



Aan
De Minister van Economische Zaken
Postbus 20401
2500 EX Den Haag

De Staatssecretaris van Infrastructuur en Milieu
Postbus 20901
2500 EX Den Haag

TCB S48(2013)

Den Haag, 8 juli 2013

Betreft: De bodem onder de bio-economie.

Meneer de Minister en mevrouw de Staatssecretaris,

In maart jl. heeft u een brief gestuurd aan de voorzitter van de Tweede Kamer der Staten-Generaal¹, waarin het kabinet haar ambities voor groene groei uiteen zet. In deze brief worden acht kansrijke domeinen onderscheiden voor de combinatie van groen en groei. In al deze domeinen vormt de bodem de drager voor maatschappelijke activiteiten. Met name bij de domeinen energie, biobased economy, klimaat, afval, voedsel en water levert de bodem natuurlijk kapitaal in de vorm van producten en diensten zoals biomassa, bouwmaterialen, waterzuivering en nutriëntenkringlopen. De ondergrond is cruciaal in een circulaire economie, die zich richt op het in stand houden en bevorderen van kringlopen; in de kringloop van bijvoorbeeld water, koolstof, en stikstof en fosfor is de bodem een factor van betekenis. Ook kan de ondergrond energie, water en afvalstoffen opslaan en wordt water erin gezuiverd².

Onderdeel van een circulaire economie is een agrarische productieketen waarin biomassa wordt geproduceerd ten behoeve van voedsel, diervoeders, bouwmaterialen, chemicaliën, energie en brandstof. Dit wordt ook wel een biobased economy genoemd, of bio-economie. De Technische commissie bodem (TCB) constateert dat er veel ontwikkelingen gaande zijn ter versterking van de circulaire en bio-economie. Studies naar de duurzaamheid van nieuwe biobased producten zoals bio-ethanol, grondstoffen voor de chemie en bioplastics hebben zich deels vertaald in duurzaamheids-criteria voor een aantal productieketens. De effecten op het functioneren van de bodem zijn in deze studies onderbelicht gebleven, ondanks het evidente belang van de bodem als primaire productievoorraad voor de biomassavoorziening in een bio-economie.

¹ Brief van de minister van Economische Zaken en de staatssecretaris van Infrastructuur en Milieu aan de Tweede Kamer betreffende Groene groei, voor een sterke en duurzame economie. Kenmerk DGBI-PDBBE / 13054928, 28 maart 2013.

² Zie TCB-advies Bijdrage grondwaterlaag en toplaag aan circulaire economie, TCB A086(2013).

Met genoegen bied ik u het rapport 'De bodem in de bio-economie'³ aan. Het rapport, dat op verzoek van de TCB door CE Delft is opgesteld, laat zien dat biomassaproductie niet eindeloos kan plaatsvinden, maar wordt gedreven door schaarste aan land en bodemkwaliteit. Efficiënt omgaan met de beschikbare hoeveelheid land is belangrijk voor de continuïteit van de biomassaproductie en daarmee voor de leveringszekerheid van biomassa voor de bio-economie. Uit het rapport blijkt dat efficiënt landgebruik langs verschillende wegen tot stand kan komen, afhankelijk van de lokale bodem- en klimatologische condities. Het rapport beschouwt een aantal indicatoren voor bodemkwaliteit, zoals organische stofgehalte, nutriënten- en watergebruik, gebruik van gewasbeschermingsmiddelen en landgebruik. Op basis van bestaande gegevens over onder andere opbrengst per hectare en gebruikte hoeveelheden meststoffen, energie en water zijn de effecten van een aantal biomassaproductieketens op deze indicatoren berekend. Biomassaproductieketens blijken onderling aanzienlijk te verschillen in effecten op bodemkwaliteit en landgebruik. Het ene gewas heeft meer gewasbescherming nodig dan het andere. De nutriëntenbehoefte verschilt ook tussen gewassen. Er zijn ketens die de bodemvruchtbaarheid langzaam maar zeker doen afnemen, er zijn ook ketens die leiden tot een netto opbouw van organische stof en daarmee tot koolstofvastlegging.

Het onderzoek van CE Delft illustreert dat de duurzaamheid van een toenemend gebruik van biomassa als productiemiddel in een bio-economie niet eenduidig is en dat er verschillen zijn tussen de biomassaketens. Het onderzoek werpt een nieuw licht op de invulling van duurzaamheidscriteria voor de productie van biomassa voor een bio-economie; aandacht is nodig voor gewaskeuze en teelt- en oogstmethoden. Uit eerder onderzoek⁴ naar de effecten van de productie van biomassa voor energie op de bodemkwaliteit in Nederland bleek dat het sluiten van de koolstofkringloop een sleutelfactor is.

De TCB acht het van belang dat in beleid, praktijk en onderzoek aandacht wordt besteed aan de voorwaarden die vanuit de bodem worden gesteld aan blijvende levering van biomassa voor de bio-economie. Om dit nader uit te werken en ter voorbereiding van verwachte adviesaanvragen op dit onderwerp heeft de TCB onlangs de werkgroep Koolstofstromen ingesteld. Centrale vraag voor de werkgroep is hoe het organische-stofgehalte van bodems kan worden gemanaged ten behoeve van optimale en duurzame maatschappelijke benutting van bodemgerelateerde ecosysteemdiensten. Dit management vindt plaats via de keuzes die boeren maken ten aanzien van teeltkeuze en vruchtwisseling, beweiding, zaaibedbereiding, bemesting, ziekte- en onkruidbestrijding, oogstwijzen, braaklegging, et cetera. Daarnaast gaat het om keuzes in landgebruik, binnen en buiten Nederland, om de ruimtelijke invulling en ordening van de verschillende gebruiksfuncties van de ondergrond in een gebied. Ik zal u zo spoedig mogelijk rapporteren over de resultaten van deze werkgroep.

Met de meeste hoogachting,

Het origineel van dit advies is gestuurd aan de
verantwoordelijke bewindspersoon/personen.

Ali Edelenbosch
Voorzitter van de Technische commissie bodem

³ CE Delft en Biomass Research, 2013. Hoofdrapport en bijlagenrapport - De bodem in de bio-economie. Delft.

⁴ Rapport Effecten van biomassaketens op landgebruik en bodemkwaliteit in Nederland, NMI, 2007 en advies Effecten productie biomassa voor energie op bodemkwaliteit in Nederland, TCB S07(2007).

Hoofdrapport - De bodem in de bio-economie

Hoofdrapport
Delft, maart 2013

Opgesteld door:

CE Delft
H.J. (Harry) Croezen
I.Y.R. (Ingrid) Odegard
G.C. (Geert) Bergsma

Biomass Research
J.W.A. (Hans) Langeveld

Colofon

Bibliotheekgegevens rapport:

CE Delft en Biomass Research

Hoofdrapport - De bodem in de bio-economie

Delft, CE Delft, maart 2013

Publicatienummer: 13.2813.19

Opdrachtgever: Technische Commissie Bodem.

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

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider, Geert Bergsma of bij 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.



Voorwoord

Voor u ligt een verkenning naar de relatie tussen de ontwikkeling van de biobased economy en bodemkwaliteit in Nederland, Europa en daarbuiten. Wij hebben het als een eer ervaren dit onderzoek met en namens de Technische Commissie Bodem te mogen voeren. Gedurende het project werd steeds duidelijker dat dit project, naast de inhoudelijke analyse, ook als brug kan fungeren tussen de landbouwtechnische en de meer chemische/energie-technische gerichte wereld van de biobased economy. Vanuit de landbouwwetenschap is er veel studie gedaan naar bodemkundige aspecten van de gewasproductie. De biobased wereld doet veel onderzoek naar beschikbaarheid van biomassa, effectieve conversietechnieken en nieuwe toepassingen van bijvoorbeeld biobrandstoffen. De koppeling tussen deze werelden wordt nog weinig gemaakt. Wij hopen met dit rapport een eerste link gelegd te hebben tussen de energie- en chemiesector en de landbouw, c.q. de wereld van gigajoulen energie, liters biobrandstoffen en de wereld van hectares, bodemorganische stof (BOS-)balans en fosfaatgebruik.

Omdat de Technische Commissie Bodem haar gedachtengoed, ervaringen en inzichten beschikbaar wilt maken voor de biobased wereld is het hoofdrapport geschreven met het oog op de biobased wereld en beleidsmakers. De precieze landbouwkundige verantwoording van de verschillende ketens is gerapporteerd in de verschillende bijlagen die zijn gepresenteerd als los rapport.

Tijdens het onderzoek hebben we intensief samengewerkt met de begeleidingscommissie. Deze heeft ons constructief en kritisch bijgestaan met commentaar, tips en het reviewen van methodologische keuzes.

De begeleidingscommissie bestond uit:

- Sandra Boekhold, secretaris Technische Commissie Bodem (TCB);
- Annemarie van Wezel, lid TCB en KIWA Water Research Institute (KWR);
- Gert Jan van den Born, onderzoeker duurzaam Landgebruik Planbureau voor de Leefomgeving (PBL);
- Hans van Veen, lid TCB en Nederlands Instituut voor Ecologie (NIOO);
- Jacques Neeteson, lid TCB en Plant Research International (PRI), Wageningen UR.

Toen wij aan dit onderzoek begonnen bestond het vermoeden dat bodemkundige effecten wezenlijk anders zouden zijn voor de verschillende ketens in de biobased economy. De mate waarin deze verschillen voorkomen heeft ons verrast. Er valt nog een bodemkundige wereld te winnen door meer rekening te houden met bodemeffecten van de verschillende biobased ketens.

Harry Croezen, Hans Langeveld, Ingrid Odegard en Geert Bergsma





Inhoud

Voorwoord	3
Samenvatting	7
1 Inleiding	13
1.1 Doel van het project	13
1.2 Afbakening en definities	14
1.3 Leeswijzer	15
2 Methodiek	17
2.1 Biobased economy en biobased ketens	17
2.2 Geselecteerde ketens, focus op hoofdstromen	18
2.3 Bodem en bodemkwaliteit	23
2.4 Beschouwde bodemkundige indicatoren	25
2.5 Gebruikte data	29
3 Bodemeffecten biobased ketens	31
3.1 Resultaten op hoofdlijnen	31
3.2 BOS-balans	32
3.3 Nutriëntentoevoer	35
3.4 Watergebruik	37
3.5 Ecotoxiciteit	39
3.6 CO ₂ -balans	40
3.7 Bodemeffecten per vermeden kg CO ₂ -eq.-emissiereductie	41
3.8 Landgebruik	42
3.9 Conclusies: de verschillen tussen de ketens	45
4 Scenario's: de bodemeffecten	47
4.1 Scenario's voor de biobased economy	47
4.2 Invulling van de scenario's	49
4.3 Ingeschatte effecten en conclusies	51
5 Beleid voor de biobased economy en de bodem	55
5.1 Huidige stimuleringsbeleid naar toepassingen	55
5.2 Sturing naar typen biomassa	58
5.3 Bodemkundige duurzaamheidscriteria voor biobased ketens	59
5.4 Praktische handvatten	60
5.5 Beleidsaanbevelingen op basis van verkenning van de biobased ketens	61
6 Aanbevelingen	63
Literatuur	67



Bijlage A	Eerdere aanbevelingen voor biobased economy	73
Bijlage B	BOS-analyse	77
B.1	Bodems wereldwijd	77
B.2	Gehanteerde model	78
Bijlage C	Bemestingscijfers biobased feedstocks	87
C.1	Stikstof	87
C.2	Fosfaat	91

Extra Bijlagen D t/m L

Bij dit rapport is een apart bijlagenrapport verschenen met een uitgebreide beschrijving en verantwoording per onderzochte keten. Dit rapport is gepubliceerd op www.ce.nl onder de titel 'Bijlagenrapport - De bodem in de bio-economie'.



Samenvatting

De Technische Commissie Bodem (TCB) maakt zich sterk voor het gezond, vruchtbaar en productief houden van de bodem in Nederland en daarbuiten. Gezonde bodems zijn mondiaal een cruciale productiefactor voor akkerbouw en veeteelt.

Behalve voor voedselproductie wordt de bodem echter sinds enkele decennia in toenemende mate ook gebruikt voor de productie van biomassa ter vervanging van fossiele energie en grondstoffen. De biomassa wordt gebruikt voor transportbrandstoffen (biobrandstoffen: bio-ethanol, biodiesel), biogas, elektriciteit, warmte en voor grondstoffen voor chemie. Daarmee speelt de bodem een rol in de 'biobased economy', een economie die zo min mogelijk fossiele grond- en brandstoffen gebruikt en overschakelt naar het gebruik van hernieuwbare grond- en brandstoffen.

De Europese Unie (EU), individuele lidstaten en industriële sectoren in de EU mikken voor transport, energie en chemie op een bio-aandeel van 25 à 30% voor de periode 2030-2040. Analyses van o.a. het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) en CE Delft hebben eerder aangetoond dat de productie van zulke grote hoeveelheden biotische grondstoffen waarschijnlijk niet mogelijk is zonder aantasting van natuur en biodiversiteit. Effecten van deze groeiende vraag op de bodemkwaliteit zijn nog weinig onderzocht.

Met name de productie van transportbrandstoffen, biogas, elektriciteit en warmte uit biomassa wordt actief ondersteund door de overheid middels subsidies en leveringsverplichtingen. Er zijn verplichte duurzaamheidscriteria voor bio-transportbrandstoffen en vrijwillige duurzaamheidscriteria voor bio-electriciteit en biowarmte. Maar deze criteria zijn in het algemeen nog generiek en zijn nog niet vertaald naar concreet beleid met betrekking tot toe te passen gewassen, teeltwijzen, oogstwijzen en het gebruik van gewasresten.

