



Biobrandstoffen benchmarken

Notitie
Delft, maart 2012

Opgesteld door:
CE Delft



Colofon

Bibliotheekgegevens notitie:

CE Delft

Biobrandstoffen benchmarken

Delft, CE Delft, maart 2012

Brandstoffen / Plantaardig / Toetsing / Duurzaamheid / Meetmethoden / Milieudruk
VT : Biobrandstoffen

Publicatienummer: 12.34323.34

Oprachtgever: Greenpeace Nederland.

Alle openbare CE-publicaties zijn verkrijgbaar via www.ce.nl

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider, Harry Croezen.

© copyright, CE Delft, Delft

CE Delft
Committed to the Environment

CE Delft is een onafhankelijk onderzoeks- en adviesbureau, gespecialiseerd in het ontwikkelen van structurele en innovatieve oplossingen van milieuvraagstukken. Kenmerken van CE-oplossingen zijn: beleidsmatig haalbaar, technisch onderbouwd, economisch verstandig maar ook maatschappelijk rechtvaardig.



1 Inleiding

Doel en aanleiding

Biobrandstoffen is een lastig en taai onderwerp van discussie. Er gaan veel verhalen rond over de duurzaamheid van de verschillende brandstoffen, terwijl objectieve duidelijkheid over de mate van milieubelasting per biobrandstof ontbreekt. Ook is er geen objectieve maatstaf om de duurzaamheid van biobrandstoffen onderling en met andere (hernieuwbare) voertuigbrandstoffen als elektriciteit, aardgas of waterstof te kunnen vergelijken. Het is daarom hoog tijd dat er een helder en communiceerbaar instrument komt, waarop de verschillende biobrandstoffen worden gescoord en waarmee de markt, consumenten en overheden een duidelijke spiegel wordt voorgehouden. Het is belangrijk om zowel bij overheden, bedrijven als consumenten heel helder deze verschillen in duurzaamheid aan te geven.

Greenpeace Nederland heeft CE Delft daarom gevraagd een duurzaamheidsmeetlat voor biobrandstoffen voor transport te ontwerpen en hierop de verschillende biobrandstoffen te scoren. Voor een vergelijk zullen ook elektrisch rijden, rijden op waterstof en rijden op benzine of diesel worden opgenomen.

Beschouwde aspecten en aanpak

In eerdere projecten is gebleken dat er behoorlijk verschillend gedacht kan worden over de criteria waaraan biobrandstoffen getoetst moeten worden qua duurzaamheid. Het gaat dan om criteria als:

- broeikasgasemissies;
- energievoorzieningszekerheid;
- landgebruik per eenheid biobrandstof;
- geen concurrentie met voedsel;
- behoud van nutriënten;
- watergebruik per eenheid biobrandstof;
- effect op biodiversiteit;
- toepassing van genetisch gemodificeerde gewassen.

Uit deze lijst is een beperkte set geselecteerd van zo min mogelijk overlappende criteria. De beschouwde criteria zijn ook geselecteerd op basis van de mate waarin ze objectief kwantificeerbaar zijn.

Voor deze brandstoffen is vastgesteld hoe ze scoren op de geselecteerde criteria.

Tegelijkertijd zijn aan de geselecteerde criteria punten toegekend in overeenstemming met het onderlinge belang van de criteria: broeikasgasemissies bijvoorbeeld wordt meestal belangrijker gevonden dan watergebruik en krijgt daardoor meer punten - een grotere weegfactor.

Door scores op de verschillende criteria en het relatieve gewicht c.q. belang van de verschillende criteria te combineren is een meetlat ontwikkeld waarmee de mate van duurzaamheid in één 'totaalscore' per transportbrandstof kan worden uitgedrukt.

De scores van de verschillende brandstoffen zijn op een rijtje gezet, waardoor de verschillende transportbrandstoffen in een duurzaamheid rangschikking zijn geplaatst.



De uitwerking van de methodologische aspecten wordt beschreven in Paragraaf 2. De toepassing van de methodiek en het scoren van de verschillende transportbrandstoffen wordt beschreven in Paragraaf 3.

Beschouwde biobrandstoffen

Qua geselecteerde biobrandstoffen en alternatieve duurzame transportbrandstoffen is aangesloten bij de door EU-lidstaten ingediende NREAP's¹:

- ethanol op basis van suikerbiet, tarwe, maïs, suikerriet;
- biodiesel en HVO² op basis van koolzaad, sojaolie (alleen biodiesel), palmolie, zonnebloemolie;
- biodiesel en HVO op basis van afvalvetten (vergeleken met verbranding in AVI);
- biodiesel en HVO op basis van afvalvetten die al een hoogwaardige toepassing kenden – bijvoorbeeld dierlijke vetten voor toepassing in cosmetica;
- elektrisch rijden op basis van fossiele elektriciteit;
- elektrisch rijden op basis van duurzame elektriciteit;
- rijden op waterstof;
- rijden op aardgas;
- rijden op biogas uit organisch restmateriaal (GFT);
- rijden op biogas uit geteelde biomassa (maïs);
- methanol uit glycerine;
- bio-DME geproduceerd uit black liquor van een pulpfabriek;
- als referentie: rijden op benzine/diesel.

Methanol uit glycerine en DME uit black liquor worden wel 2^e generatie biobrandstoffen genoemd. Ethanol uit voedselgewassen, biogas en biodiesel en HVO op basis van plantaardige olie worden wel 1^e generatie biobrandstoffen genoemd.

2^e generatie biobrandstoffen en biobrandstoffen geproduceerd op basis van reststromen mogen volgens de Renewable Energy Directive definitie, artikel 21, lid 2 dubbel meetellen onder de doelstelling voor biobrandstoffen in 2020. Voorbeelden van biobrandstoffen geproduceerd uit reststromen zijn HVO en biodiesel geproduceerd uit afvalvetten of biogas geproduceerd uit GFT of mest.

