

Auteursrechterlijke overeenkomst

Opdat de Universiteit Hasselt uw eindverhandeling wereldwijd kan reproduceren, vertalen en distribueren is uw akkoord voor deze overeenkomst noodzakelijk. Gelieve de tijd te nemen om deze overeenkomst door te nemen, de gevraagde informatie in te vullen (en de overeenkomst te ondertekenen en af te geven).

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

Titel: Economische waarde glycerine als nevenproduct bij de productie van biodiesel

Richting: master in de toegepaste economische wetenschappen - beleidsmanagement

Jaar: 2008

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.

Ik ga akkoord,

SWINNEN, Gilles

Datum: 5.11.2008

Economische waarde glycerine als nevenproduct bij de productie van biodiesel

Gilles Swinnen

promotor :
Prof. dr. Theo THEWYS

UNIVERSITEIT HASSELT
FACULTEIT TOEGEPASTE ECONOMISCHE WETENSCHAPPEN

Economische waarde glycerine als nevenproduct
bij de productie van biodiesel

Masterproef TEW - Beleidsmanagement
door : Gilles Swinnen
Promotor : Prof. dr. Theo THEWYS
Co-promotor: Nele Witters

2008

Woord vooraf

Deze verhandeling vormt het einde van mijn opleiding tot Master in de Toegepaste Economische Wetenschappen aan de Universiteit Hasselt. De opwarming van de aarde en de problematiek rond biobrandstoffen lag aan de basis van mijn keuze om verder onderzoek te doen rond de economische waarde van glycerine als nevenproduct bij de productie van biodiesel.

Ik wil dan ook Prof. dr. Thewys bedanken om mij de mogelijkheid te bieden dit onderwerp te behandelen. Verder zou ik mijn co-promotor Nele Witters willen bedanken voor haar steun, opmerkingen en advies gedurende het voorbije jaar.

Tenslotte zou ik mijn ouders willen bedanken, om mij de mogelijkheid te geven om verder te studeren. Ook hun steun tijdens de laatste jaren was van grote waarde voor mij. Verder gaat mijn dank uit naar de vrienden die ik gemaakt heb in Diepenbeek, zonder hen zou mijn studententijd nooit zo mooi geweest zijn.

Gilles Swinnen,
Augustus, 2008

Samenvatting

De huidige maatschappij staat onder voortdurende druk van de opwarming van de aarde en de stijgende energieprijzen. Dit kan men tegengaan door rationeel om te springen met energie en het zoeken naar alternatieve brandstoffen. In de literatuurstudie van deze verhandeling zal er nagegaan worden waarom biobrandstoffen een mogelijke oplossing zijn voor de opwarming van de aarde. Verder wordt via het aandeel van transport in de totale energieproductie duidelijk gemaakt dat biobrandstoffen een aanzienlijk deel van zowel de energiemarkt en de uitstoot van broeikasgassen kunnen opvangen. Vervolgens worden de technische aspecten van biobrandstoffen die verder gebruikt zullen worden in de gevalstudie, in beeld gebracht. Biodiesel wordt beschouwd als meest belangrijke biobrandstof. Daarom wordt er dieper ingegaan op de technische aspecten en mogelijkheden van haar bijproduct, **glycerine**. Vervolgens wordt het Europees en nationaal beleid rond biobrandstoffen toegelicht. Dit beleid is noodzakelijk om biobrandstoffen concurrentieel te houden met fossiele brandstoffen. Maar het beleid is echter beperkt in tijd en dus moet er op zoek worden gegaan naar eventuele meerwaardes van bijproducten zoals glycerine om de biobrandstof meer rendabel te maken ten opzichte van de fossiele brandstof.

In het derde hoofdstuk wordt de glycerinemarkt besproken op basis van de historische marktprijzen en naar de toekomst gekeken vanuit het beleid rond biobrandstoffen. Verder worden in dit hoofdstuk de mogelijke toepassingen van glycerine opgesomd en verklaard. In het volgende hoofdstuk wordt er eerst een verkennend onderzoek gedaan naar bioplastiek om hierna verder te gaan met een economische evaluatie van het biogas- en bioethanol proces waarin glycerine gebruikt wordt als input. In het biogasproces wordt glycerine gebruikt als alternatief voor maïs. Het biogasproces wordt aan een WKK-installatie gekoppeld om een verhoogde rendabiliteit uit het gas te halen. In het bioethanolproces zal onderzocht worden of glycerine een rendabel alternatief van tarwe residu is. Voor beide gevalstudies wordt er afgesloten met een sensitiviteitsanalyse. Op deze manier wordt er meer zekerheid over de uitkomst gecreëerd bij verschillende scenario's van prijsveranderingen. Tot slot wordt op basis van de gevalstudies gekeken in welke mate glycerine nog een meerwaarde heeft, om de financiële haalbaarheid van biodiesel te verhogen.

Inhoudsopgave

1	Probleemstelling	- 1 -
1.1	Probleemstelling	- 1 -
1.2	Centrale onderzoeksvraag	- 2 -
1.3	Deelvragen	- 2 -
2	Literatuurstudie	- 4 -
2.1	Bio-energie.....	- 4 -
2.2	Definitie biomassa	- 6 -
2.3	Levenscyclus/CO ₂ -neutraal	- 9 -
2.4	Transport	- 10 -
2.4.1	Aandeel wegvervoer in energieverbruik	- 11 -
2.4.2	Jaarlijkse uitstoot wegverkeer in België	- 12 -
2.5	Biobrandstoffen: input en output van glycerine	- 13 -
2.5.1	Biodiesel: output van glycerine.....	- 13 -
2.5.2	Bioethanol: input van glycerine	- 16 -
2.5.3	Vergisting in combinatie met WKK: input van glycerine	- 18 -
2.6	Beleid inzake biobrandstoffen	- 24 -
3	Glycerine	- 28 -
3.1	Glycerine markt	- 28 -
3.1.1	Glycerine markt in Europa	- 28 -
3.1.2	Glycerine markt in VS	- 30 -
3.2	Toepassingen glycerine	- 32 -
4	Gevalstudie.....	- 37 -
4.1	Verkennd onderzoek bioplastiek.....	- 37 -
4.2	Gevalstudie 1: glycerine als input voor vergisting.....	- 39 -
4.2.1	Casus biogas in combinatie met WKK installatie.....	- 40 -
4.2.2	Sensitiviteitsanalyse	- 58 -
4.3	Gevalstudie 2: Bioethanol met als input glycerine.....	- 62 -
4.3.1	Bioethanol met glycerine vergeleken met tarwe residu	- 62 -
4.3.2	Sensitiviteitsanalyse	- 65 -
4.4	Conclusie gevalstudies	- 68 -
4.5	Financiële haalbaarheid biodiesel.....	- 68 -
5	Besluit.....	- 70 -
5.1	Effect van glycerine in het biogasproces	- 70 -

5.2 Effect van glycerine op het bioethanol proces.....	- 71 -
5.3 Financiële haalbaarheid biodiesel.....	- 71 -
5.6 Verder onderzoek	- 72 -
Bijlagen.....	- 73 -
Bijlage 1: Kyoto protocol.....	- 73 -
Bijlage 2: Normering brandstoffen	- 76 -
Bijlage 3: Beleid inzake biobrandstoffen in Europa	- 78 -
Bijlage 4: Beleid in België	- 81 -

Lijst Figuren

Figuur 2.1: Overzicht Bio-energie platform Vlaanderen	- 5 -
Figuur 2.2: levenscyclus biobrandstof	- 10 -
Figuur 2.3: Productieproces biodiesel	- 14 -
Figuur 2.4: Productie proces bioethanol	- 17 -
Figuur 2.5: Productieproces biogas.....	- 19 -
Figuur 2.6: Formule opbrengst uit geproduceerde warmte	- 21 -
Figuur 2.7: Formule opbrengst uit elektriciteit	- 21 -
Figuur 2.8: Formule berekening van absolute primaire energiebesparing	- 23 -
Figuur 2.9: Formule berekening relatieve primaire energiebesparing	- 24 -
Figuur 3.1: Prijs glycerine EU	- 28 -
Figuur 3.2: Logo bioplastiek	- 38 -
Figuur 4.1: Formule NCW.....	- 39 -
Figuur 4.2: Bioethanol proces met tarwe residu en glycerine	- 63 -

Lijst Tabellen

Tabel 2.1: Aandeel wegvervoer in transportsector en energiegebruik	- 11 -
Tabel 2.2: Jaarlijkse uitstoot van wegverkeer in België	- 12 -
Tabel 2.3: Productiekost biodiesel en diesel (€/l)	- 14 -
Tabel 2.4: Totale potentiële productie biodiesel en glycerine in België	- 26 -
Tabel 3.1: Productie en consumptie van glycerine in EU, Prijs glycerine	- 30 -
Tabel 3.2: Productie en consumptie van glycerine in VS, Prijs glycerine	- 31 -
Tabel 3.3: Verdeling van glycerine over de verschillende industrieën	- 32 -
Tabel 3.4: Stoffen afkomstig uit glycerine door oxidatie.....	- 36 -
Tabel 4.1: Kenmerken van vergister en WKK.....	- 41 -
Tabel 4.2: Bepaling van de investeringskosten	- 42 -

Tabel 4.3: onderhoudskosten	- 44 -
Tabel 4.4: Kostprijs biomassa.....	- 45 -
Tabel 4.5: Verzekeringskost en beheerskost.....	- 46 -
Tabel 4.6: Verwerkingskost digestaat	- 47 -
Tabel 4.7: Verkoop elektriciteit	- 49 -
Tabel 4.8: Inkomsten uit GSC	- 50 -
Tabel 4.9: Uitgespaarde warmtekost	- 51 -
Tabel 4.10: Formules relatieve en absolute energie besparing	- 51 -
Tabel 4.11: Rendementen gasmotor en referentieketel	- 52 -
Tabel 4.12: Opbrengst uit WKC	- 53 -
Tabel 4.13: NCW biogasproces met WKK installatie zonder glycerine	- 55 -
Tabel 4.14: NCW biogasproces met WKK installatie met glycerine.....	- 57 -
Tabel 4.15: Tabel sensitiviteitsanalyse, prijs maïs	- 58 -
Tabel 4.16: sensitiviteitsanalyse, prijs glycerine.....	- 59 -
Tabel 4.17: sensitiviteitsanalyse prijs warmte.....	- 60 -
Tabel 4.18: Sensitiviteitsanalyse GSC en WKC.....	- 61 -
Tabel 4.19: Economische evaluatie van het ethanol proces	- 62 -
Tabel 4.20: Sensitiviteitsanalyse, kostprijs enzymen	- 66 -
Tabel 4.21: sensitiviteitsanalyse, kost 'Andere'	- 66 -
Tabel 4.22: Sensitiviteitsanalyse, kapitaalkost.....	- 67 -
Tabel 4.23: Meerwaarde glycerine voor biodiesel	- 69 -
Lijst van geraadpleegde werken	- 84 -

1 Probleemstelling

1.1 Probleemstelling

In het Kyoto protocol (UNFCCC a, nd) verbindt Europa zich om haar uitstoot van broeikasgassen met 5% te laten dalen ten opzichte van 1990. Dit is in totaal een daling van 8%, deze doelstelling wordt aan de lidstaten opgelegd. Hierdoor moet België er voor zorgen dat de jaarlijkse uitstoot van broeikasgassen daalt met 7,5%. Jaarlijks is er in België in de transport sector een uitstoot van ongeveer 25 miljoen ton CO₂ equivalent. Dit is ongeveer 20% van de totale uitstoot van broeikasgassen. Dit is de reden waarom er zo een grote interesse is in biobrandstoffen. Europa heeft hiervoor een beleid opgezet op basis van richtlijnen om het gebruik van biobrandstof te bevorderen. In richtlijn 2003/30/EG, dat omgezet wordt door het KB 4 maart 2005, worden streefcijfers gegeven voor het aandeel biobrandstof. Tegen 2010 zou biobrandstof een aandeel van 5,75% moeten hebben in de brandstofmarkt. Deze doelstelling behalen kunnen de landen met behulp van detaxatie, quota, maar het probleem hierbij is dat deze 'gunsten' voor de biobrandstofproducent beperkt zijn in tijd (EG b, 2003; Steunmaatregel N334/2005). Op dit moment is het zo dat in 2012 het recht op belastingvrijstelling stopt en dan moeten biobrandstoffen rechtstreeks concurreren met de goedkopere fossiele brandstoffen. Dit is ook de reden waarom er nu gezocht wordt naar bijproducten van biobrandstoffen die nog meerwaarde hebben. Bij de aanmaak van biodiesel is glycerine zo een bijproduct dat er kan voor zorgen dat de rendabiliteit van biodiesel zal stijgen. Dit zal dan ook verder uitgewerkt worden in de gevalstudies.

1.2 Centrale onderzoeksvraag

De centrale onderzoeksvraag luidt als volgt:

“In welke mate heeft glycerine nog een meerwaarde en wat is het effect hiervan op de financiële haalbaarheid van biodiesel?”

Glycerine is een stof die zeer veel toepassingsmogelijkheden heeft. In het onderzoek zal in de eerste plaats een verkennend onderzoek gedaan worden naar bioplastiek. Vervolgens een uitgebreide economische evaluatie van enerzijds glycerine als vervanger van silomaïs in het biogas proces en anderzijds glycerine als vervanger van tarwe residu in het bioethanol proces. Voor het biogas proces zal gekeken worden naar de NCW van de hele investering, hieraan wordt nog een WKK-installatie toegevoegd om het rendement van de gewonnen groene energie te verhogen. In het geval van het bioethanol proces wordt op basis van een voorbeeld model de kost per liter berekend. In beide gevallen zal er uiteindelijk een sensitiviteitsanalyse uitgewerkt worden om op deze basis onzekerheden in prijzen op te vangen.

1.3 Deelvragen

- Wat zijn de extra inkomsten en uitgaven bij het gebruik van glycerine als grondstof bij de productie van biogas?
- Is het bij de huidige prijzen rendabel om glycerine te gebruiken als grondstof bij de productie van biogas?
- Wat is de breakeven prijs van glycerine om te kunnen dienen als vervanging voor maïs in het vergistingsproces van biogas?
- Wat is de impact van een wijziging van de marktprijs van maïs op de haalbaarheid van glycerine als grondstof?

- Wat is de impact van een wijziging in warmteprijs op de economische haalbaarheid van het gebruik van glycerine als grondstof bij de productie van biogas?
- Wat is de impact van de warmtekrachtcertificaten en groenestroomcertificaten op de haalbaarheid om glycerine te gebruiken als grondstof bij de productie van biogas?
- Is het bij de huidige prijzen rendabel om glycerine te gebruiken als grondstof bij de productie van bioethanol?

- In welk proces is de toevoeging van glycerine het meest rendabel?
- In welke mate zal de financiële haalbaarheid van biodiesel veranderen bij de verkregen prijzen voor glycerine.?

Via de literatuurstudie zal eerst dieper ingegaan worden op de reden waarom gekozen wordt voor het promoten van biobrandstoffen. Om vervolgens verder te gaan met een technische uiteenzetting over de input en output van glycerine. In het derde hoofdstuk wordt de glycerine markt geschetst samen met mogelijke toepassingen waarvoor glycerine op dit moment wordt gebruikt. In het vierde hoofdstuk komen de gevalstudies aanbod, eerst wordt een verkennend onderzoek gevoerd naar de mogelijkheid om glycerine te gebruiken als basis voor bioplastiek. Vervolgens zal op basis van een economische evaluatie van zowel het biogas proces als het bioethanol proces de rendabiliteit van glycerine getoetst worden. Om bepaalde onzekerheden op te vangen zal er via een sensitiviteitsanalyse nagegaan worden hoe deze rendabiliteit zal veranderen bij prijswijzigingen.

2 Literatuurstudie

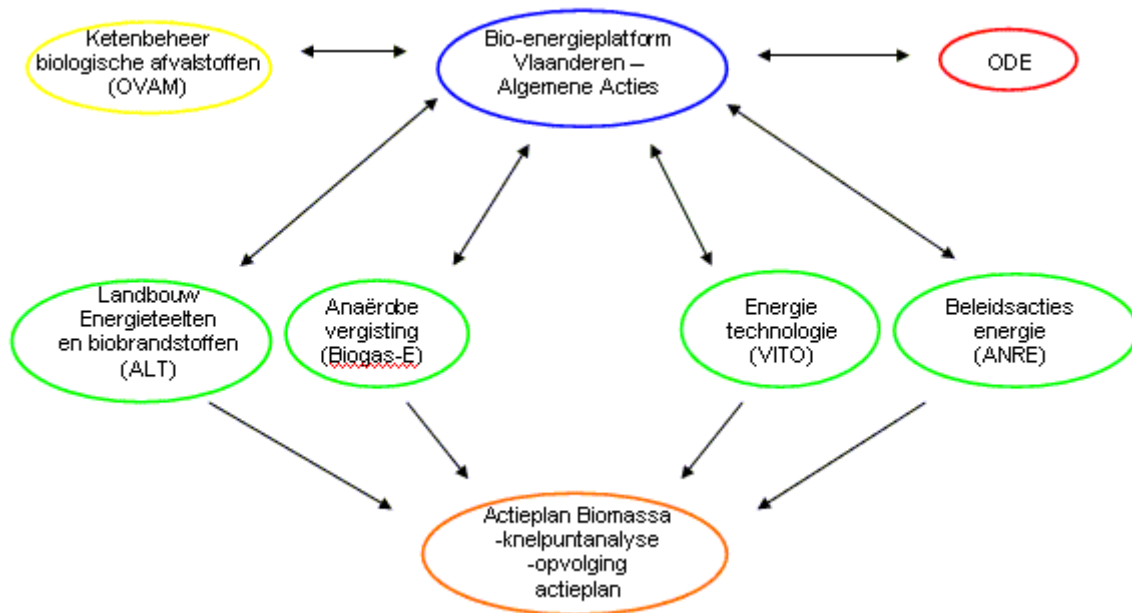
2.1 Bio-energie

Bio-energie wordt gecreëerd door het omzetten van organische grondstoffen (biomassa) in energie. De biomassa wordt via een fysische, thermo-chemische, biologische bewerking omgezet in energie. Deze energie kan thermisch, elektrisch of mechanisch zijn. (Vlaams energieagentschap a, 2008)

Bio-energie krijgt meer en meer belangstelling, om dit in goede banen te leiden heeft Vlaanderen een platform opgericht, nl. Het Bio-energie platform Vlaanderen. Dit platform zet zich in voor de volgende doelstellingen:

- Informatieverzameling en -verspreiding op het gebied van de productie en het gebruik van biomassa voor energie.
- Input geven aan het toekomstige beleid ter zake, door het opbouwen van een duidelijke visie op de structurele barrières voor energetische valorisatie van biomassa in Vlaanderen.

Bio-energie kan zoals eerder gesteld opgesplitst worden naar verschillende soorten energie en dit door verschillende bewerkingsmethodes van de biomassa. Om het platform functioneel te houden en voldoende expertise te hebben is het opgedeeld in verschillende werkgroepen. De werkgroepen hebben een trekker die de werkgroep vertegenwoordigt, deze worden weergegeven tussen haakjes in onderstaand overzicht van bio-energie Vlaanderen.



Figuur 2.1: Overzicht Bio-energie platform Vlaanderen

Bron: Vlaams energieagentschap b, 2008

De OVAM¹ heeft het voorzitterschap over het platform en de Organisatie Duurzaam Energie Vlaanderen (ODE) coördineert de dagelijkse werking van het platform. Dit doet ze door te zorgen voor informatie- en bewustmakingscampagnes, samen met de overheid. Verder organiseert ze het overleg tussen de overheid en hernieuwbare energiebedrijven en voor het overleg tussen de verschillende hernieuwbare energiebedrijven. Hiervoor stelt ze verschillende overlegplatformen op, deze worden opgesplitst naar verschillende hernieuwbare energiebronnen. Dit alles om hun doel te bereiken, nl. een bijdrage leveren aan concrete beleidsvoorstellen voor de uitbouw van duurzame energie. (ODE Vlaanderen, 2008)

Het platform is, zoals eerder gesteld, opgedeeld in werkgroepen. De werkgroep Beleidsacties en energie heeft als trekker de Afdeling Natuurlijke Rijkdommen en Energie (ANRE). De ANRE is een onderdeel van het ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, zij zorgen voor voldoende informatie, documentatie inzake milieu en energie. Verder stellen ze ook een regelgeving op om rationeel om te springen met energie en promoten zij hernieuwbare energie. Een voorbeeld van deze regelgeving is deze bij bouwaanvragen. Bouwaanvragen moeten voldoen aan bepaalde energie prestatie regelgeving om op die

¹ OVAM: Openbare Vlaamse Afvalstoffen Maatschappij streeft naar minder afval en een proper bodem

manier duurzaam bouwen en herbouwen te bekomen. Deze regelgeving kan bv. over isolatie gaan. Deze regelgeving wordt dan via boetes en controles gereguleerd. (Afdeling natuurlijke rijkdommen en energie, nd)

Een andere werkgroep is deze van de energietechnologie met als trekker het VITO. Deze organisatie doet onafhankelijk en klantgericht onderzoek om technologische oplossingen te vinden. De missie van VITO is om Vlaanderen economisch en maatschappelijk te versterken, dit via wetenschappelijk advies en ondersteuning. In de context van energietechnologie zal het VITO vooral onderzoek doen naar hernieuwbare energie, energieopslag, gedistribueerde energieopwekking, rationeel energiegebruik en de energie en emissies in transport. (VITO, 2008)

De derde werkgroep is deze van de anaërobe vergisting, geleid door biogas-E. Haar voornaamste taak is het verstrekken van informatie over vergisting. De laatste werkgroep handelt over landbouw, specifiek gericht op energieteelten en biobrandstoffen. Deze groep wordt geleid door het Departement Landbouw en Visserij, de opvolger van de Administratie land- en tuinbouw (ALT). Al deze werkgroepen geven advies en verdere informatie over de uitwerking van het actieplan biomassa en de opvolging hiervan. (Biogas-E, 2008; Departement landbouw en visserij, 2008)

2.2 Definitie biomassa

In het besluit van de Vlaamse Regering van 5 maart 2004 inzake de bevordering van elektriciteitsopwekking uit hernieuwbare energiebronnen vinden we in art 1, § 2, 3° de volgende definitie van biomassa: de biologisch afbreekbare fractie van producten, afvalstoffen en residuen van de landbouw (met inbegrip van plantaardige en dierlijke stoffen), de bosbouw en aanverwante bedrijfstakken, alsmede de biologisch afbreekbare fractie van industrieel en huishoudelijk afval (Vlaamse Regering, 2004) Ook de OVAM en de EG in haar richtlijn 2001/77/EG nemen deze definitie van biomassa aan. (OVAM, 2008; EG, 2001)

VLAREM is de wettelijke basis voor de bestrijding van milieuverontreiniging in Vlaanderen, deze splitst biomassa op in enerzijds biomassa, dit zijn plantaardige

producten voortgebracht uit landbouw en bosbouw deze kunnen gebruikt worden om energie op te wekken. Anderzijds biomassa afval, hiermee wordt bedoeld het plantaardig afval uit land- en bosbouw en uit de levensmiddelenindustrie, het vezelachtig afval dat over blijft bij het maken van papier, maar ook kurkafval en houtafval. (Vlarem, 2004)

Uit bovenstaande definities kan een algemene definitie voor biomassa opgedeeld worden naar:

- Producten uit land- en bosbouw.

Deze worden ook wel producten uit energieteelten genoemd.

Eenzijds zijn er de korte-omloophoutsoorten en anderzijds de energiegewassen.

De korte omloop-houtsoorten zijn bomen geplant met als doel ze te oogsten voor de biomassa. De keuze van boomsoort is belangrijk, voorkeur gaat uit naar snelgroeïende en hoogproductieve boomsoorten zoals esdoorn, populier, eucalyptus en wilg om de teelt economisch rendabel te houden. Na 3 tot 5 jaar kunnen de bomen geogst worden, om ze vervolgens te verhakselen en te drogen voor opslag.

De energiegewassen zijn landbouwgewassen gecultiveerd door de boeren op hun velden: zoals zonnebloem, suikerriet, suikerbiet, koolzaad, granen, sojabonen en raapzaad. In Vlaanderen zouden voornamelijk suikerbiet, aardappel, winterkoolzaad, maïs en wintertarwe geschikt zijn als energiegewas. Er zijn echter nog niet veel van deze gewassen gezaaid met als doel te verwerken tot bio-energie. Eind 2005 werd er voor het eerst in België 1000 ha winterkoolzaad ingezaaid om te gebruiken als biomassa. (Govaerts et al, 2006) De gewassen worden door productieprocessen, die verderop in dit hoofdstuk worden uitgelegd, omgezet naar Pure Plantaardige Olie, ethanol of biodiesel. (ODE Vlaanderen, 2001)

- Residuen en afval uit natuurbeheer, land- en tuinbouw

Restproducten zoals stro, mest of snoeiafval kunnen nog een rol van betekenis spelen bij het opwekken van energie. De manier waarop energie uit de verschillende reststoffen wordt gehaald, is afhankelijk van het restproduct. Droge kippenmest bijvoorbeeld kan energie opleveren door verbranding terwijl het natte mest veelal gevaloriseerd wordt door vergisting. (ODE Vlaanderen, 2001)

- Bedrijven kunnen ook biomassa voortbrengen, bijvoorbeeld afgekeurde paletten zijn een mogelijke bron van biomassa. (ODE Vlaanderen, 2001)
- Gemeentelijke containerparken zijn een grote bron van biomassa, hier wordt het snoeiafval van de hele gemeente verzameld wat via verdere bewerking een mogelijke bron van biomassa is. (ODE Vlaanderen, 2001)

- Residuen uit industrie en huishoudens

Restproducten uit de industrie die ook nuttig zijn als biomassa komen vooral uit de houtindustrie. Hierbij wordt vooral het proceshout verder gebruikt als biomassa. (ODE Vlaanderen, 2001)

Glycerine is zulk een restproduct van de industrie. Het is een bijproduct uit zowel de biobrandstof - als de zeepindustrie. Wij zullen ons in deze thesis vooral richten op het aspect bijproduct van biodiesel. Dit omdat door het gekozen beleid van de EU om biobrandstoffen te promoten er een groter aanbod van glycerine kan worden verwacht. Indien er voor dit restproduct nog andere mogelijkheden zijn om verder te verwerken, kan dit een grote meerwaarde zijn voor de producenten van biodiesel.