Bodemkundige en biobased indicatoren

De TCB heeft CE Delft en Biomass Research gevraagd de effecten van de groeiende vraag naar biotische grondstoffen in kaart te brengen op cruciale bodemkundige aspecten. Hierbij zijn de volgende bodemkundige aspecten bekeken:

- BOS-balans - de balans tussen mineralisatie van bodemorganische stof (BOS) en vorming (humificatie) van bodemorganische stof uit gewasresten, mest en groenbemesters;
- benodigde hoeveelheden nutriënten (N, P₂O₅, K₂O);
- watergebruik;
- ecotoxiciteit van de gebruikte gewasbeschermingsmiddelen;
- broeikasgasemissies (netto CO₂-balans, inclusief N₂O- en CH₄-emissies en emissies van (indirecte) landgebruikseffecten en koolstofbalans bodem);
- landgebruikseffecten.

De biobased economy kan op verschillende manieren vormgegeven worden. De keuze voor bepaalde ketens en productiemethoden kan grote invloed hebben op genoemde bodemkundige aspecten. In deze studie zijn de mondiaal en voor de EU meest relevante biobased ketens geëvalueerd.



De bodemindicatoren zijn berekend voor de twee eenheden die het meest gebruikt worden om volumes in de biobased economy aan te duiden:

- bruto energie opbrengst: vervanging van fossiele energie in GJ_{bruto} (door biodiesel, bio-ethanol, bio-elektriciteit, biowarmte, biogas en of biochemische producten);
- netto CO₂-reductie over de hele keten.

Ketens

In deze studie zijn de impacts van 11 ketens geëvalueerd, waarmee biodiesel, ethanol voor transport en chemie, of elektriciteit en warmte geproduceerd wordt. Voor een aantal ketens is variatie aangebracht in landbouwmethoden, teeltgebieden en toepassingen. Een keten omvat de bodem, de teelt, de oogst, de verwerking van grondstoffen, de conversie naar biobased producten en de verdringing van fossiele productie.

Ketens voor de productie van biodiesel (FAME):

- koolzaad;
- palmolie;
- soja.

Ketens voor de productie van ethanol voor transport of chemische grondstoffen:

- suikerriet met variatie in teeltmethode;
- maïs;
- tarwe;
- tarwestro - met variatie in gebruik van reststromen;
- suikerbiet - met variatie in teeltgebied.

Ketens voor de productie van elektriciteit en warmte:

- resthout - met variatie in toepassing;
- snijmaïs - met variatie in toepassing;
- SRC (Short Rotation Coppice= hakhout¹) - met variatie in toepassing.

Resultaten

In Figuur 1 is de BOS-balans van de bestudeerde ketens gepresenteerd. Hieruit blijkt dat de beste resultaten op deze indicator worden gerealiseerd door:

- biogas op basis van snijmaïs ingezet in een warmtekrachtinstallaties;
- suikerriet (mits blad en toppen niet worden verbrand);
- productie van ethanol uit tarwezetmeel (mits stro achterblijft op het veld of lignine uit de ethanolfabriek teruggevoerd wordt naar de akker).

Daarnaast zijn er ketens met een risico op afname van de bodemorganische stof. Het gaat dan om:

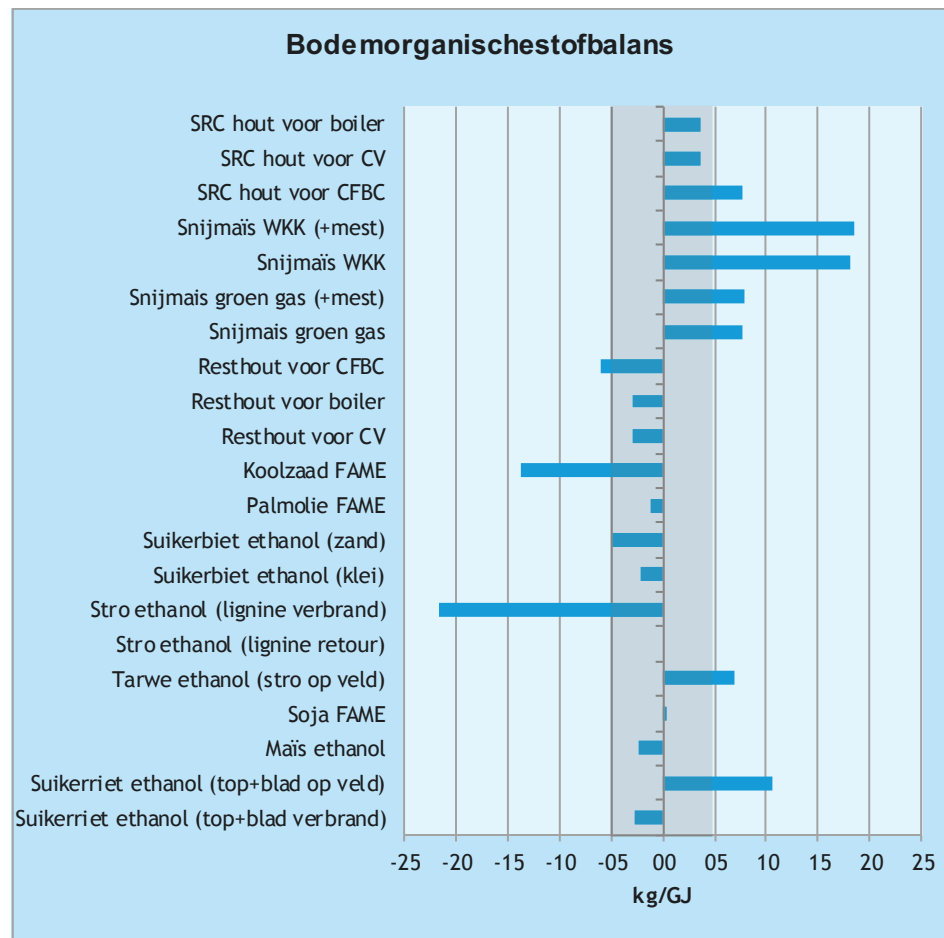
- tarwestro voor de productie van ethanol (tweede generatie biobrandstoffen) zonder terugvoer van lignine;
- koolzaad voor biodieselproductie;
- resthout voor elektriciteit en warmte.

Het grijze gebied in Figuur 1 geeft de mogelijke variatie in het nulpunt in de grafiek door verschillen in bodemtype en klimaat weer. Het effect van stro ethanol (lignine retour) is nul omdat we hier vergelijken met het achterlaten van stro op het veld wat netto hetzelfde resultaat geeft.

¹ Letterlijk: kort omloop hakhout.



Figuur 1 Opbouw en afbraak van bodemorganische stof in de bodem per keten (kg/GJ)



SRC: Short Rotation Coppice (hakhout);
 WKK: WarmteKrachtKoppeling;
 CV: Centrale Verwarming;
 CFBC: Circulation Fluidized Bed Combustor;
 FAME: Fatty Acid Methyl Ester.

N, P, K, water en landgebruik per vermeden kg CO₂-eq.-emissie

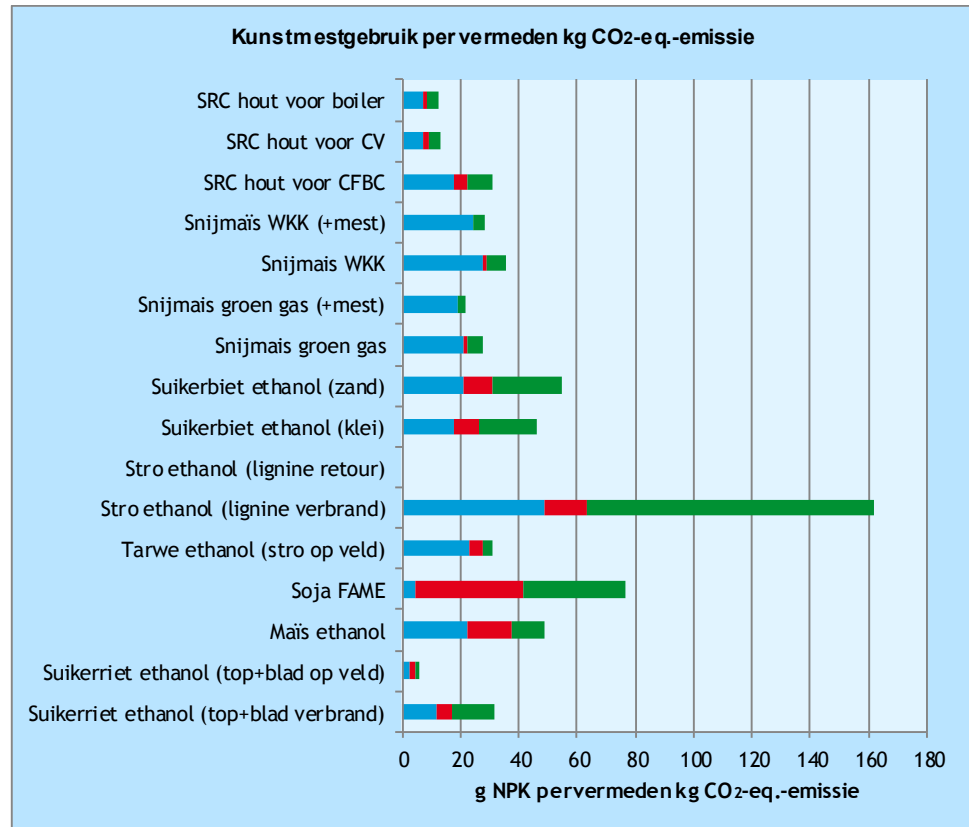
In Figuur 2 is weergegeven welke meststoffen nodig zijn om een bepaalde CO₂-reductie te bereiken.

Met name bij ethanolproductie uit stro (met verbranding van de lignine) is veel bemesting nodig voor een volgende teelt. Ook soja vraagt relatief veel meststoffen.

Suikerriet (met achterlaten van toppen en blad op het veld) voor ethanolproductie en energieopwekking door het meestoken van SRC/hakhout hebben minder nutriënten nodig.



Figuur 2 Kunstmestgebruik van verschillende biobased ketens



Organische stofbalans in bodem ook van invloed op CO₂-score

In veel studies wordt wel rekening gehouden met de verschillen in netto CO₂-reductie van biomassaketens, maar nog niet met accumulatie of verlies van koolstof in de bodem. Uit onze studie blijkt dat de samenstelling van de bodem daarbij sterk beïnvloed wordt door de gewas- en teeltwijze. Gewas en teeltwijze zijn duidelijk van invloed is op de koolstofopslag of -afgifte van de bodem en daarmee op de netto CO₂-emissiereductie van ketens.

Scenario's

Er zijn in deze studie drie scenario's samengesteld waarin 25% van het Europese gebruik van fossiele brandstoffen en grondstoffen vervangen wordt door biomassa. De drie scenario's hebben elk een andere focus:

1. Focus op energie (bio-elektriciteit en warmte).
2. Focus op transportbrandstoffen.
3. Focus op biobased grondstoffen voor de chemie.

Uitgedrukt in hoeveelheid gerealiseerde CO₂-reductie gebruikt het transportsценario 5 tot 10 maal meer meststoffen dan het energiescenario. Ook het risico op verlies van bodemorganische stof het grootst in het transportscenario. In het elektriciteit- en warmtescenario is daarentegen een toename van organische stof in de bodem mogelijk. Geconcludeerd moet worden dat *bodemkundig* gezien de scenario's voor energie en grondstoffen voor de chemie de voorkeur hebben. Het hoge gebruik van meststoffen en het hoge verlies aan bodemorganische stof komt in het transportscenario vooral door het hoge percentage biodiesel uit koolzaad, zoals tot nu toe wordt voorzien in de beleidsplannen van verschillende EU-landen.



Conclusies

Samengevat trekken wij de volgende conclusies voor beleidsmakers:

1. *Er zijn grote verschillen tussen verschillende gewassen:*
De analyse laat zien dat er per eenheid vermeden CO₂-emissie een grote variatie is in bodemkundige effecten tussen de verschillende ketens. De keuze voor bepaalde biobased ketens heeft dus grote effecten op de CO₂-emissie en de bodemkundige effecten van de biobased economy.
2. *Vier ketens scoren gunstig op bodemkundige aspecten:*
Ethanol uit suikerriet (zonder verbranding van reststromen) scoort op alle bodemkundige aspecten beter dan andere ketens.
Iets minder, maar nog steeds relatief goed scoren het gebruik van tarwestro voor ethanol (met terugvoeren van de ligninefractie), het gebruik van SRC-hout voor warmte en het toepassen van snijmaïs voor biogas.
4. *Gewasmanagement heeft grote invloed:*
Het maakt uit op welke manier een gewas geoogst wordt, zeker als we kijken naar suikerriet en tarwe. Goed gewasmanagement heeft een duidelijk positief effect op de bodem.
5. *Goed gebruik van reststromen kan een groot verschil maken:*
Over het algemeen wordt het gebruik van reststromen zoals stro extra gewaardeerd in de biobased economy wegens een goede CO₂-score en laag landgebruik. De analyses van de ketens met meer of minder reststroomgebruik geven echter aan dat dit bodemkundig genuanceerder ligt. Gebruik van reststromen is vooral interessant als de componenten die bodemorganischestof opbouwen, zoals lignine uit stro, weer teruggevoerd worden naar het land.
6. *Rol van het gebruik van meststoffen nog onderschat:*
In veel studies en CO₂-berekeningen ontbreekt dierlijke mest bij berekeningen van de broeikasgasbalansen. Dit leidt tot een onderschatting van emissies van een broeikasgas als lachgas bij de teelt van de gewassen, en daarmee tot een onderschatting van de broeikasgasbalans. Ook geeft het een vertekend beeld van het effect van dierlijke mest op de hoeveelheid en de samenstelling van de bodemorganische stof.