Voor voertuigbrandstoffen op basis van palmolie is aangenomen dat de oliepalmen zijn geteeld op minerale bodems (en niet op veen) en dat methaan-emissies bij palmolieraffinage worden afgevangen. Wanneer dit niet het geval is, kan ook niet worden voldaan aan de duurzaamheids-eisen uit de RED.

Glycerine komt onder andere vrij als een bijproduct van biodieselproductie. Het is conform de RED beschouwd als een reststof. Dat betekent dat milieubelasting gerelateerd aan de eventuele – want dit is niet relevant bij afvalvetten – teelt van biomassa en bij de productie van biodiesel niet worden toegerekend aan glycerine.

¹ NREAP = national renewable energy action plan.

² HVO = hydrogenated vegetable oil, zie de fabriek van Neste op de Maasvlakte in Rotterdam.



2 Methodologische aspecten

Beschouwde categorieën van duurzaamheidsaspecten

In deze studie zijn als criteria de druk op een aantal milieuthema's gehanteerd. In overleg met Greenpeace Nederland is de druk van de verschillende transport brandstoffen op de volgende onderwerpen geschat en gewogen:

- directe en indirecte broeikasgasemissies over de keten;
- uitputting van eindige voorraden van nutriënten (P en K);
- landgebruik.

Biobrandstoffen zijn geïntroduceerd mede omdat ze broeikasgasemissies door wegverkeer zouden helpen reduceren. Teelt van de benodigde biomassa vraagt kunstmest en land - twee 'voorraden' die eindig zijn.

Een aantal andere aspecten zijn tussentijds afgefallen:

- concurrentie met voedsel;
- watergebruik;
- biodiversiteit.

Biodiversiteit is sterk plaatsgebonden, afhankelijk van de biodiversiteitswaarde van specifieke gebieden.

Concurrentie met voedsel is sterk gerelateerd met concurrentie om land en daarmee gerelateerd aan landgebruik. Maar concurrentie met voedsel is sterk plaatsgebonden, lokale effecten kunnen sterk verschillen per lokatie.

Een complicerende factor is dat concurrentie met voedsel verloopt via een aantal ingewikkelde economische mechanismen op mondiaal niveau, inclusief terugkoppelingseffecten die het beslag op land voor biobrandstoffenproductie kunnen compenseren of juist verergeren. Een wat uitgebreidere beschouwing hierover is opgenomen in Bijlage A.

Voor watergebruik blijkt nog geen methodiek te bestaan die echte milieubelasting door teelt van gewassen op een wetenschappelijk verantwoorde manier in kaart brengt.

Zoals in NTA 8080 en andere certificeringssystemen voor biomassa aangegeven is teelt van biomassa als grondstof voor bijvoorbeeld biobrandstoffen duurzaam zolang er geen sprake is van een negatieve beïnvloeding van waterbeschikbaarheid (en waterkwaliteit). Anders gezegd, teelt mag niet leiden tot verdroging in vergelijking met de oorspronkelijke situatie, bijvoorbeeld aanwezigheid van natuurlijke vegetatie zoals een bos. Ook natuurlijke vegetatie gebruikt water om zichzelf in stand te kunnen houden. Er is een 'water footprint methodiek', maar deze methodiek beschouwt natuurlijke regenval ook als een vorm van milieubelasting en zou dus ook een milieubelasting toerekenen aan natuurlijke vegetatie.

Energievoorzieningszekerheid is buiten beschouwing gelaten omdat:

- dit niet echt een milieucriterium is;
- transportbrandstoffen maar een beperkt deel van het totale energiegebruik in onze economie betreffen;
- er ook hele andere manieren zijn om gebruik van transportbrandstoffen te beperken, bijvoorbeeld reizen met openbaar vervoer.



Een weegfactor binnen een criterium

De verzameling beschouwde transportbrandstoffen bevat zeer uiteenlopende typen brandstoffen die ook zeer verschillend bijdragen aan de gehanteerde criteria. Conventionele brandstoffen als diesel en benzine dragen vanwege hun verschillende oorsprong niet of nauwelijks bij aan landgebruik en gebruik van nutriënten.

Om de verschillende typen transportbrandstoffen voor deze twee criteria toch onder één noemer te kunnen brengen is er voor gekozen om steeds een relatieve schaal van 100-0% te hanteren. Hierbij is de 'waardering' overeenkomstig met de hoogte van het percentage:

- ontbreken van milieubelasting wordt gewaardeerd met een maximaal percentage 100%;
 - maximale milieudruk - binnen de verzameling beschouwde transportbrandstoffen - wordt gewaardeerd met een waardefactor 0%;
 - voor tussenliggende niveaus is de relatieve hoogte van de milieudruk gewaardeerd als:
- $$\text{weegfactor} = 100\% - \frac{\text{bijdrage}_{\text{brandstof } i}}{\text{maximale bijdrage}}$$

Alle bijdragen zijn bepaald per eenheid ($\text{GJ}_{\text{brandstof}} \div \eta_{\text{motor}}^3$), zodat ook rekening wordt gehouden met de efficiëntie waarmee de brandstof wordt gebruikt door het voertuig.

Deze relatieve schaal is ook nodig om de score op de verschillende criteria tot één getal te kunnen omrekenen. Immers, om één score te kunnen berekenen moeten de scores op de verschillende criteria dezelfde eenheid hebben. Er is helaas geen andere manier om dit te doen dan door middel van een relatieve bijdrage.

Aggregatie van bijdragen aan beschouwde categorieën van duurzaamheidsaspecten

Voor het bepalen van het relatieve belang van de verschillende criteria is uitgegaan van de uitkomsten van een aantal enquêtes en expert panels.