De biomassa wordt via conversietechnieken omgezet naar bio-energie. Deze omzettechnieken zijn:

- Verbranding en coverbranding
- Vergassing
- Anaerobe vergisting
- Pyrolyse
- Extractie van olie
- Omestering
- Alcoholische gisting

(Cidad et al, 2003)

Voor het restproduct **glycerine** zijn er verschillende conversietechnieken mogelijk uit bovenstaande opsomming. Zo kan zowel verbranding, anaërobe vergisting als alcoholische gisting gebruikt worden om glycerine om te zetten naar bio-energie. De

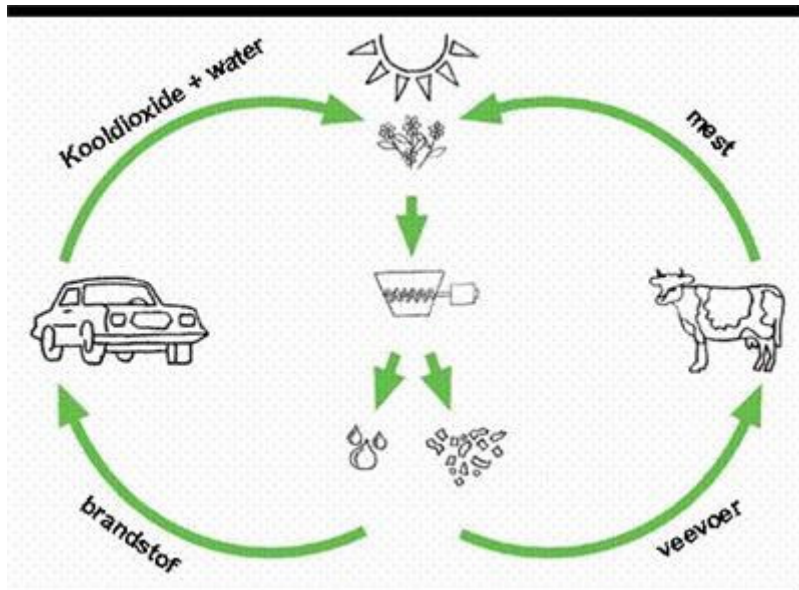
alcoholische vergisting en anaërobe vergisting worden uitvoerig besproken in de gevalstudie.

2.3 Levenscyclus/CO₂-neutraal

De belangrijkste reden waarom er voor biobrandstof gekozen wordt, is zijn duurzaamheid. Bij de keuze voor alternatieven van brandstoffen moet er gekeken worden naar de toekomstige voorraadzekerheid enerzijds maar anderzijds ook naar het milieu. Indien een land milieuvriendelijk wil werken dan moet het ook op zoek gaan naar energiebronnen die milieuvriendelijk zijn. Dit is dan ook de reden waarom het noodzakelijk is dat producenten een brandstof creëren die CO₂-neutraal is.

Biobrandstoffen worden als CO₂-neutraal bekeken omdat de uitgestoten CO₂ bij verbranding reeds bij de groei van de biomassa uit de lucht werd gehaald. Het verschil tussen fossiele brandstoffen en biobrandstoffen is dat bij biobrandstof de cyclus van opname van CO₂ uit de lucht en de uitstoot veel korter is. De fossiele brandstof heeft de CO₂ duizenden jaren geleden uit de lucht gehaald, waardoor de uitstoot nu voor extra broeikasgassen zorgt (milieucentraal, 2006). Toch mag de biobrandstof niet volledig als CO₂-neutraal aanzien worden, de productie van de biobrandstof heeft ook energie gekost en heeft dus ook een CO₂-uitstoot. De totale uitstoot ligt echter vaak lager dan deze van fossiele brandstoffen.

Bij de productie van biobrandstoffen zijn er ook bijproducten die nog een economische waarde hebben, zo bestaat er de mogelijkheid om overschotten van planten te gebruiken als veevoeder. Het mest dat vervolgens voortgebracht wordt door het vee heeft dan zijn waarde bij het cultiveren van de energiegewassen. Dit is alles is weergegeven in onderstaande figuur 2.2.



Figuur 2.2: levenscyclus biobrandstof

Bron: Hanzehogeschool Groningen, nd

Een verder verwerking van de bijproducten, zoals **glycerine** uit de productie van biodiesel, is noodzakelijk. Maar als deze nog eens gebruikt worden om energie aan te maken daalt de CO₂-uitstoot alleen maar sterker. Bij het cultiveren van biomassa op het veld, is er immers ook energie verbruikt. Indien glycerine een deel van deze biomassa kan vervangen, wordt er onmiddellijk ook gewerkt aan de problematiek dat energiegewassen de prijzen van gewassen voor voeding laten stijgen. Een efficiënt gebruik van de energiegewassen en hun bijproducten kan hier met andere woorden al een rol van betekenis spelen.

2.4 Transport

In dit deel zal er aan de hand van het aandeel van het wegvervoer in het energieverbruik en de uitstoot van het wegverkeer in België duidelijk gemaakt worden waarom de transportsector zo een belangrijke sector is om milieuvriendelijker te werk te gaan. Door het grote aandeel van deze sector in het energieverbruik en vervuiling zou elk land, door deze sector milieuvriendelijker te maken, grote stappen vooruit kunnen zetten om hun

doelstellingen, aangegaan in het Kyoto protocol, te behalen. Wij zijn van mening dat biobrandstof de belangrijkste factor is, naast het voertuig op zich milieuvriendelijker maken, om in deze sector vooruitgang te boeken. Dit is ook de reden waarom in de gevalstudie onderzoek gevoerd wordt naar de haalbaarheid van bioethanol gemaakt uit glycerine.

2.4.1 Aandeel wegvervoer in energieverbruik

In de transportsector speelt het wegvervoer een heel belangrijke rol in gebruik van de totale energie. In 2000 bedroeg het percentage gebruikte energie door wegvervoer ongeveer 80% van het finale energiegebruik in de transportsector, in 2005 bedroeg dit aandeel bijna 84%. De transportsector op haar beurt heeft in 2000 een aandeel van 22% in het totale energieverbruik, dit loopt op tot 24% in 2005. Als we het aandeel van het wegvervoer in het finaal energiegebruik berekenen, dan komen we tot de conclusie dat wegvervoer 20% van de totale energieconsumptie verbruikt in 2005. Dit is ook de reden waarom biobrandstoffen zo in trek zijn, ze bieden een alternatief voor 1/5 van de energieconsumptie indien ze in hun pure vorm worden gebruikt. Het aandeel van het wegvervoer in de transportsector en het energiegebruik wordt weergegeven in tabel 2.1.

Tabel 2.1: Aandeel wegvervoer in transportsector en energiegebruik

	Aandeel transport in energiegebruik	Aandeel wegvervoer in transportsector	Aandeel wegvervoer in energiegebruik
2000	$9.598/43.743=$ 21,94%	$7.750/9.598=$ 80,75%	$21,94\%*80,75%=$ 17,7%
2001	$9.407/44.015=$ 21,37%	$7.940/9.407=$ 84,41%	$21,37\%*84,41%=$ 18,04%
2002	$9.660/41.684=$ 23,17%	$8.037/9.960$ 83,20%	$23,17\%*83,20%=$ 19,28%
2003	$10.194/43.444=$ 23,46%	$8.215/10.194=$ 80,59%	$23,46\%*80,59%=$ 20,15%
2004	$9.946/42.046=$ 23,66%	$8.545/9.946=$ 85,91%	$23,66\%*85,91%=$ 20,33%

2005	9.834/41.143= 23,90%	8.251/9.834= 83,90%	23,90%*83,90%= 20,05%
------	--------------------------------	-------------------------------	---------------------------------

(FOD Economie a, 2008; FOD Economie b, 2008)

2.4.2 Jaarlijkse uitstoot wegverkeer in België

Tabel 2.2: Jaarlijkse uitstoot van wegverkeer in België

*1.000 ton CO ₂ equivalent	1990	2004	2005
Wegvervoer	19.270	25.799	24.928
Transport	19.790	26.423,7	25.522,79
Totaal	143.393	146.478	143.478,26

(European environment agency, 2007; VMM, 2007; Federaal planbureau, 2004)

Zoals in tabel 2.2 aangegeven stoot het wegverkeer jaarlijks ongeveer 25 miljoen ton CO₂ equivalent uit. Hierbij zorgt het wegverkeer voor 17% van de totale uitstoot. Het problematische aan dit getal is dat de uitstoot sinds 1990 gestegen is met 29% (24.928/19.270=1,29). Dit is in tegenstelling tot de totale uitstoot van broeikasgassen, wat status quo gebleven is. Hieruit kan opgemaakt worden dat er wel degelijk verbetering is over de laatste 15 jaar in de andere sectoren en dat het wegvervoer nog een achterstand in te halen heeft. Dit toont het algemeen belang aan dat er iets moet gebeuren met het wegvervoer waardoor er minder schadelijke stoffen worden uitgestoten. De technologische vooruitgang zal dit voor een deel opvangen, auto's worden steeds milieuvriendelijker waardoor de uitstoot zal dalen. Brandstoffen kunnen milieuvriendelijker gemaakt worden, met de reeds aangehaald biobrandstoffen. Als biobrandstof een groot deel van de brandstofmarkt kan vervangen dan zal de uitstoot niet noodzakelijk dalen, maar er zal wel een evenwicht komen door de reeds eerder aangehaalde opname van broeikasgassen uit de lucht tijdens de levensperiode van de planten.

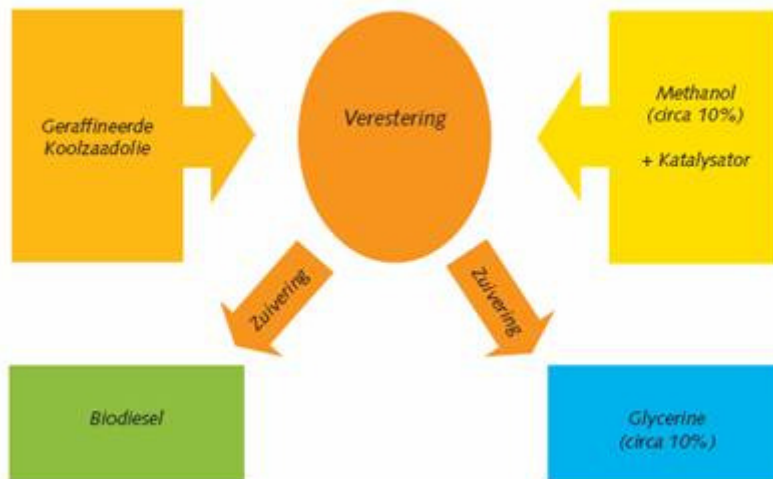
2.5 Biobrandstoffen: input en output van glycerine

Hieronder worden de biobrandstoffen besproken die in deze verhandeling gebruikt worden. Eerst wordt biodiesel verder uitgewerkt, vermits dit de basis is waaruit glycerine als bijproduct voortkomt. Vervolgens wordt bioethanol en biogas uitgewerkt, dit omdat in de gevalstudie de valorisatie van glycerine uitgewerkt wordt bij het omzetten naar bioethanol en biogas.

2.5.1 Biodiesel: output van glycerine

Biodiesel heeft een basis van biologische olie, maar hij kan ook op basis van vetten geproduceerd worden. De olie wordt chemisch behandeld bij het omzetten naar biodiesel. De mogelijke soorten oliën zijn, maïsolie, sojaolie, palmolie, eucalyptusolie, jatropha curcas en de olie die het meest bij ons en in onze buurlanden wordt gebruikt, koolzaadolie. (Rupilius, 2007, p 435; jatrophabiodiesel, 2008)

Door de chemische behandeling, die verestering wordt genoemd, wordt de **glycerine** afgescheiden van de olie. Er ontstaan bijgevolg 2 producten: enerzijds de afgescheiden glycerine die na een goede zuivering verder verwerkt kan worden in voedingsmiddelen, cosmetica, farmaceutische industrie en ook opnieuw in de energiesector. Dit zal verder onderzocht worden in de gevalstudie. Anderzijds brengt de verestering methyl ester voort, dit is de chemische naam voor biodiesel. De chemische behandeling haalt niet enkel de glycerine uit de olie of het vet, maar voegt aan de olie eveneens ontbrandingsstoffen toe. Op deze manier wordt het cetaangehalte verhoogd en is de ontbranding gelijk aan die van een fossiele brandstof. (bioethanol a, 2008) De omzetting van biomassa met behulp van methanol en een katalysator naar biodiesel en glycerine wordt weergegeven in onderstaande figuur 2.3.



Figuur 2.3: Productieproces biodiesel

Bron: Bioethanol a, 2008

Het nadeel van deze chemische behandeling is dat ze een extra energiekost vergt. Biodiesel is immers een verdere verestering van de koolzaadolie, die op zich al gebruikt kan worden als PPO.

Bij de productie van biobrandstoffen voor motorvoertuigen is het noodzakelijk dat de op de markt gebrachte brandstoffen van een voldoende kwaliteit zijn. Dit om er voor te zorgen dat voertuigen geen schade oplopen. Maar ook zodat er geen brandstof op de markt wordt gebracht onder de noemer 'milieuvriendelijk', wanneer dit eigenlijk niet het geval is. Verder om er voor te zorgen dat de eigenschappen van biobrandstoffen niet te hard van de oorspronkelijke brandstoffen afwijken. Dit zijn voorzorgsmaatregelen die al voor lange tijd spelen op de brandstofmarkt, daarom is dit ook gereguleerd in normen. Deze normen worden besproken in bijlage 2.

Tabel 2.3: Productiekost biodiesel en diesel (€/l)

Prijs diesel	0,396
Prijs Biodiesel	0,607

(vhde, 2008)

Biodiesel productie is economisch niet rendabel als ze moet concurreren met de fossiele brandstoffen. In bovenstaande tabel 2.3 wordt de prijs van biodiesel en diesel

weergegeven. Biodiesel is 21 eurocent duurder dan diesel en dus niet concurrentieel op dit moment. Daarom is het nodig om op zoek te gaan naar toegevoegde waarden van het bijproduct dat gecreëerd wordt in het productieproces van biodiesel. Glycerine is het voornaamste bijproduct dat nog een toegevoegde waarde kan hebben in de productie van biodiesel. Hoeveel glycerine er nu juist aangemaakt wordt in het productieproces van biodiesel, is afhankelijk van de biomassa waaruit de biodiesel gefabriceerd wordt. Hierboven wordt aangehaald welke soorten olie gebruikt wordt bij de aanmaak van biodiesel. Uit deze opsomming zijn koolzaad, soja en palmolie gehaald om verder te onderzoeken hoeveel glycerine geproduceerd wordt afhankelijk van elke soort biomassa.

Bij het cultiveren van 1 hectare koolzaad werd er in 2007 een opbrengst van 2.804 ton behaald, in 2008 steeg de opbrengst naar 3.025 ton per hectare.

(Productschapakkerbouw a, 2008) Indien de koolzaad wordt gebruikt om biodiesel te produceren, wordt uit deze afgerond 3.000 ton koolzaad 1.200 kilogram biodiesel geproduceerd en 120 kilogram glycerine. Glycerine heeft in de productie dus een verhouding van 1 op 10 delen biodiesel. (Bondt, 2008)

Het cultiveren van soja geeft een lagere opbrengst per hectare dan de opbrengst uit koolzaad. De opbrengst voor soja per hectare in 2007 was 2.171 ton, in 2008 steeg deze opbrengst naar 2.558 ton per hectare. Indien we deze sojabonen gebruiken om olie te maken komt dit op 477 liter olie uit voor 2007 en in 2008 1.023 liter olie per hectare. Bij het omzetten naar biodiesel kan er opnieuw gebruik gemaakt worden van de formule 101,5% plantaardige olie nodig om 100% biodiesel te maken. Voor het jaar 2007 kan er op die manier 855,57 liter biodiesel aangemaakt worden per hectare. In 2008 stijgt dit aantal tot 1.007,88 liter biodiesel per hectare sojabonen. Uit de productie van biodiesel is er een productie glycerine van 10%. In 2007 werd er een 85,57 liter glycerine per hectare sojabonen voortgebracht, in 2008 lag dit op 100,79 liter per hectare.

(Productschapakkerbouw b, 2008; persoonlijke communicatie Mevr. Rijckaert)

De opbrengst per hectare uit palmnoten is verschillend naar de levensjaren van de palmbomen toe. De vruchten van de palmbomen hangen samen in 'fresh fruit bunches' (ffb), de vruchten bestaan uit een noot met harde schil en hier rond zit een pulp die ook een olie substantie bevat. Dus beide kunnen geperst worden. Voeg je de olie samen dan heb je een rendement van 22% op gewichtsbasis per ffb. De opbrengst per jaar is zoals eerder gezegd afhankelijk van de ouderdom van de boom. Het eerste jaar dat de

boom volgroeid is, zijn derde levensjaar na het planten, is er al een opbrengst van 10 ton per hectare. Daarna gaat het in stijgende lijn tot 26 ton per hectare in het 5^e jaar. Dit blijven ze nog 10 jaar produceren om dan uiteindelijk te dalen. De bomen moet herplant worden 25 à 30 jaar na volwassenheid. Voor de berekening van de olie per jaar, is er een gemiddelde genomen van opbrengst over de 25 productie jaren van de bomen. De gemiddelde opbrengst over de levensperiode van de palmbomen is 19,4 ton per hectare. Deze 19,4 ton palmnoten brengt 4.268 liter olie voort. Deze omgezet naar biodiesel geeft 4.204,9 liter biodiesel per hectare palmbomen. Bij de aanmaak van de biodiesel wordt er eveneens 420,49 liter glycerine geproduceerd. (Sipef, 2004; persoonlijk contact Mevr. Rijckaert)

2.5.2 Bioethanol: input van glycerine

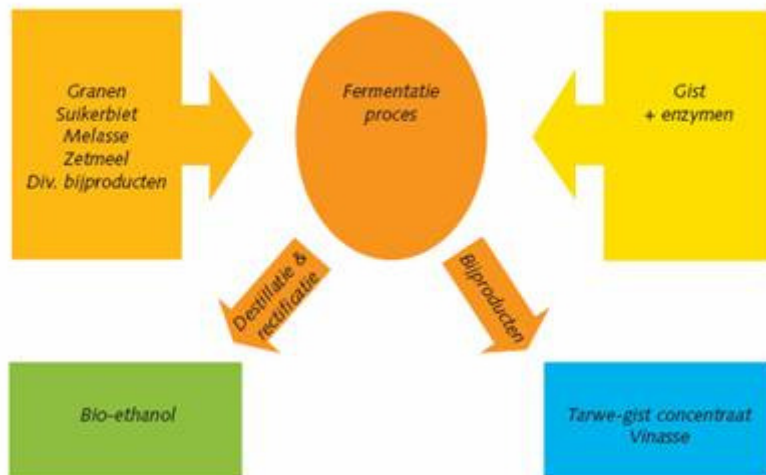
Bioethanol is een biobrandstof, voornamelijk gehaald uit twee soorten biomassa. Enerzijds suikerhoudende biomassa en anderzijds zetmeelhoudende biomassa. Enkel suikerhoudende biomassa is relevant in deze verhandeling en wordt hieronder verder uitgewerkt.

Onder suikerhoudende biomassa wordt verstaan suikerriet, suikerbieten en zoete sorghum. Figuur 2.4 geeft het bioethanol proces weer. Eerst wordt de suikerhoudende biomassa behandeld tot er een suikerrijke vloeistof wordt verkregen, deze wordt via fermentatie² omgezet in een ethylalcohol. Via destillatie³ wordt de alcohol voor 45% geconcentreerd om vervolgens via rectificatie omgezet te worden tot een pure alcohol. De rectificatie⁴ haalt het overige gedeelte water en andere onzuiverheden uit de alcohol. (bioethanol a, 2008)

² Fermentatie: Door alcoholische gisting of toevoegen van bepaalde bacteriën wordt alcohol geproduceerd. Voor de fermentatie tot bioethanol, gebeurt dit in een zuurstofarme omgeving. De koolhydraten (suikers) worden omgezet tot een ethylalcohol waterstof, melkzuur en kooldioxide. (tempeh, 2008)

³ Destillatie op basis van verschillen in kookpunten stoffen van elkaar worden gescheiden. In dit geval worden waterstoffen onttrokken aan de ethanol. (lenntech, 2008)

⁴ Rectificatie: Type destillatie dat wordt toegepast indien de kookpunten van de stoffen dicht bij elkaar liggen.



Figuur 2.4: Productie proces bioethanol.

Bron: Bioethanol a, 2008

Bij de productie van ethanol uit suikerhoudende gewassen zijn er verschillende bijproducten.

Voor suikerbieten zijn dit de volgende producten:

- Bietenloof: Dit kan gebruikt worden als groenbemesting
- Pulp: Verwerkbaar in veevoeder
- Schuimaarde: afvalproduct van zuivering tot suikers. Inzetbaar als grondverbeteraar.

Voor suikerriet zijn er de volgende bijproducten:

- Trash: Dit is het afval van stengels en bladeren. Dit wordt nu nog verbrand, maar naar de toekomst toe zal dit als biomassa kunnen dienen voor tweede generatie biobrandstoffen.
- Bagasse: Dit is een vezelproduct dat overblijft na de persing tot de suikerrijke vloeistof. Dit wordt wederom gebruikt om groene energie namelijk elektriciteit en warmte op te wekken.

Glycerine is ook een suikerhoudende grondstof. Rice university heeft dit onderzocht en zij hebben een bacterie gevonden die er voor kan zorgen dat bij de vergisting de glycerine wordt omgezet in ethanol. Het grote voordeel van deze methode is dat de operationele kosten 40% lager liggen bij het omzetten van glycerine naar ethanol ten opzichte van het omzetten van maïs naar ethanol. Deze verlaging van 40% is er doordat

glycerine vooraf niet moet worden behandeld. (wired, 2008) Deze lagere operationele kost zou er wel eens voor kunnen zorgen dat de omzetting van glycerine naar ethanol als vervanger van bijvoorbeeld maïs economisch haalbaar wordt. (Science Daily, 27 juni 2007) Dit wordt verder uitgewerkt in de gevalstudie.

Een algemeen bijproduct dat bij alle soorten biomassa voortgebracht wordt is vinasse. Dit is het dikke sap dat overblijft nadat de ethanol en de suikers aan de oorspronkelijke biomassa zijn onttrokken. Het sap kan verder gebruikt worden in veevoeder, maar doordat het rijk is aan kalium en stikstof is het eveneens bruikbaar als meststof. (KWS Benelux, 2008)

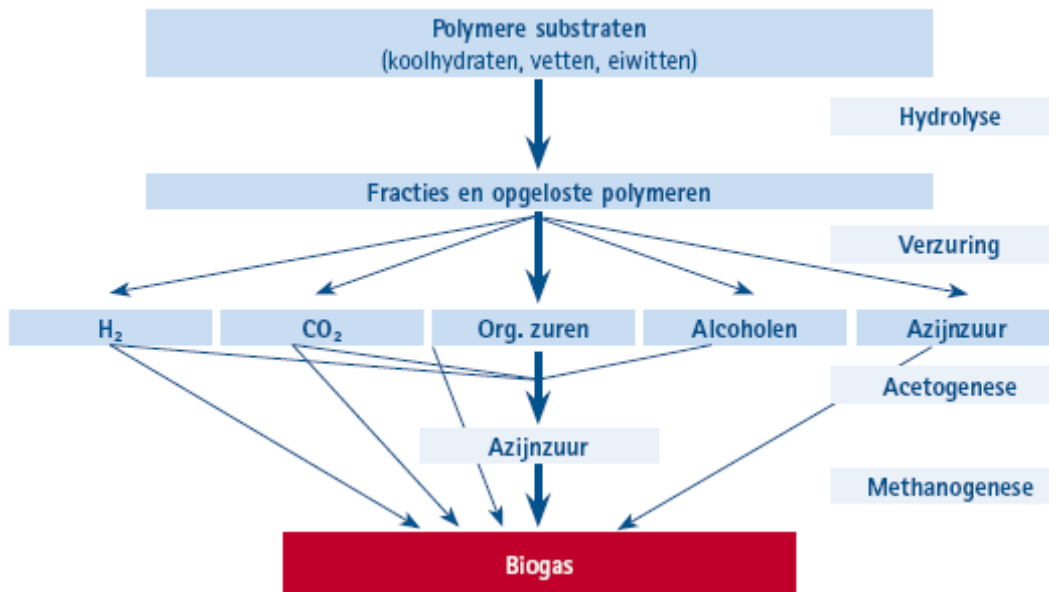
De CO₂-reductie zoals al eerder weergegeven in figuur 2.2 ligt bij het gebruik van bioethanol in plaats van fossiele brandstoffen tussen de 15% en 55%. Deze ruime marge wordt genomen omdat de reductie afhankelijk is van de biomassa die gebruikt wordt. (Milieucentraal, 2006)

2.5.3 Vergisting in combinatie met WKK: input van glycerine

2.5.3.1 Biogas

Biogas wordt geproduceerd door anaërobe vergisting van organisch afval. Anaëroob betekent dat de vergisting doorgaat in afwezigheid van zuurstof. Bij anaërobe vergisting maakt men een onderscheid tussen de productie op natuurlijke en kunstmatige wijze. Biogasproductie op natuurlijke wijze kan door vergisting onder water of in ingewanden van dieren. De kunstmatige productie is uitgevoerd doormiddel van een vergisting in een luchtdichte vergister. (Igoni, 2008)

Bij kunstmatige vergisting van biomassa om biogas te produceren wordt er gewerkt in 4 processen. Deze worden weergegeven in onderstaande figuur 2.5.