Beleidsaanbevelingen

De Europese Unie hanteert verplichte duurzaamheidscriteria voor biotransportbrandstoffen. Deze vragen om het vruchtbaar houden van de bodem waarop geproduceerd wordt, maar werken dit nog niet uit in praktische regels en aanbevelingen. Wij bevelen aan om een praktische uitwerking toe te voegen aan de duurzaamheidscriteria van de Europese Unie.

Ook bevelen wij aan verplichte duurzaamheidscriteria te ontwikkelen voor vaste biomassa en voor biomassa die gebruikt wordt voor de productie van grondstoffen voor de chemie.

Concreet resulteren onze conclusies in de volgende beleidsaanbevelingen:

1. Stel verplichtende criteria op voor biomassa, biogas en bio-elektriciteit die geproduceerd wordt voor de chemie en stem deze af op de criteria die al bestaan voor biotransportbrandstoffen.
2. Introduceer meer differentiatie in beleidsdoelen en subsidieregelingen naar teelt en oogstwijzen, zodat goed gewasmanagement en behoud en versterking van bodemkwaliteit economisch aantrekkelijk wordt.
3. Begrens het gebruik van agrarische reststromen zoals stro door rekening te houden met de benodigde hoeveelheid organische stof in de bodem, gespecificeerd per bodem- en klimaatype.





1 Inleiding

De Technische Commissie Bodem (TCB) maakt zich sterk voor het gezond, vruchtbaar en productief houden van de bodem in Nederland en de wereld. Een gezonde bodem is een cruciale productiefactor voor akkerbouw en veeteelt. Het grootste deel van deze productie is van oudsher bedoeld voor voedsel, maar productie van bijvoorbeeld hout, papier, aardappelzetmeel en zeep op basis van oliën is ook al decennia afhankelijk van een vruchtbare bodem. De productie van deze biobased producten is echter beperkt van omvang.

Aanvullend op het gebruik van gewassen voor voedsel en bovengenoemde van oudsher geproduceerde biobased producten worden landbouwgewassen de laatste jaren steeds vaker gebruikt voor nieuwe biobased toepassingen. Het doel hierbij is om het gebruik van fossiele brandstoffen (olie, kolen en gas) te verminderen. Dit is de zogenaamde 'biobased economy'. Concreet gaat het hierbij producten zoals bio-ethanol, biodiesel, bio-elektriciteit, biowarmte, biobased grondstoffen voor de chemie, bioplastics en biogas.

Naar de duurzaamheid van al deze nieuwe biobased producten zijn diverse studies verricht. Deze zijn deels ook vertaald in duurzaamheidscriteria voor een aantal ketens. De effecten op de gezondheid en op de vruchtbaarheid van bodems is in deze studies echter nog onderbelicht gebleven. Omdat de lacune aan te vullen heeft de TCB CE Delft en Biomass Research opdracht gegeven om de effecten op bodem van de biobased economy te onderzoeken.

1.1 Doel van het project

De TCB heeft CE Delft en Biomass Research gevraagd de effecten van de verschillende biobased ketens en scenario's op de bodem in kaart te brengen. Daarnaast zijn, op basis van de verschillen in bodemkundige effecten, adviezen geformuleerd voor het overheidsbeleid ten aanzien van de biobased economy. Hiermee kan beter rekening gehouden worden met het behoud van kwetsbare, cruciale bodems in Nederland en daarbuiten.

Een aantal biobased producten wordt gestimuleerd vanuit overheidsbeleid, met name bio-elektriciteit, biogas en biobrandstoffen voor transport. In dit onderzoek is daarom ook aandacht besteed aan de relatie tussen het overheidsbeleid, de biobased economy en de bodem.

De volgende vragen worden in deze studie behandeld:

1. Welke biobased ketens zullen een grote rol spelen in de toekomstige biobased economy? (Hoofdstuk 2)
2. Hoe kunnen de effecten op de bodem van deze biobased ketens goed in kaart gebracht worden? (Hoofdstuk 2)
3. Hoe verschillen die biobased ketens met betrekking tot de effecten op de bodem? (Hoofdstuk 3)
4. Zijn er verbeteringen mogelijk in landbouwmanagement waardoor de negatieve bodemeffecten van de teeltwijze kunnen verminderen? (Hoofdstuk 3)



5. Hoe zien biobased scenario's, bestaande uit combinaties van biobased ketens, gebaseerd op huidig overheidsbeleid er uit en wat zijn de effecten van die scenario's op de bodem? (Hoofdstuk 4)
6. Welke suggesties kunnen er vanuit bodemkundig perspectief (zekerstelling van cruciale bodemkwaliteit) gegeven worden voor beleid voor de ontwikkeling van de biobased economy? (Hoofdstuk 5)

1.2 Afbakening en definities

Om een overzichtelijke vergelijking te kunnen geven kijkt CE Delft naar tien biomassaketens met varianten (totaal 21) die naar verwachting een belangrijke rol zullen spelen in de zich ontwikkelende biobased economy. Voor het bepalen van de effecten op de bodem hebben we gekozen een beperkte set van belangrijke bodemindicatoren te bekijken:

- het organische stofgehalte van de bodem;
- het nutriëntengebruik;
- het watergebruik;
- het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen;
- het landgebruik;
- de CO₂-eq. -balans.

Ketens

In deze studie zijn de impacts van 11 ketens geëvalueerd, waarmee biodiesel, ethanol voor biodiesel of grondstoffen of elektriciteit en warmte geproduceerd wordt. Voor een aantal ketens zijn variaties aangebracht in landbouwmethoden, teeltgebied en toepassing.

Ketens voor de productie van ethanol voor transport of chemie:

- suikerriet - met een variatie in teeltmethode;
- maïs;
- tarwe;
- tarwestro - met een variatie in gebruik van reststromen;
- suikerbiet - met een variatie in teeltgebied.

Ketens voor de productie van biodiesel voor transport:

- koolzaad;
- palmolie;
- soja.

Ketens voor de productie van elektriciteit, gas en/of warmte:

- resthout - met variatie in toepassing;
- snijmaïs - met variatie in toepassing;
- SRC (Short Rotation Coppice) - met variatie in toepassing;

Voor elk van deze ketens is een representatief teeltgebied onderzocht. Omdat de methodiek voor het berekenen van de scores gelijk is voor alle ketens zijn de resultaten goed te vergelijken. We hebben drie scenario's gebruikt om de effecten van de biobased economy op de bodem te bepalen. Alle sectoren zijn in de drie scenario's vertegenwoordigd, maar in meer of mindere mate:

- scenario E+W: nadruk op elektriciteit en warmte;
- scenario Transport: nadruk op biotransportbrandstoffen;
- scenario Chemie: nadruk op bioproducten ten behoeve van de chemie.



De scenario's zijn gebaseerd op een eerdere scenariostudie (PBL/CE Delft, 2012) en op ambities en visies over de biobased economy van verschillende sectoren en overheden. De beleidssuggesties zijn gebaseerd op het huidige overheidsbeleid (Nederlands en Europees), en op een inschatting van de effecten van de ketens en de scenario's op de bodem.

1.3 Leeswijzer

In Hoofdstuk 2 wordt een introductie op biobased economy en het huidige beleid met betrekking op de biobased economy gegeven. Ook worden de bodemindicatoren die wij gebruiken voor het evalueren van de ketens gepresenteerd. Uitgebreide informatie per keten is te vinden in de bijlagen. Met deze informatie worden in Hoofdstuk 3 de gekozen biomassaketens nader toegelicht en vervolgens geanalyseerd en vergeleken op hun score op de bodemindicatoren.

De bodemindicatoren die aan bod komen zijn: BOS-balans, nutriëntenbalans, watergebruik, ecotoxiciteit, CO₂-eq.-balans en landgebruik. In Hoofdstuk 4 volgt vervolgens een analyse van de effecten op de bodem-indicatoren per scenario. In Hoofdstuk 5 wordt deze informatie gekoppeld aan het huidige Nederlandse en Europese beleid en volgen suggesties voor beleid voor een gezonde bodem en duurzame productie van biomassa. Ten slotte geven wij in Hoofdstuk 6 een aantal aanbevelingen voor verder onderzoek.

Separaat is er een bijlagenrapport met als titel 'Bijlagenrapport - De bodem in de bio-economie' verkrijgbaar (op www.ce.nl), met daarin een uitgebreide landbouwkundige verantwoording per biobased keten.





2 Methodiek

2.1 Biobased economy en biobased ketens

De biobased economy verwijst naar de inzet van biomassa, of van biomassa afgeleide producten, als vervanging van fossiele energiedragers:

- als brandstof voor opwekken van warmte en/of elektriciteit;
- als transportbrandstof;
- als grondstof voor chemische producten.

In sommige analyses wordt bij de biobased economy sterk de nadruk gelegd op toepassingen in de chemie (een beperkte scope). In andere analyses wordt de hele voedselsector meegenomen (een uitgebreidere scope). In dit rapport hanteren we een scope hiertussen in. We kijken naar het gebruik van biomassa ten behoeve van alle sectoren, ter vervanging van kolen, olie en gas. Dat betekent dat we ook de toepassing van biomassa in het transport en de energiesector meenemen, maar niet het gebruik van biomassa voor voedsel.

Bij de invulling van de biobased economy kan een groot aantal ketens, producten en typen biomassa worden gedefinieerd. Het betreft zowel zeer traditionele toepassingen zoals koken op biomassa of verbranden, als compleet nieuwe ketens en toepassingen als productie van piepschuim of nylon. 'Biobased economy' heeft wat dat betreft ook betrekking op toepassingen waar de transitie van biomassa naar fossiel überhaupt nog niet heeft plaatsgevonden; er wordt gebruik gemaakt van biomassa (het koken op hout) omdat fossiele grondstoffen niet beschikbaar zijn.

Biomassatoepassingen als grondstof of brandstof vormen ook nu soms al een significant deel van het totale gebruik van een bepaald type biomassa of een bepaalde afgeleide commodity.

In Figuur 3 is als voorbeeld van de drie belangrijke typen voedselgewassen voor de biobased economy - granen, oliegewassen en suikergewassen - weergegeven in welke mate deze gewastypen op mondiale schaal worden gebruikt voor bepaalde doeleinden (FAO, 2012):

- Het overgrote deel van de oliegewassen en de suikergewassen wordt verwerkt in voedsel, respectievelijk plantaardige olie en suiker en zoetstoffen. De bijproducten van deze verwerking worden gebruikt als veevoer (niet weergegeven).
- Van de uit de oliegewassen geproduceerde olie wordt echter meer dan 40% al gebruikt in andere toepassingen. Dit betreft zowel traditionele en bestaande toepassingen als kaarsen en grondstoffen voor de oleochemie², maar ook relatief nieuwe toepassingen zoals biobrandstoffen en in mindere mate inkt, smeermiddelen, oplosmiddelen en plastics.

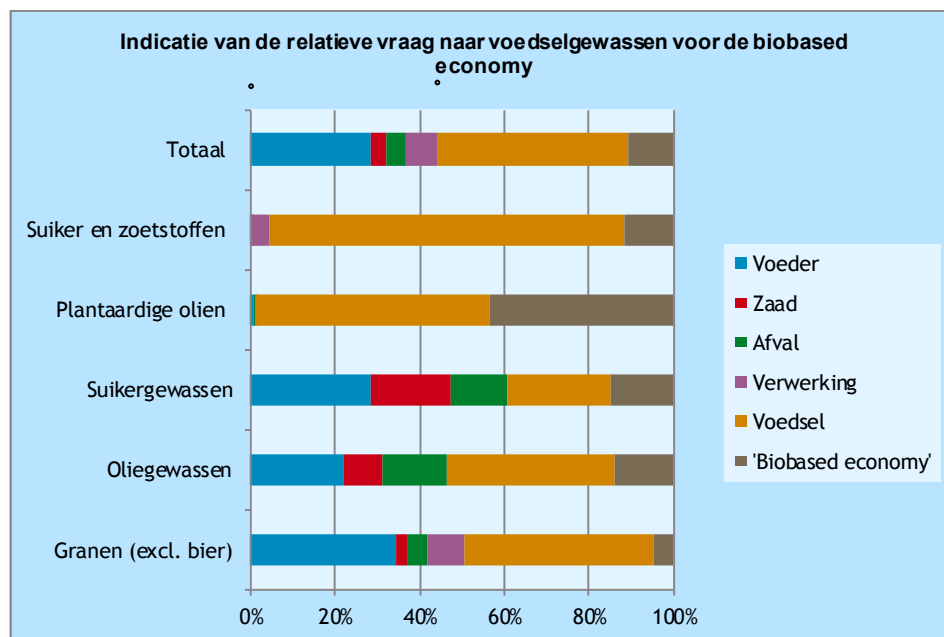
Gebruik van biomassa in de biobased economy die nu al een nuttige toepassing heeft - zoals voedselgewassen of veevoer - kan er voor zorgen dat er, al dan niet vermeend, spanning optreedt in het aanbod van dit soort gewassen en afgeleide producten. Hieruit zijn bijvoorbeeld de food vs. fuel en de food vs. feed discussies ontstaan. Die spanning is des te groter, of wordt als des te

² De chemie op basis van plantaardige en dierlijke oliën en vetten.



groter ervaren, naarmate toepassing als alternatief voor fossiele energiedragers een groter beslag legt op de huidige productie.