In het rapport 'Brede inzet van biomassa' van Ecofys uit 2009 is op basis van een stemming tijdens een workshop met betrokkenen de volgende rangorde:

1. Maximale CO₂-emissiereductie per Euro meerkosten.
2. Minimaal vruchtbaar landgebruik (vaak uitgedrukt in CO₂ red/ha/jr.).
3. Macro-economische waarde.
4. Energievoorzieningszekerheid (soms als vooral olie vervangen).
5. Minimaal nutriëntengebruik.
6. Vooral in sectoren met weinig alternatieve klimaatopties.
7. Geen ongewenste concurrentie met voedsel.
8. Minimaal watergebruik.
9. Minimale overige emissies.
10. Minimale negatieve impact op biodiversiteit.
11. Vooral EU-grondstoffen.
12. Geen onnodig biomassatransport.
13. Level playing field.

In het rapport 'Goed gebruik biomassa' van CE Delft dat een vervolg was op project van Ecofys, is deze lijst nog eens tegen het licht gehouden en is

³ η_{motor} = motorrendement.



uiteindelijk gekozen met het platform Groene Grondstoffen waarin een brede groep van stakeholders aanwezig was te toetsen op de volgende criteria.

1. Een hoge CO₂-reductie per Euro meerkosten.
2. Een hoge CO₂-reductie per ha landgebruik (incl. water en nutriënten).
3. Zo groot mogelijke bijdrage aan de economie.
4. Bijdrage aan de energievoorzieningszekerheid.
5. Minimaal verlies van nutriënten.

Op basis van deze aangegeven prioritering heeft CE Delft de volgende waardering aangehouden:

- directe en indirecte broeikasgasemissies over de keten; (100 met minimum van 20% reductie CO₂ t.o.v. conventionele transportbrandstoffen op basis van aardolie, anders wordt de alternatieve brandstof niet meegenomen);
- landgebruik; (80).
- uitputting van eindige voorraden van nutriënten (P en K); (60).





3 Toelichting bij de relatieve score per criterium

Broeikasgasbalans

Voor de broeikasgasbalans worden de totale directe en indirecte broeikasgasemissies uitgedrukt ten opzichte van de broeikasgasemissies voor conventionele diesel en benzine.

Een netto effect groter dan 100% geeft aan dat de emissies van broeikasgassen over de keten van de betreffende alternatieve transportbrandstof hoger is als die voor diesel en benzine.

In de hoogte van de percentages is rekening gehouden met de efficiency van de motor - brandstofcombinatie (uit JRC, 2007 en CE, 2010b).

De cijfers voor de directe ketenemissies zijn overgenomen uit de Biograce spreadsheet⁴ en de studies van het JEC-consortium. De cijfers hebben betrekking op de gemiddelde Europese situatie.

Voor de ketenemissies gerelateerd aan biogas uit specifiek voor dit doel geteelde snijmais is een eigen schatting gehanteerd (uit CE, 2010a). De cijfers hebben betrekking op teelt van snijmais in Nederland.

De ILUC gerelateerde emissiecijfers zijn overgenomen uit de voor de EU opgestelde studie van IFPRI uit 2011⁵. Deze cijfers hebben betrekking op het gebruik van 27,2 Mtoe⁶ aan biobrandstoffen, waarvan 19,7 Mtoe biodiesel. De aangehouden hoeveelheden biodiesel en bio-ethanol komen goed overeen met de NREAP's van de EU-lidstaten.

De ILUC-emissiecijfers van (IFPRI, 2011) zijn niet de enige recente schattingen voor ILUC gerelateerde broeikasgasemissies. Zo zijn recentelijk andere emissiecijfers gelect⁷. Deze cijfers - op de website wordt de som van directe emissies en ILUC gerelateerde emissies gegeven - liggen echter dusdanig in de buurt van de IFPRI-cijfers dat het geen toegevoegde waarde geeft met deze cijfers een aparte analyse te doen.

Voor elektriciteit 'op basis van fossiele energie' is uitgegaan van de 'grijze mix' aan elektriciteit zoals momenteel in de EU geproduceerd. Hierin is een aanzienlijk aandeel kernvermogen opgenomen.

De toename van het aandeel duurzaam vermogen dat in de periode tot 2020 zal plaatsvinden als uitvloeisel van de RED-verplichting is in de cijfers niet verdisconteerd.

⁴ Zie: <http://www.biograce.net/content/ghgcalculationtools/excelghgcalculations>.

⁵ Zie: http://trade.ec.europa.eu/doclib/docs/2011/october/tradoc_148289.pdf.

⁶ Mtoe = megaton olie equivalent, een energiemaat gelijk aan 41,85 PJ.

⁷ Zie <http://www.euractiv.com/climate-environment/biodiesels-pollute-crude-oil-leaked-data-show-news-510437>.