Figuur 2.5: Productieproces biogas

Bron: Wiese, nd

In het eerste proces, de hydrolyse, worden stoffen die opgebouwd zijn in langere ketens zoals koolhydraten, vetten en eiwitten omgezet in kortere ketens. Dit zijn enkelvoudige suikers, **glycerine**, vetzuren en aminozuren. Deze worden in het schema aangeduid door de fracties en polymeren. Bij de hydrolyse van vetten en oliën ontstaat glycerine. De hydrolyse kan op 2 manieren gebeuren. De eerste manier is de basische hydrolyse ook wel verzeping genoemd, bij deze methode wordt het vet of het oliemolecuul via een base opgesplitst in glycerol en zouten van vetzuren. De zouten van vetzuren worden ook wel zeep genoemd. De tweede soort hydrolyse is de zure hydrolyse, bij deze methode wordt het zuur H^+ als katalysator gebruikt. De hydrolyse levert glycerol en vrije vetzuren op. In onze berekening wordt deze stap overgeslagen, omdat de glycerine reeds als grondstof wordt aangeboden door de biodieselproducenten. Dit is reeds een eerste operationeel kostenvoordeel dat behaald kan worden, bij het gebruik van glycerine als biomassa in de aanmaak van biogas.

Het tweede proces is de verzuring van de fracties en polymeren, dit houdt in dat de tussenproducten via fermentatieve microorganismen in de vergister worden omgezet naar kortketenige vetzuren. Voorbeelden van deze vetzuren zijn azijnzuur, propion of boterzuur. Bij deze omzetting naar kortketenige zuren worden er ook kooldioxide, waterstoffen, alcoholen en melkzuren.

Het derde proces wordt acetogenese genoemd, hier zal de verzuring van azijnzuur verder doorgezet worden. Dit is in combinatie met methaanvorming. De uitkomst van deze combinatie geeft azijnzuur, waterstof en CO₂.

Het laatste proces is een methaanvorming, methanogenese. De methaanbacteriën die in dit proces gebruikt worden zorgen voor een biogas dat voor 55-75% uit methaan (CH₄) bestaat. Verder bestaat het biogas voor een groot deel uit CO₂. (Wiese, nd; Igoni, 2008)

Indien **glycerine** wordt gebruikt als grondstof in de productie van biogas, kan men niet alleen glycerine gebruiken. Bij voorkeur wordt er maximaal 4-5% glycerine ten opzichte van de totale input toegevoegd, omdat anders het proces in de reactor zal verzuren. Ook de opbouw van de hoeveelheid toegevoegde glycerine kan best geleidelijk opgebouwd worden, op deze manier kunnen de bacteriën in de reactor zich aanpassen aan de nieuwe omgeving. Dit is nodig omdat glycerine een hoog percentage zout heeft, hieraan moeten de organismen die instaan voor de vertering zich aanpassen. Het grote voordeel aan het gebruiken van glycerine is dat de output aan methaan en dus biogas uit glycerine veel hoger ligt dan deze uit andere biomassa. (Wiese, nd)

Het biogas dat verkregen is, kan vervolgens verkocht worden tegen de marktprijs. Maar er is ook nog een andere mogelijkheid. Warmtekrachtkoppeling (WKK) is een efficiënte manier om zowel warmte als kracht (elektriciteit) te produceren. Dit omdat de aanmaak van beide energievormen in één proces mogelijk is.

2.5.3.2 WKK

Aan het gebruik van WKK zijn enkele voorwaarden gebonden om de installatie rendabel te houden. In de eerste plaats moet de WKK dicht in de buurt staan van de warmteverbruiker. Warmte is niet goed en efficiënt transporteerbaar, dus hier is er een beperking. Een andere voorwaarde is dat er een voortdurend en constant warmteverbruik is, zodat de afzet in de nabije omgeving van de installatie verzekerd is. Buiten deze 2 voorwaarden heeft de WKK installatie niks dan voordelen. Het biogas kan dus omgezet worden naar warmte en kracht, de kracht is de elektriciteit die via een generator opgewekt wordt. Bij de uitspraak 'efficiënte vorm van zowel warmte als elektriciteit creatie', moet er wel de bedenking gemaakt worden dat de geproduceerde

hoeveelheid energie perfect past op de gevraagde hoeveelheid. Indien er teveel warmte wordt gecreëerd moet dit aanzien worden als verlies aan energie.

De omzetting van de brandstof naar warmte en elektriciteit is opgedeeld naar de soort brandstof. Er bestaan WKK's gebaseerd op het principe van een stoomturbine, een gasturbine en een inwendige verbrandingsmotor die zowel gas als diesel kan verbranden. In deze verhandeling wordt er gebruik gemaakt van de gasmotor. De verkregen warmte kan dan gebruikt worden in de vergister die biogas produceert, dit om een optimaal klimaat te creëren voor de micro-organismen die de biomassa verteren.

Om de meerwaarde van de WKK te berekenen is het nodig de opgewekte warmte te valoriseren. Hiervoor wordt er gebruik gemaakt van de marginale kost die normaal gezien gebruikt zou worden om de warmte op te wekken. Er wordt geopteerd voor enkel de marginale kost in te brengen omdat de investeringskost van de boiler die warmte produceert nog altijd nodig zal zijn. Deze boiler dient nog als back-up systeem voor de WKK, daarom dat dit ook niet wordt ingebracht als vermeden kost of te wel een opbrengst verbonden aan de WKK. De opbrengst van de geproduceerde warmte wordt verkregen door volgende formule:

Figuur 2.6: Formule opbrengst uit geproduceerde warmte

$$Q \cdot V_f / \eta_q$$

Bron: Cogen Vlaanderen, 2006

Q staat voor de geproduceerde hoeveelheid warmte (MWh), V_f staat voor de waarde van de brandstof (€/MWh) en η_q geeft het rendement van de boiler weer die normaal de warmte zou hebben geproduceerd. Voor de berekening van de opbrengst uit elektriciteit kan op dezelfde manier te werk gegaan worden.

Figuur 2.7 : Formule opbrengst uit elektriciteit

$$E \cdot V_e$$

Bron: Cogen Vlaanderen, 2006

E geeft de geproduceerde hoeveelheid elektriciteit weer (in MWh) en V_e de waarde van deze geproduceerde elektriciteit (in €/MWh).

Bij het gebruik van een WKK, wordt het rationeel omspringen met energie beloond met subsidies. In België zijn er 2 soorten subsidies voor een investering als dergelijke, ten eerste een investeringssubsidie. Deze subsidie hangt samen met de hoogte van het investeringsbedrag. Ten tweede een uitbatingsubsidie, deze subsidie loopt over langere periodes en hangt samen met de energetische prestaties van de investering.

De investeringssubsidies zijn verder opgedeeld naar verschillende soorten systemen. Gaande van een terugbetaling van het investeringsbedrag tot een fiscaal voordeel.

- De verhoogde investeringsaftrek is een fiscale gunstmaatregel waarbij de winst voor een deel wordt vrijgesteld aan belastingen. Het vrijgestelde deel wordt bepaald via een percentage van het investeringsbedrag, dit percentage bedraagt 13,5%.
- De Ecologiepremie is te verkrijgen voor ecologische investeringen in het Vlaams Gewest.

De overheid moedigt het gebruik van WKK in tweede instantie aan via uitbatingsubsidies, in de vorm van verhandelbare certificaten. In Vlaanderen zijn er 2 soorten van verhandelbare certificaten. De groenestroomcertificaten, dit zijn de certificaten voor elektriciteitsproductie uit hernieuwbare bronnen. Verder is er ook nog het warmtekrachtcertificaat, dit belooft primaire energiebesparing via warmtekrachtkoppeling.

De groenestroomcertificaten operationeel sinds 2002 worden uitgegeven door een regulator, voor Vlaanderen is dit de Vlaamse Reguleringsinstantie voor elektriciteits- en gasmarkt (VREG). Ze worden uitgegeven aan producenten van elektriciteit uit hernieuwbare energie. 1 certificaat staat tegenover 1000 kWh geproduceerde stroom. De producent kan deze certificaten verder verkopen tegen de marktprijs, deze markt staat los van de elektriciteitsmarkt en producenten zijn dus ook vrij om te verkopen aan elke vragende elektriciteitsleverancier. De elektriciteitsleveranciers worden verplicht om de certificaten aan te kopen, op deze manier blijft er een vraag en wordt de marktprijs nooit nul. De elektriciteitsleveranciers moeten elk jaar een bepaalde quota van certificaten overhandigen aan de regulator. Deze quota worden bepaald via een percentage op de geleverde elektriciteit van het jaar voordien. (Cogen Vlaanderen, 2006) Voor het

leveringsjaar 2006 waarvan de certificaten in 2007 ingeleverd moeten worden bedroeg dit percentage 3%. (VREG, 2006) Indien ze deze jaarlijkse quota niet kunnen behalen wordt er een boete per ontbrekend certificaat opgelegd. Deze boete bepaald meteen ook de maximum prijs voor de certificaten. Voor de groenestroomcertificaten is de boete 125 Euro. (VREG, nd)

Het systeem van warmtekrachtcertificaten is ingevoerd in 2005, het loopt analoog met het groenestroomcertificaat maar toch zijn er enkele verschillen. Zoals reeds gesteld wordt er via WKK zowel warmte als elektriciteit aangemaakt en dit met minder energie dan de gescheiden productie van warmte en elektriciteit. De besparing van de gezamenlijke productie van warmte en elektriciteit ten opzichte van de afzonderlijke productie wordt dan ook als basis genomen bij het berekenen van het aantal warmtekrachtcertificaten een producent recht op heeft. De gescheiden productie wordt in rekening gebracht via een referentieketel. Het rendement van de referentieketel voor gescheiden warmte productie, in de vorm van stoom ligt dit rendement op 85%, in de vorm van warm water ligt dit rendement op 90%. Elektriciteitsopwekking gescheiden heeft een rendement van 55% indien de vergelijking opgaat met een warmtekrachtinstallatie aangesloten op elektriciteitsnet met een nominale spanning hoger dan 15 kV en 50% indien de installatie is aangesloten op een net met nominale spanning lager dan 15 kV. (Cogen, 2007)

Het aantal certificaten wordt berekend via de absolute primaire energiebesparing

Figuur 2.8: Formule berekening van absolute primaire energiebesparing

$$PEB = E * (1/REF_e + WKK_t / (REF_t * WKK_e) - 1/WKK_e)$$

Bron: Cogen Vlaanderen, 2006

PEB	:	Primaire energiebesparing
REF _e	:	Elektrisch rendement van referentiecentrale
REF _t	:	Thermisch rendement van referentiecentrale
WKK _e	:	Elektrisch rendement van warmtekrachtinstallatie
WKK _t	:	Thermisch rendement van warmtekrachtinstallatie

De producenten van energie uit WKK moeten aan bepaalde voorwaarden voldoen volgens het Besluit van de Vlaamse regering van 7 juli 2006. Deze stelt dat de

warmtekrachtinstallatie in het Vlaams Gewest gelegen moet zijn en dat ze kwalitatief is. Om kwalitatief te zijn moet een installatie een relatieve primaire energiebesparing van minstens 10% hebben. De relatieve primaire energiebesparing wordt berekend via onderstaande formule.

Figuur 2.9: Formule berekening relatieve primaire energiebesparing

$$1 - 1 / (WKK_e / REF_e + WKK_t / REF_t) \geq 10\%$$

Bron: Cogen Vlaanderen, 2006

2.6 *Beleid inzake biobrandstoffen*

Bij het onderzoek naar de extra waarde van glycerine, is het essentieel om het beleid inzake biobrandstoffen in acht te nemen. De vroegste richtlijn die voor biobrandstof in aanmerking komt werd reeds geschreven in '85 met als doel de afhankelijkheid van olieproducerende landen te verminderen (**richtlijn 85/536/EEG**), dit is 17 jaar voordat het Kyoto protocol werd ondertekend door de EU. (EG, 1985) Toch is het zo dat het Kyoto protocol een belangrijke invloed heeft gehad op de richtlijnen die door Europa worden uitgeschreven in functie van milieuvriendelijkheid. Een volledige uitwerking van het Kyoto protocol wordt weergegeven in bijlage 1. De eerste richtlijn na Kyoto, specifiek voor biobrandstoffen uitgeschreven, is de **richtlijn 2003/30/EG**. (EG a, 2003) Voordien waren de richtlijnen gericht op hernieuwbare energie in het algemeen. De richtlijn 2003/30/EG haalt streefcijfers aan waaraan de lidstaten moeten voldoen. Deze worden opgevolgd in evaluatieverslagen. Een tweede belangrijke richtlijn na Kyoto is de **richtlijn 2003/96/EG**. (EG b, 2003) Verder bouwend op de richtlijn 92/81/EEG zorgt deze ervoor dat biobrandstoffen vrijstellingen van taxatie kunnen bekomen na toestemming hiervoor door de Europese Commissie. Een tweede belangrijk element van de richtlijn 2003/96/EG is dat er de mogelijkheid is om een quotumsysteem in te voeren. Een verdere uitwerking van de richtlijnen op zich en de opbouw ervan in de geschiedenis zijn te vinden in bijlage 3.

Verder wordt biobrandstof gepromoot in het actieplan Biomassa. De Europese Commissie heeft in het plan de streefcijfers opgenomen, maar ook de mogelijkheid aan landen gegeven om verplicht biobrandstof te vermengen onder fossiele brandstof. Buiten de

streefcijfers en verplichtingen tot toevoegen wordt er in het actieplan meer aandacht besteed aan onderzoek naar toekomstige alternatieven. In het groenboek en de EU strategie voor biobrandstoffen wordt dit nogmaals allemaal herhaald met extra aandacht voor plattelandsontwikkeling, biobrandstoffen van de 2^e generatie. (EC b, 2005; EC a, 2006; EC b, 2006)

De richtlijnen die op Europees niveau worden uitgeschreven, worden door de lidstaten omgezet naar besluiten op nationaal niveau. Het belangrijkste besluit is het **KB van 4 maart 2005**, dit is de uitwerking van richtlijn 2003/30/EG. De steunmaatregel om detaxatie toe te laten is uitgeschreven in **steunmaatregel N334/2005**. (EC a, 2005) Deze steunmaatregel heeft als hoofddoelstelling het bevorderen van het gebruik van biobrandstoffen en de bescherming van het milieu. Hiervan is een uitgebreide uitwerking opgenomen in bijlage 4.

Door dit beleid is biobrandstof een opkomend gegeven op de Belgische brandstofmarkt. Maar ook hoe meer biobrandstof gepromoot wordt, hoe meer glycerine op de markt wordt aangeboden. Dit omdat als de productie van biobrandstoffen gaat stijgen, specifiek die van biodiesel, dan zal ook het geproduceerde volume van glycerine gaan stijgen.

De belangrijkste conclusies die uit het beleid te trekken zijn, is dat het grote deel van de regelingen inzake milieu gestuurd worden op Europees niveau door middel van richtlijnen. De eerst volgende doelstelling die er gehaald dient te worden is deze van een biobrandstof aandeel van 5,75% op de brandstofmarkt tegen het jaar 2010. De landen hebben de mogelijkheid om de opgezette doelstelling te behalen door middel van eigen initiatieven. De methode waarop de doelstelling behaald moet worden, is dus niet opgelegd door de EU maar vrij te bepalen door de lidstaten.

Als we de doelstelling van 5,75% biobrandstofaandeel nemen als basis, kan er berekend worden hoeveel glycerine er geproduceerd zou worden in 2010. In 2003 werd er in Europa 1.504.000 ton biodiesel geproduceerd, samen met deze productie is er ook glycerine geproduceerd. Er is in dat jaar 150.400 ton glycerine geproduceerd uit biodiesel, dit omdat bij productie van biodiesel er glycerine wordt geproduceerd in een verhouding van 1 op 10 delen biodiesel. Als we weten dat er in 2003 0,6% aandeel biobrandstof op de brandstofmarkt aanwezig was, kunnen we reeds verder kijken naar de toekomst. (EC b, 2006) Als de geproduceerde hoeveelheid biodiesel slechts 0,6% van

de totale brandstofmarkt is, dan was er in totaal 25.067 miljoen ton brandstof in totaal op de markt.

Tegen 2010 is er een doelstelling van een aandeel van 5,75% op de brandstofmarkt vooropgesteld door de EU. (EC, 2008) De vraag van de transportsector naar energie stijgt elk jaar met 0,9%, indien we hieruit de totale hoeveelheid gevraagde brandstof berekenen komen we op 45.822,85 miljoen ton brandstof ($25.066.666.66,7 \cdot (1,09)^7$). Indien de doelstelling van de EU om een aandeel van biobrandstof van 5,75% op de totale markt te hebben gehaald wordt, dan zou er in 2010 2.634,81 miljoen ton gehaald worden. Indien de verhouding biodiesel bioethanol hetzelfde blijft ten opzichte van 2003 dan zou biodiesel 77,97% van de biobrandstofmarkt uitmaken. Dit in rekening gebracht maakt een totale productie van 2.054,36 miljoen ton biodiesel. In 2010 zou er een glycerine productie van 205,44 miljoen ton zijn, bij de verhouding 1 deel glycerine op 10 delen biodiesel productie.

Op nationaal niveau wordt er gewerkt met quota, dit is de hoeveelheid die bedrijven op de Belgische markt mogen brengen. Maar de hoeveelheid geproduceerde glycerine is niet de hoeveelheid die afgeleid wordt uit de quota van de biodiesel producenten. In België zijn er 5 bedrijven die biodiesel produceren, 4 in Vlaanderen en 1 in Wallonië. Deze produceren zouden samen per jaar 740.000 ton biodiesel kunnen produceren en samen met deze productie ook 74.000 ton glycerine zoals in onderstaande tabel weergegeven.

Tabel 2.4: Totale potentiële productie biodiesel en glycerine in België

(Ton)	Biodiesel	Glycerine
Neochim (Feluy)	200.000	20.000
Proviron (Oostende)	100.000	10.000
Bioro (Gent)	200.000	20.000
Oleon (Ertevelde)	140.000	14.000
Dow Halterman (Waaslandhaven)	100.000	10.000
Totaal	740.000	74.000

Bron: Agripress, 2008

Deze quota geven niet de actuele productie van biodiesel weer. De industrie heeft problemen met de afzetmarkt van biodiesel. De grondstofprijs is sterk gestegen, waardoor biodiesel met het fiscale voordeel ook niet meer rendabel is ten opzichte van

fossiele brandstof. Hierdoor draaien de biodieselproducenten op halve kracht, wat als gevolg heeft dat de glycerine productie ook gehalveerd wordt. (Vilt, 2008)

Een mogelijke oplossing hiervoor zou het verplicht bijmengen van biodiesel zijn. Op dit moment houdt België zich enkel aan het quota systeem gecombineerd met fiscale vrijstelling. Door de brandstofverdelers te verplichten om een deel biobrandstof toe te voegen, kan dit probleem opgevangen worden. Dit wordt in Frankrijk toegepast en daar heeft biobrandstof een aandeel van 5% op de brandstofmarkt. Dit in tegenstelling tot een biobrandstof aandeel van 1,27 % op de Belgische brandstofmarkt. Om het verplicht toevoegen kracht bij te zetten, kan de overheid hoge boetes opleggen. De brandstofverdelers zullen bij een boete die hoog genoeg is, het toevoegen van biodiesel toch rendabel achten. (Vilt, 2008)

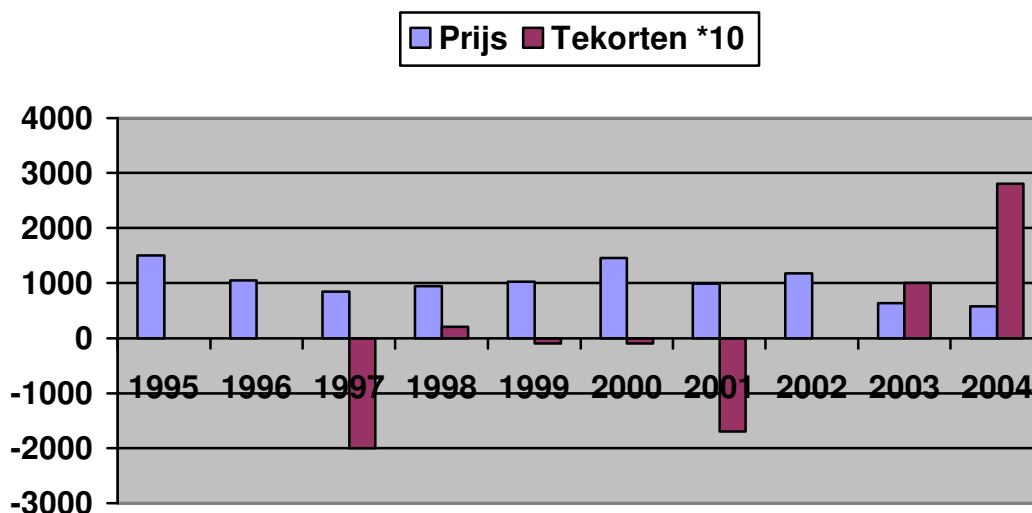
3 Glycerine

In onderstaand hoofdstuk wordt eerst de glycerine markt in Europa uitgewerkt om vervolgens verder te gaan met de markt in de VS. Het hoofdstuk sluit af met mogelijke toepassingen die op dit moment bestaan.

3.1 Glycerine markt

3.1.1 Glycerine markt in Europa

De glycerine markt in Europa heeft een woelig verleden. Met grote overschotten in 1997 en 2001. Dit is eveneens te merken aan de prijzen in deze jaren, in 1997 daalde de prijs met 200 Euro ten opzichte van 1996 en een daling van 500 Euro in 2001 ten opzichte van 2000. De andere prijsveranderingen zijn moeilijk te verklaren, de enige verklaring die er voor te vinden is deze van de glycerine markt in de VS. De prijzen evolueren ongeveer in dezelfde cyclus. De cyclus van de glycerine markt in de VS is te zien onder hoofdstuk 3.1.2. Na 2002 is er een grote daling in de prijzen van glycerine tot in 2004 en de prijs zal ook blijven dalen tot 2005. In 2006 blijft de prijs status quo rond de 450 Euro/ton en naar 2008 stijgt de prijs opnieuw tot 550 euro/ton.



Figuur 3.1: Prijs glycerine EU

Bron: oleoline, 2005

Uit onderstaande tabel 3.1 wordt duidelijk dat de prijs van glycerine helemaal niet consistent is. In de jaren '90 lag de prijs van glycerine nog rond de 1000 €/ton. Deze daalt naar 570 €/ton terwijl de consumptie groter wordt als de productie van glycerine in Europa. Naar de toekomst toe kunnen we anticiperen dat de productie van glycerine zal stijgen door het gevoerde beleid rond biobrandstoffen. Als er geen andere veranderingen zich zullen voordoen, dan zou volgens de marktprincipes ook de prijs moeten gaan dalen. Dit is ook de reden waarom er voor glycerine een prijs van 500€/ton wordt genomen in de gevalstudie, deze 500€/ton wordt in het World Biodiesel Price Report aangegeven als de marktprijs voor de maand februari 2008. (Persoonlijke communicatie Mevr. Ryckaert)

Tabel 3.1: Productie en consumptie van glycerine in EU, Prijs glycerine

Jaar	Europees geraffineerde glycerine		
	Prijs (EUR/ton)	Consumptie (Mt)	Productie (Mt)
1995	1.508		215.000
1996	1.048		224.000
1997	844	230.000	250.000
1998	946	241.000	239.000
1999	1.023	267.000	268.000
2000	1.457	295.000	296.000
2001	997	280.000	297.000
2002	1.180	300.000	300.000
2003	630	325.000	315.000
2004	570	351.000	320.000

Bron: oleoline, 2005

3.1.2 Glycerine markt in VS

De nationale markt van glycerine in de VS heeft over de jaren voortdurend tekorten (consumptie – productie) geleden. De grootte van deze tekorten weerspiegelt zich ook in de prijs van glycerine, het valt op te merken dat de cycli in tekorten goed gevolgd worden door de prijsstijgingen en dalingen tot het jaar 2001. Daarna is er geen verband meer met het verschil in grootte van de tekorten en de prijswijziging. Na 2002 is er een continue daling te bemerken in de prijzen. De stijgende consumptie van glycerine is te verklaren doordat veel benzine afgeleide chemicaliën nu worden geproduceerd via glycerine. De daling in de prijzen is te verantwoorden doordat de Westerse wereld in de ban is van biobrandstoffen. Doordat er meer en meer biodiesel geproduceerd wordt, stijgt ook het aanbod van glycerine. Dit heeft ervoor gezorgd dat de prijs meer als gehalveerd is over de periode 2000 - 2004.