Figuur 3 Indicatie van de relatieve vraag naar voedselgewassen voor de biobased economy in 2009



Gebaseerd op: FAOSTAT, 2012.

Een aantal voorbeelden van ketens en toepassingen zijn in Figuur 5 opgenomen. Ze dienen om de veelheid aan producten en toepassingen te illustreren, maar ook om te illustreren dat deze producten en toepassingen kunnen worden gebaseerd op een veelheid aan verschillende typen biomassa:

- houtachtige biomassa uit natuurgebieden, productiebossen of kaphout opstanden;
- landbouwgewassen en producten van plantages zoals bijvoorbeeld oliepalm;
- reststromen zoals bijvoorbeeld gewasresten uit de landbouw.

2.2 Geselecteerde ketens, focus op hoofdstromen

De mogelijke invloed op de bodem door gebruik van biomassa voor productie van brandstoffen en chemische grondstoffen is geïllustreerd aan de hand van een beperkt aantal ketens om de resultaten van de studie overzichtelijk te houden.

Met het begrip keten wordt de combinatie van processen vanaf de teelt of winning van de benodigde biomassa tot en met het eindgebruik van de uit de biomassa gevormde producten bedoeld (zie Figuur 4).

Bij de selectie van deze ketens is aangesloten bij de huidige praktijk (zie bijvoorbeeld USDA (2012) en bij beleidsambities van EU-lidstaten en sectoren in de EU en de beoogde rol van biomassa daarin³ (zie bijvoorbeeld ECN, 2010).

³ De EU-lidstaten hebben bijvoorbeeld in de vorm van zogenaamde National Renewable Action Plans (NREAP's) aangegeven hoe ze denken de doelstellingen voor duurzame energie voor 2020 te gaan invullen. Daarbij is ook aangegeven welk deel van de doelstelling met biomassaketens moet worden ingevuld en welke soort biomassa zal worden gebruikt.

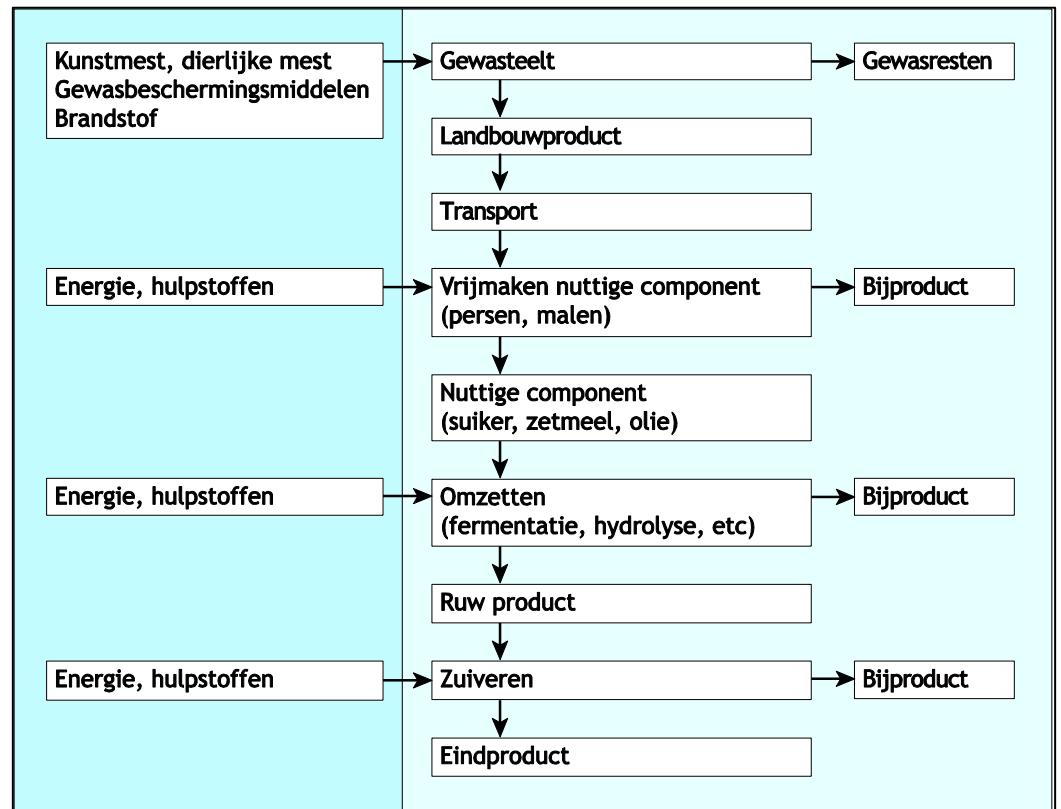


Er is een selectie gemaakt uit de biomassaketens die in de huidige praktijk gangbaar zijn voor de productie van transportbrandstoffen, warmte, elektriciteit of chemische grondstoffen op basis van biomassa of dat zouden kunnen gaan worden.

De ketens voor chemische grondstoffen en producten zullen grotendeels gelijk zijn aan die van biobrandstoffen. Beide typen producten worden geproduceerd uit eenduidig gedefinieerde suikers en vetzuren⁴. De uit granen of suikergewassen geïsoleerde glucose kan bijvoorbeeld zowel voor de productie van ethanol als voor de productie van barnsteenzuur of melkzuur worden gebruikt. De laatste twee grondstoffen kunnen worden gebruikt als grondstof voor bijvoorbeeld plastics (bijvoorbeeld PLA of polymelkzuur).

De selectie omvat per type eindproduct een variatie aan reststromen en gewassen. Bij geteelde gewassen is uitgegaan van teelt in de huidige voornaamste teeltgebieden, bijvoorbeeld teelt van suikerriet in de staat Sao Paulo in Brazilië.

Figuur 4 Algemene structuur van biomassaketens voor productie van brandstoffen en chemische grondstoffen



⁴ Hout, gewassen en gewasresten voldoen hier niet aan omdat ze mengsels van allerlei componenten als lignine, eiwitten en suikers zijn en bovendien een natuurlijke variatie vertonen. Uit dit soort biomassa geïsoleerde specifieke suikers zoals glucose of fructose of specifieke vetzuren zoals palmitinezuur zijn dat wel.



Tabel 1 Hoofdstromen en hun bodem- en teeltkenmerken

	Streek, regio		Klimaat-type (IPCC, 2006)	Bodemtype (USDA taxonomie)	Bij-producten	Dierlijke mest	Groenbemester
Suikerriet	Brazilië, Sao Paulo	Ethanol	Tropical Moist	Oxisol	Vinasse, mud cake	Nee	Nee
Soja	Brazilië, Mato Grosso	Biodiesel	Tropical Moist	Oxisol	Stro, perskoek	Nee	Nee
Maïs	Iowa, VS	Ethanol	Cool Temperate Moist	Mollisol	Stro, DDGS	10% van percelen	Nee
Tarwe	Noord-Frankrijk	Ethanol	Cool Temperate Moist	Alfisol	Stro, DDGS	Regelmatig	Soms
Suikerbiet West Nederland klei	West-Nederland	Ethanol	Cool Temperate Moist	Alfisol	Bietenblad, koppen	Varkensdrijfmest	Nee
Suikerbiet Oost Nederland, zand	Oost-Nederland	Ethanol	Cool Temperate Moist	Spodosol	Stro, perskoek	Varkensdrijfmest	Soms
Koolzaad	Sachsen, Duitsland	Biodiesel	Cool Temperate Moist	Inceptisol			
Palmolie	Maleisië, Perak	Biodiesel	Tropical Wet	Ultisol	Bunches, perskoek	Nee	Soms
Resthout	Zweden	Warmte, elektriciteit	Cool Temperate Moist	Alfisol	N.v.t.	Nee	N.v.t.
Snijmaïs	Flevoland	Biogas	Cool Temperate Moist	Alfisol	Stoppel	Varkensdrijfmest	nee
SRC (populier)	Flevoland	Warmte, elektriciteit	Cool Temperate Moist	Alfisol	N.v.t.	Nee	Nee

Voor een aantal gewassen worden verschillende managementpraktijken en/of in toepassingen beschouwd:

- Suikerriet: in praktijk worden de bladeren en toppen van de plant vaak verbrand, voorafgaand aan de (handmatige) oogst. Hiernaast neemt mechanisch oogsten toe, waarbij branden niet langer noodzakelijk is. De volgende ketens worden beschouwd:
 - suikerriet waarbij de toppen en bladeren worden verbrand;
 - suikerriet waarbij de toppen en bladeren op het veld achterblijven.



- Tarwe: hoewel tarweketens in de biobased economie vooral gaan over het gebruik van het graan als grondstof voor de productie van ethanol kan ook tarwestro als grondstof gebruikt worden voor ethanolproductie. De volgende ketens worden meegenomen:
 - tarwe waarbij de gewasresten (stro) achterblijven;
 - tarwe waarbij stro wordt gebruikt voor ethanolproductie en de ligninefractie wordt teruggevoerd naar het land;
 - tarwe waarbij stro wordt gebruikt voor ethanolproductie en de ligninefractie wordt verbrand.
- Suikerbiet: suikerbiet wordt op verschillende plekken in Nederland geteeld:
 - teelt op een zandbodem in Zuid-Nederland;
 - teelt op een kleibodem in West-Brabant.
- Snijmaïs: bij snijmaïs kan gevarieerd worden in de soort mest die gebruikt wordt:
 - snijmaïs waarbij enkel kunstmest wordt gebruikt;
 - snijmaïs waarbij kunstmest en dierlijke mest wordt gebruikt.

Deze variatie is bedoeld om te illustreren welke gevolgen keuzes op het gebied van:

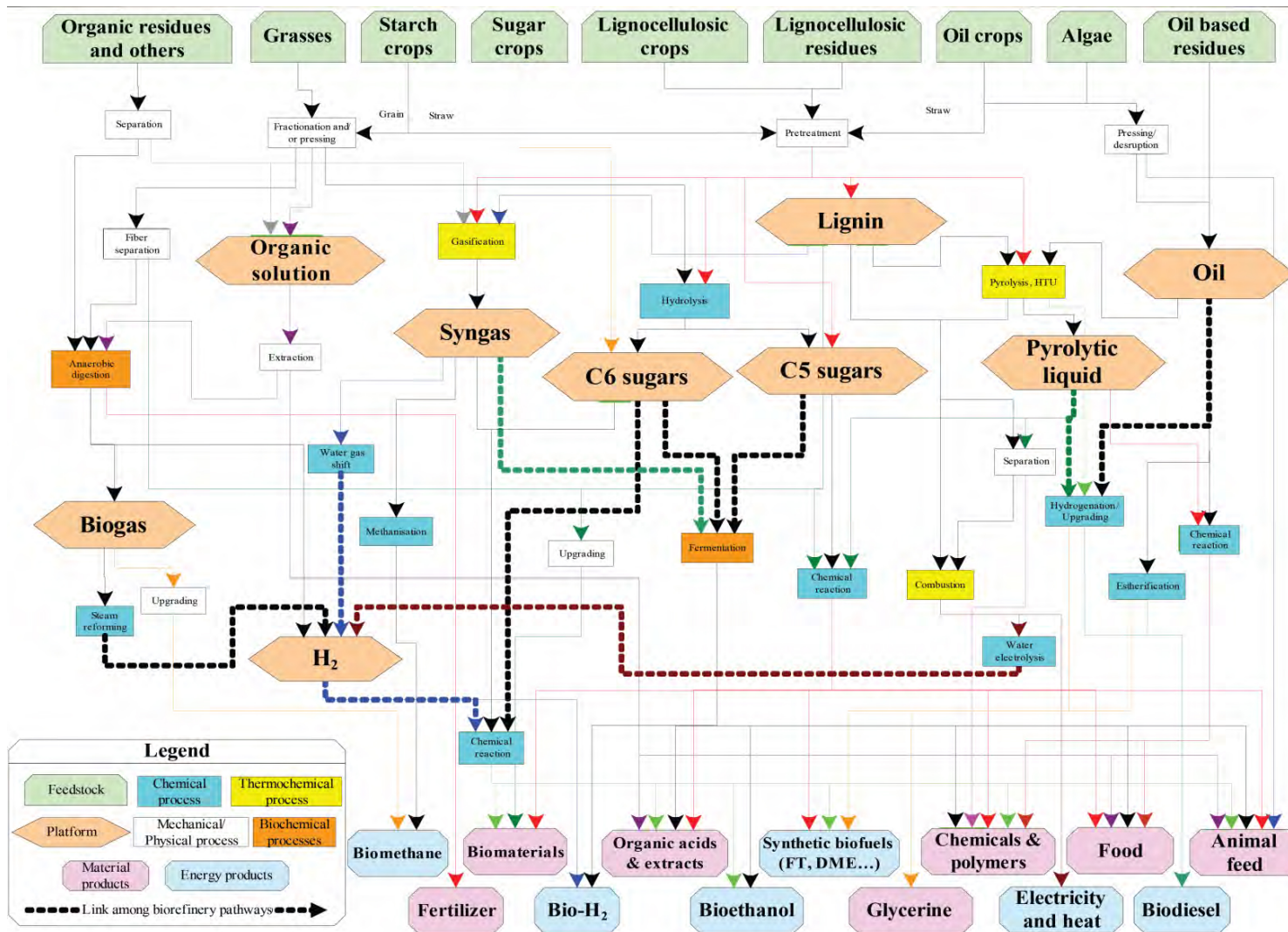
- gebruik van geteelde biomassa of van reststromen;
 - gebruik van gewassen of producten uit de EU of van daarbuiten;
 - landbouw managementpraktijken;
- kunnen hebben qua effecten op de bodem.