Figuur 1 Weging van biobrandstoffen binnen thema klimaatverandering

| | Klimaatemissiereductie | | | | | Resulterende bijdrage aan criterium |
|--|-----------------------------|--------------------|---------------------|---------------------|-------------------------------|-------------------------------------|
| | Directe GHG-emissie (kg/GJ) | ILUC IFPRI (kg/GJ) | a) Som GHG emissies | b) Efficiency motor | Relatieve weegfactor a + b | |
| Ethanol op basis van suikerbieten, tarwe, maïs, suikerriet | | | | | | |
| - suikerbiet | 40 | 7 | 47 | 100% | 47,3 | 58% |
| - tarwe | 44 | 14 | 58 | 100% | 58,3 | 48% |
| - maïs | 44 | 10 | 54 | 100% | 53,6 | 53% |
| - suikerriet | 24 | 13 | 37 | 100% | 37,3 | 67% |
| Biodiesel op basis van koolzaad, sojaolie, palmolie, zonnebloemolie | | | | | | |
| - koolzaad | 52 | 54 | 106 | 100% | 106,0 | 6% |
| - soja | 57 | 56 | 113 | 100% | 113,2 | 0% |
| - palmolie | 37 | 54 | 91 | 100% | 91,1 | 19% |
| - zonnebloem | 41 | 52 | 93 | 100% | 92,8 | 18% |
| HVO op basis van koolzaad, sojaolie, palmolie, zonnebloemolie | | | | | | |
| - koolzaad | 44 | 54 | 98 | 100% | 98,5 | 13% |
| - palmolie | 29 | 54 | 83 | 100% | 83,1 | 27% |
| - zonnebloem | 33 | 52 | 85 | 100% | 84,9 | 25% |
| Biodiesel en HVO op basis van afvalvetten (vergeleken met verbranding in AVI) | 55 | | 55 | 100% | 54,6 | 52% |
| Biodiesel en HVO op basis van afvalvetten die al een hoogwaardige toepassing kenden | 73 | | 73 | 100% | 73,4 | 35% |
| Rijden op biogas uit restmateriaal, voordien gecomposteerd | 23 | | 23 | 75% | 30,2 | 73% |
| Rijden op biogas uit geteelde biomassa (snijmaïs) | 38 | 2 | 40 | 75% | 53,5 | 53% |
| Methanol uit glycerine | | | | | | 100% |
| Bio DME geproduceerd uit resthout | 5 | | 5 | 100% | 4,6 | 96% |
| Rijden op aardgas | 64 | | 64 | 75% | 84,9 | 25% |
| Elektrisch rijden op basis van fossiele elektriciteit | 130 | | 130 | 414% | 31,3 | 72% |
| Rijden op waterstof | 105 | | 105 | 249% | 42,3 | 63% |
| Elektrisch rijden op basis van duurzame elektriciteit | 0 | | 0 | 414% | 0,0 | 100% |
| Als referentie: rijden op benzine/diesel | 84 | | 84 | 100% | 83,8 | 26% |

Toelichting bij kolommen

- De eerste kolom van links geeft de directe emissies van broeikasgassen (GreenHouseGases) per GJ brandstof. De emissies zijn voor biobrandstoffen gerelateerd aan het gebruik van diesel voor landbewerking en gebruik van kunstmest. Ook methaanemissies worden - waar relevant (zie opmerking op pagina 4 over palmolie) - meegenomen.
- De tweede kolom geeft de emissies van broeikasgassen door indirecte ontbossing (Indirect LandUse Change). De term IFPRI verwijst naar het instituut die deze waarden heeft bepaald.
- In de derde kolom zijn directe en indirecte emissies opgeteld.
- De motorefficiency betreft het rendement waarmee de motor en de aandrijving van de auto de energie van de brandstof omzetten in bewegingsenergie. De efficiency is uitgedrukt t.o.v. het rendement bij gebruik van benzine en diesel.
- Door de totale broeikasgasemissies te delen door het relatieve motorrendement is de uiteindelijke emissie per eenheid geleverd motorvermogen bepaald.
- In de meest rechter kolom is de relatieve emissie per eenheid geleverd motorvermogen gegeven.

Ruimtebeslag

Ruimtebeslag is alleen bepaald voor biobrandstoffen en andere hernieuwbare energie. Voor andere hernieuwbare energie is uitgegaan van windenergie, de hernieuwbare energiebron met het grootste potentieel in de EU.

Bij aardgas, uit aardgas geproduceerde waterstof en bij andere fossiele energiedragers zal ook sprake zijn van ruimtebeslag. Maar wanneer de fossiele energiedragers vanuit ondergrondse voorraden worden gewonnen via gasput of schachtbouw, is het overeenkomstige landgebruik in de regel minimaal. Ook landgebruik voor energiecentrales en chemische fabrieken zijn in de regel minimaal afgezet tegen het landgebruik voor geteelde biomassa en windvermogen.

Ruimtebeslag voor biomassa is afgeleid uit de opbrengsten per hectare zoals aangehouden in de Biograce V4 spreadsheet en de achterliggende publicaties van het JEC-consortium. Aanvullend hierop is voor snijmais de gemiddelde Nederlandse opbrengst per hectare gehanteerd.

Voor ruimtegebruik door windvermogen is uitgegaan van een 3 MW_e windturbine met een rotordiameter van 100 meter⁸. Er is verder uitgegaan van de vuistregel dat de gemiddelde onderlinge afstand tussen twee windmolens 5-7 maal de rotordiameter moet bedragen.

