksheet: [Overzicht BAU-visionair getallen (goed).xlsx]Economisch model

Forecast: Verschil absoluut

Cell: G131

Summary:

Entire range is from 1,138,532.18 to 3,265,224.93
Base case is 2,118,828.66
After 10,000 trials, the std. error of the mean is 4,178.00



Statistics:

Trials	10,000
Mean	2,182,257,57
Median	2,172,952,40
Mode	—
Standard Deviation	417,799,81
Variance	174,556,681,860
Skewness	0,0386
Kurtosis	2,43
Coeff. of Variability	0,1915
Minimum	1,138,532,18
Maximum	3,265,224,93
Range Width	2,126,692,76
Mean Std. Error	4,178,00

Forecast: Verschil absoluut (cont'd)

Cell: G131

Percentiles:	Forecast values
0%	1.138.532,18
10%	1.624.095,57
20%	1.807.676,47
30%	1.952.707,22
40%	2.070.688,67
50%	2.172.944,23
60%	2.287.263,04
70%	2.410.337,23
80%	2.557.614,75
90%	2.749.234,53
100%	3.265.224,93

End of Forecasts

Assumptions

Worksheet: [Overzicht BAU-visionair getallen (goed).xlsx]Economisch model

Assumption: Hoeveelheid PE afval m³

Cell: C22

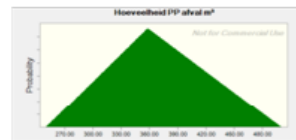
Triangular distribution with parameters:	
Minimum	1.500,00
Likeliest	2.340,07
Maximum	3.500,00



Assumption: Hoeveelheid PP afval m³

Cell: C23

Triangular distribution with parameters:	
Minimum	250,00
Likeliest	358,13
Maximum	500,00



Assumption: Prijs PE per lopende meter

Cell: C4

Triangular distribution with parameters:	
Minimum	15,00
Likeliest	31,69
Maximum	50,00



Assumption: Prijs PP per lopende meter

Cell: C9

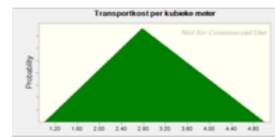
Triangular distribution with parameters:	
Minimum	10,00
Likeliest	17,33
Maximum	35,00



Assumption: Transportkost per kubieke meter

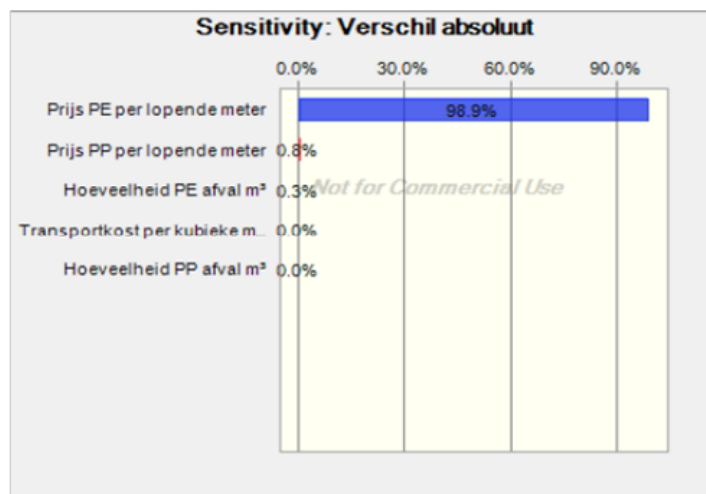
Cell: C13

Triangular distribution with parameters:
 Minimum 1,00
 Likeliest 2,78
 Maximum 5,00



End of Assumptions

Sensitivity Charts



End of Sensitivity Charts

Bijlage 11: Monte-Carlo Analyse op absolute totaalkosten excl. Primaire aankoop

Rapport 4, kosten excl. primaire aankoop en transportkosten

Crystal Ball Report - Full

Simulation started on 1/6/2012 at 13:46:35
Simulation stopped on 1/6/2012 at 13:46:39

Run preferences:
Number of trials run 10.000
Extreme speed
Latin Hypercube (size) 50000
Random seed
Precision control on
Confidence level 95,00%