Tabel 3.2: Productie en consumptie van glycerine in VS, Prijs glycerine

Jaar	VS geraffineerde glycerine		
	Prijs (EUR/ton)	Consumptie (Mt)	Productie (Mt)
1995	1.715	186.883,2	155.584,8
1996	1406	190512,0	150595,2
1997	1054	194140,8	162842,4
1998	1092	183708,0	149234,4
1999	1274	213645,6	163749,6
2000	1876	243583,2	156492,0
2001	1165	228614,4	159213,6
2002	1477	222717,6	154677,6
2003	932	184161,6	141069,6
2004	745	200944,8	131544,0

(Bonnardeaux, 2006)

Het gebruik van glycerine in de VS is over een tiental industrieën verdeeld, met als hoofdafnemer de cosmetica sector die gekoppeld is aan farmaceutica. Het samen nemen van deze 2 grote afnemers bepaalt ook het overwicht. De verkoop haalt een aandeel van 17% en de polyglycerine esters een aandeel van 12%. De polyglycerine ester wordt onder andere gebruikt als voedsel emulgator.

Tabel 3.3: Verdeling van glycerine over de verschillende industrieën.

Industrie	Percentage consumptie (%)
Cosmetica, zeep, farmaceutica	26
Eten en drinken	8
Tabak	4
Cellulose films	3
Polyglycerine esters	12
Esters	11
Papier	1
Verkoop	17
Ander gebruik	12

Bron: Johnson, 2007

Glycerine heeft verschillende functies in bovenstaande industrie sectoren, een verder uitwerking hiervan is gebeurd in 3.2.

3.2 Toepassingen glycerine

In de jaren '50 werd glycerine reeds erkend als een stof die vele toepassingen heeft. Miner C.S besteedt in de jaren '50 veel onderzoek naar glycerine in al zijn toepassing en dit heeft hij gebundeld in zijn boek 'Glycerol'. Bonnardeaux(2006) bevestigt deze toepassingen in zijn werk 'glycerin overview'. De voornaamste toepassingen van glycerine worden hieronder beschreven.

Rechtstreeks gebruik van glycerine

- Eten en drinken waarin glycerine wordt verwerkt:
 - Vanille en citrusmaken
 - Koffie-, fruit- en kruiden extracten en synthetische smaken
 - Chocolade siropen, om meer volume en de siroop zacht vloeierend te maken
 - Bier bevat een 0,09-0,18% glycerine

- Wijn bevat een 10% glycerine op de alcoholwaarde
→ glycerine bevordert de schuimvorming in dranken.
 - Cakes, door de glycerine komt er extra volume en textuur in de cakes
 - Het invriezen van groenten en fruit gebeurt nadat de groenten en het fruit ingespoten zijn met een mix van glycerine en water, op deze manier wordt de kleur van de producten behouden
-
- Medicatie: De glycerine doet dienst als oplosmiddel en vochtinbrenger.
 - Farmaceutische producten: De glycerine heeft verschillende eigenschappen die nuttig zijn in medicatie. Glycerine wordt gebruikt als glijmiddel, zoetstof, reactiecomponent en antivriesmiddel. Doordat glycerine een vochtvasthouder is, wordt ze ook veel verwerkt in zalven die dienst doen om brandwonden te behandelen.
Een variant op glycerine, de nitroglycerine wordt gebruikt als hartstimulant
 - Tandheelkunde: De glycerine wordt gebruikt als oplosmiddel voor ontsmettingsmiddel en orale medicatie
 - Oogheelkunde
-
- Cosmetica: Glycerine heeft het effect dat ze de huid verzacht en kalmeert. De glycerine wordt voornamelijk gebruikt in bescherming crèmes en dagcrèmes. Dit omdat glycerine olie weert en helpt bij de olie in water emulsie.
-
- Cellofaan: De laatste stap bij de aanmaak van cellofaan is een bad in glycerine. Uiteindelijk maakt glycerine 10 à 20% van het gewicht uit, met als voornaamste taak het krimpen van de cellofaan tegen te gaan.
-
- Papier: De glycerine dient als bevochtiger, vezel smeermiddel en middel om krimpen tegen te gaan.
-
- Explosieven: Door verdere verwerking kan er nitroglycerine gemaakt worden.

- Tabak: De glycerine wordt gebruikt als plastificeermiddel en bevochtiger van de tabak zodat deze langer goed blijft. Verder wordt glycerine gebruikt als solvent om extra smaken aan de tabak toe te voegen.
- Textiel: Textiel zoals wol, katoen, zijde en nylon wordt behandeld met glycerine om uitdroging te voorkomen.
- Glas: glycerine wordt gebruikt op glas om te voorkomen dat het raam gaat aandampen, verder in een mengeling dient het als een cement dat glas aan metaal kan plakken. Glycerine heeft ook de eigenschap van ontvetter om het glas proper te maken.
- Schoonmaakproducten: Glycerine wordt gebruikt in schoonmaakmiddelen voor metaal, leer en meubels. Dit in een concentratie tot 50%. De glycerine zorgt ervoor dat het oppervlak niet uitdroogt.
- Verder wordt glycerine gebruikt in kurk, leer, antivries, rubber maar ook in de fotografie. In deze producten heeft glycerine de functie van vochthouder.
- Veevoeder: Glycerine heeft dezelfde voedingswaarde als maïs, dit is bevorderlijk voor het vermengen van glycerine onder dierenvoeding. In principe kan glycerine aanzien worden als een soort vloeibaar suiker dat aan het voedsel toegediend wordt. (science daily, 25 mei 2007) Er moet nu wel nog gekeken worden hoeveel glycerine er aan de voederstoffen toegevoegd kunnen worden. Volgens een studie uitgevoerd aan de university of Iowa is het mogelijk om in het veevoeder 10% glycerine te mengen. Dit zou geen effect hebben op de legprestaties bij kippen of de gewichttoename en de kwaliteit van het vlees bij varkens. (Science Daily, 9 oktober 2007) Deze optie van verdere verwerking is economisch niet haalbaar, de glycerine prijzen voor ruwe glycerine liggen op dit moment te hoog in vergelijking met de maïsprijs. De glycerine prijs bedraagt in februari 2008, 500€/ton. Hier tegenover staat de prijs van silomaïs met 30€/ton. Tegen deze prijs is glycerine geen rendabel alternatief voor silomaïs als veevoeder.

Verdere verwerking glycerine

Een verdere chemische verandering van glycerine is ook mogelijk. Glycerol kan via verestering omgevormd worden tot glycerol en poliglycerol esters, die gebruikt kunnen worden als voedsel emulgator⁵. Verder kan de chemische omzetting opgesplitst worden in 2 categorieën. De eerste categorie houdt in dat de glycerine via oxidatie omgezet wordt naar andere drie carbon stoffen. De tweede categorie houdt in dat de glycerine met andere moleculen reageert om zo nieuwe stoffen aan te maken.

⁵ Emulgator: stof die ontstaan emulsie bevordert (Dikke VanDale)

Glycerine kan via oxidatie omgezet worden in volgende stoffen.

Tabel 3.4: Stoffen afkomstig uit glycerine door oxidatie

Stof	Chemische element	Gebruik
Glycerine	$C_3H_8O_3$	
Tartronic zuur	$C_3H_3O_5$	
Dihydroxyacetone	$C_3H_6O_3$	Actief ingrediënt in zelfbruinende lotions (Medicinenet,2008)
Mesoxalic zuur	$C_3H_2O_5$	Onderdeel aidsremmers
Glyceraldehydes	$C_3H_5O_3$	Omzetbaar door fermentatie tot melkzuur of ethanol
Gleceric zuur	$C_3H_6O_4$	Farmaceutica
Malon zuur	$C_3H_4O_4$	Gebruikt om zouten van barbituurzuur te maken, dit is slaapmiddel (Van Dale)
Hydroxypyruvic zuur	$C_3H_4O_4$	Omzetbaar in amino zuren
Melk zuur	$C_3H_6O_3$	Conserveermiddel (Encyclo,2008)
Pyruvic zuur	$C_3H_4O_3$	
Propylene glycol	$C_3H_8O_2$	Substituut voor ethylene glycol in antivries, verder gebruikt in detergent, cosmetica, smeermiddel en verf (Ashland, 2007)
Propaan zuur	$C_3H_6O_2$	
Glycidol	$C_3H_6O_2$	
Acrylic zuur	$C_3H_5O_2$	
Propanol	C_3H_8O	
Isopropanol	C_3H_8O	
Acetone	C_3H_6O	Nagelak verwijderaar, verfverdunner
Propylene oxide	C_3H_6O	Gebruikt in het schuim van meubels en autozetels (shellchemicals, 2008)
propionaldehyde	C_3H_6O	Gebruikt in plastic en verf (EPA, 2008)
Allyl alcohol	C_3H_5O	
Acrolein	C_3H_4O	

Bron: Johnson, 2007

Een andere mogelijkheid is glycerine biologisch omzetten. Glycerine is voor verschillende micro-organismen nuttig om te gebruiken als intermediaire stof bij zowel aerobe als anaerobe katabolisme van vetten en glucose. Verder kunnen verschillende gisten en schimmels de koolstof die in glycerine zit goed gebruiken. De **vergisting van glycerine** is een veelbelovende mogelijkheid voor de toekomst. Deze zal ook verder besproken worden onder 4.2. (Johnson, 2007)

4 Gevalstudie

De toekomstmogelijkheden voor glycerine zijn heel uitlopend. Hieronder zijn er 3 weergegeven, waarvan 2 verder uitgewerkt. Onder het eerste deel van dit hoofdstuk wordt er iets meer uitleg gegeven rond bioplastiek. In het tweede deel wordt glycerine gebruikt als grondstof voor biogas, dit zal verder uitgewerkt worden via de NCW. Het derde deel werkt glycerine als grondstof voor bioethanol uit op basis van een productiekostenmodel. Uiteindelijk wordt in de conclusie een kleine vergelijking gemaakt in welke gevallen glycerine op dit moment het meest rendabel zou zijn als alternatief. Verder wordt er gekeken in welke mate glycerine bijdraagt aan de financieel haalbaarheid van biodiesel ten opzichte van diesel.

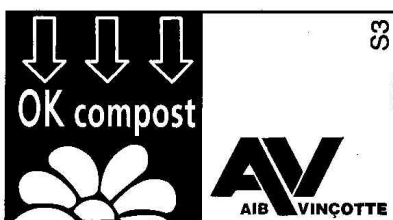
4.1 Verkennend onderzoek bioplastiek

Plastiek wordt gemaakt op basis van aardolie, het is zelfs zo dat in 2001 8% van de wereldolieproductie gebruikt werd om plastic aan te maken. Dit geeft een extra motivatie om op zoek te gaan naar andere meer duurzame grondstoffen. Glycerine is hier een mogelijkheid, maar is spijtig genoeg nog niet verder uitgewerkt. Theoretisch is het wel reeds onderzocht en werd glycerine als een goede grondstof bevonden. Hiervoor zijn nieuwe katalysatoren nodig, die ervoor zorgen dat van het glycerine-molecuul een hydroxylgroep wordt afgeknipt. Daaruit komen basisproducten voor de polymeerindustrie en hieruit zouden dan polyesters gemaakt worden, die gebruikt worden in aanmaak van groene plastic. (KULeuven,2008) De aanmaak van bioplastiek uit graan suikers is wel

reeds verder onderzocht. Uit dit onderzoek is gebleken dat het gebruik van aardolie met 95% gedaald is en de uitstoot van broeikasgassen is gedaald met 200%. Het mooie aan deze soort plastic is dat ze ook biologisch afbreekbaar is. De tijd die het product nodig heeft om volledig af te breken is verschillend, maar na verloop van tijd ontbindt het product zich volledig.

Bij de voorgaande methode werd glycerine eerst omgezet naar polymeren voordat het verwerkt kon worden tot plastic. Maar glycerine in zijn pure vorm kan ook gebruikt worden in de aanmaak van 100% biologische plastic. Voor deze methode worden biopolymeren en verschillende additieven samengebracht met glycerine als plastificeermiddel. (Hong Kong, 2007)

Polyethylen is de meest voorkomende soort plastic, high density polyethylen (HDPE) wordt gebruikt voor het maken van plastic flessen, kruiken, banken en speelgoed. Low density polyethylen (LDPE) wordt gebruikt om zakken, verpakkingsplastic en knijpbussen te maken. Een sterkere soort polyethylen is de ultra high molecular weight polyethylen.(UHMPE) dit wordt gebruikt om kunstijs, vervangingsgewrichten maar ook kogelvrije vesten te maken. (Chemistryland,2007) Bioplastic vervangt in de eerste plaats de LDPE en HDPE, voorbeelden hiervan zijn plastic bakjes van de slagerij in de colruyt van Gent en Kortrijk en de plasticbeschermer van de reclame die door de post bedield wordt. Het verschil tussen plastic en bioplastic weten is essentieel, het verschil wordt aangegeven door volgend logo voor bioplastic.



Figuur 4.1: Logo bioplastic

Bron:De Rijck, nd

4.2 Gevalstudie 1: glycerine als input voor vergisting.

Klassieke grondstoffen in het productieproces van biogas zijn maïs en mest. Glycerine kan een deel van deze grondstoffen vervangen, mits de prijs van glycerine niet te hoog oploopt. Om dit na te gaan wordt er gebruik gemaakt van een biogasinstallatie met hieraan een WKK-installatie gekoppeld voor een hoger rendement. De gegevens van de biogasinstallatie en de WKK-installatie heb ik verkregen van mijn begeleider. Ik ben hierop verder gegaan door een deel van de input van de biogasinstallatie te vervangen door glycerine.

Om de economische haalbaarheid te berekenen wordt er gebruik gemaakt van de netto contante waarde (NCW).

Figuur 4.2: Formule NCW

$$NPV = \sum_{t=0}^N \frac{C_t}{(1+r)^t}$$

Bron: Limère, 2004

Legende:

t: tijd

r: actualisatie voet

C: netto kasstroom

Deze methode heeft als voordeel dat het alles actualiseert naar de huidige waarde, dus er wordt rekening gehouden met de tijdswaarde van geld. Verder wordt het hele project over de totale levensduur bekeken en wordt er met kasstromen gewerkt die worden vergeleken tegen de correcte opportuiniteitskost nl. de kapitaalkost van het geld. (Limère, 2004)

4.2.1 Casus biogas in combinatie met WKK installatie

Om een vergelijkingsbasis te hebben wordt er eerst uitgegaan van de situatie dat er geen glycerine wordt gebruikt in het productieproces van biogas. De input van de vergister bestaat in de voorbeeldcasus enkel uit maïs, in totaal voor 18000 ton op jaarbasis. De totale input wordt niet veranderd, in de casus met toevoeging van glycerine wordt het aandeel maïs teruggebracht naar 17.100 ton maïs en wordt er 900 ton glycerine toegevoegd (=5%). De grootte van de vergister wordt bepaald door de hoeveelheid input, te delen door de omrekeningsfactor. Deze omrekeningsfactor wordt bekomen door 365 dagen te delen door de 38 dagen, die de massa nodig heeft om te vergisten. Dit heeft als resultaat 9,605. De grootte van de vergister wordt dus $18.000/9,61=1.873,97$ ton. Deze grootte van de vergister blijft hetzelfde ook als we glycerine gebruiken als input voor de vergister. Dit omdat de oorspronkelijke input, silomaïs, wordt vervangen door 5% glycerine. Er wordt slechts 5% toegevoegd aan de vergister om de reeds genoemde reden van het verzuren van het proces bij hogere percentages glycerine. Verder heb ik er niet voor gekozen om extra glycerine aan de 18.000 ton maïs toe te voegen, omdat anders de meerwaarde van de glycerine niet zo duidelijk naar voor zou komen.

De totale hoeveelheid biogas die er geproduceerd wordt, verschilt naar soort biomassa die er gebruikt wordt. Maïs heeft een biogasrendement van $190\text{m}^3/\text{ton}$. Hier haalt glycerine haar voordeel omdat het een hoger rendement heeft bij omzetting naar biogas, nl. $600\text{m}^3/\text{ton}$. Dit is dan ook de reden waarom de input van glycerine voor 369.000 m^3 extra biogas ($= (600-190)*900$) zorgt. Als we louter op deze gegevens verder gaan lijkt het logisch om een deel van de input van de vergister te vervangen door glycerine. Verder zal echter blijken dat er toch nog enkele problemen zijn bij het gebruik van glycerine als volwaardig alternatief voor silomaïs bij de productie van biogas.

Het bekomen gas kan vervolgens verbrand worden in een motor die naast elektriciteit ook bruikbare warmte oplevert (WKK). De rendementen van WKK's zijn verkregen via Cogen Vlaanderen en zijn afhankelijk van de grootte. De motor waar wij mee zullen verder rekenen heeft een thermisch rendement van 41% en een elektrisch rendement van 43%. De warmtekrachtverhouding die hier uit afgeleid kan worden is $0,43/0,41=1,04$. Dit wil zeggen dat er 4% meer warmte wordt opgewekt dan

elektriciteit. Als we 5% van de input aan maïs gaan vervangen door glycerine, zal er meer gas geproduceerd worden, maar niet in die mate dat er een veel grotere motor nodig zal zijn (zie tabel 4.1). Daarom heeft deze vervanging geen effect op de rendementen van de motor zelf, dus hier is ook geen verandering in terug te vinden.

De hoeveelheid opgewekte warmte die uit de 18.000 ton input gehaald wordt, zal wel veranderen bij alternatieve input. Om uit het biogas de hoeveelheid warmte en elektriciteit te berekenen, wordt de energetische waarde van het biogas berekend. De kwaliteit en samenstelling van het gas verandert niet, waardoor de energetische waarde in rij (3) enkel verschilt door het verschil in hoeveelheid biogas. De hoeveelheid warmte die hieruit gehaald wordt, is berekend in rij (6). De energetische waarde van het biogas (3) vermenigvuldigd met het rendement van de motor (5) geeft de volgende resultaten. De hoeveelheid warmte opgewekt uit maïs alleen bedraagt 7.805.277 kWh. De opgewekte elektriciteit wordt op dezelfde manier berekend, de energetische waarde (3) wordt vermenigvuldigd met het elektrisch rendement van de motor (4) dit geeft een resultaat van 7.442.241 kWh elektriciteit. Om hieruit het elektrisch en thermisch vermogen te berekenen wordt de opgewekte warmte en elektriciteit gedeeld door het aantal draaiuren van de motor. De motor produceert deze warmte en elektriciteit op 7500u, wat een elektrisch vermogen geeft van 992,30 kW (8) en een thermisch vermogen van 1.040,70 kW (9).

Indien er glycerine wordt toegevoegd hebben we reeds besproken dat de hoeveelheid biogas die geproduceerd wordt zal stijgen. Dit heeft zijn uitwerking in de stijging van de energetische waarde (3) en zo ook in de opgewekte warmte (6), deze stijgt met 842.148,2 kWh. De elektriciteit (7) die samen met de warmte wordt geproduceerd zal eveneens gaan toenemen nl met 369.000 kWh. Dit zal uiteindelijk een groot deel zijn van de extra inkomsten die door de vervanging met glycerine gehaald worden.

Tabel 4.1 : Kenmerken van vergister en WKK

		Zonder glycerine	Met glycerine
(1)	Grootte van de vergister	1.873,973 m ³	1.873,973 m ³
(2)	Totale hoeveelheid biogas	3.420.000 m ³	3.789.000 m ³
(3)	Energetische waarde	18.151.807 kWh	20.110.291 kWh

(4)	Elektrisch rendement	41%	41%
(5)	Thermisch rendement	43%	43%
(5)/(4)	Warmtekrachtverhouding	1,04	1,04
(6)=(3)*(5)	Opgewekte warmte	7.805.277 kWh	8.647.425,20 kWh
(7)=(3)*(4)	Opgewekte energie	7.442.241 kWh	8.245.219 kWh
(8)=(7)/7500	Elektrisch vermogen	992,30 kW	1.099,36 kW
(9)=(6)/7500	Thermisch vermogen	1.040,70 kW	1.152,99 kW

Om op een gestructureerde manier een overzicht te krijgen van de verschillen in kosten en opbrengsten, zal de berekening van de NCW opgesplitst worden naar investeringskost, uitgaande kasstromen en inkomende kasstromen.

investeringskosten

Tabel 4.2 geeft weer hoeveel de investering van de vergister en de WKK-installatie zal inhouden. Als basis voor de berekening is gekozen voor 18.000 ton biomassa op jaarbasis.

Tabel 4.2: Bepaling van de investeringskosten

	Zonder glycerine	Met Glycerine
Vergister	€2.946.000	€2.970.924
WKK-installatie	€897.886	€967.790
Extra investering	€361.776,16	€400.810
Totaal	€4.205.662,16	€4.339.524
Verschil	€133.861,84	

De investeringskost voor de vergister wordt bepaald op basis van de grootte van de vergister, het aantal biomassa dat per jaar verwerkt moet worden en de hoeveelheid gas dat voortgebracht wordt uit de biomassa. Dit is ook de reden waarom bij toevoeging van glycerine de investeringskost van de vergister (in beperkte mate) gaat stijgen. Zonder glycerine is er een totale biomassa van 18.000 ton en een biogasproductie van 3.420.000m³, dit geeft een totale investeringskost van €2.946.000 (18.000*150,833+3.420.000*0,0675438). Door glycerine toe te voegen aan het proces

stijgt de productie van biogas, wat voor het uiteindelijk verschil van 24.923,68 zorgt in de investeringskost van de vergister ($0,06754386 \cdot (3.789.000 - 3.420.000)$).

De investeringskost van de WKK-installatie van zijn kant is afhankelijk van het elektrisch vermogen van de WKK-installatie. Het elektrisch vermogen berekend in tabel 4.1 rij (8) toont aan dat door het toevoegen van glycerine het vermogen stijgt met 107,06 kW. Deze verhoging in het vermogen zorgt voor de stijging van €69.904 in de investeringskost van de WKK-installatie. $((1.099,36\text{kW} - 992,3\text{kW}) \cdot 652.91445\text{€}/\text{kW})$

Een extra investeringskost is nodig om de WKK-installatie te vernieuwen, na 10 jaar is deze versleten en moet vervangen worden. De vergister heeft een levensduur van 20 jaar, hier is dus geen vervangingsinvestering nodig. In jaar 10 is dus een nieuwe investering vereist, deze investering is niet zo groot als in jaar 0. Dit omdat er ook leidingen zijn aangerekend die nog verder kunnen dienen voor de nieuwe WKK-installatie. In het proces zonder glycerine bedroeg de investering €897.886, hiervan wordt de prijs van de leidingen in mindering gebracht en vervolgens wordt de waarde teruggebracht naar het jaar 0. Dit geeft volgende berekening $(897.886 - 250.000) / (1,06)^{10} = 361.776,16$, de leidingen vergden een investering van €250.000 en de kapitaalkost is 6%. In het proces met glycerine is dit op dezelfde manier te verklaren en wordt een extra investering van €400.810 gevraagd.

De totale extra investeringskost die voortkomt uit de vervanging van maïs door glycerine bedraagt €133.861,84. Dit is een relatief kleine extra kost op een investeringsbedrag van bijna 4 miljoen euro.

uitgaande kasstromen

De uitgaande kasstromen die in rekening genomen zijn bij het bepalen van de NCW zijn de exploitatie en onderhoudskost, de aankoop en opslag van de biomassa, het digestaat voor de vergister, maar verder ook de meer algemene kosten die in de meeste bedrijven voorkomen zoals de loonkost, analysekost, beheerskosten, onderhoud van gebouwen en verzekeringen tegen brand en schade.

- Onderhoudskosten

De eerste kosten die besproken zullen worden, zijn de onderhoudskosten. Tabel 4.3 geeft de onderhoudskosten voor de vergister en de WKK-installatie weer.

Tabel 4.3: onderhoudskosten

	Zonder Glycerine	Met glycerine
Vergister	€44.100	€44.100
WKK-installatie	€143.289,34	€156.257,84
Verschil	€12.968,5	

We zouden kunnen veronderstellen dat de onderhoudskost van de vergister gaat wijzigen met de investeringskost van de vergister. Maar zoals te zien is in bovenstaande tabel is dit niet het geval, dit omdat de onderhoudskost gebaseerd is op een deel van de berekening van de investeringskost van de vergister. Het deel van de berekening dat in rekening wordt genomen, is het biomassa gedeelte. Het deel van de investeringskost op basis van de hoeveelheid input is de basisinstallatie en het ontwateringsysteem. Hierbij wordt niet de kost van de bedrijfsgebouwen gerekend. Verder wordt er ook geen rekening gehouden met de totale hoeveelheid biogas die de installatie produceert. Vermits de hoeveelheid biomassa niet verandert, zal de onderhoudskost ook niet gaan veranderen.