Figuur 2 Weging van biobrandstoffen binnen thema landgebruik

| | Ruimtebeslag | | | | | Resulterende bijdrage aan criterium |
|--|------------------|-----------------------------|----------------------------------|---------------------|---------------------------|-------------------------------------|
| | Opbrengst per ha | Allocatie aan bio-brandstof | a) Gealloceerd landgebruik ha/TJ | b) Efficiency motor | Relatieve weefactor a = b | |
| | GJ/ha | | | | | |
| Ethanol op basis van suikerbiet, tarwe, mais, suikerriet | | | | | | |
| - suikerbiet | 107 | 55% | 5,1 | 100% | 5,1 | 79% |
| - tarwe | 41 | 55% | 24,3 | 100% | 24,3 | 0% |
| - mais | 31 | 50% | 15,9 | 100% | 15,9 | 35% |
| - suikerriet | 134 | 100% | 7,5 | 100% | 7,5 | 69% |
| Biodiesel op basis van koolzaad, sojaolie, palmolie, zonnebloemolie | | | | | | |
| - koolzaad | 43 | 60% | 13,9 | 100% | 13,9 | 43% |
| - soja | 19 | 35% | 18,8 | 100% | 18,8 | 23% |
| - palmolie | 157 | 91% | 5,8 | 100% | 5,8 | 76% |
| - zonnebloem | 37 | 65% | 17,5 | 100% | 17,5 | 28% |
| HVO op basis van koolzaad, sojaolie, palmolie, zonnebloemolie | | | | | | |
| - koolzaad | 43 | 60% | 13,9 | 100% | 13,9 | 43% |
| - palmolie | 157 | 91% | 5,8 | 100% | 5,8 | 76% |
| - zonnebloem | 37 | 65% | 17,5 | 100% | 17,5 | 28% |
| Biodiesel en HVO op basis van afvalvetten (vergeleken met verbranding in AVI) | | | 0,0 | 100% | 0,0 | 100% |
| Biodiesel en HVO op basis van afvalvetten die al een hoogwaardige toepassing kenden | 43 | 60% | 13,9 | 100% | 13,9 | 43% |
| Rijden op biogas uit restmateriaal, voordien gecomposteerd | | | 0,0 | 75% | 0,0 | 100% |
| Rijden op biogas uit geteelde biomassa (snijmais) | 140 | 100% | 7,1 | 75% | 9,5 | 71% |
| Methanol uit glycerine | | | 0,0 | | | 100% |
| Bio DME geproduceerd uit resthout | | | 0,0 | 100% | 0,0 | 100% |
| Rijden op aardgas | | | 0,0 | 75% | 0,0 | 100% |
| Elektrisch rijden op basis van fossiele elektriciteit | | | 0,0 | 414% | 0,0 | 100% |
| Rijden op waterstof | | | 0,0 | 249% | 0,0 | 100% |
| Elektrisch rijden op basis van duurzame elektriciteit | 670 | 100% | 1,5 | 414% | 0,4 | 94% |
| Als referentie: rijden op benzine/diesel | | | 0,0 | 100% | 0,0 | 100% |

Toelichting bij kolommen

- De eerste kolom van links geeft de opbrengst aan brandstof per hectare aan.
- Bij veel gewassen wordt echter naast biobrandstof nog een ander nuttig te gebruiken product geproduceerd, bijvoorbeeld een eiwitrijk schroot dat als diervoeder kan worden gebruikt. Daarom mag het landgebruik volgens de LCA-theorie niet uitsluitend worden toegerekend aan de biobrandstof. Het opgegeven percentage geeft aan wat welk deel van het landgebruik uiteindelijk aan de biobrandstoffen wordt toegerekend, de rest is voor conto van de bijproducten. De allocatiewaarden zijn overgenomen uit de Biograce-spreadsheet.
- In de derde kolom is het gealloceerde landgebruik per GJ weergegeven. Voor suikerbiet bijvoorbeeld bepaald als: $((55\% \times 1.000) \div 107) = 5,1$ ha/TJ.
- De motorefficiency betreft het rendement waarmee de motor en de aandrijving van de auto de energie van de brandstof omzetten in bewegingsenergie. De efficiency is uitgedrukt t.o.v. het rendement bij gebruik van benzine en diesel. De hoogste bijdrage is voor tarwe: 24,3 ha/TJ.
- De bijdrage aan het criterium volgt uit de invulling in de formule:

$$\text{weefactor} = 100\% - \frac{\text{bijdrage}_{\text{brandstof } i}}{\text{maximale bijdrage}}$$

waarin de maximale bijdrage dus 24,3 betreft.

⁸ Zie: <http://www.enercon.de/en-en/65.htm>.



Consumptie van nutriënten met een eindige voorraad

Behoud van nutriënten speelt alleen een rol bij voor biobrandstoffen productie geteelde gewassen. Bij productie en gebruik van diesel en benzine en andere alternatieve transportbrandstoffen worden geen nutriënten gebruikt.

Behoud van nutriënten is alleen van belang voor fosfor (P) en kalium (K) omdat de voorraad van deze stoffen eindig is. Stikstof kan deels door planten zelf worden vastgelegd - al dan niet via binding door groenbemesters als klaver - of wordt bij kunstmestproductie geproduceerd uit lucht. De jaarlijkse consumptie en de economisch winbare voorraad van beide stoffen is gegeven in⁹ Tabel 1.

Tabel 1 Consumptie en voorraden van niet hernieuwbare nutriënten(Mton/jaar)

| | Gebruik | Voorraad |
|---|---------|----------|
| P | 23 | 8.515 |
| K | 33 | 9.500 |

Fosfor en kalium worden als kunstmest gebruikt in de teelt van gewassen voor biobrandstoffen. Een deel blijft achter op de akker in bodem of niet geoogste gewasresten als wortels of stengels. Dit materiaal spoelt deels uit naar grondwater of oppervlaktewater.

Met de oogst afgevoerde fosfor en kalium, komt bij de productie van de biobrandstoffen in het residu (bijvoorbeeld digestaat) of in het bijproduct (bijvoorbeeld eiwitrijke perskoek) terecht. Residu als digestaat wordt in de regel weer direct toegepast als meststof. Bijproducten worden als voeder aan vee gegeven, maar komen uiteindelijk via mest of menselijke ontlasting weer vrij en worden vervolgens eveneens als meststof gebruikt. In beide gevallen zal de fosfor of kalium uiteindelijk ook worden uitgespoeld naar oppervlaktewater of grondwater.

De mate waarin nutriënten worden gerecicleerd of verloren gaan is voor fosfor enigszins bekend: gemiddeld gaat 90% van de toegepaste fosfor verloren door:

- afspoeling en uitspoeling bij teelt of;
- door verliezen bij afvalverwerking.

Voor kali is het percentage dat verloren gaat niet bekend of geschat. Als eerste orde benadering is aangenomen dat ook bij toepassing van kali circa 90% van de toegepaste kali verloren gaat.

De bij teelt van gewassen voor biobrandstoffen productie toegepaste hoeveelheden kali en fosfor zijn overgenomen uit de Biograce V4 rekentool en de achterliggende JEC-publicaties.