Run statistics:
Total running time (sec) 1.42
Trials/second (average) 7.034
Random numbers per sec 35.168

Crystal Ball data:
Assumptions 5
Correlations 0
Correlated groups 0
Decision variables 0
Forecasts 4

Forecasts

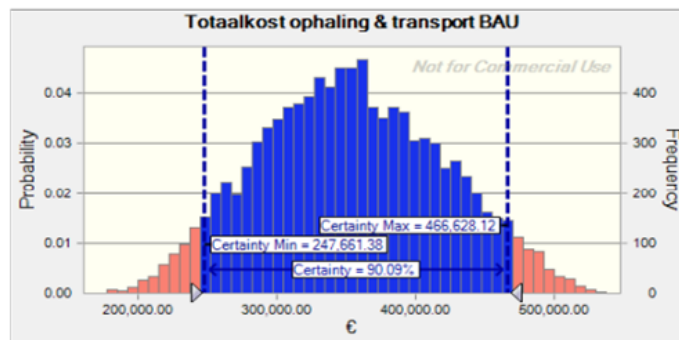
Worksheet: [Overzicht BAU-visionair getallen (goed).xlsx]Economisch model

Forecast: Totaalkost ophaling & transport BAU

Cell: C127

Summary:

Certainty level is 90.09%
Certainty range is from 247,661.38 to 466,628.12
Entire range is from 167,141.73 to 551,887.38
Base case is 337,344.89
After 10,000 trials, the std. error of the mean is 657.26



Statistics:	Forecast values
Trials	10.000
Mean	353.869,61
Median	352.094,37
Mode	--
Standard Deviation	65.725,67
Variance	4.319.863.550,20
Skewness	0.0896
Kurtosis	2.47
Coeff. of Variability	0.1857
Minimum	167.141,73
Maximum	551.887,38
Range Width	384.745,65
Mean Std. Error	657,26

Forecast: Totaalkost ophaling & transport BAU (cont'd)

Cell: C127

Percentiles:	Forecast values
0%	167.141,73
10%	266.794,49
20%	295.049,01
30%	316.240,98
40%	334.635,90
50%	352.091,40
60%	368.904,59
70%	390.176,68
80%	412.962,05
90%	442.487,64
100%	551.887,38

Forecast: Totaalkost ophaling & transport Ind. Symbiose

Cell: E127

Summary:

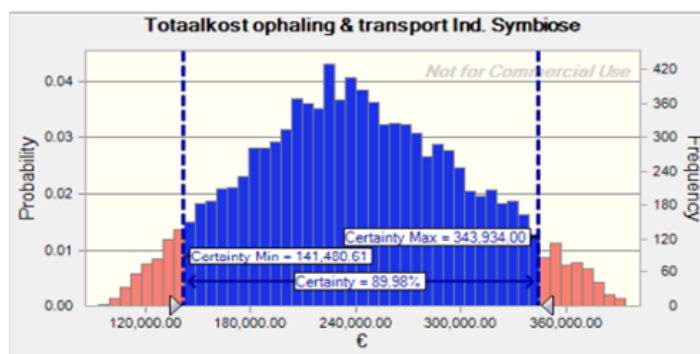
Certainty level is 89.98%

Certainty range is from 141,480.61 to 343,934.00

Entire range is from 93,222.85 to 393,719.71

Base case is 228,826.64

After 10,000 trials, the std. error of the mean is 609.43



Statistics:	Forecast values
Trials	10,000
Mean	240.663,01
Median	238.084,84
Mode	—
Standard Deviation	60.942,67
Variance	3.714.009.567,20
Skewness	0,1016
Kurtosis	2,38
Coeff. of Variability	0,2532
Minimum	93.222,85
Maximum	393.719,71
Range Width	300.496,86
Mean Std. Error	609,43

Forecast: Totaalkost ophaling & transport Ind. Symbiose (cont'd)

Cell: E127

Percentiles:	Forecast values
0%	93.222,85
10%	159.498,41
20%	185.971,48
30%	206.089,64
40%	223.054,39
50%	238.084,78
60%	254.775,95
70%	274.201,41
80%	295.745,74
90%	325.260,72
100%	393.719,71