De onderhoudskost van de WKK-installatie is afhankelijk van het elektrisch vermogen van de gasmotor. Hierboven bij de berekening van de onderhoudskost van de vergister wordt de input constant gehouden. Bij de WKK-installatie is de input, de hoeveelheid biogas, niet constant. Glycerine zorgt voor meer biogas, deze hogere hoeveelheid zorgt ervoor dat de motor een grotere energie hoeveelheid als bron heeft. Dit heeft een hogere belasting van de motor als gevolg, ook af te leiden uit de stijging van het elektrisch vermogen van de installatie. Dit is de reden waarom de onderhoudskost aan het elektrisch vermogen is gekoppeld en niet aan bv. de draaiuren van de motor. Door de koppeling van het onderhoud aan het elektrisch vermogen stijgt de kost van onderhoud mee met de geproduceerde hoeveelheid biogas in het proces met glycerine. De grotere hoeveelheid biogas verwerken zorgt ervoor dat de kost van onderhoud stijgt met €12.968,5 zoals in tabel 4.3 weergegeven.

- Grondstoffen

Eén van de belangrijkste kosten is de aankoop van grondstoffen. De biomassa die oorspronkelijk gebruikt wordt, is silomaïs. Deze wordt gerekend aan 30€/ton, indien we aan het jaarlijks gebruik van 18.000 ton rekenen komt dit neer op €540.000, zoals ook terug te vinden is in tabel 4.4. De transportkost wordt bepaald door de afstand van de akker tot aan het bedrijf, de akker ligt 1,38km van het bedrijf en het transport kost €0,5 per ton per km. Hieruit kan berekend worden dat het transport 0,691€/ton kost, voor de 18.000 ton maïs wordt een transport kost van €12.438 aangerekend. Buiten het transport moet de maïs ook opgeslagen worden in de buurt van de vergister. Dit kost 2€/ton, wat zorgt voor een opslagkost van €36.000. Indien we een deel van de input aan biomassa gaan veranderen in glycerine zal hier de grootste verandering voorkomen. Dit verschil komt er doordat de marktprijs van glycerine veel hoger ligt dan de 30€/ton van silomaïs.

Zoals reeds aangehaald in 3.2.1 bedraagt de prijs van glycerine 500€/ton. Indien we de 5% van de totale biomassa vervangen door glycerine, wordt er 900 ton silomaïs vervangen door glycerine. Dit komt uit op €450.000, dit bedrag is immens groot in vergelijking met de prijs van silomaïs waar voor dezelfde hoeveelheid slechts €15.184 betaald wordt. Dit gaat dan ook een grote hindernis zijn om te compenseren bij het promoten van glycerine als alternatieve grondstof bij de vergisting van biogas. Voor glycerine hebben we geen transportkost gerekend, dit omdat we er vanuit gaan dat de producenten van biodiesel en biogas beide gelegen zijn op hetzelfde industriepark waardoor de transportkost van glycerine verwaarloosbaar is. Het is echter wel zo dat er nog 17.100 ton maïs gebruikt wordt, het transport hiervan kost €11.816. Als opslagkost wordt er enkel de kost van de maïs in rekening genomen, dit uit de veronderstelling dat glycerine rechtstreeks aan de vergister kan worden toegevoegd.

Tabel 4.4: Kostprijs biomassa

	Zonder glycerine	Met glycerine
Silomaïs (biomassa)	€540.000	€513.000
Glycerine	/	€450.000
Transportkost	€12.438	€11.816

Opslagkost	€36.000	€34.200
Vershil	€420.578	

- Beheerskost en verzekeringspremie voor brand en schade

Verder is een laatste verschil te vinden bij de beheerskosten en de verzekering voor brand en schade. Dit verschil blijft echter zeer beperkt. In tabel 4.5 worden deze kosten weergegeven. In het geval van de omnium verzekering voor brand en schade, wordt er gebruik gemaakt van een percentage op de investeringskost van de vergister. Hier gaat dus logischerwijs een eerste verschil komen in de kost met al dan niet glycerine als grondstof. De verzekering neemt als premie voor de brandverzekering een percentage van 0,2% en voor schade een premiepercentage van 1%, dit geeft een kost van $€2.946.000 * 0,012 = €35.352$. Met toevoeging van glycerine stijgt de investeringskost naar €2.970.924, wat de volgende berekening geeft $€2.970.924 * 0,012 = €35.651,08$

De beheerskosten worden procentueel berekend op basis van de opbrengsten uit groenestroomcertificaten, de uitgespaarde elektriciteit en de verkoop van de elektriciteit. Doordat de beheerskost afhankelijk is van de geproduceerde elektriciteit, gaat deze kost ook veranderen bij een verschillende input. De totale hoeveelheid biogas uit de productie is sterk gestegen door toevoeging van glycerine, dit zorgt er ook voor dat de hoeveelheid geproduceerde elektriciteit stijgt. Wat een rechtstreeks gevolg heeft op de grootte van de beheerskost wat ook in onderstaande tabel te zien is.

Tabel 4.5: Verzekeringskost en beheerskost

	Zonder glycerine	Met glycerine
Verzekering omnium	€35.352	€35.651,08
Beheerskosten	€11.247	€12.705
Vershil	€1.757,08	

- Kost verwerking digestaat

Na het vergisten van de biomassa tot biogas blijven er in de reactor nog resten over, deze resten worden ook wel digestaat genoemd. Door het toevoegen van een andere stof aan de biomassa gaat het digestaat ook veranderen. Dit digestaat moet vervolgens

verder verwerkt worden en kan nadien gebruikt worden als meststof in de landbouw. De vorming van het digestaat is verschillend voor maïs en glycerine. Glycerine wordt bijna volledig omgevormd naar biogas. Slechts 10% van de input blijft over in de reactor, in het geval van maïs blijft er 50% over. (Persoonlijke communicatie Mr. Velghe) In tabel 4.6 is te zien dat het digestaat in het proces met glycerine 360 ton lager ligt. Dit zal uiteindelijk doorwegen in de verwerkingskost van het digestaat. De kosten voor het scheiden, vervoeren en afzetten van het digestaat zijn constant gehouden in beide processen wat zorgt voor een daling in de verwerkingskost van €6.291 door het toevoegen van glycerine.

Tabel 4.6: Verwerkingskost digestaat

	Zonder glycerine	Met glycerine
Digestaat	9.000 ton	8.640 ton
Verwerkingskost	€152.100	€145.809
Vershil	€-6.291	

- Conclusie

Door het toevoegen van glycerine is het wel duidelijk dat er extra uitgaande kasstromen gegenereerd worden. Om een eerste beeld te krijgen van hoe groot de extra kosten zijn, hebben we een sommering gemaakt van de verschillen. Dit geeft een totale extra kost van €429.012,58, deze extra kost komt jaarlijks voor. Voor de meeste kosten wordt een inflatie in rekening genomen om de volgende jaren te bepalen. Dit is buiten beschouwing van de extra investeringskost, dit omdat deze via afschrijvingen over de levensduur van de installaties gerekend worden.

inkomende kasstromen

- Verkoop van elektriciteit

De totale productie van elektriciteit is niet volledig bestemd voor de verkoop. Zoals tabel 4.7 weergeeft, moet er rekening worden gehouden met verlies tijdens de aanmaak van de elektriciteit maar ook met het eigen gebruik van het project. Het verlies wordt

gerekend doordat het theoretisch aantal draaiuren van de gasmotor niet volledig benut worden. De motor zal 5% van deze tijd stil liggen, dit zorgt er voor dat de geproduceerde elektriciteit uit de hoeveelheid biogas 5% lager ligt. Verder wordt er elektriciteit verbruikt tijdens het vergistingsproces, dit is berekend op 7,5% van de totale productie van elektriciteit na het verlies. Om de opbrengst uit de verkoop te berekenen werd er een verkoopprijs voor elektriciteit genomen van 38,9 €/MWh.

Onderstaande tabel 4.7 geeft de opbrengst uit verkoop van elektriciteit weer. De netto elektriciteit productie wordt berekend door de opgewekte energie uit tabel 4.1 rij (7) te verminderen met het verlies in draaiuren (2) en het eigen gebruik van het vergisting proces (3). De installatie heeft een totale elektriciteit productie van 7.442.241 kWh, de vermindering in rekening gebracht zorgt voor een netto elektriciteit productie van 6.539.869,07 kWh $((7.442.241 * 0,95) * 0,925)$ zoals weergegeven in rij (4). De totale elektriciteit (1) verminderd met de elektriciteit voor vergisting (3), geeft de hoeveelheid elektriciteit die vrij gebruikt kan worden. 75% hiervan wordt in het bedrijf zelf gebruikt als groene elektriciteit, de rest wordt verkocht tegen de marktprijs. De groene elektriciteit voor eigen gebruik (5) is 6.539.869,07 kWh $(7.442.241 - 530.259,67)$. De rest wordt verkocht tegen 38,9€/MWh, deze rest is de netto elektriciteitsproductie (4) zonder de groene elektriciteit voor eigen gebruik (5). De opbrengst uit verkoop komt neer op €52.743,86.

Het toevoegen van glycerine aan het proces zorgt zoals gesteld in tabel 4.1 rij (7) voor meer opgewekte energie. De 8.245.219 kWh totale opgewekte elektriciteit wordt zoals in het proces zonder glycerine verminderd met een verlies in draaiuren van 5%. De gebruikte energie wordt dit maal niet berekend op basis van de totale opgewekte energie. De hoeveelheid input van biomassa blijft hetzelfde en het toevoegen van 5% glycerine vereist geen extra elektriciteit, dus stijgt de gebruikte energie van vergisting in rij (5) ook niet. De groene elektriciteit voor eigen gebruik werd in het proces zonder glycerine berekend met een percentage op de totale productie. Het toevoegen van glycerine zorgt er niet voor dat het bedrijf meer elektriciteit nodig zal hebben om te functioneren, daarom is ook rij (5) constant gehouden. Door deze assumpties te nemen, blijft er een groot deel van de geproduceerde elektriciteit over om verder te verkopen tegen de marktprijs van 38,9€/MWh. Wat voor een meeropbrengst van €29.674,05 zorgt.

Tabel 4.7: Verkoop elektriciteit

		Zonder glycerine	Met glycerine
(1)	Totale opgewekte energie	7.442.241 kWh	8.245.219 kWh
(2)	Verlies door draaiuren	372.112,05 kWh	412.260,95 kWh
(3)	Gebruikte energie in vergisting	530.259,67 kWh	530.259,67 kWh
(4)	Netto elektriciteit productie	6.539.869,07 kWh	7.302.698,38 kWh
(5)	Groene elektriciteit voor eigen gebruik	5.183.985,83 kWh	5.183.985,83 kWh
(6)= (4)-(5)	Elektriciteit bestemd voor verkoop	1.355.883,24 kWh	2.118.712,55 kWh
(7)	Opbrengst uit verkoop	€52.743,86	€82.417,92
(8)	Verschil	€29.674,05	

- Uitgespaarde elektriciteit

De uitgespaarde elektriciteit is een opbrengst voor de onderneming. Ze moet deze niet gaan kopen tegen de marktprijs. De uitgespaarde elektriciteit is de groene stroom voor eigen gebruik uit tabel 4.7 , om de waarde van deze elektriciteit te berekenen wordt er niet gekeken naar de verkoopprijs nl. 38,9€/MWh. Om de waarde van de uitgespaarde stroom te berekenen is de aankoopprijs van belang, in dit geval 81€/MWh.

Indien we dit omzetten in een berekening voor het proces zonder glycerine bekomen we $5.183.985,83\text{kWh} \cdot (81\text{€/MWh}) / 1000 = \text{€}419.902,85$. De opbrengst aan uitgespaarde elektriciteit van het eerste jaar bedraagt dus €419.902,85. De jaren die volgen worden weergegeven door de verwachte inflatie in rekening te brengen.

Door het toevoegen van glycerine hebben we in tabel 4.7 gezien dat de groene elektriciteit voor eigen gebruik gelijk is gebleven. Hier is dan ook geen extra opbrengst door het toevoegen van glycerine aan het proces.

- Inkomsten uit groenestroomcertificaten

De inkomsten uit groenestroomcertificaten (GSC) zijn zoals gezegd in 2.5.3 afhankelijk van de totale productie van elektriciteit. Per 1000 kWh wordt er één GSC overhandigd, dit certificaat heeft een waarde van maximum €125 per MWh. In de berekening hebben we gekozen om toch een marge in te bouwen en slechts 90% van de maximum waarde te nemen als prijs. In tabel 4.8 wordt de netto geproduceerde elektriciteit aangehaald, voor het geval zonder glycerine is dit 6.539.869,07 kWh. Als we dit verder uitrekenen bekomen we $6.539.869,07 \text{ kWh} * \frac{€112,5}{1000} = €735.735,27$. Door toevoeging van glycerine stijgt de netto geproduceerde elektriciteit in onderstaande tabel naar €7.302.699 kWh. Dit zorgt voor een opbrengst van $7.302.699 \text{ kWh} * \frac{€112,5}{1000} = €821.554$, wat een stijging is van €85.818,73.

Tabel 4.8: Inkomsten uit GSC

	Zonder glycerine	Met glycerine
Netto elektriciteit productie	6.539.869,07 kWh	7.302.699 kWh
Inkomsten uit GSC	€735.735,27	€821.554
Verschil	€85.818,73	

- Inkomsten uit uitgespaarde warmte

Een WKK heeft buiten de elektriciteitsproductie, ook nog een warmteproductie. Ook deze warmte kan worden gebruikt in het bedrijf en kan aanzien worden als een uitgespaarde kost, dus een opbrengst uit het project.

In het geval er geen glycerine wordt gebruikt, wordt er zoals weergegeven in tabel 4.9 een netto warmte opbrengst gerealiseerd van 7.110.997,52 kWh. 53% van de warmte is stoom (130°), 38,1% van de geproduceerde warmte is warm water (90°). Beide hebben verschillende toepassingen. Dit zorgt ervoor dat er 2.709.290,056 kWh warm water en 3.790.161,679 kWh stoom benut kan worden in de onderneming. Als we gas zouden moeten aankopen om dezelfde hoeveelheid warmte en stoom op te wekken, betalen we een gemiddelde prijs van 27,5 €/MWh, in totaal geeft dit een besparing van €178.734,92.

Bij toevoeging van glycerine aan het proces stijgt de netto warmte productie zoals weergegeven met 767.239,21 kWh, hierdoor stijgt ook de benutte warmte in de onderneming uit het proces. Dezelfde percentages zijn behouden wat zorgt dat de benutte warmte ook in verhouding mee stijgt tot 7.200.708,37 kWh. Indien warmte zou worden aangekocht tegen de gemiddelde prijs van 27,5 €/MWh, zou dit een kost zijn van €198.019,48. In dit geval kan dit aanzien worden als een opbrengst voor de onderneming, want het is een vermeden kost. De toevoeging van glycerine heeft zoals onderstaande tabel weergeeft een meeropbrengst van €19.284,56.

Tabel 4.9: Uitgespaarde warmtekost

	Zonder glycerine		Met glycerine	
Netto warmte opbrengst	7.110.997,52 kWh		7.878.236,73 kWh	
Rendement uitgespaarde warmte uit gasmotor	Warm water	Stoom	Warm water	Stoom
	53,3%	38,1%	53,3%	38,1%
Benutte warmte	2.709.290,056 kWh	3.790.161,679 kWh	3.001.608,193 kWh	4.199.100,176 kWh
Uitgespaarde warmtekost	€178.734,92		€198.019,48	
Vershil	€19.284,56			

Voor de volgende jaren wordt een inflatie van 2% in rekening gebracht, om de uitgespaarde warmtekost te bekomen.

- Opbrengsten uit warmtekrachtcertificaten

In 2.5.3 werden de formules voor absolute primaire energiebesparing en relatieve primaire energiebesparing reeds verklaard. Hieronder in tabel 4.10 worden ze nog eens weergegeven.

Tabel 4.10: Formules Relatieve en absolute energie besparing

Absolute primaire energiebesparing	$PEB = E \cdot (1/REF_e + WKK_t / (REF_t \cdot WKK_e) - 1/WKK_e)$
Relatieve primaire energiebesparing	$1 - 1 / (WKK_e / REF_e + WKK_t / REF_t) \geq 10\%$

In de eerste plaats zullen we kijken of in dit geval voldaan wordt aan de voorwaarde om warmtekrachtcertificaten te ontvangen. Hiervoor moet de relatieve primaire energiebesparing hoger zijn dan 10%. Deze berekening is hetzelfde voor het proces met en zonder glycerine, omdat de rendementen van zowel gasmotor als referentiecentrale niet veranderen. Tabel 4.11 geeft de rendementen van de gasmotor en referentiecentrale weer.

Tabel 4.11: Rendementen gasmotor en referentieketel

thermisch rendement van WKK	41,24%
elektrisch rendement van WKK	41,00%
thermisch rendement van referentiecentrale	68,00%
elektrisch rendement van referentiecentrale	42,50%

Indien we bovenstaande rendementen in de formule invullen, bekomen we volgende uitwerking. $1 - 1 / (0,41 / 0,425 + 0,4124 / 0,68) = 0,3635$. Deze 36,35% is hoger dan de voorwaarde van 10% dus er mogen warmtekrachtcertificaten overhandigd worden aan deze producent.

Bij het berekenen van de hoeveelheid certificaten komt de absolute primaire energiebesparing ter sprake. In dit geval moeten we het onderscheid gaan maken tussen het proces met glycerine en dit zonder glycerine, omdat de grootte van de WKK motor veranderd is doordat er meer biogas moet worden verwerkt. In tabel 4.12 hebben we een opeenvolging gemaakt van de stappen om het uiteindelijk verkregen aantal certificaten te bekomen voor beide gevallen.

Tabel 4.12: Opbrengst uit WKC

	$PEB = E * (1/REF_e + WKK_t / (REF_t * WKK_e) - 1/WKK_e)$	
$1/REF_e$	2,38	
$WKK_t / (REF_t * WKK_e)$	1,43	
$1/WKK_e$	2,44	
	Zonder glycerine	Met glycerine
E	6.539,87 MWe	7.245,49 MWe
PEB	9.016,89 MW	9.989,77 MW
Opbrengst uit WKC	€365.184,12	€404.585,57
Vershil	€39.401,45	

De uitwerking van de formule geeft een energiebesparing van 9.016,89 MWh en dit zijn onmiddellijk ook het aantal certificaten verkregen hieruit. De prijs van een certificaat ligt op €40,5. Dit is niet de maximum waarde, maar slechts 90% van de maximum waarde rekening houdend met een voorzichtigheidsmarge. Als we dan de 9.016,89 certificaten vermenigvuldigen met €40,5 per certificaat geeft dit €365.184,12 aan opbrengsten uit de certificaten. Bij toevoeging van glycerine stijgt het aantal certificaten tot 9.989,77 stuks, tegen de prijs van €40,5 per certificaat komt dit uit op een opbrengst van €404.585,57. De extra opbrengst verkregen door het vervangen van de silomaïs in glycerine geeft dus een meerwaarde van €39.401,45.

- Conclusie

Dit zijn de belangrijkste inkomende kasstromen die in rekening kunnen worden genomen bij het biogasproces in combinatie met een WKK-installatie. Als we net zoals bij de uitgaande kasstromen de meeropbrengsten als gevolg van de toevoeging van glycerine sommeren. Bekomen we extra opbrengst van €174.178,83. Als we hier tegenover de extra uitgaande kasstromen van €429.012,58 plaatsen, wordt het duidelijk dat toevoeging van glycerine niet zo rendabel zal zijn als gedacht. Om dit op een meer gestructureerde manier aan te tonen hebben we de NCW in onderstaande tabellen uitgewerkt.

NCW

Aan het begin van dit hoofdstuk heb ik aangehaald dat we via de NCW zouden nagaan of de glycerine nog een meerwaarde zou kunnen betekenen voor het biogas proces. Hierboven zijn de inkomende en uitgaande kasstromen van dichterbij bekeken, samen met de investeringskosten. Een volgende stap is deze waar alles gebundeld wordt en er verder rekening wordt gehouden met belastingen, afschrijvingen en het verdisconteren van de totalen.

In tabel 4.13 gebeurt dit alvast voor het proces waar nog geen glycerine wordt gebruikt als grondstof. In de eerste kolom ($O_t - Q_t$) wordt de netto kasstroom berekend, dit zijn de inkomende kasstromen vermindert met de uitgaande. Deze kolom is hierboven reeds gedeeltelijk verklaard, kosten zoals analyse, loon, onderhoud gebouwen zijn hierboven niet gegeven omdat ze in beide processen hetzelfde zijn. De hierboven berekende verschillen zijn wel duidelijk bij het vergelijken tabel 4.13 met tabel 4.14 waar de NCW wordt berekend voor het proces met glycerine. Voor het eerste jaar is er een verschil in netto kasstroom van €254.242,47. Dit is bij benadering reeds berekend in bovenstaande conclusie. Hier werd een verschil van €254.833,75 gevonden. Dat deze getallen niet 100% overeenkomen is te verklaren doordat de NCW berekend is in een Excel bestand en werkt met getallen die niet afgerond zijn op 2 decimalen. De volgende kolom ($-b \cdot (O_t - Q_t)$) geeft de belasting weer die van de netto kasstroom wordt afgehouden. De derde kolom ($b \cdot A_t$) geeft het belastingsschild⁶ van de afschrijvingen. Het belastingpercentage vermenigvuldigd met de jaarlijkse afschrijving kan worden afgetrokken van de belastingen. De vierde kolom geeft de eigenlijke waarde weer voor elk jaar en in de vijfde kolom wordt de actuele waarde berekend door het verdisconteren. Als de verdisconteerde kasstromen worden opgeteld bekomen we een NCW van 650.673, dit project is dus rendabel in zijn basisvorm waar er nog geen glycerine aan het project wordt toegevoegd. Verder kan ik nog even verduidelijken dat in jaar 0 er geen effect van het afschrijvingsbedrag op belastingen aanwezig is, maar een investeringsaftrek. In het jaar 0 wordt de investeringskost aangerekend zoals berekend in tabel 4.2 Bepaling van de investeringskost.

⁶ Belastingsschild: Een afschrijving is een boekhoudkundige kost die er voor zorgt dat er minder winst is, dus ook minder belastingen en uitgaande kasstromen. Hierop wordt de belasting terugbetaald. (Mercken, 2004)

Tabel 4.13: NCW biogasproces met WKK installatie zonder glycerine als grondstof

Jaar (t)	Investerings- kost	$(O_t - Q_t)$	$-b^*(O_t - Q_t)$	$b^*(A_t)$	Netto met belastingeffect	kasstroom	Netto kasstroom verdisconteerd
0	-4.205.662,49			207.278,18	-3.998.384,31		-3.998.384,31
1		713.332,66	242.461,77	144.177,84	615.048,73		580.234,65
2		705.580,92	239.826,96	125.355,73	591.109,70		526.085,53
3		697.674,15	237.139,44	109.296,69	569.831,40		478.441,43
4		689.609,25	234.398,18	95.548,25	550.759,32		436.252,96
5		657.272,94	223.407,07	87.719,92	521.585,79		389.759,24
6		624.772,10	212.360,04	81.150,10	493.562,16		347.941,85
7		592.103,45	201.255,96	75.237,25	466.084,74		309.972,97
8		571.893,03	194.386,44	72.088,92	449.595,51		282.081,79
9		526.249,22	178.872,11	52.181,35	399.558,46		236.498,04
10		493.056,72	167.589,98	50.067,27	375.534,01		209.696,23
11		263.269,20	89.485,20	94.110,57	267.894,57		141.123,52
12		253.819,88	86.273,38	85.301,91	252.848,42		125.657,92
13		244.181,57	82.997,32	78.254,99	239.439,24		112.258,46
14		234.350,50	79.655,73	72.617,44	227.312,20		100.540,41
15		224.322,80	76.247,32	72.088,92	220.164,40		91.866,91
16		214.094,55	72.770,74	72.088,92	213.412,74		84.009,13
17		203.661,74	69.224,62	50.356,62	184.793,74		68.625,82
18		193.020,27	65.607,59	22.021,65	149.434,33		52.353,39
19		182.165,97	61.918,21	2.114,08	122.361,83		40.442,18
20		171.094,58	58.155,05	0,00	112.939,53		35.215,08
NCW							650.673,20

In tabel 4.14 wordt de NCW berekend voor het geval er wel glycerine wordt gebruikt als grondstof. In voorgaande is aangetoond dat op jaarbasis de uitgaande kasstromen sterker stijgen dan de inkomende kasstromen. De volgende stap is kijken of de NCW dit ook gaat bevestigen. Vervolgens kunnen we nagaan via de sensitiviteitsanalyse in welke mate de prijzen moeten wijzigen opdat glycerine wel degelijk een economisch haalbaar alternatief zou worden in het proces.

Indien we naar tabel 4.14 kijken, worden onze bevindingen bevestigd. De uitgaande kasstromen zijn sterker gestegen dan deze van de inkomende kasstromen. Deze worden wel voor een deel opgevangen door het belastingsschild van de afschrijvingen, deze zijn hoger bij het toevoegen van glycerine omdat er ook een stijging in de investeringskost is. In totaal daalt de NCW met €1.600.972,5 naar €-2.251.645,5. De negatieve NCW geeft onmiddellijk al aan dat het project niet meer rendabel is en het dus beter zou zijn om de investering niet te doen. Het is zo dat de NCW het vermoeden bevestigt dat glycerine een economisch onrendabel alternatief is om te gebruiken als grondstof bij de productie van biogas.

Hoe hard de verschillende kosten en opbrengsten moeten veranderen zal worden berekend in de sensitiviteitsanalyse.