De relatieve bijdrage aan het criterium 'Consumptie van nutriënten met een eindige voorraad' is bepaald door de aan de biobrandstoffen gealloceerde consumptie van fosfor en kalium per GJ biobrandstof te delen door de economisch winbare voorraden van beide stoffen, zoals genoemd in Figuur 3.

⁹ Zie <http://minerals.usgs.gov/minerals/> en <http://www.fertilizer.org/ifa/HomePage/STATISTICS>.



Figuur 3 Weging van biobrandstoffen binnen thema nutriëntengebruik

| | Behoud van nutriënten | | | | | | | | Weeg factor? |
|---|--|-----|---|---------------------------|-----------------------------------|------|--------------------------------------|--|--------------|
| | a) Nutriënten gift kg/GJ biobrandstof | | b) Aangehouden verliesfactor over keten voor P en K | c) Allocatie factor | Nutriënten verlies (a x b c) | | Relatieve uitputting voorraden | | |
| | P | K | | | kg/GJ biobrandstof P | K | | | |
| Ethanol op basis van suikerbieten, tarwe, mais, suikerriet | | | | | | | | | |
| - suikerbieten | 0,2 | 0,8 | 88% | 55% | 0,09 | 0,38 | 4,979E-14 | | 70% |
| - tarwe | 0,2 | 0,3 | 88% | 55% | 0,11 | 0,16 | 3,049E-14 | | 81% |
| - mais | 0,5 | 0,7 | 88% | 50% | 0,21 | 0,30 | 5,696E-14 | | 65% |
| - suikerriet | 0,1 | 0,5 | 100% | 100% | 0,09 | 0,47 | 5,992E-14 | | 63% |
| Biodiesel op basis van koolzaad, sojaolie, palmolie, zonnebloemolie | | | | | | | | | |
| - koolzaad | 0,3 | 1,0 | 88% | 60% | 0,18 | 0,52 | 7,59E-14 | | 54% |
| - soja | 1,7 | 3,1 | 88% | 35% | 0,54 | 0,96 | 1,635E-13 | | 0% |
| - palmolie | 0,4 | 1,1 | 100% | 91% | 0,36 | 0,96 | 1,44E-13 | | 12% |
| - zonnebloem | 0,4 | 0,5 | 88% | 65% | 0,21 | 0,29 | 5,589E-14 | | 66% |
| HVO op basis van koolzaad, sojaolie, palmolie, zonnebloemolie | | | | | | | | | |
| - koolzaad | 0,3 | 1,0 | 88% | 60% | 0,18 | 0,52 | 7,59E-14 | | 54% |
| - palmolie | 0,4 | 1,1 | 100% | 91% | 0,36 | 0,96 | 1,44E-13 | | 12% |
| - zonnebloem | 0,4 | 0,5 | 88% | 65% | 0,21 | 0,29 | 5,589E-14 | | 66% |
| Biodiesel en HVO op basis van afvalvetten (vergeleken met verbranding in AVI) | | | | | | | | | 100% |
| Biodiesel en HVO op basis van afvalvetten die al een hoogwaardige toepassing kenden | | | | | | | | | 100% |
| Rijden op biogas uit restmateriaal, voordien gecomposteerd | | | | | | | | | 100% |
| Rijden op biogas uit geteelde biomassa (snijmais) | 0,2 | 1,5 | 88% | 100% | 0,20 | 1,34 | 1,638E-13 | | 0% |
| Methanol uit glycerine | | | | | | | | | 100% |
| Bio DME geproduceerd uit resthout | | | | | | | | | 100% |
| Rijden op aardgas | | | | | | | | | 100% |
| Elektrisch rijden op basis van fossiele elektriciteit | | | | | | | | | 100% |
| Rijden op waterstof | | | | | | | | | 100% |
| Elektrisch rijden op basis van duurzame elektriciteit | | | | | | | | | 100% |
| Als referentie: rijden op benzine/diesel | | | | | | | | | 100% |

Toelichting bij kolommen

- Kolom a) geeft het fosfor en kaliumgebruik per GJ geproduceerde biobrandstof.
- In kolom b) is aangegeven welk deel van de gebruikte fosfor en kalium verloren gaan door uitspoeling en door verlies bij afvalverwerking. Deze fracties kunnen niet meer worden hergebruikt voor een volgende teelt.
- Ook voor het gebruik van kalium en fosfor geldt dat dit gebruik bij biobrandstoffen ook samenhangt met de productie van bijproducten zoals eiwitrijk schroot voor veevoedertoepassingen. Kolom c) geeft weer aan welk deel van het gebruik van kalium en fosfor uiteindelijk aan de biobrandstoffen wordt toegerekend, de rest is voor conto van de bijproducten.





4 De resulterende gewogen scores

Op basis van de vastgestelde weegfactoren en de scores op de individuele thema's is de gewogen totaalscore per transportbrandstof bepaald (zie Figuur 4). Met kleurmarkering is aangegeven welke brandstoffen beter scoren (lichtgeel) en slechter scoren (oranje tot rood) als de referentie benzine en diesel).

Zoals aangegeven in Figuur 4 zouden volgens de in deze studie uitgevoerde analyse en weging alleen biobrandstoffen uit suikergewassen (suikerriet en suikerbiet) en reststoffen beter scoren als de referentie benzine of diesel. Ook elektrisch rijden zou beter scoren, niet alleen vanwege het niet gebruiken van land en nutriënten maar ook vanwege het hogere rendement van elektromotoren. Bij rijden op aardgas of waterstof is de score vooral beter als bij de referentie vanwege respectievelijk de lagere broeikasgasemissie per eenheid brandstof en het hogere rendement van de omzetting.