Forecast: Totale kostprijs excl. Primaire aankoop Ind. Symbiose

Cell: E133

Summary:

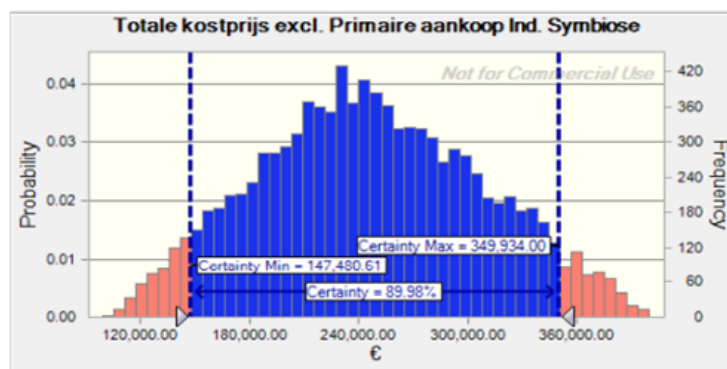
Certainty level is 89.98%

Certainty range is from 147,480.61 to 349,934.00

Entire range is from 99,222.85 to 399,719.71

Base case is 234,826.64

After 10,000 trials, the std. error of the mean is 609.43



Statistics:	Forecast values
Trials	10.000
Mean	246.663,01
Median	244.084,84
Mode	—
Standard Deviation	60.942,67
Variance	3.714.009.567,20
Skewness	0,1016
Kurtosis	2,38
Coeff. of Variability	0,2471
Minimum	99.222,85
Maximum	399.719,71
Range Width	300.496,86
Mean Std. Error	609,43

Forecast: Totale kostprijs excl. Primaire aankoop Ind. Symbiose (cont'd)

Cell: E133

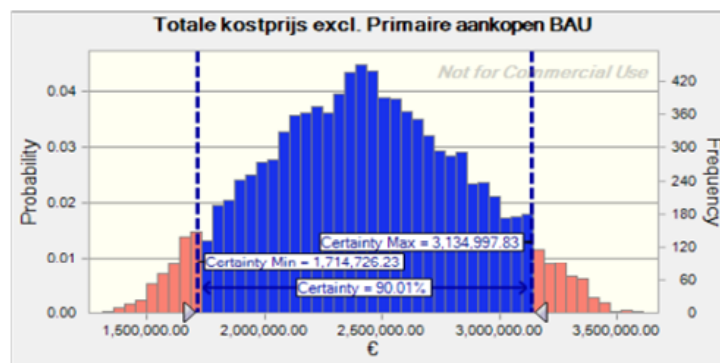
Percentiles:	Forecast values
0%	99.222,85
10%	165.498,41
20%	191.971,48
30%	212.089,64
40%	229.054,39
50%	244.084,78
60%	260.775,95
70%	280.201,41
80%	301.745,74
90%	331.260,72
100%	399.719,71

Forecast: Totale kostprijs excl. Primaire aankopen BAU

Cell: C133

Summary:

Certainty level is 90.01%
 Certainty range is from 1,714,726.23 to 3,134,997.83
 Entire range is from 1,310,465.12 to 3,609,395.81
 Base case is 2,353,655.29
 After 10,000 trials, the std. error of the mean is 4,259.01



Statistics:	Forecast values
Trials	10.000
Mean	2.422.442,07
Median	2.417.574,27
Mode	—
Standard Deviation	425.900,85
Variance	181.391.535.390
Skewness	0,0512
Kurtosis	2,41
Coeff. of Variability	0,1758
Minimum	1.310.465,12
Maximum	3.609.395,81
Range Width	2.298.930,70
Mean Std. Error	4.259,01

Forecast: Totale kostprijs exd. Primaire aankopen BAU (cont'd)

Cell: C133

Percentiles:	Forecast values
0%	1.310.465,12
10%	1.854.360,63
20%	2.039.413,91
30%	2.178.825,63
40%	2.305.501,48
50%	2.417.549,33
60%	2.527.529,15
70%	2.656.190,47
80%	2.809.130,53
90%	3.000.263,50
100%	3.609.395,81