Daarnaast zijn voor enkele biomassastromen varianten in toepassing beschouwd:

- Biogas uit snijmaïs; inzet in WKK (warmtekrachtkoppeling) of voor groen gas.
- Resthout: efficiëntie van inzet verschilt per toepassing. Onderzocht zijn: toepassing in CV, boiler en CFBC.
- SRC: ook hier verschillen efficiënties per toepassing. Net als bij resthout zijn onderzocht: toepassing in CV, boiler en CFBC.



Figuur 5 Enkele voorbeelden van biomassaketens in chemie, transport en energietoepassingen



Bron: http://www.seai.ie/Renewables/Bioenergy/Task_42_Biorefineries_Patrick_Walsh,_NUIG.pdf.

2.3 Bodem en bodemkwaliteit

Waarom er een relatie tussen de biobased economy en de bodem is

Door gebruik te maken van biomassa is krijgen biobased toepassingen automatisch ook een relatie met bodemkwaliteit. Een goede bodemkwaliteit is essentieel voor een gezonde groei, zeker op lange termijn. Hierbij spelen allerlei factoren een rol:

- de structuur van de bodem;
- de gehalten aan organische stof en nutriënten;
- de concentraties van verontreinigende stoffen.

Resultaat van deze bodemkenmerken zijn zaken als het waterhoudend vermogen wat kunnen beschouwen als ecosysteemdienst.

Ecosysteemdiensten

Bodemkwaliteit en bodemvruchtbaarheid zijn niet alleen van belang voor de hoeveelheid biomassa die voortgebracht kan worden. De bodem en de vegetatie vervullen ook functies die aan de maatschappij ten goede kunnen komen ('ecosysteemdiensten'). Deze functies zijn echter vaak lastig te kwantificeren. Ze vallen buiten de focus van deze studie, die zich richt op bodemkwaliteit. Als zulke directe effecten op bodemkwaliteit plaatsvinden is het waarschijnlijk dat op verschillende schaalniveaus ook indirecte effecten plaatsvinden. Een beknopte toelichting is gegeven in Box 1.

Box 1

Ecosysteemdiensten

De term ecosysteemdiensten refereert naar een grote diversiteit aan natuurlijke functies van ecosystemen waar de mens profijt van heeft. Die diensten omvatten directe levensbehoeften zoals voedsel, water en natuurlijke grondstoffen (hout, vezels), maar ook voor onze samenleving essentiële regulerende en beschermende mechanismen en uiteindelijk ook culturele en meer subjectieve aspecten (zie Figuur 6).

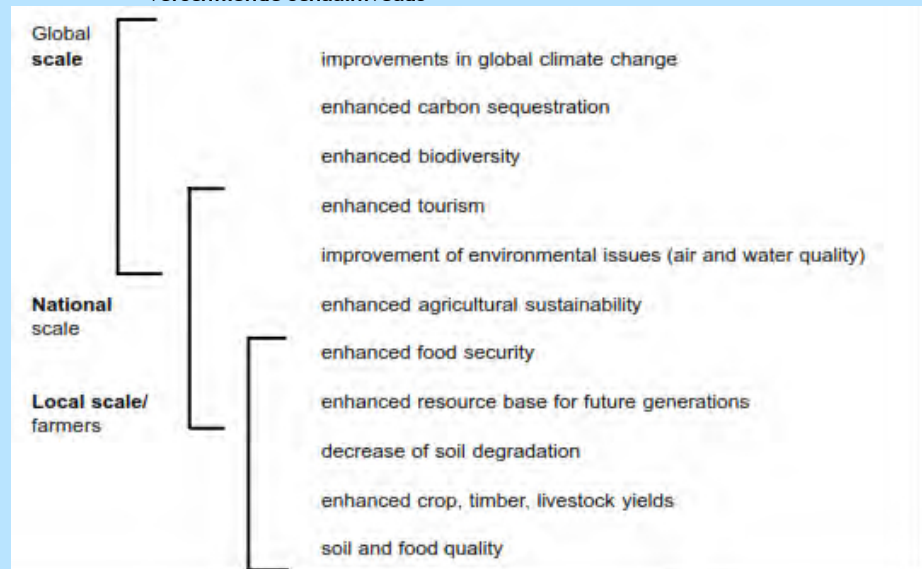
Figuur 6 Categorieën ecosysteemdiensten zoals gedefinieerd in de Millennium Ecosystem Assessment

Provisioning services <i>Products obtained from ecosystems</i> <ul style="list-style-type: none">• Food• Fresh water• Fuelwood• Fiber• Biochemicals• Genetic resources	Regulating services <i>Benefits obtained from regulation of ecosystem processes</i> <ul style="list-style-type: none">• Climate regulation• Disease regulation• Water regulation• Water purification• Pollination	Cultural services <i>Nonmaterial benefits obtained from ecosystems</i> <ul style="list-style-type: none">• Spiritual and religious• Recreation and ecotourism• Aesthetic• Inspirational• Educational• Sense of place• Cultural heritage
Supporting services <i>Services necessary for the production of all other ecosystem services</i> <ul style="list-style-type: none">• Soil formation• Nutrient cycling• Primary production		

Bron: Ranganathan, 2008.

Ecosysteemdiensten zijn mede gerelateerd aan bodemeigenschappen zoals het vermogen van de bodem plantengroei te ondersteunen, water vast te houden en te zuiveren, koolstof op te slaan. Een voorbeeld van de relatie tussen bodem en ecosysteemdiensten is voor bodemorganischestof in beeld gebracht door Robert et al. (2001; p. 48), weergegeven in Figuur 7. Zoals in de figuur is weergegeven spelen de voordelen van duurzaam management van de organische stofbalans op verschillende schaalniveaus: van de directe relatie met gewasopbrengsten tot toerisme en invloeden op het klimaat.

Figuur 7 Voordelen van duurzaam management van organische stof in de bodem op verschillende schaalniveaus



Bron: Izac, 1997.

Behoud van bodemkwaliteit en overheidsbeleid

De bodemkwaliteit en bodemvruchtbaarheid kunnen worden aangetast door:

- erosie door wind en neerslag - het afspoelen of verwaaien van de vruchtbare toplaag;
- verslemping (dichtslaan) of verdichting van de bodem - waardoor moeilijker zuurstof en water bij de wortels kunnen komen en/of planten moeilijker kunnen wortelen;
- uitputting van de bodem - afname van de hoeveelheden C, N, P, K - door overmatige bewerking en door onevenwichtige teelt;
- chemische bodemdegradatie door verzilting bij ondeskundige irrigatie;
- chemische degradatie door emissies naar de bodem als gevolg van ondeskundig gebruik van gewasbeschermingsmiddelen en meststoffen.

De afgelopen decennia is nationaal en in EU-verband wetgeving ontwikkeld om bodemkwaliteit te beschermen of te verbeteren. Voorbeelden hiervan zijn:

- het verbod op gebruik van toxische en biologisch persistente bestrijdingsmiddelen die in voedselketens en in de natuur accumuleren;
- de Nitraatrichtlijn en de Europese Kaderrichtlijn Water gericht op beperking van de belasting van grond- en oppervlaktewater door nitraten en fosfaat;
- het 6^e en 7^e EU MilieuActieProgramma voor behoud van bodemkwaliteit en waterkwaliteit en -beschikbaarheid;



- het Common Framework voor de definitie van de Good Agricultural and Environmental Condition (GAEC) van landbouwbodems dat is ontwikkeld onder de Common Agricultural Policy als randvoorwaarden voor beloning van ‘groene diensten’.

Daarnaast is er de afgelopen jaren in de EU en bij diverse lidstaten aandacht geweest voor bescherming tegen erosie en verslemping door het behoud van bodemorganische stof. Die aandacht bestond al veel langer in de VS en Canada vanwege ervaringen in die landen met winderosie in de jaren '30 ('dust bowl'). Tegenwoordig wordt de grondbewerking in de VS en Canada op grote schaal aangepast om het gehalte bodemorganische stof op peil te houden (no-till, low-till).

In de EU werd in 2006 een concept Soil Framework Directive en een Soil Thematic Strategy (COM(2006) 231) aangenomen. Daarnaast zijn in de tussentijd praktische richtlijnen ontwikkeld gericht op bodembescherming⁵. Deze richtlijnen hebben onder meer betrekking op de intensiteit van bodemeroderende grondbewerking, op gebruik van organische meststoffen en op groenbemesters.

Ook in beleid gerelateerd aan de biobased economy wordt rekening gehouden met bodemkwaliteit. Zowel de Renewable Energy Directive⁶ als bijvoorbeeld de Nederlandse NTA8080⁷ hanteren het principe dat bodemkwaliteit en bodemvruchtbaarheid behouden en indien mogelijk verbeterd dienen te worden. De NTA vereist bovendien dat:

- bodemkwaliteit wordt gemonitord door metingen van bodemverlies, bodemorganische stof, pH en macronutriënten (N, P, K);
- bij de productie en verwerking van biomassa ‘best practices’ worden toegepast om de bodem en bodemkwaliteit te behouden of te verbeteren;
- het gebruik van restproducten niet in strijd is met andere functies die ze in de bodem vervullen.

2.4 Beschouwde bodemkundige indicatoren

Om de gevolgen van de productie van biomassa voor de biobased economy op een consistente en coherente wijze te kunnen evalueren is een aantal bodemkundige indicatoren doorgerekend.

⁵ Zie: http://ec.europa.eu/environment/soil/publications_en.htm of <http://www.agentschapnl.nl/programmas-regelingen/eu-beleid-biobrandstoffen>.

⁶ De Europese richtlijn ter bevordering van het gebruik van energie uit hernieuwbare bronnen, oftewel de Renewable Energy Directive (RED, 2009/28/EG) in werking getreden. Deze richtlijn schrijft voor dat in 2020 in de Europese Unie als geheel minimaal 20% van het energiegebruik moet bestaan uit hernieuwbare bronnen. De richtlijn hernieuwbare energie schrijft voor de sector verkeer en vervoer een specifieke doelstelling voor, namelijk dat in 2020 minimaal 10% van alle transportbrandstoffen (benzine, diesel, biobrandstoffen in weg- en railvervoer en elektriciteit) uit hernieuwbare bronnen moet komen. Het kan hierbij gaan om biobrandstoffen (bijvoorbeeld biodiesel en bio-ethanol) maar ook hernieuwbare elektriciteit en waterstof tellen mee voor de doelstelling.

⁷ Deze Nederlandse Technische Afspraak (NTA) is een vanuit de NEN opgezet certificering-systeem voor duurzame biomassa. De NTA8080 beschrijft de eisen voor duurzame biomassa ten behoeve van energiedoelinden (elektriciteit, warmte & koude en transportbrandstof) en beschrijft het proces om gecertificeerd te worden en te blijven. De NTA8080 is toepasbaar voor zowel vaste, vloeibare als gasvormige biobrandstoffen en voor biomassa produceren (telen), verwerken, verhandelen of inzetten voor energieopwekking of als transportbrandstof.



Er is gekozen voor een beperkte set van indicatoren, afgestemd op relevante duurzaamheidsprincipes zoals opgenomen in de RED (Renewable Energy Directive), NTA8080 en andere duurzaamheidssystemen voor duurzame biomassa. Op die manier willen we zo goed mogelijk aansluiten bij het huidige beleid ten aanzien van biomassa voor transportbrandstoffen en brandstoffen voor elektriciteit en warmte. In concreto zijn beschouwd:

- bodemorganische stof;
- aanvoer (en afvoer) van N, P en K;
- watergebruik;
- gebruik van gewasbeschermingsmiddelen.

Daarnaast is, met het oog op de beleidscontext, gekozen om ook landbeslag per eenheid geproduceerde biomassa en de broeikasgasbalans van complete biobased productieketens te beschouwen. De productieketens - 'van akker tot inzet' - betreffen de productie van biomassa en haar omzetting in elektriciteit en warmte, in transportbrandstoffen of in chemische producten. De ketens omvatten ook de uiteindelijke toepassing van deze producten.

In de subparagrafen hieronder wordt de selectie en toepassing van deze indicatoren worden meegenomen nader toegelicht.

Onderlinge interactie tussen verschillende aspecten en tweede-orde-aspecten zijn niet beschouwd. Een voorbeeld van een mogelijk tweede-orde effect is de invloed van verandering in bodemorganische stof op het vermogen om water en nutriënten vast te houden.

2.4.1 Organische stof

Organische stof is mede bepalend voor de chemische, fysische en biologische eigenschappen van de bodem. Het beïnvloedt de structuur en porositeit, waterinfiltratie en waterhoudend vermogen. Het is ook van belang voor beschikbaarheid van nutriënten, en de diversiteit en biologische activiteit van bodemorganismen (Bot en Benites, 2005). Bovendien valt de CO₂-balans beter uit als meer koolstof in de bodem wordt vastgehouden. De BOS-balans van biobased ketens is in deze studie berekend met een rekenmodel gebaseerd op het Roth C-model.