Figuur 4 Scores van de drie thema's

| | Broeikas- gasemissies | Land- gebruik | Nutriënten verlies | |
|--|--------------------------|------------------|-----------------------|-----|
| Ethanol op basis van suikerbiet, tarwe, mais, suikerriet | | | | |
| - suikerbiet | 58% | 79% | 70% | 163 |
| - tarwe | 48% | 0% | 81% | 97 |
| - mais | 53% | 35% | 65% | 120 |
| - suikerriet | 67% | 69% | 63% | 160 |
| Biodiesel op basis van koolzaad, sojaolie, palmolie, zonnebloemolie | | | | |
| - koolzaad | 6% | 43% | 54% | 73 |
| - soja | 0% | 23% | 0% | 18 |
| - palmolie | 19% | 76% | 12% | 88 |
| - zonnebloem | 18% | 28% | 66% | 80 |
| HVO op basis van koolzaad, sojaolie, palmolie, zonnebloemolie | | | | |
| - koolzaad | 13% | 43% | 54% | 79 |
| - palmolie | 27% | 76% | 12% | 95 |
| - zonnebloem | 25% | 28% | 66% | 87 |
| Biodiesel en HVO op basis van afvalvetten (vergeleken met verbranding in AVI) | 52% | 100% | 100% | 192 |
| Biodiesel en HVO op basis van afvalvetten die al een hoogwaardige toepassing kenden | 35% | 43% | 100% | 129 |
| Rijden op biogas uit restmateriaal, voordien gecomposteerd | 73% | 100% | 100% | 213 |
| Rijden op biogas uit geteelde biomassa (snijmais) | 53% | 71% | 0% | 109 |
| Methanol uit glycerine | 100% | 100% | 100% | 240 |
| Bio DME geproduceerd uit resthout | 96% | 100% | 100% | 236 |
| Rijden op aardgas | 25% | 100% | 100% | 165 |
| Elektrisch rijden op basis van fossiele elektriciteit | 72% | 100% | 100% | 212 |
| Rijden op waterstof | 63% | 100% | 100% | 203 |
| Elektrisch rijden op basis van duurzame elektriciteit | 100% | 94% | 100% | 235 |
| Als referentie: rijden op benzine/diesel | 26% | 100% | 100% | 166 |
| Weegfactor | 100 | 80 | 60 | |



5 Literatuur

Bourne, 2009

J.K. Bourne jr. and J. Stanmeyer (pho)
The Global Food Crisis : The End of Plenty.
In : National Geographic Magazine, 2009

CE, 2010a

G.C. (Geert) Bergsma, B.E. (Bettina) Kampman, H.J. (Harry) Croezen
Goed gebruik van biomassa
Delft : CE Delft, 2010

CE, 2010b

B.E. (Bettina) Kampman, H.J. (Harry) Croezen, G.M. (Gijs) Verbraak, F.P.E. (Femke) Brouwer
Rijden en varen op gas : Kosten en milieueffecten van aardgas en groen gas in transport
Delft : CE Delft, 2010

CE, 2010c

R. Verbeek, B. Kampman (CE Delft), E.L.M. RabÃ©, X. Rijkee (CE Delft), N. Ligterink, S. Bleuanus
Impact of biofuels on air pollutant emissions from road vehicles - Phase 2
Delft : CE Delft, 2010

CE, 2011

S.M. (Sander) de Bruyn, G.C. (Geert) Bergsma, L.M. (Linda) Brinke, H.J. (Harry) Croezen, D. (Dagmar) Nelissen, B.A.W. (Bertus) Tulleners, F.J. (Frans) Rooijers
Quick scan Grondstoffen Annex: Grondstoffen, Economie en Duurzaamheid, enkele illustraties
Delft : CE Delft, 2011

Dornburg et al., 2008

V. Dornburg, et al.
Biomass Assessment, assessment of global biomass potentials and their links to food, water, biodiversity, energy demand and economy
Utrecht, S.n., i 2008

EC, 2009

Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC
Brussels : European Commission, 2009
Via: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0016:0062:en:PDF>

FAO, 2008

Economic and Social Development Department
The State of Food and Agriculture 2008 : biofuels: prospects, risks and opportunities
Rome : Food and Agriculture Organization of United Nations (FAO), 2008.



IFPRI, 2011

David Laborde (IFPRI)

Assessing the Land Use Change Consequences of European Biofuel Policies

S.l. : S.n.l, 2011

JRC et al., 2007

JRC ; Eucar ; Concauwe

Well-to-Wheels analysis of future automotive fuels and powertrains in the European context : Overview of Results

S.l.: European Commission, Joint Research Centre (JRC) 2007

WUR et al., 2009

P.Bindraban, et al.

Can biofuels be sustainable by 2020? : an assessment for an obligatory blending target of 10% in the Netherlands

Wageningen : Wageningen University and Research Centre, Ecofys, Energy research Centre of the Netherlands and the Netherlands Environmental Assessment Agency, 2009.

SNM, 2008

T. van Mierlo, et al.

Heldergroene biomassa : een visie op duurzaamheid van bio-energie

Utrecht: Stichting Natuur en Milieu (SNM), 2008.



Bijlage A Achtergronden competitie met voedsel en hoogwaardig veevoer

De vraag naar voedsel voor biobrandstoffen in OECD-landen kan leiden tot competitie met voedsel en veevoer en tot opdrijven van de prijs van deze producten. De bijdrage van deze vraag in OECD-landen is in een zestal rapporten van gezaghebbende instituten geschat op 20-75% (zie Tabel 2). De bijdrage van het biobrandstoffenbeleid in OECD-landen is in de pers breed uitgemeten en heeft grote schade toegebracht aan het imago van biobrandstoffen in de publieke opinie (zie bijvoorbeeld literatuurreferenties in Tearfund, 2008).