End of Forecasts

Assumptions

Worksheet: [Overzicht BAU-visionair getallen (goed).xlsx]Economisch model

Assumption: Hoeveelheid PE afval m³

Cell: C22

Triangular distribution with parameters:

Minimum	1.500,00
Likeliest	2.340,07
Maximum	3.500,00



Assumption: Hoeveelheid PP afval m³

Cell: C23

Triangular distribution with parameters:

Minimum	250,00
Likeliest	358,13
Maximum	500,00



Assumption: Prijs PE per lopende meter

Cell: C4

Triangular distribution with parameters:

Minimum	15,00
Likeliest	31,69
Maximum	50,00



Assumption: Prijs PP per lopende meter

Cell: C9

Triangular distribution with parameters:

Minimum	10,00
Likeliest	17,33
Maximum	35,00

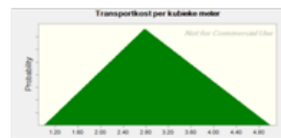


Assumption: Transportkost per kubieke meter

Cell: C13

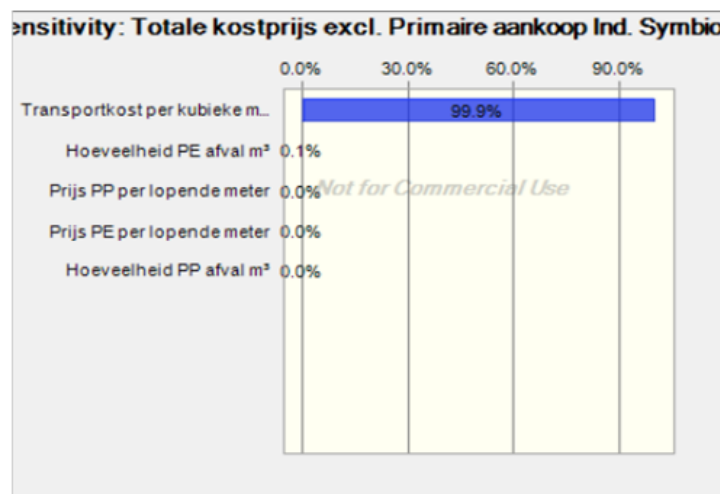
Triangular distribution with parameters:

Minimum	1,00
Likeliest	2,78
Maximum	5,00



End of Assumptions

Sensitivity Charts



End of Sensitivity Charts

Bijlage 12: Monte-Carlo Analyse op relatief verschil tussen modellen excl. Primaire aankoop

Crystal Ball Report - Full

Simulation started on 1/6/2012 at 13:52:58
Simulation stopped on 1/6/2012 at 13:53:01

Run preferences:

Number of trials run	10.000
Extreme speed	
Latin Hypercube (size)	50000
Random seed	
Precision control on	
Confidence level	95,00%

Run statistics:

Total running time (sec)	1,36
Trials/second (average)	7,334
Random numbers per sec	36,672

Crystal Ball data:

Assumptions	5
Correlations	0
Correlated groups	0
Decision variables	0
Forecasts	1

Forecasts

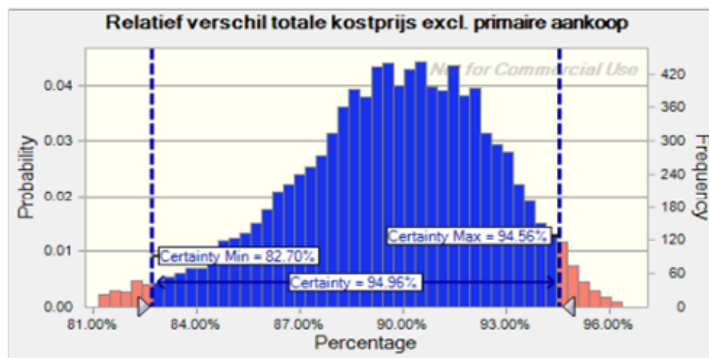
Worksheet: [Overzicht BAU-visionair getallen (goed).xlsx]Economisch model