In het Roth C-model wordt rekening gehouden met de aanvoer van organische stof in de vorm van gewasresten. Deze reststoffen worden deels verteerd, maar ook omgezet in humus en microbiologisch materiaal. Ook wordt rekening gehouden met de natuurlijke afbraak van humus en microbiologisch materiaal.

In het toegepaste model worden opbouw en afbraak geschat en wordt het netto-effect op de hoeveelheid bodemorganische stof berekend van de teelt van een bepaald gewas of de afvoer van een gewasrest voor productie van een brandstof of grondstof.

In het toegepaste model wordt rekening gehouden met:

- klimaat;
- bodemtype;
- intensiteit van grondbewerking;
- de eigenschappen van de gewasresten.

Een uitvoeriger beschrijving is te vinden in Bijlage B bij dit rapport.



Het Roth C-model is een veel gebruikt model voor het benaderen van koolstofkringlopen in bodems dat onder andere door overheden in Australië, Oostenrijk en Vlaanderen als standaard rekenmodel voor BOS-balansen wordt gebruikt. Het model maakt het mogelijk om invloed van temperatuur, waterbeschikbaarheid, bodemsamenstelling (kleigehalte) en intensiteit van bodembewerking op de afbraak van humus en gewasresten in de bodem mee te nemen.

Het toegepaste model neemt weliswaar een variëteit aan parameters mee, maar is aan de andere kant nog steeds een vrij generieke benadering van opbouw- en afbraakprocessen van bodemorganische stof in de bodem.

Een aantal aspecten wordt bijvoorbeeld niet meegenomen, zoals:

- afgifte van organische stof door planten via de wortels;
- de aanwezigheid in de bodem van een inerte fractie koolstof.

Daarnaast wordt aangenomen dat alle koolstof die al in de bodem aanwezig is zich gedraagt als humus, alhoewel in de praktijk 10-15% van het bodemorganische materiaal bestaat uit (micro)biologisch materiaal⁸.

Het gebruik van dit model is een compromis tussen een wetenschappelijk correcte, gedetailleerde, analyse en een meer globale benadering passend bij het generieke karakter van deze studie.

2.4.2 Nutriëntentoevoer

In de studie wordt aanvoer van nutriënten beschouwd als een indicatie voor vooral de consumptie van niet-hernieuwbare grondstoffen (P en K) en als indicatie voor de belasting van bodem en oppervlaktewater met vermestende stoffen (N en P). De indicatoren worden uitgedrukt als:

- aanvoer van N;
- aanvoer van P_2O_5 ;
- aanvoer van K_2O ;
- allen per geproduceerde hoeveelheid energie of producten uitgedrukt in GJ⁹.

2.4.3 Watergebruik

Vooraf lokaal kan watergebruik een probleem zijn als een substantieel deel van het hernieuwbare water gebruikt wordt in de landbouw. In deze analyse kijken we naar het totale watergebruik per hectare, zoals gedefinieerd door Mekonnen en Hoekstra (2010). Het watergebruik wordt uitgedrukt als:

- netto liters totaal watergebruik per geproduceerde hoeveelheid energie of producten uitgedrukt in GJ.

Hierbij is watergebruik voor de houtige gewassen niet meegenomen. Wortels van SRC reiken dieper, en pompen ook water weg uit diepere bodemlagen.

⁸ De term 'microbiologisch materiaal' verwijst naar de micro-organismen in de bodem die plantenresten en humus opeten en omzetten en daarbij in aantal toenemen.

⁹ Gigajoule: eenheid van geleverde hoeveelheid biobased product (elektriciteit, gas, brandstof en of product).



2.4.4 Toepassing van gewasbeschermingsmiddelen

Bij de teelt van gewassen worden verschillende agrochemicaliën (pesticiden, herbiciden en fungiciden) gebruikt. De toxiciteit van deze bestrijdingsmiddelen, en daarmee ook de invloed op de bodem, is heel verschillend. Aan de hand van de ReCiPe¹⁰-methodiek is een schatting te maken van het effect van de verschillende gewassen op bodemtoxiciteit. Hierbij wordt de bijdrage aan toxiciteit van verschillende stoffen die naar de bodem geëmitteerd worden, omgerekend naar de impact van de referentiestof - 1,4-dichloorbenzeen (1,4-DB-eq.) en uitgedrukt per eenheid biobased product.

De bodemindicator voor ecotoxiciteit van de bodem wordt uitgedrukt in kg 1,4-DB-eq. per geproduceerde hoeveelheid energie of producten uitgedrukt in GJ.

2.4.5 CO₂-balans

Een van de doelen van de biobased economy is het verminderen van broeikasgerelateerde emissies, ofwel een verlaging van de netto CO₂-eq.-emissie ten opzichte van de fossiele referenties die geproduceerd worden op basis kolen, olie en gas.

De netto reductie van de CO₂-emissie is berekend op basis van BioGrace, een model dat ook door Europese Commissie gebruikt wordt voor het berekenen van de CO₂-emissie reductie van biobrandstoffen (Biograce, 2011). Hieraan is de opslag of afgifte van koolstof uit de bodem aan toegevoegd op basis van de BOS-analyse.

De CO₂-balans wordt uitgedrukt als CO₂-eq.-emissie per geproduceerde hoeveelheid energie of producten uitgedrukt in GJ.

In de CO₂-balans zijn de volgende zaken meegenomen:

- indirect en directe landgebruik gerelateerde emissies;
- organische stofverandering in de bodem;
- afvoer en/of verwerking van restproducten;
- diesel in de landbouw;
- kunstmest, bestrijdingsmiddelen en zaad;
- N₂O-emissies;
- NH₄-emissies;
- transport naar verwerkingsinstallatie;
- energiegebruik bij verwerking van de biomassa tot eindproduct;
- voorkomen van emissies van de fossiele referentie op basis van kolen/olie/aardgas.

Voor het berekenen van de balans (de netto emissie) is, conform de LCA-methodiek, rekening gehouden met de klimaatimpact van het product wat uitgespaard wordt (bijvoorbeeld benzine). In de analyse is ook het klimaat-effect van indirecte land gebruiksveranderingen (ILUC) meegenomen op basis van de kentallen die de EC hanteert in het duurzame energiebeleid. Deze zijn vastgesteld op basis van onderzoek van IFPRI.¹¹

¹⁰ ReCiPe is de methodiek waarmee in levenscyclusanalysestudies ingrepen in het milieu (bijvoorbeeld emissies) omgerekend worden naar milieueffecten zoals bijvoorbeeld toxiciteit. Deze methodiek is ontwikkeld door een consortium van onderzoeksinstituten (RIVM, CML, PRé Consultants, en Radboud Universiteit Nijmegen) voor het toenmalige ministerie van VROM. Meer toelichting is te vinden op: <http://www.lcia-recipe.net/>.

¹¹ Zie http://trade.ec.europa.eu/doclib/docs/2011/october/tradoc_148289.pdf.



2.4.6 Landgebruik en opbrengst

Landgebruik is een overkoepelende indicator. Er wordt uitgegaan van gangbare opbrengsten in relevante productiegebieden van de verschillende ketens. In combinatie met de conversies die nodig zijn voor verwerking naar eindproduct en de energie-inhoud van het eindproduct wordt berekend hoeveel land nodig is voor productie van een bepaalde hoeveelheid eindproduct.

Landgebruik wordt uitgedrukt in hectares per geproduceerde hoeveelheid energie of producten uitgedrukt in GJ.

2.5 Gebruikte data

Voor het bepalen of schatten van de waarde van de beschouwde indicatoren per GJ brandstof of grondstof is het nodig om de volgende zaken te kwantificeren:

- opbrengst per hectare;
- massabalans over de keten;
- gebruikte hoeveelheden hulpstoffen (kunstmest, mest, bestrijdingsmiddelen), energie en water.

In onderstaande subparagrafen is aangegeven welke bronnen daarvoor in deze studie zijn gehanteerd en waarom. Een uitgebreide toelichting van alle data voor alle ketens is te vinden in het separate bijlagenrapport.

Gewasopbrengsten en hulpstoffengebruik

Cijfers voor:

- gewasopbrengsten per hectare;
- per ton gewas geproduceerde hoeveelheid bio-energie, biobrandstof of chemische grondstof;
- per ton gewas geproduceerde hoeveelheid industrieel bijproduct of reststroom;
- gebruik aan kunstmest en diesel energiedragers en industriële hulpstoffen;
- dieselgebruik bij teelt.

zijn grotendeels rechtstreeks uit JEC (2007) overgenomen. De JEC (2007)-studie ligt ten grondslag aan de broeikasgasbalansen voor biobrandstoffen opgenomen in de Renewable Energy Directive (Bijlage C) en is in bewerkte vorm deels beschikbaar als de BioGrace-rekentool in Excel.

Deze studie beoogt de implicatie in te schatten van het versterken van de rol van biomassa als grondstof in de economie, op de bodemkwaliteit in Nederland en daarbuiten. Met het oog op dit doel is het minder wenselijk wanneer voor massabalansen, broeikasgasemissiebalansen en voor andere aspecten die niet direct gerelateerd zijn met de processen in de bodem, bronnen worden gedragen die sterk ter discussie kunnen staan.

Op zich is er voor enkele gewassen wel degelijk discussie mogelijk. Voor maïs bijvoorbeeld wordt in BioGrace een opbrengst van 3,9 ton maïs/ha (85% d.s.) aangehouden. De werkelijke opbrengst in de US Corn Belt was in 2010 bijna drie keer zo hoog.



Opbrengsten aan gewasresten

Voor het bepalen van de organische stofbalans in de bodem zijn gegevens nodig voor de hoeveelheden gewasresten en de eigenschappen van die gewasresten - de mate waarin ze afbreken in de bodem.

Cijfers voor de hoeveelheden gewasresten zijn voornamelijk geschat op basis van IPCC (2006). Voor palmolie is gebruik gemaakt van aanvullende gegevens, voornamelijk CE (2006), omdat in IPCC (2006) voor dit gewas geen informatie over hoeveelheden gewasrest wordt gegeven.

Voor kort omloophakhout is uitgegaan van een toename van 10 ton/ha/jaar aan oogstbaar hout (zie JEC, 2007). De hoeveelheden gewasresten in de vorm van bladeren en wortels is geschat op basis van de aanname dat het oogstbare deel ongeveer de helft van de totale jaarlijkse groei van het hakhout vormt (zie WUR, 2008a).

De mate waarin gewasresten in de bodem worden afgebroken is geschat op basis van de humificatiefactor voor verschillende specifieke gewasresten of typen gewasresten (bladeren, wortels), zoals gegeven in bijvoorbeeld WUR, (2008); WUR (2012a); WUR (2012b); LNE (2009) en PPO, (2004). De humificatiefactor is een grootte die aangeeft welk deel van een gewasrest na één jaar nog in de bodem aanwezig is.

Watergebruik en gebruik van gewasbeschermingsmiddelen

Gegevens voor watergebruik en gebruik van gewasbeschermingsmiddelen zijn ontleend aan respectievelijk Hoekstra (2010) en de Ecoinvent-database.

Allocatie

In de ketenanalyse is bij ketens waarin waardevolle bijproducten worden geproduceerd, een deel van de milieu-impact gealloceerd naar deze bijproducten via zogenaamde energetische allocatie. Voorbeelden van waardevolle bijproducten met een hoog eiwitgehalte zijn schroot (sojaschroot, koolzaadschroot) of perspulp.



3 Bodemeffecten biobased ketens

In dit hoofdstuk vergelijken we de bodemkundige effecten van de belangrijke ketens in de biobased economy. De ketens worden vergeleken op basis van voor de biobased economy belangrijke eenheden (GJ vervanging fossiele energie en CO₂-emissiereductie).

3.1 Resultaten op hoofdlijnen

Tabel 2 vat de effecten op de bodem van alle ketens samen. De ketens zijn gescoord op basis van hun effect ten opzichte van het gemiddelde van alle ketens. Dit betekent dat als een keten een A of B scoort op een bepaalde indicator, de keten beter scoort dan gemiddeld.

Tabel 2 Relatieve scores van de biobased ketens op de verschillende bodemindicatoren

Keten	Organische stof	Nutriëntenbalans			Water	Eco-toxiciteit	CO ₂ -balans	Land
		N	P	K				
Suikerriet, blad en toppen verbrand	D	B	A	D	A	A	B	B
Suikerriet, blad en toppen op veld	A	A	A	A	A	A	A	B
Soja	B	A	E		E	A	D	E
Maïs	D	B	D	B	B	A	B	E
Tarwe, stro op veld	A	E	B	A	A	A	B	E
Tarwe, lignine retour	B	B	A	A	B	A	B	B
Tarwe, lignine verbrand	D	B	A	A	A	A	B	B
Suikerbiet	D	B	A	D	A	A	B	B
Koolzaad, 100% kunstmest	D	E	B	D	B	E	D	D
Koolzaad, deels dierlijke mest	D	E	A	A	B	E	D	D
Oliepalm	E	B	D	E	A	B	E	B
SRC (Wilg)	A	B	A	A	A	A	B	B
Resthout	E	A	A	A	A	A	A	A
Snijmaïs, 100% kunstmest	A	D	A	B	A	A	A	A
Snijmaïs, deels dierlijke mest	A	D	A	A	A	A	A	A

Toelichting: Alle scores zijn relatief ten opzichte van de best scorende en slechtst scorende keten. Scores variëren van E (tussen 0 en 25% afwijking t.o.v. de slechtst scorende) en A (tussen 0 en 25% afwijking t.o.v. de best scorenden). Een B of D wordt gegeven bij een afwijking t.o.v. het gemiddelde van niet meer dan 25%.