Tabel 4.14: NCW biogasproces met WKK installatie met glycerine als grondstof

Jaar (t)	Investerings- kost	(O _t -Q _t)	-b*(O _t -Q _t)	b*(A _t)	Netto met belastingeffect	-kasstroom belastingeffect	Netto kasstroom verdisconteerd
0	-4.339.523,44			213.875,58	-4.125.647,86		-4.125.647,86
1		459.090,19	156.044,75	149.777,04	452.822,47		427.191,01
2		443.749,21	150.830,36	129.919,80	422.838,65		376.324,90
3		428.101,41	145.511,67	113.024,19	395.613,93		332.165,09
4		412.140,65	140.086,61	98.598,87	370.652,92		293.591,83
5		369.149,22	125.473,82	90.651,76	334.327,16		249.828,71
6		325.832,19	110.750,36	84.026,35	299.108,18		210.859,47
7		282.183,05	95.914,02	78.063,49	264.332,52		175.796,22
8		252.187,19	85.718,43	74.888,52	241.357,29		151.430,55
9		193.861,73	65.893,60	52.833,02	180.801,15		107.015,92
10		149.175,86	50.704,88	50.490,85	148.961,84		83.179,51
11		-113.474,83		99.286,19	-14.188,64		-7.474,40
12		-132.175,40		89.527,12	-42.648,28		-21.194,89
13		-151.249,98		81.719,87	-69.530,11		-32.598,43
14		-170.706,05		75.474,06	-95.231,99		-42.121,20
15		-190.551,25		74.888,52	-115.662,73		-48.262,01
16		-210.793,34		74.888,52	-135.904,82		-53.498,43
17		-231.440,28		52.972,36	-178.467,92		-66.276,64
18		-252.500,16		24.397,67	-228.102,49		-79.914,29
19		-273.981,24		2.342,18	-271.639,06		-89.780,24
20		-295.891,93		0,00	-295.891,93		-92.260,50
NCW							-2.251.645,70

4.2.2 Sensitiviteitsanalyse

In deze analyse zal er in de eerste plaats worden nagegaan wat er zal gebeuren als de prijzen van de grondstoffen zullen veranderen. In tweede instantie wordt de prijs van warmte als veranderlijke factor genomen. Hier wordt de prijs van elektriciteit niet behandeld omdat er geen verschil was in uitgespaarde elektriciteit door het toevoegen van glycerine aan het proces. In een laatste deel wordt er gekeken naar de invloed van het groenestroomcertificaat en het warmtekrachtcertificaat op de NCW.

- Prijs van silomaïs en glycerine

In de berekening is er voor glycerine een prijs genomen van 500 €/ton en voor silomaïs een prijs van 30 €/ton. Enkel al naar deze prijzen te kijken zou duidelijk moeten zijn om te weten waar het probleem ligt om een rendabel alternatief te vinden in glycerine als vervanger van maïs in de vergister. Het is echter zo dat er ook rekening moet worden gehouden met de hoeveelheid biogas dat gehaald kan worden uit 1 ton grondstof. Wanneer maïs wordt gebruikt in de vergister ligt dit op 190m³ biogas per ton, dit in vergelijking met 600m³ biogas dat kan gewonnen worden uit 1 ton glycerine. Op dit gebied is glycerine rendabeler wat de prijzen ook dichter bij elkaar zal brengen.

Onderstaande is tabel 4.15 opgesteld die procentuele verschillen weergeeft in de prijs van maïs, de prijs van glycerine constant gehouden op 500 €/ton. Hierbij is de NCW, voor zowel het proces met glycerine en dit zonder, weergegeven die bereikt wordt met deze prijzen. Het lijkt raar om dit na te gaan, maar met de problematiek van de voedselprijzen die stijgen leek het mij wel nuttig om dit na te gaan.

Tabel 4.15: Tabel sensitiviteitsanalyse, prijs maïs

Prijs €/ton	Zonder glycerine NCW	Met glycerine NCW
30	650.673,19	-2.251.645,70
31	491.256,69	-2.434.674,58
32	331.840,19	-2.617.703,47
33	172.423,69	-2.800.732,36

34	13.007,19	-2.983.761,25
35	-146.409,31	-3.166.790,14

Indien de prijs van maïs stijgt naar 35€/ton, wordt het oorspronkelijk project ook negatief. Dit toont de gevoeligheid aan van de biobrandstofwereld op de prijs van biomassa. Onder 2.6 werd reeds aangehaald dat de biodiesel productie in België op halve kracht draait doordat de prijzen van biomassa te hoog oplopen. Verder kan er gezegd worden dat de prijs van maïs zou moeten stijgen tot 356,38€/ton voordat het proces met glycerine rendabeler wordt als dit met enkel maïs.

Dit is gelijk ook het antwoord op de problematiek rond stijgende voedselprijzen als gevolg van biobrandstoffen. Voor biobrandstoffen op zich is het ook niet rendabel dat de prijzen van grondstoffen stijgen, hierdoor worden de investeringen niet meer rendabel. Waardoor er minder bedrijven biobrandstof nog gaan produceren, dus ook de vraag naar het energiegewas in kwestie zal dalen. Dit heeft volgens het prijsmechanisme een dalend effect op de prijs van het gewas, wat de producenten die toch zijn blijven produceren met verlies beloont met winsten.

In omgekeerde richting is het ook mogelijk om na te gaan hoe hard de prijs van glycerine zou moeten dalen, waardoor het proces met 5% glycerine rendabel zou worden. Hierbij is de prijs van silomaïs constant gehouden op 30 €/ton. Dit nagaan heeft een groter nut, omdat de rendabiliteit van de investering alleen maar zal stijgen door een lagere prijs van glycerine.

Tabel 4.16: sensitiviteitsanalyse, prijs glycerine

Procentuele wijziging	Prijs €/ton	Zonder glycerine NCW	Met glycerine NCW
NU	500	650.673,19	-2.251.645,70
-20%	400	650.673,19	-1.288.335,76
-40%	300	650.673,19	-393.938,70
-60%	200	650.673,19	408.664,40
-64%	180	650.673,19	568.080,90
-66,07%	169,6382	650.673,19	650.673,00

De prijs van glycerine zou moeten dalen met ongeveer 66% tot een prijs van 169 €/ton, voordat de 5% toevoeging van glycerine rendabel zou worden in vergelijking met enkel maïs. In tegenstelling tot het laten stijgen van de silomaïs prijs, heeft deze wijziging in de prijs een positief effect op de NCW. De NCW wordt positief bij een prijs van €251,27 voor glycerine.

- Prijs van warmte

In tabel 4.9 was reeds te zien, dat door het toevoegen van glycerine aan het proces er een stijging in de opbrengst is uit geproduceerde warmte. Door de toevoeging is er 767.239,21 kWh extra warmte geproduceerd, hiervan wordt 701.256,63kWh benut. Tegen de actuele prijs van 27,5€/MWh wordt zoals reeds gezegd een extra opbrengst van €19.284.557,44 behaald. Het is nu de bedoeling om te kijken in welke mate de uiteindelijke NCW afhankelijk is van de waarde van deze warmte. Tabel 4.17 laat de prijs van warmte zowel stijgen als dalen. De kolommen erna wordt de NCW gegeven voor zowel het geval met glycerine als zonder. Zoals verwacht reageert het proces met glycerine veel sterker op de verandering in de prijs van warmte. Zoals tabel 4.17 duidelijk maakt wordt het verschil groter tussen de NCW als de prijs van warmte daalt en kleiner bij een prijs stijging.

Tabel 4.17: sensitiviteitsanalyse prijs warmte

Procentuele wijziging	Prijs warmte €/MWh	Zonder glycerine NCW	Met glycerine NCW
NU	27,5	650.673,19	-2.251.645,70
-5%	26,125	571.525,15	-2.357.620,21
-10%	24,75	492.377,11	-2.463.594,73
-15%	23,375	413.229,06	-2.569.569,25
+5%	28,875	729.821,24	-2.145.671,18
+10%	30,25	808.969,28	-2.039.696,66
+15%	31,625	888.117,33	-1.933.722,14

Als we de laatste prijsevolutie van stookolie en gas bekijken, wordt het al vlug duidelijk dat een prijsstijging van warmte meer waarschijnlijk is.(FOD economie_b) Er kan dus verwacht worden dat het verschil in NCW kleiner zal worden naar de toekomst toe.

- Effect van warmtekrachtcertificaten en groenestroomcertificaten op NCW

In hoofdstuk 2.5.3 werd aangehaald dat er uitbatingssubsidies zijn voor het plaatsen van een WKK-installatie in België. Onder de vorm van groenestroomcertificaten en warmtekrachtcertificaten worden er extra inkomsten gegenereerd voor de biogasproducent. Wat zou er nu gebeuren indien deze extra inkomsten wegvallen? Vermits het proces met glycerine het meeste energie produceert, gaat dit proces hier ook het meest onder lijden.

Tabel 4.18: Sensitiviteitsanalyse groenestroomcertificaat en warmtekrachtcertificaat

Warmtekracht- certificaat (€)	Groenestroom- certificaat (€/MWh)	NCW zonder glycerine	NCW met glycerine
40,5	112,5	650.673,19	-2.251.645,70
0	112,5	-922.317,27	-4.058.474,80
40,5	0	-4.870.925,44	-10.720.823,47
0	0	-6.443.915,90	-13.360.889,90

Tabel 4.19 geeft de 2 uitbatingssubsidies weer. Indien één van beide certificaten wegvalt, wordt de NCW negatief en is de investering dus ook niet meer rendabel. Zoals gedacht reageert de NCW met glycerine sterker op wijzigingen in het certificatenstelsel. Hieruit kan opgemaakt worden dat subsidies nog steeds heel belangrijk zijn in het biogasproces om rendabel te blijven.

4.3 Gevalstudie 2: Bioethanol met als input glycerine

4.3.1 Bioethanol met glycerine vergeleken met tarwe residu

Voor de 2^e gevalstudie heb ik gekozen om glycerine verder te onderzoeken als grondstof voor het bioethanol proces. In tegenstelling tot het biogas proces waar enkel 5% glycerine mocht toegevoegd worden, is er voor bioethanol te produceren geen beperking op de hoeveelheid glycerine die er mag gebruikt worden. Zoals in de literatuurstudie is aangegeven heeft het ethanolproces met glycerine een lagere operationele kost. Een kostenbeperking van 40% is een grote stap vooruit en kan het probleem van de hoge marktprijs van glycerine misschien wel opvangen. De prijzen zal ik in de sensitiviteitsanalyse laten schommelen zodat ook naar de toekomst enige duidelijkheid kan worden gebracht.

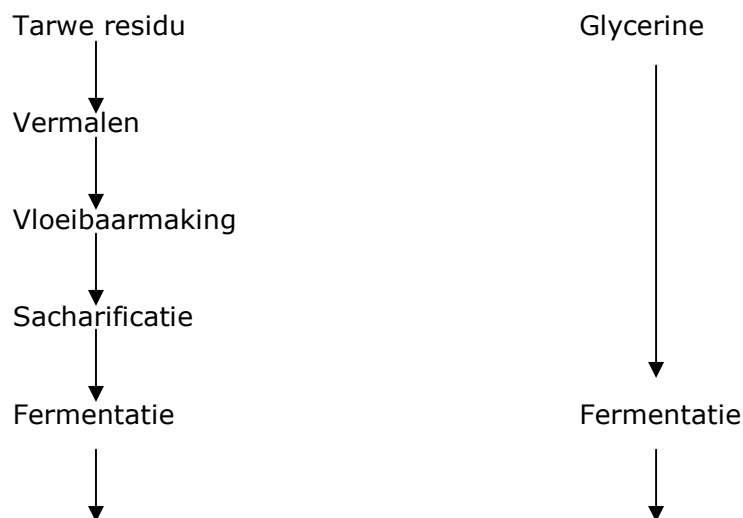
De basis van deze gevalstudie heb ik gehaald bij Reith et al (2002), in haar studie 'co-production of bio-ethanol, Electricity and heat from biomass residues' haalt ze de economische evaluatie aan van tarwe residu. In deze studie is tarwe residu gebruikt als grondstof voor het bioethanol proces. Hierop is verder gebouwd om te kijken in welke mate glycerine een rendabel alternatief kan zijn.

Tabel 4.19: Economische evaluatie van het ethanol proces

		Tarwe residu	glycerine
(1)	Grondstof prijs (€/ton)	80	500
(2)	Totale investering (M€)	176,25	117,5
(3)	Hoeveelheid biomassa (ton)	475.000	475.000
(4)	Hoeveelheid bioethanol (l)	198.120.000	603.250.000
	<i>O&O kosten</i>		
(5)	Grondstof (M€/jaar)	38	237,5
(6)	Enzymen (M€/jaar)	59	35,4
(7)	Andere (M€/jaar)	11	11
(8)	Totaal (M€/jaar)	108	283,9

	<i>Productiekost ethanol</i>		
(9)	Grondstoffen (€/l)	0,192	0,394
(10)	Enzymen (€/l)	0,298	0,059
(11)	Andere O&M (€/l);	0,060	0,018
(12)	Kapitaal (€/l)	0,283	0,046
(13)	Bruto ethanolprijs (€/l)	0,833	0,517

In tabel 4.20 kunnen de twee processen vergeleken worden met zowel tarwe residu en glycerine als grondstof. Net zoals in het biogas proces is het grote probleem de prijs van glycerine. In de tabel 4.20 rij (1) kan worden nagerekend dat de prijs van glycerine 625% groter is als deze van tarwe residu. Deze hogere prijs wordt in de eerste plaats al opgevangen door de verminderde investeringskost bij het gebruik van glycerine als grondstof. Het oorspronkelijk investeringsbedrag kan opgesplitst worden in 4 onderdelen met elk een kapitaalkost van 25%. (voorbehandeling en hydrolyse; verdamping; fermentatie en zuivering; WKK-installatie) De WKK-installatie wordt in deze gevalstudie weggelaten, omdat er louter gekeken wordt naar het productieproces van bioethanol. Hierdoor daalt de investeringskost in het tarwe proces naar 176,25 miljoen Euro ($0,75 \cdot 235$). Het glycerine proces maakt geen gebruik van de voorbehandeling, dit kost eveneens 25% aan investeringen. Dit maakt dat slechts 50% van het oorspronkelijke investeringsbedrag in rekening wordt genomen, wat zorgt voor een investeringskost van 117,5 miljoen Euro. Figuur 4.2 maakt het overzichtelijk hoe de processen verschillen tussen glycerine en tarwe residu.





Figuur 4.3: Bioethanol proces met tarwe residu en glycerine

Bron: Reith et al, 2002

Het proces met tarwe residu maakt gebruik van 475.000 ton grondstof, dit is constant gehouden naar glycerine toe. Uit deze input haalt het tarwe proces 198,120 miljoen liter bioethanol. Dit is berekend op basis van de case, het project zou 156 kton bioethanol produceren en ethanol heeft een dichtheid van 1,27l/kg. Het glycerine proces haalt uit dezelfde hoeveelheid biomassa 603,25 miljoen liter bioethanol zoals weergegeven in rij (4). Dit is berekend op basis van de verhouding 1kg input geeft, 1kg output. De 475.000 ton input geeft 603,25 miljoen liter bioethanol, de dichtheid van glycerine in rekening gebracht. $(475.000.000 \cdot 1,27)$

In rij (5) van tabel 4.20 wordt voor tarwe residu een jaarlijkse grondstofkost van €58.000.000 gerekend. Bij het vervangen van tarwe residu door glycerine stijgt deze kost naar €237.500.000. Dit maakt een verschil van €179.500.000. Rij (6) van tabel 4.20 geeft de enzymen weer die toegevoegd worden aan de biomassa. Hier valt het op dat tarwe residu veel hogere kosten hier aan moet toerekenen. Dit is te verklaren via figuur 4.2, vooraf is gezegd dat tarwe residu meer voorbehandeling nodig heeft en hierdoor ook meer investeringskost voor de installaties. Deze voorbehandeling, meer bepaald de vloeibaarmaking en sacharificatie, heeft enzymen nodig wat er voor zorgt dat er ook meer enzymen nodig zijn in het productie proces van tarwe residu. Voor glycerine zijn er ook nog enzymen opgenomen. Dit niet zozeer in de voorbehandeling maar in de vorm van gisten in het fermentatieproces. De productie kost per liter bioethanol uit tarwe ligt hoger als deze van maïs. (Reith et al, 2002, p7) De productie kost van glycerine ligt 40% lager als de bioethanol uit maïs. (Yazdani, Gonzalez, 2007, p217) Daarom heb ik gekozen om de kost van enzymen te laten dalen met 40% naar een jaarlijkse kost van 35,4 miljoen Euro op jaar basis. Door de onzekerheid rond dit getal, zal ik in de sensitiviteitsanalyse nagaan welke invloed een verandering in deze kost heeft op de uiteindelijke rendabiliteit van het glycerine proces ten opzichte van het tarwe proces.

In rij (7) 'Andere' zijn de kosten van onderhoud en arbeid in het proces weergegeven, deze blijven gelijk voor de 2 processen. De kost van arbeid en onderhoud zal in mijn opinie niet sterk gaan wijzigen. De operatoren van de installatie blijven nodig, enkel in het onderhoud zou er een daling van de kost kunnen zijn. Dit doordat de installatie van voorbehandeling er niet meer is. De kost zal dus zeker niet gaan stijgen.

Rij (8) geeft de totale jaarlijkse kost weer zonder de kapitaalkost, dit is de som van rij (5) tot (7). Deze ligt voor glycerine 175,9 miljoen Euro hoger. Hierbij mag niet worden vergeten dat het glycerine proces meer bioethanol produceert en de kosten dus over een groter basis kan spreiden. Rij (9) tot en met (13) geeft de boven berekende kosten weer per geproduceerde liter bioethanol (4). Doordat glycerine meer bioethanol produceert, ligt de kost per liter veel lager. Enkel de kost van biomassa per liter in rij (9) ligt nog hoger als in het tarwe proces. De kapitaalkost in rij (12) heb ik berekend door de kapitaalkost per jaar van tarwe in de originele case te zoeken en dan te kijken over hoeveel jaren deze kost wordt gespreid. Vervolgens heb ik hetzelfde aantal jaren genomen om de kapitaalkost per jaar van glycerine te bepalen en deze vervolgens gedeeld door het geproduceerde aantal liter bioethanol.

De uitkomst van deze berekeningen is hoopgevend, de prijs van het glycerine proces per liter bioethanol is 0,517 €/l en dus lager als de 0,833 €/l van het tarwe proces. In dit geval zal glycerine een waardig alternatief zijn voor tarwe.

4.3.2 Sensitiviteitsanalyse

In deze sensitiviteitsanalyse moet niet nagegaan worden hoe hard de prijs van glycerine zal moeten dalen. Er zijn in de berekening wel enkele assumpties genomen voor de kostprijs van enzymen, 'andere' kosten en de kapitaal kost, deze laten wijzigen zou meer zekerheid kunnen geven dat glycerine rendabel blijft ten opzichte van het tarwe proces.

De kostprijs van enzymen in het glycerine proces is gebaseerd op deze van het tarwe proces. De kostprijs ligt 40% lager zoals hierboven reeds uitgelegd.

Tabel 4.20: Sensitiviteitsanalyse, kostprijs enzymen

Bio-ethanol prijs €/l met gebruik van tarwe		0,833
Verandering in aandeel van de kostprijs van enzymen in het tarwe proces (€59.000)	Kost Enzymen	Bio-ethanol prijs €/l
Huidig (60%)	35.400	0,517
70%	41.300	0,527
80%	47.200	0,537
90%	53.100	0,546
100%	59.000	0,556

Door het veranderen in de kostprijs van de enzymen stijgt de prijs van bioethanol in totaal met 0,051 eurocent. Hierdoor komt de rendabiliteit van het project dus ook niet in gevaar.

In onderstaande tabel 4.22 zal de ik de kosten rubriek 'andere' laten dalen. Dit omdat door het wegvallen van de voorbehandeling er een daling in de kost van onderhoud zou kunnen voordoen. Dit wil ik nagaan omdat de prijs van bioethanol uit maïs in 2002 nog 0,34€/l was. (Reith et al, 2002) Dit is gevoelig lager als deze van glycerine, een mogelijke daling in het onderhoud kan dit misschien compenseren.

Tabel 4.21: sensitiviteitsanalyse, kost 'Andere'

Bio-ethanol productiekost met gebruik van maïs (€/l)		0,448
Verandering in prijs	Kost Andere	Bio-ethanol prijs €/l
0%	11.000.000	0,517
-5%	10.450.000	0,516
-10%	9.900.000	0,515
-15%	9.350.000	0,514
-20%	8.800.000	0,513

Als vergelijkingsbasis is in tabel 4.21 ook de productiekost van 0,448 €/l voor bioethanol uit maïs gegeven. Uit bovenstaande tabel blijkt dat een verandering in kost 'andere' niet zo een groot effect heeft op de prijs van bioethanol. Dit is te verklaren door de grote

hoeveelheid bioethanol geproduceerd in het proces, waar de wijziging in kosten over verdeeld wordt.

In onderstaande tabel 4.23 zal ik een verandering in de kapitaalkost bekijken. Deze kost werd afgeleid uit de originele investeringskost van de case. Hier had ik een daling van 50% genomen. Ik zal in onderstaande tabel deze kost terug laten stijgen naar een aandeel van 75% van de originele investeringskost. Tot aan dit percentage omdat voor het tarweproces ook deze investeringskost genomen is.

Tabel 4.22: Sensitiviteitsanalyse, kapitaalkost

Bio-ethanol productiekost met gebruik van tarwe (€/l)		0,82
Verandering in kapitaalkost naar oorspronkelijk investeringskost van 235.000.000	Kapitaal kost	Bio-ethanol prijs €/l
Huidig (50%)	117.500	0,517
55%	129.250	0,522
60%	141.000	0,526
65%	152.750	0,531
70%	164.500	0,536
75%	176.250	0,540

Door het toenemen van de kapitaalkost stijgt de prijs bioethanol gestaag naar 0,540€/l. Dit is nog altijd ruim onder de kostprijs van bioethanol uit het tarwe proces.

In deze gevalstudie heb ik de prijs van tarwe residu niet laten stijgen in een sensitiviteitsanalyse. Biobrandstoffen uit voeding vormt een moreel probleem. In de wereld is er al zoveel hongersnood en dan komt daar bij dat landbouwoppervlakte gebruikt wordt om brandstof te genereren.(HLN,2008) Tarwe residu is in dit geval geen rechtstreekse concurrentie met de voedingssector omdat het gaat om het residu en niet de tarwe zelf. Dus is er ook geen rechtstreeks gevolg voor de voedingssector. In tegendeel een stijging van het verbruik in de voedingssector van tarwe zal er ook voor zorgen dat er meer residu is dat gebruikt kan worden als biomassa in het ethanolproces. Dit is dan ook de reden waarom er niet moet worden nagegaan wat er zou gebeuren als

de prijs van tarwe residu onder druk van zowel de energiesector als de voedingssector zou stijgen.

4.4 Conclusie gevalstudies

Rendabiliteit glycerine

In de gevalstudie met biogas kan besloten worden dat glycerine nog geen waardevol alternatief is voor maïs al biomassa. De prijs van glycerine zou nog met €330,36 moeten dalen opdat glycerine rendabel zou zijn. De prijsstijging van silomaïs als uitkomst is minder relevant, dit omdat bij een prijs stijging van €5 de hele investering niet meer rendabel zou zijn. In de gevalstudie van bioethanol wordt het proces van glycerine afgewogen tegen dit van tarwe residu. In dit proces is glycerine wel een waardevol alternatief. Dit doordat de productie bioethanol veel groter is bij dezelfde input.

4.5 Financiële haalbaarheid biodiesel

Glycerine wordt in bovenstaande gevallen pas rendabel bij een prijs 169€/ton in het biogasproces en is rendabel bij een prijs van 500€/ton in het bioethanol proces. Bij de productie van 100l biodiesel wordt er 10l glycerine aangemaakt. Glycerine haar meerwaarde heeft een aandeel van 10% op de totale prijs van biodiesel. Hierop verder gaande wordt er per ton biodiesel respectievelijk €16,9 en €50 extra opbrengsten toegevoegd. Biodiesel heeft een dichtheid van 0,880 kg/l. Zoals in onderstaande tabel 4.22 weergegeven wordt deze dichtheid omgezet naar een meerwaarde uit glycerine van respectievelijk 0,015€/l en 0,044€/l.

Tabel 4.23: Meerwaarde glycerine voor biodiesel

Prijs glycerine	169 €/ton	500€/ton
Meerwaarde glycerine per liter biodiesel	€0,015	€0,044
Productie kost biodiesel	€0,607	
Productie kost diesel	€0,396	

Vergelijken we nu de prijs van diesel met deze van biodiesel. Hierbij bekomen we voor diesel een productiekost van 0,396€/l en voor biodiesel een prijs van 0,607€/l (VhIde, 2008) Het verschil in prijs tussen biodiesel en de gewone diesel bedraagt €0,211. Dit verschil is al voor een deel opgevangen door de glycerine, anders zou het verschil tegen huidige prijzen op €0,255 liggen. Hieruit blijkt nogmaals dat het beleid rond biobrandstoffen uiterst noodzakelijk is om voldoende hernieuwbare brandstof op de markt te behouden.

Hier kan een bezwaar gevonden worden van de bovenstaande studie. Op dit moment krijgt de biodieselproducent 500 €/ton glycerine. Voor de gevalstudies biogas rendabel te maken zou de prijs moeten dalen naar respectievelijk 169€/ton. Dit betekent minder opbrengsten voor de biodiesel producent en dus een grotere kloof tussen de prijs van biodiesel en diesel. Voor de biodieselproducent zou het dus beter zijn dat de prijs van glycerine zo hoog mogelijk blijft. Dit is in het nadeel voor het gebruik van glycerine in het biogas proces.