Forecast: Relatief verschil totale kostprijs excl. primaire aankoop

Cell: H133

Summary:

Certainty level is 94,96%
Certainty range is from 82,70% to 94,56%
Entire range is from 76,21% to 96,70%
Base case is 90,02%
After 10,000 trials, the std. error of the mean is 0,03%



Statistics:

Forecast values

Trials	10.000
Mean	89,56%
Median	89,83%
Mode	---
Standard Deviation	3,00%
Variance	0,09%
Skewness	-0,5716
Kurtosis	3,31
Coeff. of Variability	0,0335
Minimum	76,21%
Maximum	96,70%
Range Width	20,49%
Mean Std. Error	0,03%

Forecast: Relatief verschil totale kostprijs excl. primaire aankoop (cont'd)

Cell: H133

Percentiles:	Forecast values
0%	76,21%
10%	85,56%
20%	87,15%
30%	88,24%
40%	89,09%
50%	89,83%
60%	90,57%
70%	91,36%
80%	92,14%
90%	93,18%
100%	96,70%

End of Forecasts

Assumptions

Worksheet: [Overzicht BAU-visionair getallen (goed).xlsx]Economisch model

Assumption: Hoeveelheid PE afval m³

Cell: C22

Triangular distribution with parameters:	
Minimum	1.500,00
Likeliest	2.340,07
Maximum	3.500,00



Assumption: Hoeveelheid PP afval m³

Cell: C23

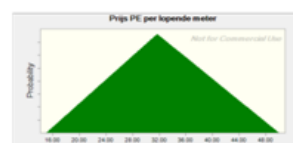
Triangular distribution with parameters:	
Minimum	250,00
Likeliest	358,13
Maximum	500,00



Assumption: Prijs PE per lopende meter

Cell: C4

Triangular distribution with parameters:	
Minimum	15,00
Likeliest	31,69
Maximum	50,00



Assumption: Prijs PP per lopende meter

Cell: C9

Triangular distribution with parameters:	
Minimum	10,00
Likeliest	17,33
Maximum	35,00

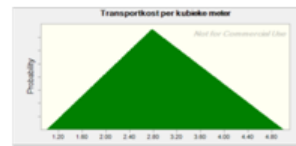


Assumption: Transportkost per kubieke meter

Cell: C13

Triangular distribution with parameters:

Minimum	1,00
Likeliest	2,78
Maximum	5,00



End of Assumptions

Auteursrechtelijke overeenkomst

Ik/wij verlenen het wereldwijde auteursrecht voor de ingediende eindverhandeling:

Op naar duurzame bedrijvensclusters: economische mogelijkheden en beperkingen

Richting: **master in de toegepaste economische wetenschappen: handelsingenieur-technologie-, innovatie- en milieumanagement**

Jaar: **2012**

in alle mogelijke mediaformaten, - bestaande en in de toekomst te ontwikkelen - , aan de Universiteit Hasselt.

Niet tegenstaand deze toekenning van het auteursrecht aan de Universiteit Hasselt behoud ik als auteur het recht om de eindverhandeling, - in zijn geheel of gedeeltelijk -, vrij te reproduceren, (her)publiceren of distribueren zonder de toelating te moeten verkrijgen van de Universiteit Hasselt.

Ik bevestig dat de eindverhandeling mijn origineel werk is, en dat ik het recht heb om de rechten te verlenen die in deze overeenkomst worden beschreven. Ik verklaar tevens dat de eindverhandeling, naar mijn weten, het auteursrecht van anderen niet overtreedt.

Ik verklaar tevens dat ik voor het materiaal in de eindverhandeling dat beschermd wordt door het auteursrecht, de nodige toelatingen heb verkregen zodat ik deze ook aan de Universiteit Hasselt kan overdragen en dat dit duidelijk in de tekst en inhoud van de eindverhandeling werd genotificeerd.

Universiteit Hasselt zal mij als auteur(s) van de eindverhandeling identificeren en zal geen wijzigingen aanbrengen aan de eindverhandeling, uitgezonderd deze toegelaten door deze overeenkomst.

Voor akkoord,

Thaens, Sam

Datum: **10/01/2012**