Tabel 2 Overzicht van de inschatting van de relevante bijdrage van biobrandstoffenbeleid in OECD-landen aan de voedselcrisis van 2008

| <i>Alternative estimates of the impact of biofuel production on market prices</i> <i>Source</i> | <i>Estimate</i> | <i>Commodity</i> | <i>Time period</i> |
|--|------------------|------------------------|----------------------------|
| World Bank (April 2008) | 75% | Global food index | January 2002-February 2008 |
| IFPRI (May 2008) | 21-22% | Corn rice Wheat | 2000-2007 2000-2007 |
| CEA (May 2008) | 35% | Corn | March 2007-March 2008 |
| | 3% | Global food index | March 2007-March 2008 |
| OECD-FAO (May 2008) | 42% | Coarse grains | 2008-2017 |
| | 34% | Vegetable oils | 2008-2017 |
| | 24% | Wheat | 2008-2017 |
| Collins (June 2008) | 25-60% 19-26% | Corn US retail food | 2006-2008 2006-2008 |
| Glauber (June 2008) | 23-31% | Commodities | April 2007-April 2008 |
| | 10% | Global food index | April 2007-April 2008 |
| | 4-5% | US retail food | January-April 2008 |

Bron: FAO (2009).

De meningen onder wetenschappers over het potentieel beschikbaar voor biomassa zijn verdeeld. Een deel van de gemeenschap van wetenschappers en deskundigen die zich bezighoudt met bio-energie en biobrandstoffen beleid heeft de verwachting dat er een enorm potentieel is voor energieteelt als er voldoende wordt geïnvesteerd (Smeets, 2008) en voldoende wordt ingezet op intensivering. Als gebruik van voedselgewassen voor biobrandstoffen al leidt tot schaarste en hogere prijzen, dan zal dit mechanisme in ieder geval

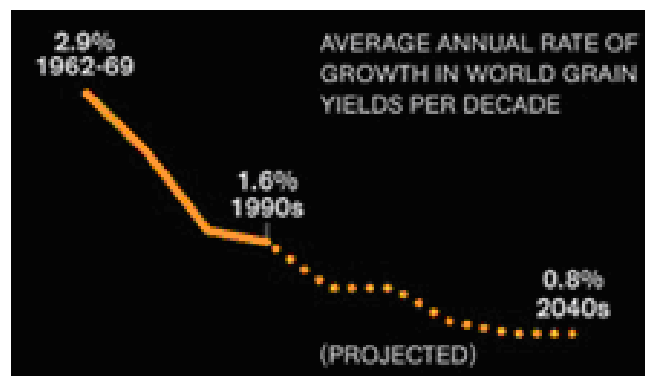


gedeeltelijk worden gecompenseerd doordat de hogere prijzen landbouwers zullen stimuleren om meer productie per hectare te realiseren. Daartegenover staat de mening van andere - meer in landbouw innovatie ingevoerde - deskundigen die van mening zijn dat er maar een kleine kans is dat een dergelijk overschot kan worden gerealiseerd (bijvoorbeeld Bindraban, 2009).

- de praktische mogelijkheden om productiviteit van gewassen te verbeteren neemt steeds meer af;
- water is schaars en beschikbaarheid wordt steeds kleiner met een groeiende wereldbevolking c.q. watervraag en met een warmer wordend klimaat;
- de in de vorm van weidegrond beschikbare hoeveelheid vruchtbare grond is beperkt, daarmee ook de mogelijkheden om extra landbouwareaal met hoge productiviteit te creëren zonder dat ontbossing plaatsvindt;
- toenemende welvaart doet de vraag naar voedsel en vooral naar vlees (en daarmee veevoer) nog verder toenemen dan al het gevolg is onder druk van de bevolkingsgroei;
- er is al enkele decennia relatief weinig geïnvesteerd in landbouw en landbouwkundige innovaties;
- de voor hoge producties per hectare benodigde intensieve teelt is niet duurzaam, zoals de ervaringen in de EU illustreren.

In Bourne (2009) wordt op basis van wetenschappelijke rapportages overigens een nog verdergaande conclusie getrokken: het zal gezien de bevolkingsgroei en de aan toenemende welvaart gerelateerde toenemende vraag naar vlees in ieder geval al een zeer grote inspanning vergen om in de toekomst de wereldbevolking te kunnen blijven voeden. Daarvoor zou een nieuwe Groene Revolutie nodig zijn, zoals in de jaren 60 van de vorige eeuw.

Figuur 5 Afname in jaarlijkse groei in mondiale graanopbrengsten



Bron: Bourne, 2009.

In de figuur is uitgezet hoeveel de productie per hectare in de afgelopen decennia is toegenomen als gevolg van intensievere teelt, betere teeltwijzen en productievere rassen. De figuur geeft ook een prognose van de verbeteringen in opbrengst die nog kunnen worden gerealiseerd in de komende decennia.

Op basis van de huidige kennis niet te zeggen welke partij objectief en wetenschappelijk gezien gelijk heeft. De discussie wordt deels gevoerd aan de hand van scenariostudies. Die hebben zoals aangestipt in (Dornburg 2008) echter de neiging om te voldoen aan het 'Garbage in - Garbage out'-principe omdat vaak slechts bepaalde onderdelen goed zijn geanalyseerd en andere aspecten oppervlakkig. Bovendien is de huidige mate van detailkennis en de huidige kennis over socio-economische processen als de relatie tussen inkomen

en voedingspatroon nog onvoldoende om dergelijke analyses op een wetenschappelijk voldoende onderbouwde manier te kunnen uitvoeren. In Dornburg (2008) worden bijvoorbeeld volgende aspecten genoemd die onvoldoende goed uitgewerkt worden:

- de competitie om water met andere economische sectoren;
- het toekomstige dieet van de mens en mogelijke alternatieve eiwitketens;
- de invloed van verschillende dierlijke productie systemen;
- de vraag naar houtproducten en andere biomaterialen.