5 Besluit

5.1 Effect van glycerine in het biogasproces

Het toevoegen van glycerine geeft 10,79% extra biogas, deze extra productie zal de extra kosten niet kunnen opvangen. Er is een stijging in de investeringskost van €133.861,84, verder stijgt de jaarlijkse uitbatingkost met €429.012,08. Deze extra jaarlijkse uitgave is verdeeld over grondstofkost, onderhoudskost, beheerskost en verzekeringspremie, de verwerkingskost van het digestaat is de enigste uitbatingkost die daalt. De stijging in biogasproductie zorgt voor extra inkomsten. De extra opbrengsten bedragen in totaal €174.178,83. Deze worden behaald doordat de grotere gasproductie, via de WKK omgezet kan worden in zowel warmte als elektriciteit. De stookolie en aardgas die normaal aangekocht zou worden om warmte te creëren is de uitgespaarde warmte kost. Samen met deze uitgespaarde warmte kost, zijn er nog extra inkomsten via subsidies in de vorm van warmtekrachtcertificaten. De opbrengsten van elektriciteit zijn 3-delig. Eerst en vooral kan de opgewekte elektriciteit zelf gebruikt worden, dit zorgt voor een vermeden aankoopkost van elektriciteit. In tweede instantie kan de elektriciteit die niet gebruikt wordt verkocht worden. De derde vorm van inkomst uit elektriciteit is het groenestroomcertificaat dat verkregen wordt per MWh geproduceerde groene elektriciteit. Bij het afwegen van de extra opbrengsten tegen extra kosten, wordt het vlug duidelijk dat de jaarlijkse balans van extra opbrengsten en kosten negatief is. Dit is ook te zien in de NCW, het toevoegen van glycerine laat de NCW dalen met 1.600.972,5.

Het laten stijgen van de prijs van maïs is geen mogelijke optie, bij een stijging van €5 wordt de NCW negatief. Dit is een teken dat de investering in zijn geheel niet meer rendabel is. Een stijging in de prijs van maïs, is bijgevolg een slecht teken voor de biogasproductie. Het dalen van de prijs van glycerine is een betere optie. Indien deze daalt met 66% naar 169€/ton wordt het proces met glycerine rendabel ten opzichte van het proces op basis van maïs.

De prijs van warmte beïnvloedt het proces met glycerine sterker, louter omdat deze een grotere productie heeft van biogas. Wat dan weer meer warmte opbrengst geeft. De prijs van uitgespaarde elektriciteit heeft geen effect, dit omdat de hoeveelheid elektriciteit

gebruikt in het bedrijf constant is gehouden. De subsidies via de certificaten zijn van groot belang. Bij het wegvallen van één van beide is de investering in beide gevallen niet meer rendabel. Hieruit kan afgeleid worden hoe belangrijk deze subsidies zijn voor biobrandstoffen.

5.2 Effect van glycerine op het bioethanol proces

Voor het bioethanol proces is de gevalstudie gebaseerd op het economisch model van Reith et al (2002). In dit model wordt glycerine vergeleken met tarwe residu als biomassa. In dit proces zijn geen beperkingen op het gebruik van glycerine, glycerine kan voor 100% gebruikt worden in het bioethanol proces. Door glycerine toe te voegen stijgt de kost van biomassa. Glycerine is 420 €/ton duurder dan het tarwe residu, maar dit is in dit geval de enigste extra kost bij het gebruik van glycerine als grondstof. Het grote voordeel van glycerine is dat het een hoger omzettingsrendement heeft naar bioethanol. Uit dezelfde hoeveelheid input (475.000 ton) haalt glycerine 405,130 miljoen liter meer bioethanol. Het gebruik van glycerine heeft meerdere vermeden kosten. Van de installaties valt 33% van de investering weg, dit doordat glycerine niet zoveel behandeling nodig heeft als tarwe residu. Verder daalt de kost van enzymen door het gebruik van glycerine. Dit alles zorgt ervoor dat de duurdere prijs van glycerine opgevangen wordt, waardoor het productieproces op basis van glycerine goedkoper is dan dit op basis van tarwe residu. Een liter bioethanol kost 0,517€/l in het glycerine proces en 0,833€/l in het tarwe proces. In de sensitiviteitsanalyse worden de kost van enzymen verhoogd, dit zorgt er niet voor dat het glycerine proces duurder wordt als dit van tarwe. Ook een verhoging in de investeringskost zorgt er niet voor dat de prijs van bioethanol uit glycerine hoger wordt als de prijs uit tarwe.

5.3 Financiële haalbaarheid biodiesel

De meerwaarde van glycerine is niet genoeg om er voor te zorgen dat biodiesel kan concurreren met fossiele brandstof. Het verschil wordt echter wel kleiner wat toch een vooruitgang is voor biobrandstoffen. Glycerine laat tegen de marktprijs van 500 €/ton, dit verschil dalen van 0,255 tot 0,211 €/l. Biodiesel heeft met de meerwaarde van

glycerine, een productiekost van 0,607€/l, terwijl diesel een productiekost van 0,396 €/l heeft.

Uit bovenstaande blijkt dat biodiesel op zich, nog geen economisch volwaardig alternatief is voor fossiele brandstoffen. Het gevoerde beleid om biobrandstoffen te promoten blijft nog steeds van groot belang om er voor te zorgen dat de uitstoot van broeikasgassen daalt naar de toekomst toe.

5.6 Verder onderzoek

Dit onderzoek is meer gericht op biogas en bioethanol. Glycerine heeft nog meerdere toepassingen waar het een meerwaarde kan betekenen.

In het verkennend onderzoek rond bioplastiek werd reeds verwezen naar de mogelijkheid van glycerine als grondstof om bioplastiek aan te maken. Verder onderzoek in de vorm van een economische evaluatie rond glycerine als grondstof voor bioplastiek kan nog interessant zijn om een hoge meerwaarde voor glycerine te vinden.

Het onderzoek naar bioethanol is vrij beperkt. Het onderzoek in de gevalstudie is gebaseerd op Reith. Et al (2002). De gegevens rond dit proces zijn vrij beperkt, een uitgebreid onderzoek met gedetailleerde gegevens rond installaties zoals kostprijs, rendement kan voor een uitgebreider en meer specifiek antwoord zorgen inzake de meerwaarde die behaald wordt uit glycerine. Verder kan er ook nog meer specifiek gekeken worden naar de voorbehandeling van glycerine bij het gebruik als biomassa voor bioethanol.

Bijlagen

Bijlage 1: Kyoto protocol

Zoals aangehaald is de zoektocht naar duurzame energiebronnen een hoofddoel voor veel landen. Dit is in de eerste plaats gestuurd door het Kyoto protocol. Het Kyoto-protocol opgesteld in 1997, verbindt de deelnemende landen om de emissie van broeikasgassen te verminderen. Enkel de landen die het protocol goedgekeurd of aanvaard hebben, zullen zich in de toekomst aan dit protocol houden.

Om van kracht te zijn moest er aan bepaalde voorwaarden voldaan worden, zo moesten minstens 55 landen het protocol aanvaarden en moesten de landen samen verantwoordelijk zijn voor minstens 55% van de wereldwijde broeikasgasuitstoot. In 2002 ondertekende de EU met haar 15 deelstaten het Protocol. In 2005 bereikte men uiteindelijk de noodzakelijke voorwaarde (voldoende hoge totale gezamenlijke uitstoot van broeikasgassen), dit na het tekenen van Rusland in 2004. In 2007 hebben al 170 landen het protocol ondertekend (UNFCC a,nd).

Het Protocol verbindt de landen ertoe naargelang de nationale omstandigheden bepaalde beleidsmaatregelen te nemen om de aantasting van de ozonlaag te beperken. Met nationale omstandigheden worden de gebieden bedoeld waar de overheid verbeteringen kan aanbrengen om de uitstoot van broeikasgassen te verminderen. Maatregelen zijn onder andere:

- ⇒ een efficiënter energie gebruik in de economie,
- ⇒ het bevorderen van duurzame vormen van landbouw,
- ⇒ onderzoek en ontwikkeling van hernieuwbare energiebronnen,
- ⇒ progressieve vermindering van marktimperfecties en fiscale aansporingen die gaan naar industrieën die broeikasgassen uitstoten,
- ⇒ verminderen van methaangasuitstoot door het terugwinnen en gebruiken ervan door een beter beheer van het afval

- ⇒ maatregelen voor de vermindering van broeikasgassen in de transportsector die niet vallen onder het Montreal Protocol⁷.

Het doel van het Kyoto protocol is een globale daling van 5% van de uitstoot t.o.v. 1990 te behalen tijdens de evaluatieperiode 2008-2012 (United Nations, 1998). Voor de EU-15 is een daling van 8% vooropgesteld. De lidstaten van de EU-15 herverdelen de doelstelling onder elkaar. België moet zijn uitstoot aan broeikasgassen met 7.5% verminderen ten opzichte van 1990, dit werd vooropgesteld door de federale overheid. De landen die de grootste daling zullen moeten doorvoeren zijn Luxemburg (-28,5%) en Denemarken (-21%), hier tegenover staan Spanje en Portugal die nu reeds ver onder het niveau van hun uitstoot in 1990 zitten en in principe extra broeikasgassen (respectievelijk 15% en 27%) mogen uitstoten. Al deze data kan men terugvinden in tabel (Internationaal Energie agentschap)

De Verenigde Staten hebben het protocol ondertekend maar nog niet bekrachtigd in hun wetten, waardoor ze het doel nog niet actief proberen te bereiken. Ze hebben wel reeds in overleg met de industrie maatregelen opgesteld om uitstoot van broeikasgassen te beperken. (PCCC, 2005)

Tabel 1: Doelstellingen Kyoto protocol

Land	Doelstelling (1990 - 2008/2012)
EU-15, Bulgarije, Tsjechische Republiek, Estland, Letland, Liechtenstein, Litouwen, Monaco, Roemenie, Slovakije, Slovenie, Zwitserland	- 8%
België	-7,5%
Nederland	-6%
Verenigd Koninkrijk	-12,5%
Denemarken	-21%
Luxemburg	-28,5%
Spanje	15%
Portugal	27%

⁷ Montreal Protocol: het doel van dit verdrag opgesteld in 1987 is het verminderen van de gassen CFK's en halonen die de ozonlaag aantasten.

http://ozone.unep.org/Ratification_status/evolution_of_mp.shtml

Verenigde Staten, Kyoto Protocol reeds ondertekend maar nog niet bekrachtigd.	- 7%
Canada, Hongarije, Japan, Polen	-6%
Kroatië	-5%
Nieuw-Zeeland, Rusland en Oekraïne	0%
Noorwegen	+1%
Australië	+8%
IJsland	+10%

(EU, 2008)

Bijlage 2: Normering brandstoffen

Een biobrandstof op de markt brengen mag niet zomaar, er moet vooraf een aanvraag ingediend worden. De biobrandstof moet dan voldoen aan bepaalde eisen, neergeschreven in CEN⁸- en NBN⁹-normen. Indien de biobrandstoffen niet voldoen aan deze normen, kunnen ze enkel op de markt gebracht worden voor een speciaal project, op voorwaarde dat de natuurlijke of rechtspersonen die het op de markt willen brengen, de toestemming krijgen van de bevoegde overheid. Deze toestemming is dan ook enkel voor deze personen en zij mogen het niet aanbieden aan gebruikers buiten het project, ook niet aan een distributiepunt dat het dan verder zou kunnen verdelen. (KB 2005)

De normering moet voorkomen dat er onstabiele, onzuivere brandstof of brandstof van slechte kwaliteit op de markt wordt gebracht. Enkel op deze manier kan er voorkomen worden dat er geen schade wordt opgelopen aan de motor van auto's die op biobrandstof rijden. Dit is een noodzakelijkheid voor de autoconstructeurs om een garantie te geven op hun auto's. Een mogelijk gevolg van het niet naleven van de norm is slechte ontbranding van de biobrandstof. Hierdoor komen er schadelijke emissies in de atmosfeer en ligt het verbruik aanzienlijk hoger. Dit is in tegenstelling met het uiteindelijke doel van biobrandstoffen: het vermijden van schadelijke emissies.

De klassieke fossiele motorbrandstoffen zijn ook gehouden aan normen. Diesel volgt de norm EN 559 en benzine moet zich houden aan de norm EN 228. In deze normen zijn reeds noties gemaakt over biobrandstoffen. Deze normen stellen dat er slechts een volumepercentage van 5% biodiesel mag toegevoegd zijn aan de diesel. Deze maatregel is ingeroepen om motoren te beschermen en een goede verbranding te waarborgen. Voor benzine ligt dit percentage anders, het is namelijk zo dat dit afhankelijk is van de concentratie zuurstofverbindingen die de biobrandstof bevat. De norm laat 2,7% m/m¹⁰ zuurstofverhouding toe, voor ethanol komt men volgens deze berekening op een volume percentage van een 5%.

⁸ CEN-norm: Geschreven door het Europese comité voor standaardisatie. De afkorting komt van het Frans Comité Européen de normalisation. (<http://www.cen.eu/cenorm/homepage.htm>)

⁹ NBN-norm: Het Nationaal Bureau voor normalisatie (NBN), dit is dus op nationaal Belgisch vlak. Een NBN-norm wordt opgesteld door de minister van Energie en Leefmilieu indien er geen CEN-norm beschikbaar is. (<http://www.nbn.be/NL/nbnkort.html>)

¹⁰ m/m: Verhouding massa tot massa.

Dit zijn de normen die oorspronkelijk geschreven zijn voor fossiele brandstoffen met een aanpassingen naar biobrandstofblends toe. Deze blends zijn een mengeling van fossiele brandstof met een bepaald percentage biobrandstof. Zo is er B5, een blend met een toevoeging van 5% biodiesel. Voor ethanol wordt dit E5, de percentages van biobrandstof in de blend kan oplopen tot 100% (B100 of E100). In dat geval wordt er gesproken van een zuivere biobrandstof.

Voor de zuivere biobrandstoffen is er tot op heden slechts 1 norm neergeschreven, meer bepaald voor zuivere biodiesel (B100). De norm CEN 14214 is opgesteld voor biodiesel en omvat alle blends van B5 tot B100. Deze norm omvat zowel de kwaliteitseis als de mengvormen (FOD economie c,nd).

Bijlage 3: Beleid inzake biobrandstoffen in Europa

Beleid betreffende biobrandstof in Europa

Het Europees beleid inzake biobrandstof is belangrijk, net zo zeer als Europa gericht is op de bescherming van landbouw kan ze een grote rol van betekenis zijn in de bescherming van biobrandstoffen. Een andere reden waarom het beleid op Europees gebied belangrijk is voor biobrandstof, zijn de te behalen doelstellingen van Kyoto. Europa is als één staat deze uitdaging aangegaan en moet dus in haar geheel in 2012 een daling van 8% in uitstoot van broeikasgassen kunnen voorleggen. De EU neemt niet de volledige bevoegdheid van de landen af, ze geeft haar doelstellingen door in richtlijnen. Een richtlijn geeft een verplichting aan de lidstaat om een doelstelling te behalen. Hoe deze richtlijn behaald wordt, is niet van belang. Dit in tegenstelling tot een verordening die wel expliciet zegt hoe het doel behaald moet worden. (EU, nd) Indien de doelstellingen behaald worden door meer biobrandstof te produceren, met name een hogere productie van biodiesel. Zal deze stijging in productie het aanbod glycerine mee doen stijgen en dit zal zijn invloed hebben op de glycerine markt.

Richtlijnen inzake hernieuwbare energie

In 1985 werden reeds de eerste stappen gezet om het aanbod in brandstof te diversifiëren. In de **richtlijn 85/536/EEG** betreffende de besparing van ruwe olie door het gebruik van vervangingscomponenten in benzine werd voor het eerst voorgesteld op Europees gebied om in het verkeer ook benzinemengsels toe te laten. De aspecten zoals veiligheid en soortgelijke prestatiemogelijkheden moesten wel gewaarborgd blijven. Het doel van deze richtlijn ging eerder uit naar de mogelijkheid van alternatieve brandstoffen om de afhankelijkheid van olieproducerende landen te laten dalen en nieuwe inkomsten te vinden voor de landbouwsector. Dit was dus nog niet zozeer gericht op het vinden van hernieuwbare brandstoffen in functie van hun milieuvriendelijkheid.

Op 13 september 1993 wordt de **richtlijn 93/500/EEG** uitgeschreven. Deze heeft als doel het bevorderen van hernieuwbare energiebronnen in de gemeenschap, ook wel het Altener programma genoemd. Deze richtlijn is een gevolg van de besluiten die genomen

zijn in 1990 door de Raad van Europa, met name tegen 2000 de totale CO₂-emissies te stabiliseren op het niveau van 1990. Dit kan aanzien worden als een voorloper op het Kyoto-protocol. Het doel van de Raad was dan ook dat andere belangrijke landen dit voorbeeld zouden volgen. De Europese gemeenschap zag in hernieuwbare brandstoffen een belangrijke sleutelpositie om de doelstelling te bereiken, dit is ook de reden waarom ze het Altener programma in de richtlijn opnemen. Het Altener programma is opgezet om het gebruik van hernieuwbare energiebronnen te helpen ontwikkelen. Het programma heeft een looptijd van vijf jaar en in deze periode zullen er zowel op nationaal als regionaal niveau initiatieven in verband met de ontwikkeling van de hernieuwbare energiebronnen worden gefinancierd. Hiervoor heeft de EEG een bedrag van 40 miljoen ecu¹¹ vrijgemaakt voor de periode 1993-1997.

Het programma wordt verder uitgewerkt in 4 acties:

- Studies en technisch onderzoek voor het opzetten van technische normen.
- Maatregelen en ondersteuning voor het verder uitwerken van infrastructuur op gebied van hernieuwbare energiebronnen.
- Maatregelen voor het oprichten van een informatienetwerk.
- Studies, evaluaties en andere maatregelen van economische en ecologische voordelen bij de productie van biomassa voor energie te produceren.

Een volgende richtlijn is de **richtlijn 98/352/EG** betreffende een meerjaren programma ter bevordering van hernieuwbare energiebronnen in de gemeenschap, Altener 2. Altener 2 werd gestart in 1998 en heeft gelopen tot 2002. Voor deze periode is er een budget uitgetrokken van 22 miljoen ecu. Het voornaamste doel van dit programma was het schetsen van een goede werkomgeving voor de gemeenschapsstrategieën en het actieplan. Verder werd er ook nog altijd voldoende aandacht besteed aan investeringen voor het gebruik en de productie van hernieuwbare energie.

De richtlijnen die in 2003 uitgeschreven zijn, zijn in tegenstelling tot de vorige specifiek gericht op biobrandstoffen. De **richtlijn 2003/30/EG** ter bevordering van het gebruik van biobrandstoffen of andere hernieuwbare brandstoffen in het vervoer, de lidstaten moet zorgen dat er op nationaal niveau indicatieve streefcijfers worden opgesteld. De

¹¹ Ecu: Europese rekeneenheid, voorloper van de Euro. Ook wel korfmunt genoemd, dit omdat al de munteenheden, met hun eigen aandeel naar gelang van belangrijkheid van het land, in de korf worden opgenomen. In 1999 verving de Euro de ecu 1Euro=1ecu.

referentiewaarde voor deze streefcijfers van december 2005 is 2%, deze referentiewaarde is enkel voor de brandstofmarkt voor vervoersdoeleinden. Voor 2010 is de referentiewaarde uitgezet op 5,75%. De percentages die als referentiewaarde worden gebruikt, zijn niet de volumes maar de energie-inhoud van de totale hoeveelheid benzine en dieselolie. De vooruitgang van de lidstaten zal opgevolgd worden door evaluatieverslagen, dit verscheen voor het eerst eind 2006 om vervolgens om de 2 jaar te verschijnen. In het verslag van 2006 kwam dan het verdict, dat het niet zo goed was in Europa. Uit het verslag blijkt dat enkel Duitsland (3,75%) en Zweden (2,23%) het streefcijfer van 2% behalen. Een overzicht van het behaalde aandeel biobrandstof is gegeven in Bijlage I, voor België was dit aandeel 0%, voor Frankrijk een aandeel van 0,97%.

Een tweede richtlijn die in 2003 geschreven is, is de **richtlijn 2003/96/EG** tot herstructurering van de communautaire regeling voor de belasting van energieproducten en elektriciteit. Deze richtlijn bouwt voort op de **richtlijn 92/81/EEG** betreffende de harmonisatie van de structuur van accijns op minerale oliën. Biobrandstoffen worden behandeld in art 8 lid 4, maar dit zijn de biobrandstoffen op basis van minerale oliën. Dit is de reden waarom richtlijn 2003/96/EG werd geschreven. De bedoeling was een richtlijn te schrijven die toepasbaar is op alle biobrandstoffen. Een ander doel is er voor zorgen dat in alle lidstaten de belastingniveaus ongeveer gelijk liggen om zo een stabiele interne markt te creëren. De lidstaten krijgen via deze richtlijn de mogelijkheid om een belastingvrijstelling of verlaagd belastingniveau toe te passen na een goedgekeurde aanvraag bij de commissie. Dit met als uitzondering dat de vrijstelling of verlaging enkel geldt voor het deel biobrandstof.

Bijlage 4: Beleid in België

Omzetting van richtlijn 2003/30/EG naar nationaal beleid (KB 4 maart 2005)

De **richtlijn 2003/30/EG** gaf reeds aan dat de lidstaten ervoor moeten zorgen dat ze nationale streefcijfers in het aandeel biobrandstof moeten behalen. België heeft deze richtlijn omgezet in nationaal beleid via het **KB van 4 maart 2005** betreffende de benaming en de kenmerken van de biobrandstoffen en andere hernieuwbare brandstoffen voor motorvoertuigen en de niet voor de weg bestemde mobiele machines.

In het eerste hoofdstuk van de wet worden definities gegeven van biobrandstof en hernieuwbare brandstoffen. Voor biobrandstof geeft de wet als definitie " Vloeibare of gasvormige transportbrandstof die gewonnen is uit biomassa". Verder worden in het eerste hoofdstuk de standaarden en normen gegeven waar de biobrandstof aan moet voldoen, deze zijn de CEN normen en NBN normen zoals reeds gesteld in 1.3.5.

De streefcijfers voor de energie-inhoud van biobrandstoffen opgelegd door richtlijn 2003/30/EG worden overgenomen in het KB, met name op 31 december 2005 zou België een aandeel van 2% biobrandstof moeten hebben. Dit wordt elk jaar vermeerderd met 0,75% om uiteindelijk uit te komen aan een aandeel van 5,75% in 2010. Dit geeft de volgende procentuele aandelen biobrandstof over de periode 2005-2010:

⇒ 31 december 2005	2,00% biobrandstof
⇒ 31 december 2006	2,75% biobrandstof
⇒ 31 december 2007	3,50% biobrandstof
⇒ 31 december 2008	4,25% biobrandstof
⇒ 31 december 2009	5,00% biobrandstof
⇒ 31 december 2010	5,75% biobrandstof

Omzetting van de richtlijn 2003/96/EG naar nationaal beleid (N334/2005)

In de **richtlijn 2003/96/EG** wordt de mogelijkheid geboden aan de lidstaten om een belastingverlaging of vrijstelling voor biobrandstoffen door te voeren. Indien de lidstaten dit willen doorvoeren dan moeten ze eerst een aanvraag indienen bij de Europese Commissie, België heeft dit gedaan op 28 juni 2005. Op 23 december 2005 werd de

aanvraag goedgekeurd en omgezet in steunmaatregel N334/2005. De steunmaatregel is opgedeeld naar de volgende punten.

1. De doelstelling van de steunregeling houdt in, de bescherming van het milieu en het bevorderen van het gebruik van biobrandstoffen. Op deze wijze is het de bedoeling om een streefcijfer van 7 vol % voor benzine en 2,45 vol % voor gasolie te behalen.

2. De biobrandstoffen waarvoor de steunregelgeving aangevraagd is zijn koolzaadolie, bioethanol en biodiesel.

3. Het budget van de steunmaatregel is opgedeeld naar biodiesel en bioethanol. Voor bioethanol is een budget van 184 miljoen euro en voor biodiesel 68 miljoen euro vastgelegd, deze bedragen zijn louter het verlies aan inkomsten door de accijnsverlaging op de in aanmerking komende hoeveelheid. Voor koolzaadolie wordt nog geen budget bepaald omdat de uitwerking van de regelgeving voor deze hernieuwbare brandstof eerder beperkt zal zijn. Voor biodiesel en bioethanol zijn de belastingverlagingen enkel van toepassing voor de brandstof die geproduceerd is door de erkende producenten in België. De koolzaadolie die dient als brandstof is volledig vrijgesteld van belastingen indien er geen tussenpersoon voorkomt tussen producent en consument.

4. Zoals reeds gesteld zijn er slechts enkele begunstigde producenten die de belastingverlaging voor hun producten kunnen doorvoeren. In de aanvraag wordt het aantal begunstigden geschat op 5 à 10. De producenten worden geselecteerd op basis van de ingeleverde aanvraagdossiers en krijgen een erkenning voor maximaal 6 jaar.

Het aanvraagdossier bevat:

- ⇒ Technische beschrijving installaties, capaciteit.
- ⇒ Financiële prognose.
- ⇒ Een toezegging van de producenten voor een jaarlijks verslag te schrijven waarin hoeveelheid, aard, oorsprong grondstoffen worden beschreven ten opzichte van hoeveelheid geproduceerde biobrandstof.
- ⇒ Een verbintenis tot inverbruikstelling van de biobrandstof op Belgische markt.