Uit Tabel 2 wordt duidelijk dat er drie ketens zijn die op alle aspecten bovengemiddeld scoren:

- suikerriet zonder verbranding van bladeren en toppen;
- gebruik van tarwestro voor ethanolproductie met terugvoeren van de ligninefractie;
- SRC (wilg).

Alle andere ketens scoren op één of meer bodemkundige aspecten onder het gemiddelde. Vooral koolzaad en oliepalm scoren op een aantal parameters lager dan gemiddeld. Bij snijmaïs, resthout en SRC daarentegen is de score voor de meeste indicatoren bovengemiddeld.

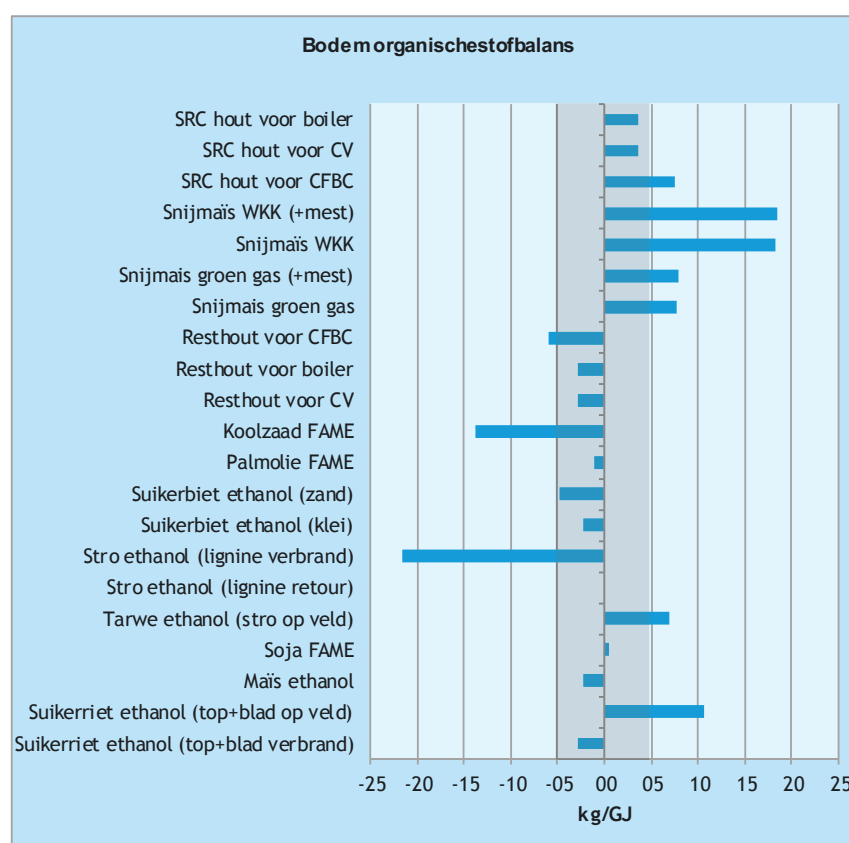
Per bodemindicator worden de verschillen tussen de ketens hieronder verder toegelicht.

3.2 BOS-balans

In Figuur 8 is de BOS-balans van de verschillende ketens, inclusief een aantal varianten van ketens, weergegeven.

Conform verwachting vindt er bij gewassen die weinig gewasresten achterlaten (koolzaad) en bij afvoer (resthout, tarwestro) of verbranding op het veld van gewasresten (suikerriet) netto afbraak van bodemorganische stof plaats.

Figuur 8 Opbouw en afbraak van bodemorganische stof in de bodem per keten (kg toevoer/GJ_{bruto})



Toelichting: Een negatieve waarde geeft aan dat netto bodemorganische stof wordt afgebroken. Het grijs gearceerde gebied van -5 kg CO₂-eq./GJ tot +5 kg CO₂-eq./GJ is aangehouden als onzekerheidsmarge. In dit bereik vallende waarden worden als niet significant beschouwd.

Bij gewassen die veel gewasresten achterlaten (snijmais, SRC, tarwe, suikerriet) vindt daarentegen netto juist opbouw van bodemorganische stof plaats. Dat gebeurt ook bij tarwe voor ethanol, waarvan stro voor ethanolproductie wordt gebruikt, mits de overblijvende ligninerijke fractie terug wordt gevoerd naar het veld, zoals in het concept van POET/DSM.

Het effect van stro ethanol (lignine retour) is nul omdat we hier vergelijken met het achterlaten van stro op het veld wat netto hetzelfde resultaat geeft.

De berekende balansen zijn uitgedrukt in procent afgebroken of opgebouwde bodemorganische stof en blijken goed in overeen te komen met andere bronnen. De berekende jaarlijkse afbraak van bodemorganische stof in Nederland wordt in deze studie geschat op (afgerond) 2% (vergelijkbaar met bijvoorbeeld Janssen, 2000 of WUR, 2004).



Tabel 3 Berekende bruto en autonome afbraak van bodemorganische stof

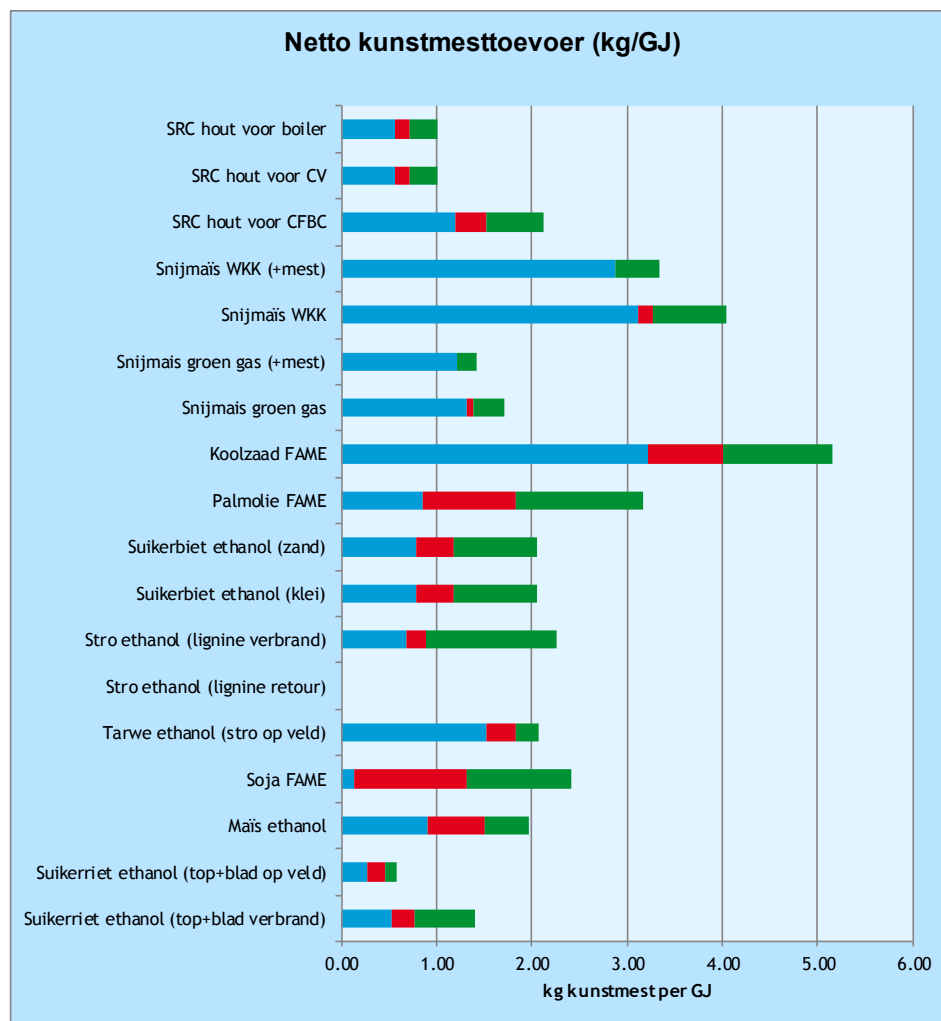
			Koolstof in natuurlijke bodem (IPCC, 2006)	Factor landgebruik (IPCC, 2006)	Kleigehalte (RSB, 2011)	Gewastype	Management	Afbraak %/jaar
Suikerriet, Brazilië	Tropical Moist	Oxisol	47	1	55%	Vaste plant	Niet Ploegen	2,9%
Soja, Brazilië	Tropical Moist	Oxisol	47	0,48	55%	Eenjarig	Niet Ploegen	2,9%
Maïs, VS	Cool Temperate Moist	Mollisol	95	0,69	0,21	Eenjarig	Niet Ploegen	1,5%
Tarwe, Noord- Frankrijk	Cool Temperate Moist	Alfisol	95	0,69	0,28	Eenjarig	Conventioneel	1,8%
Suikerbiet								
- West-Nederland, klei	Cool Temperate Moist	Alfisol	95	0,69	0,28	Eenjarig	Conventioneel	1,8%
- Oost-Nederland, zand	Cool Temperate Moist	Spodosol	115	0,69	0,02	Eenjarig	Conventioneel	1,8%
Koolzaad, centraal Duitsland	Cool Temperate Moist	Inceptisol	95	0,69	0,05	Eenjarig	Conventioneel	1,8%
Palmolie, Malakka	Tropical Wet	Ultisol	60	1	0,12	Vaste plant	Niet	4,1%
Resthout, Scandinavië	Cool Temperate Moist	Alfisol	95	1	0,28	Vaste plant	Niet	0,8%
Snijmaïs, kleigrond	Cool Temperate Moist	Alfisol	95	0,69	0,28	Eenjarig	Conventioneel	1,8%

Toelichting: 2^e en 3^e kolom van links betreffen klimaattypen (IPCC, 2006) en bodemsoorten (USDA taxonomie).

3.3 Nutriëntentoevoer

In Figuur 9 is weergegeven hoeveel kunstmest nodig is voor de productie van één eenheid energie in het eindproduct - de kunstmestgift is weergegeven in kg/GJ_{bruto}. De resthoutketens zijn niet weergegeven omdat deze geen toevoer van kunstmest hebben. Voor ketens op basis van stro, waarbij lignine wordt teruggevoerd naar het veld, is geen verandering in bodemorganische stof meegenomen omdat hier vergeleken wordt met een referentie waarbij stro sowieso op het veld achterblijft.

Figuur 9 Netto kunstmesttoevoer (kg/GJ)



Blauw: Stikstof (N) toevoer.

Rood: Fosfor (uitgedrukt in difosforpentaoxide P₂O₅) toevoer.

Groen: Kalium (uitgedrukt in dikaliumoxide K₂O) toevoer.

Hoofconclusie nutriëntenbehoefte ketens

Met name koolzaad vraagt relatief veel nutriënten. Palmolie en snijmais vragen ook duidelijk meer dan gemiddeld. Suikerriet geogst met achterlaten van toppen en bladeren op het veld scoort duidelijk beter dan alle andere ketens op het gebied van nutriëntenbehoefte.

Verklaring van verschillen in nutriëntenbehoefte biobased ketens

De verschillen in Figuur 9 komen vooral door twee belangrijke effecten:

1. De efficiëntie van de toepassing van de biomassa of het afgeleide product bij de gebruiker (vervangt het biobased product op efficiënte manier het fossiele product?).
2. De specifieke eigenschappen van het gewas.

De efficiëntie bij gebruik is met name terug te zien bij snijmaïs en bij SRC. Bij toepassing van biogas uit snijmaïs in een gasmotor wordt slechts 40% van de energie-inhoud van het biogas bij de gebruiker afgezet als elektriciteit. Bij opwerking tot groen gas is dit 95%. Die verhouding in efficiëntie van $(95\%/40\%=) 2,4$ is goed terug te zien in de verhouding tussen de hoogte van de gebruiken per GJ eindgebruik bij beide biogastoepassingen. De resultaten geven verder aan dat vanuit het perspectief van geleverde energie in het eindproduct beter een zo hoog mogelijke efficiëntie kan worden nagestreefd.

Het effect van de gewasspecifieke eigenschappen is met name bij de biobrandstofketens terug te zien. Stikstofvraag is met name gerelateerd aan het eiwitgehalte van het gewas. Gewassen zoals tarwe en koolzaad, die oogstproducten produceren met een hoog eiwitgehalte, zonder dit zelf vast te leggen (zoals soja) vragen relatief veel stikstof. Soja produceert als oliegewas net als koolzaad een oogstproduct met een hoog eiwitgehalte, maar soja bindt zelf vrijwel alle benodigde stikstof. Ook granen en suikerbiet hebben een hoog eiwitgehalte (10% van droge stof). Suikerriet vraagt weinig stikstof omdat het nauwelijks eiwit aanmaakt.

Kalium is in planten gerelateerd aan de stevigheid van de plant en aan vochttopname via de wortel en consumptie is dan ook hoger bij gewassen die veel stro produceren (granen) of veel water vragen (suikerbiet, oliepalm).