5. De duur van de steunregeling is vastgesteld op 6 jaar. Jaarlijks worden zowel productiekosten en marktprijzen als de accijnstarieven herzien. Het accijnstarief zal afhangen van de energie-inhoud van het mengsel fossiele brandstof en hernieuwbare brandstof, samen met de productiekost van de biobrandstof. Op deze wijze wordt overcompensatie vermeden, de staat heeft echter wel een winstmarge berekend voor de producenten van biobrandstof. Deze winstmarge is door de staat bepaald op 50 euro per 1000 liter brandstof ofwel 0,05 euro per liter.

6. De accijnsverlaging in cijfers voor het jaar 2005 uitgedrukt wordt weergegeven in de volgende tabel.

	(EUR/1.000 liter)
Benzine	
Fossiel	352,96
Aangevuld met minstens 7% volume bioethanol	311,51
Gasolie	
Fossiel	163,14
Aangevuld met minstens 2,45% volume biodiesel	154,13

(steunmaatregel N 334/2005)

De bijzondere accijns op de mengeling bioethanol en benzine ligt op 1000 liter brandstof 41,4531 euro lager . Deze verlaging is doordat er 7 vol % bioethanol in de mengeling zit. Dit is 70 liter bioethanol, waardoor de accijnsverlaging per liter bioethanol 0,5921 euro ($41,4531/70$) bedraagt. Uit de regel van overcompensatie samen met de winstmarge kan dan afgeleid worden dat de productiekost voor een zelfde hoeveelheid energie-inhoud van bioethanol 0,4791 euro ($0,5291 - 0,05$) per liter hoger ligt in vergelijking met benzine ofwel 479,1 euro per 1000 liter biobrandstof.

Voor gasolie ligt de bijzondere accijns voor dezelfde energie-inhoud diesel per liter 0,3679 euro ($9,01/24,5$) hoger ofwel 367,9 euro per duizend liter, hieruit kan berekend worden dat biodiesel in productie 0,319 euro per liter duurder is als diesel ofwel 319 euro per 1000 liter brandstof. (EC, 2005_b)

Lijst van geraadpleegde werken

Agripress, 2008, website: <http://www.agripress.be/start/artikel/186326/nl> laatst bezocht op 12 augustus 2008

Afdeling natuurlijke rijkdommen en energie (ANRE), nd, 'Energieprestatieregelgeving vanaf 1 januari 2006', elektronisch verkrijgbaar via http://www2.vlaanderen.be/economie/energiesparen/epb/doc/epb_presentatie_bouwerv_erbouwer_sept05%20-%20pdf.pdf (toegang 6 februari 2008)

AgriHolland, nd, Biobrandstoffen en duurzame energie <http://www.agriholland.nl/dossiers/biobrandstoffen/biobrandstof.html> (toegang 24 januari 2008)

Ashland, 2007, 'Ashland and Cargill to combine talents for biobased chemical joint venture' elektronisch verkrijgbaar via http://www.ashland.com/press_room/news_detail.asp?s=1524 (Toegang 16 april 2008)

Bioethanol_a, 2008, website: http://members.home.nl/r-lindeboom/Bio/main/productie_ethanol.htm laatst bezocht 13 augustus 2008

Biogas-E, 2008, website: www.biogas-e.be Laatst bezocht 12 augustus 2008

Bondt, 2008, 'Bijproducten biobrandstoffen' elektronisch verkrijgbaar via <http://library.wur.nl/way/bestanden/clc/1866703.pdf>

Bonnardeaux, 2006, 'Glycerin overview' elektronisch verkrijgbaar via <http://www.agric.wa.gov.au/content/sust/biofuel/glycerinoverview.pdf> (toegang 2 april 2008)

Chemistryland, 2007,

website: <http://www.chemistryland.com/PolymerPlanet/Polymers/PolymerTutorial.htm>

laatst bezocht 13 augustus 2008

Cidad et al, 2003, 'Energiegewassen in de Vlaamse landbouwsector' elektronisch verkrijgbaar via <http://www.kuleuven.ac.be/stedula//nl/publicaties/publicatie1.pdf>

Cogen Vlaanderen vzw, 2006, 'Basishandboek Warmtekrachtkoppeling' elektronisch verkrijgbaar via

http://www2.vlaanderen.be/economie/energiesparen/doc/wkk_basishandboekcogen.pdf

(Toegang 3 juli 2008)

Cogen Vlaanderen vzw, 2007, 'Uitbatingssteun via certificaten voor WKK in Vlaanderen' elektronisch verkrijgbaar via

<http://www.cogenvlaanderen.be/website/cogen.nsf/webpages/B4BBDA84892A5CCDC125704B0030AE6D>

(Toegang 10 juli 2008)

Cogen Vlaanderen vzw, nd, 'Warmtekrachtkoppeling' elektronisch verkrijgbaar via

<http://www.cogenvlaanderen.be/website/cogen.nsf/webpages/4F58D687378E80A5C125727400153ED6>

(Toegang 12 mei 2008)

Departement landbouw en visserij, 2008, website:

www2.vlaanderen.be/landbouw/wieiswie/alt.html, laatst bezocht op 5 februari 2008

De Rijck, nd, 'Plastic groeit op een akker' elektronisch verkrijgbaar via

<http://test.scheikundeinbedrijf.nl/content/Modules/Modulenaam/Files/Artikel%203.2%20vwo%20Plastic%20groeit%20op%20een%20akker.pdf>

D.O. Hall and J.I. Scrase pp. 357-367, 1998: 'Will biomass be the environmentally friendly fuel of the future?'

EC ,2003, 'European Energy and transport trends to 2030', elektronisch verkrijgbaar via

http://ec.europa.eu/dgs/energy_transport/figures/trends_2030/1_pref_en.pdf

EC a, 2005, C(2005)5960: 'Steunmaatregel nr. N334/2005-België, Verlaging van het accijnstarief voor biobrandstoffen' elektronisch verkrijgbaar via

http://ec.europa.eu/community_law/state_aids/comp-2005/n334-05-nl.pdf

EC b, 2005, SEC(2005) 1573: 'Actieplan Biomassa', Brussel, België elektronisch verkrijgbaar via

http://ec.europa.eu/energy/res/biomass_action_plan/doc/2005_12_07_comm_biomass_action_plan_nl.pdf

EC a, 2006, 'Een EU-strategie voor biobrandstoffen' SEC(2006) 142' elektronisch verkrijgbaar via

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2006:0034:FIN:NL:PDF>

EC b, 2006, SEC(2006) 317: 'Groenboek, Een Europese strategie voor duurzame, concurrerende en continu geleverde energie voor Europa' elektronisch verkrijgbaar via

http://ec.europa.eu/energy/green-paper-energy/doc/2006_03_08_gp_document_nl.pdf

EC, 2008, 'Biofuels on the road', te verkrijgen via website:

http://ec.europa.eu/research/energy/nn/nn_pu/renews/003/article_2273_en.htm

laatst bezocht 21 maart 2008

EG, 1985, 'Richtlijn van de raad van 5 december 1985 betreffende de besparing van ruwe olie door het gebruik van vervangingscomponenten in benzine (85/536/EEG)'

elektronisch verkrijgbaar via [http://eur-](http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31985L0536:NL:NOT)

[lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31985L0536:NL:NOT](http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31985L0536:NL:NOT)

EG, 2001, 'Richtlijn [2001/77/EG](#) van het Europees parlement en de raad van 27 september 2001 betreffende de bevordering van elektriciteitsopwekking uit hernieuwbare energiebronnen op de interne elektriciteitsmarkt' elektronisch verkrijgbaar via [http://eur-](http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2001:283:0033:0040:NL:PDF)

[lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2001:283:0033:0040:NL:PDF](http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2001:283:0033:0040:NL:PDF)

EG a, 2003, 'Richtlijn [2003/30/EG](#) van het Europees parlement en de raad van 8 mei 2003 ter bevordering van het gebruik van biobrandstoffen of andere hernieuwbare

brandstoffen in het vervoer' elektronisch verkrijgbaar via <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2003:123:0042:0046:NL:PDF>

EG b, 2003, 'Richtlijn [2003/96/EG](#) van de raad van 27 oktober 2003 tot herstructurering van de communautaire regeling voor de belasting van energieproducten en elektriciteit' elektronisch verkrijgbaar via

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2003:283:0051:0070:NL:PDF>

Encyclo, 2008, website: <http://www.encyclo.nl/begrip/Melkzuur> laatst bezocht op 13 augustus 2008

EPA, 2008, website: <http://www.epa.gov/ttn/atw/hlthef/acrylica.html> laatst bezocht 18 augustus 2008

EU, nd, 'Communautaire Rechtsinstrumenten' elektronisch verkrijgbaar via http://europa.eu/scadplus/glossary/community_legal_instruments_nl.htm

EU, 2001, 'Vervoer: Voorstel van de Commissie om het gebruik van alternatieve brandstoffen aan te moedigen, te beginnen met biobrandstoffen' IP/01/1543, elektronisch verkrijgbaar via

<http://europa.eu/rapid/pressReleasesAction.do?reference=IP/01/1543&format=HTML&aged=1&language=NL&guiLanguage=fr>

EU, 2008, website:

<http://europa.eu/rapid/pressReleasesAction.do?reference=IP/06/1488&format=HTML&#fnB1> laatst bezocht 25 februari 2008

European Environment agency, 2007. 'Annual European Community greenhouse gas inventory 1990–2005 and inventory report 2007', elektronisch verkrijgbaar via

http://reports.eea.europa.eu/technical_report_2007_7/en/Full%20report%20Annual%20European%20Community%20greenhouse%20gas%20inventory%201990-2005%20and%20inventory%20report%202007.pdf

(toegang 5 maart 2008)

Fair-value, 2008, website: http://www.fair-value.com/waardering_main.html laatst bezocht 13 augustus 2008

Federaal planbureau, 2004. 'Vooruitzichten tot 2010 voor de uitstoot van broeikasgassen in België' elektronisch verkrijgbaar via <http://www.plan.be/admin/uploaded/200605091448103.WP0409nl.pdf> (toegang 5 februari 2008)

FOD economie a, website: http://economie.fgov.be/energy/energy_statistics/Statistics_nl_018.htm laatst bezocht 13 augustus 2008

FOD economie b website: http://economie.fgov.be/energy/energy_statistics/Statistics_nl_015.htm laatst bezocht 13 augustus 2008

FOD Economie c, nd, KMO, Middenstand en Energie. 'Het belang van een Europese kwaliteitsnorm. Website: http://mineco.fgov.be/energy/biofuels/biofuels_nl.htm Laatst bezocht 22 oktober 2007

FOD Economie d, 'Evolutie van de energiemarkt in 2005' website: http://mineco.fgov.be/energy/balance_sheets/2005/evolution_energy_market_2005_nl.pdf laatst bezocht 10 augustus 2008

FOD Economie e, 2008, website: http://mineco.fgov.be/energy/energy_prices/history/search_price_Euro_nl.asp laatst bezocht 10 augustus 2008

Fuelswitch, 2008, 'Factsheet transport' elektronisch verkrijgbaar via Website: <http://www.fuelswitch.nl/files/files/Factsheet%20Transport.pdf> (Toegang 11 augustus 2008)

Govaerts et al, 2006, 'Potentieelstudie biobrandstoffen in Vlaanderen', elektronisch verkrijgbaar via

[http://www.lne.be/themas/klimaatverandering/klimaatconferentie/vlaamseklimateconferentie/werkgroepen-1/landbouw/enquete-glastuinbouw-evaluatie-en-rapportering-voortgang-vkp-\(september-2007\)/070920%20VKC%20potentieelstudie%20biobrandstoffen%20Vlaanderen_def.pdf](http://www.lne.be/themas/klimaatverandering/klimaatconferentie/vlaamseklimateconferentie/werkgroepen-1/landbouw/enquete-glastuinbouw-evaluatie-en-rapportering-voortgang-vkp-(september-2007)/070920%20VKC%20potentieelstudie%20biobrandstoffen%20Vlaanderen_def.pdf)

Hanzehogeschool Groningen, nd. 'PPO is CO₂ neutraal', elektronisch verkrijgbaar via <http://www.hanze.nl/home/Schools/Instituut+voor+Engineering/Projecten/Duurzamere+automobiliteit/Puur+Plantaardige+Olie/Milieu/PPO+is+CO2+neutraal.htm> (toegang 5 maart 2008)

Hong Kong, 2007, 'Transformation of food wastes into green plastics', elektronisch verkrijgbaar via http://resources.edb.gov.hk/~science/hkcho/11s/hkcwcc_summary.pdf

Igoni, nd, 'Designs of anaerobic digesters for producing biogas from municipal solid-waste', Applied Energy 85 (2008) 430-438. (ISI Web of knowledge) laatst bezocht 11 mei 2008

International Energie Agency (IEA), 'IEA Commends Introduction of New Energy Efficiency Measures, but Stresses Need for More Competition in Belgium's Energy Sector' elektronisch verkrijgbaar via http://www.iea.org/Textbase/press/pressdetail.asp?PRESS_REL_ID=42 (toegang 3 augustus 2007)

Jatrophabiodiesel, 2008, website: <http://www.jatrophabiodiesel.org/bioDiesel.php> laatst bezocht 15 februari 2008

Johnson, 2007. 'The Glycerin Glut: Options for the Value-Added Conversion of Crude Glycerol Resulting from Biodiesel Production' elektronisch verkrijgbaar via <http://www3.interscience.wiley.com/bib-proxy.uhasselt.be/cgi-bin/fulltext/116325781/PDFSTART?CRETRY=1&SRETRY=0> (toegang 1 mei 2008)

KB 4 maart 2005, 'KB 4 maart 2005, betreffende de benamingen en de kenmerken van de biobrandstoffen en andere hernieuwbare brandstoffen voor motorvoertuigen en voor niet voor de weg bestemde mobiele machines', elektronisch verkrijgbaar via

http://www.juridat.be/cgi_loi/loi_a1.pl?language=nl&caller=list&cn=2005030431&la=n&romtab=wet&sql=dt='koninklijk%20besluit'&tri=dd+as+rank&rech=1&numero=1

(toegang 10 november 2007)

KULeuven, 2008, 'K.U.Leuven- project levert potentieel aan duurzame koolstofkredieten uit bosbouw', elektronisch verkrijgbaar via

http://www.biw.kuleuven.be/algemeen/archief/nieuwsbrief10-2/KlimaatparkArenberg_stelt_voor.pdf

KWS Benelux, 2008, 'Vinasse- een interessant bijproduct!', website:

http://www.kws.de/aw/KWS/netherlands/suikerbiet/Bioethanol_3522734/Artikel_Bioethanol_NL/~bxvc/Vinasse_%96_een_interessant_bijproduct!/ laatst bezocht 10 november 2007

Lenntech, 2008, website: <http://www.lenntech.com/destillatie.htm> laatst bezocht 18 augustus 21 augustus 2008

Limère, 2004, 'Financiële Analyse, een statistische analyse van de Belgische jaarrekening'

Medicinenet, 2008, website:

<http://www.medterms.com/script/main/art.asp?articlekey=23903> laatst bezocht op 12 augustus 2008

Mercken, 2004, 'De investeringsbeslissing, een beleidsgerichte analyse'

Milieucentraal, 2006, 'Biobrandstof voor vervoermiddelen', elektronisch verkrijgbaar via

<http://www.milieucentraal.nl/pagina?onderwerp=Biobrandstof%20voor%20vervoermiddelen>

Miner, 1953, 'Glycerol' p423-430

Ministère de l'écologie et du développement durable, juni 2006: 'Rapport progrès démontrables de la France, selon le Protocole de Kyoto' elektronisch verkrijgbaar via <http://unfccc.int/resource/docs/dpr/fra1.pdf>

(30 juli 2007)

Ministère de l'économie, des finances et de l'industrie, 2 januari 2007: 'Lancement de la filière superéthanol E85: l'état tient ses engagements' website : <http://www.minefi.gouv.fr/presse/communiqués/c0701022.php> laast bezocht 30 juli 2007

Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap. Biomassa. Elektronisch verkrijgbaar via http://www2.vlaanderen.be/ned/sites/economie/energiesparen/doc/brochure_biomassa.pdf (Toegang 26 september 2007)

ODE Vlaanderen, 2001, 'Biomassa', elektronisch verkrijgbaar via http://www.ode.be/images/stories/Brochures/bma_br_broch%20biomassa%202001_010426.pdf

ODE Vlaanderen, 2008, website: www.ode.be,
laatst bezocht op 14 augustus 2008

Oleoline, 2005, 'Glycerine market report' elektronisch verkrijgbaar via http://www.oleoline.com/admin/oleoftp/marketreport/samples/Q_glycerine_sample.pdf

OVAM, 2008, website: <http://www.ovam.be/jahia/Jahia/pid/1601> laatst bezocht op 13 augustus 2008

Organisatie voor duurzame energie (ODE), 2008, website: <http://www.ode.be> laatst bezocht 6 februari 2008

Organisatie voor duurzame energie(ODE), nd, 'Bio-energie: Omzetten van biomassa in hernieuwbare warmte en elektriciteit' elektronisch verkrijgbaar via http://www.ode.be/images/stories/Brochures/bim3_vaste_biomassa.pdf
(Toegang 14 december 2007.)

Platform communication on climate change (PCCC), 2005, 'De kleine vraagbaak van het Kyoto Protocol', Elektronisch verkrijgbaar via <http://www.knmi.nl/kenniscentrum/kyoto.pdf>

(toegang 2 augustus 2007)

Potentieelstudie biobrandstoffen in Vlaanderen, 2006, elektronisch verkrijgbaar via [http://www.lne.be/themas/klimaatverandering/klimaatconferentie/vlaamseklimaatconferentie/werkgroepen-1/landbouw/enquete-glastuinbouw-evaluatie-en-rapportering-voortgang-vkp-\(september-2007\)/070920%20VKC%20potentieelstudie%20biobrandstoffen%20Vlaanderen_def.pdf](http://www.lne.be/themas/klimaatverandering/klimaatconferentie/vlaamseklimaatconferentie/werkgroepen-1/landbouw/enquete-glastuinbouw-evaluatie-en-rapportering-voortgang-vkp-(september-2007)/070920%20VKC%20potentieelstudie%20biobrandstoffen%20Vlaanderen_def.pdf)

(toegang 10 juli 2007)

Press and information office of the Federal Government of Germany, 2004, 'Perspectives for Germany: Our strategy for sustainable Development' website: www.bmvbw.de laatst bezocht 30 juli 2007

Productschapakkerbouw_a, 2008, 'Gemiddelde oogst per hectare oogst 2007 versus oogst 2008' Elektronisch verkrijgbaar via www.productschapakkerbouw.nl/files/OLIE_gem_opbrengst_2008.pdf

Productschapakkerbouw_b, 2008, website: www.productschapakkerbouw.nl/handel/oogstprognose laatst bezocht 12 augustus 2008

Programmawet, 27 december 2004.

Raad van Europa, 20 september 2005, 'Steun voor plattelandsontwikkeling uit het Europees landbouwfonds voor plattelandsontwikkeling (ELFPO)' elektronisch verkrijgbaar via <http://europa.eu/scadplus/leg/nl/lvb/l60032.htm>

(Toegang 22 april 2008)

Reith et al, juli 2002: 'Co-production of bio-ethanol, Electricity and heat from biomass residues', elektronisch verkrijgbaar via <http://www.ecn.nl/docs/library/report/2002/rx02030.pdf>

(Toegang 15 juli 2008)

Rupilius, 2007, 'Palm oil and palm kernel oil as raw materials for basic oleochemicals and biodiesel', elektronisch verkrijgbaar via <http://www3.interscience.wiley.com.bib-proxy.uhasselt.be/cgi-bin/fulltext/114190047/PDFSTART>

Sean Sinico, DW-World, 2 augustus 2006: 'Germany phasing out price protection for biodiesel' elektronisch verkrijgbaar via <http://www.dw-world.de/dw/article/0,2144,2116260,00.html>
(Toegang 20 juli 2007)

Shellchemicals, 2008, website:

http://www.shellchemicals.com/propylene_oxide/1,1098,352,00.html laatst bezocht 18 augustus 2008

Science daily, 9 oktober 2007: 'Fortifying feed with biodiesel co-products' elektronisch verkrijgbaar via <http://www.sciencedaily.com/releases/2007/10/071006085450.htm>
(Toegang 15 april 2008)

Science daily, 17 juni 2007: 'Engineers find way to make ethanol, valuable chemicals from waste glycerin' elektronisch verkrijgbaar via <http://www.sciencedaily.com/releases/2007/06/070626115246.htm>
(Toegang 15 april 2008)

Science daily, 25 mei 2007: 'Could glycerine, a biodiesel byproduct, be used as cattle feed?', elektronisch verkrijgbaar via <http://www.sciencedaily.com/releases/2007/05/070525090245.htm>
(Toegang 15 april 2008)

Sipef, 2004, 'Palmolie' elektronisch verkrijgbaar via <http://www.sipef.be/pdf/sipef15042004presentationNL.pdf>

Tempeh, 2008, website: <http://www.tempeh.info/nl/alcoholische-gisting.php> laatst bezocht 18 augustus 2008

UNFCCC a, nd. Kyoto Protocol, negotiating the Protocol, elektronisch verkrijgbaar via http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php

(toegang 2 augustus 2007)

UNFCCC b. Countries included in annex B to the Kyoto Protocol and their emissions targets elektronisch verkrijgbaar via

http://unfccc.int/kyoto_protocol/background/items/3145.php

(Toegang 17 februari 2008)

United Nations, 1998, 'kyoto protocol to the united nations framework convention on climate change', elektronisch verkrijgbaar via

<http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf>

US department of energy, 2006, 'Biodiesel handling and use guidelines', elektronisch verkrijgbaar via <http://www.nrel.gov/vehiclesandfuels/npbf/pdfs/40555.pdf>

Vhlde, 2008, website: <http://www.vhlde.nl/content/category/7/26/202/> laatst bezocht 19 augustus 2008

Vilt, 2008, website: <http://www.vilt.be/nieuwsarchief/detail.phtml?id=17151> laatst bezocht 18 augustus 2008

VITO, 2008, Website: www.vito.be laatst bezocht op 6 februari 2008

Vlaams energieagentschap a, 'Bio-energie uit biomassa',
website: http://www.energiesparen.be/duurzame_energie/biomassa/bioenergie.php.
laatst bezocht 13 augustus 2008

Vlaams energieagentschap b, 2008 'Het Bio-energieplatform',
website: http://www.energiesparen.be/duurzame_energie/biomassa/bioenergieplatform.php.
laatst bezocht 5 februari 2008

Vlaamse Milieu Maatschappij (VMM) 2007, 'Belgium's greenhouse gas inventory 1990-2005' p.88, elektronisch verkrijgbaar via
http://www.climatechange.be/pdfs/NIR_BELG%202007_070419.pdf

Vlaamse Regering, 2004, 'Besluit van de Vlaamse Regering inzake de bevordering van elektriciteitsopwekking uit hernieuwbare energiebronnen', elektronisch verkrijgbaar via <http://www.biogas-e.be/Pdf/Besluit%20groene%20stroom%205%20maart%202004.pdf>

Vlarem, 2004, 'Vlarem 1 & 2', elektronisch verkrijgbaar via http://books.google.be/books?id=dwXBcVQ6IOsC&pg=PA414&lpg=PA414&dq=VLAREM+biomassa&source=web&ots=7p0-qWI9xa&sig=RM51yA-w_gbsb1SN7RTRZQZmJgE&hl=nl&sa=X&oi=book_result&resnum=4&ct=result#PPA47,M1

VREG, nd, 'Energiemarkt, wie doet wat? Het systeem van groenestroomcertificaten.' Website:http://www.vreg.be/nl/03_algemeen/02_energiemarkt/02_wiedoetwat/07_groenestroom.asp laatst bezocht 10 juli 2008

VREG, 2006, 'Persmededeling van de VREG van 18 mei 2006' elektronisch verkrijgbaar via <http://www.vreg.be/VREG/documenten/persmededelingen/PERS-2006-5.pdf> (Toegang 10 juli 2008)

VREG, 2008, 'Energiemarkt vrijmaking' elektronisch verkrijgbaar via http://www.vreg.be/nl/03_algemeen/02_energiemarkt/01_vrijmaking.asp (Toegang 11 augustus 2008)

Wiese, nd, 'Procesbewaking van vergisters in biogasinstallaties' elektronisch verkrijgbaar via http://www.hach-lange.nl/shop/action_g/download%3Bdocument/DOK_ID/14782556/type/pdf/lkz/NL/spkz/nl/TOKEN/6ya5g1INwRHDUu6KbJBMo6moOv0/M/oyi0qQ (toegang 11 mei 2008)

Wired, 2008, website: <http://www.wired.com/science/planetearth/news/2007/11/glycerin> laatst bezocht 19 augustus 2008

Worldwatch, 2007, 'Biofuels for transport: Global potential and implications for sustainable energy and agriculture' 452p.

Yazdani, Gonzalez, 2007, 'Anaerobic fermentation of glycerol: a path to economic viability for the biofuels industry' elektronisch verkrijgbaar via

<http://apps.isiknowledge.com.bib->

proxy.uhasselt.be/full_record.do?product=UA&search_mode=GeneralSearch&qid=2&SID=U2nd56@Fef6n113OIfI&page=1&doc=2&colname=WOS

(toegang 20 juli 2008)