Globale evaluatie van de kwaliteit van de gegevens in Biograce

Tabel 4 (verder uitgewerkt in Bijlage C) geeft de in de literatuur aanbevolen en gerapporteerde bemestingsniveaus voor de belangrijkste biobased ketens. De eerste kolom geeft de spreiding van de genoemde bemestingsniveaus. Dit zijn waarden die in verschillende bronnen worden gegeven als reële waarden. In de praktijk zal de bemesting afhangen van de combinatie van bodemkwaliteit, verwacht opbrengstniveau en weersomstandigheden. De tweede kolom geeft een inschatting van het bemestingsniveau dat wordt verwacht van de in deze studie aangehouden praktijksituaties (regio, opbrengstniveau, gangbare bodems, etc.). Het gaat hierbij uitsluitend om kunstmestgiften. Toediening van dierlijke mest of compost worden vaak niet - of onvolledig - beschreven.

In deze analyse hebben we voornamelijk de gegevens uit BioGrace gebruikt omdat dat een consistente set aan gegevens is en omdat we daarbij aansluiten bij bestaande uitgangspunten binnen de biobased economy. De waarden verzameld voor deze tool worden in veel biobased beleid in Nederland en de EU gebruikt. Er zijn echter kanttekeningen bij deze bron.

De in BioGrace en de achterliggende studies gehanteerde bemestingsniveaus liggen vaak redelijk in de buurt van de als gangbaar aangehouden waarden. Maar er zijn wel enkele opvallende uitzonderingen. Voor bepaalde gewassen liggen de gehanteerde waarden vaak aanzienlijk lager dan wat redelijkerwijze mag worden verwacht in de praktijk. Dit geldt met name voor maïs (-120). Voor koolzaad en oliepalm (respectievelijk -65 en -60 kg/ha) geldt dat de verschillen wel erg groot zijn.



Tabel 4 Stikstof- en fosfaatbemesting - variatie en vergelijking van praktijk met dataset BioGrace en cijfers gebruikt door Europese Commissie

	Literatuur		Gangbaar		BioGrace		JEC ¹	
	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅
Tarwe	80-200	30-120	130	60	109	22	109	22
Suikerbiet	85-120	0-150	120	158 (1)	120	60	119	60
Suikerriet	45-90	30-60	57	60	63	28	75	28
Maïs	145-170	54-84	170	84	52	35	-	g.g.
Soja	2 tot 8	36-76	8	39	0	66	8	66
Oliepalm	197	114	197	114	128	144	7	147
Koolzaad	150-250	80-100	200	90	137	34	137	34
SRC	70-120	23-46	80	35	-	g.g.	25	34
Hout	150-225 ²	g.g.	60	10	-	g.g.	25	g.g.

g.g. Geen gegevens.

1 : Achtergrondstudie ten behoeve van RED (Renewable Energy Directive) voor de Europese Commissie (JEC, 2007); ² bemesting in beperkt deel van de jaren.

Eén van de factoren die hier een rol kunnen spelen is het ontbreken van informatie over toepassing van dierlijke en plantaardige mest. Opvallend is dat de genoemde rekentools en rapporten vaak nauwelijks ingaan op het ontbreken van (cijfers voor) organische meststoffen, ook niet in hun analyses.

Dit kan leiden tot een onderschatting van de aangevoerde nutriënten. In de praktijk worden dan niet alle meststoffen meegeteld. Ten aanzien van de organische stofbalans geldt verder dat dit zal leiden tot een onderschatting van de aanvoer van organische stof. Er zal dus eerder (schijnbaar) sprake zijn van uitputting van organische stoffractie in de bodem.

Tenslotte zal het onvermeld laten van organische meststoffen leiden tot een onderschatting van de nutriëntenemissies. Dit geldt in hoge mate voor de emissies van lachgas (N₂O). Aangezien dit ook een belangrijk broeikasgas is (reactiviteit 310 x zo sterk als CO₂) beïnvloedt dit de broeikasgasbalans in sterk mate.

Conclusie data in biograce

Samenvattend kunnen we stellen dat in de Biograce-spreadsheet en in het Europese beleid waarschijnlijk toepassing van dierlijke mest in sommige ketens is vergeten en dat daardoor voor sommige ketens de broeikasgasbalans niet klopt. (deze is waarschijnlijk te optimistisch).

3.4 Watergebruik

In Figuur 10 is voor de verschillende ketens weergegeven wat het watergebruik is, uitgedrukt per GJ eindgebruik. Om methodologische redenen is voor drie ketens het watergebruik als nul gerekend; resthout, SRC en tarwestro. Deze ketens zijn niet weergegeven in de figuur.

Er is een aantal ketens met een relatief laag watergebruik per GJ eindgebruik; suikerriet, suikerbiet, snijmaïs. Deze lage vraag hangt vooral samen met de hoge opbrengst aan GJ per hectare, die kunnen worden gebruikt als brandstof of grondstof. Het omgekeerde effect treedt op bij soja.



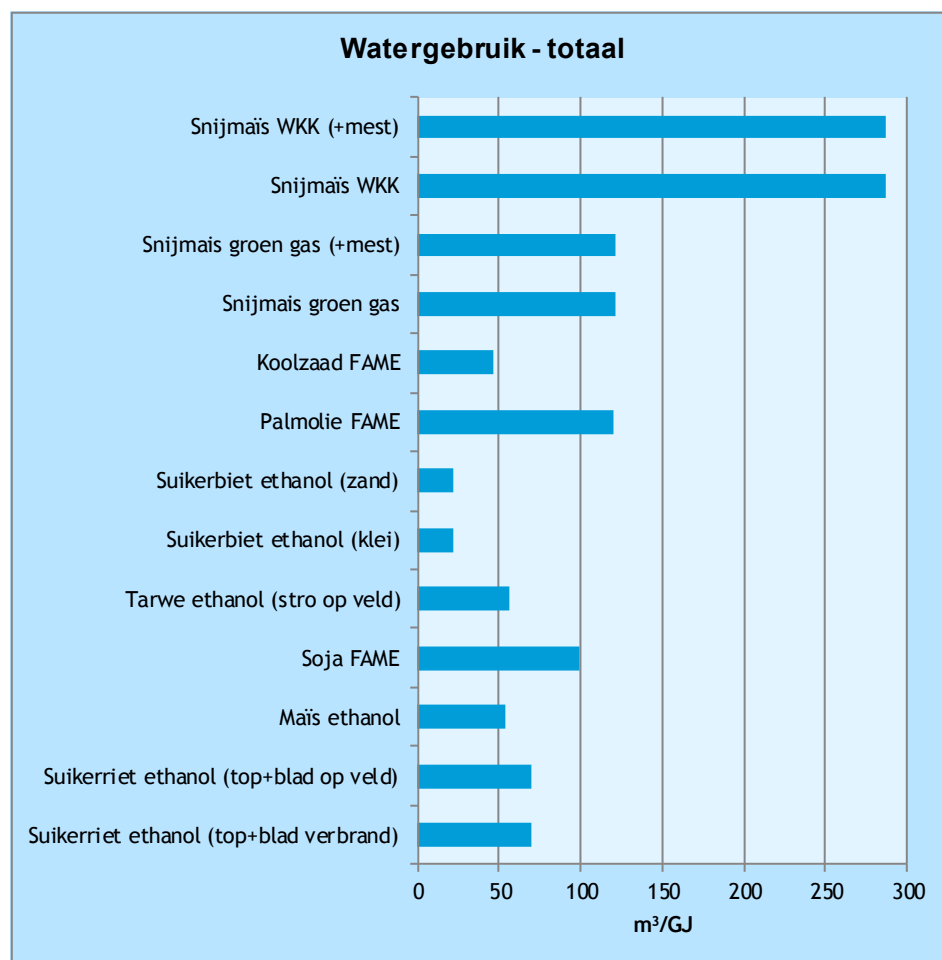
De indicator ontwikkeld door (Hoekstra, 2008) geeft niet aan in hoeverre er sprake is van een probleem gerelateerd aan watergebruik. Bekend is dat watergebruik bij teelt van suikerriet soms leidt tot lokale schaarste omdat irrigatie wordt toegepast en het resulterende watergebruik hoger is als de via neerslag, oppervlaktewater en grondwater aangevoerde hoeveelheden.

Dit is echter om twee redenen niet terug te zien in de indicator:

1. Het delen door GJ eindgebruik: als de opbrengst per hectare maar groot genoeg is, dan valt de indicatorwaarde laag uit.
2. Het zonder met regio en regionale waterbalans rekening te houden verrekenen van het zogenaamde blauwe watergebruik en de aan de gewasteelt gerelateerde evapotranspiratie; er is bijvoorbeeld niet aangegeven hoe blauw watergebruik zich verhoudt tot evapotranspiratie van natuurlijke vegetatie en in hoeverre er sprake is van verdroging in de beschouwde regio.

Het absolute watergebruik is voor de verschillende gewassen eigenlijk niet één op één te vergelijken omdat het wateraanbod tussen gebieden erg kan verschillen. Hoekstra rapporteert enkel voor suikerriet (Brazilië) en maïs (VS) gebruik van irrigatiewater. Deze hoeveelheden zijn erg klein ten opzichte van de totale toevoer; respectievelijk 4 m³/ton en 2 m³/ton voor suikerriet en maïs.

Figuur 10 Watergebruik in m³/GJ, het totaal aan groen water (hemelwater) en blauw water (irrigatiewater)



Conclusie watergebruik

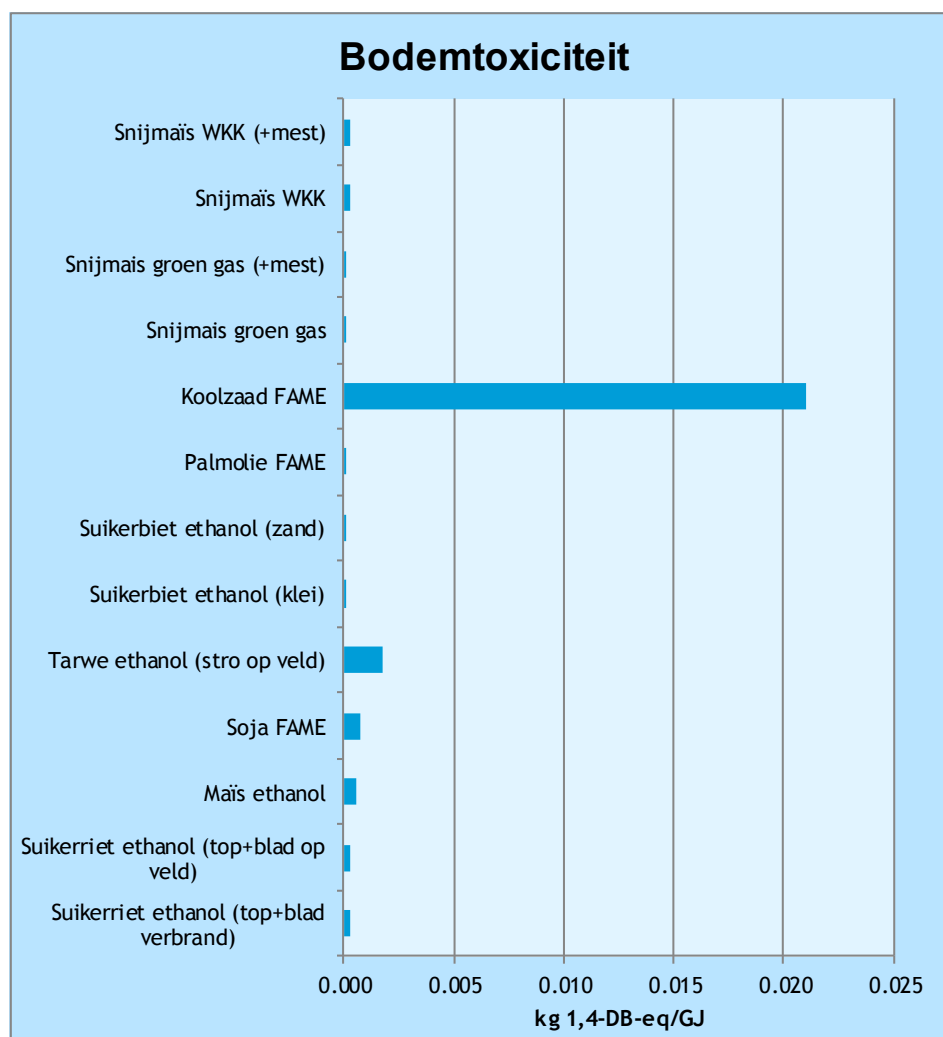
Er zijn verschillen in watergebruik tussen de biobased ketens maar er is ook een groot (regionaal) verschil in beschikbaarheid van water. Dit laatste punt is in deze studie niet meegenomen. Daarom zijn er op het gebied van watergebruik van de biobased ketens geen conclusies te trekken.

3.5 Ecotoxiciteit

Voor ecotoxiciteit is aan de hand van beschikbare data binnen de LCA-database Ecoinvent gekeken wat de verschillen tussen de ketens zijn. Het gaat hierbij om gebruik van agrochemicaliën, waarbij er voor de houtige biomassa vanuit is gegaan dat deze niet gebruikt worden. Zoals weergegeven in Figuur 11 valt de ecotoxiciteit van alle ketens erg mee ten opzichte van de koolzaadketen.

In onze methodologie alloceren we gebruik van agrochemicaliën niet naar reststromen, ofwel de resthout- en de stroketens. Deze ketens, die volgens onze methodiek per definitie op 0 uitkomen voor bodemtoxiciteit, zijn niet weergegeven.

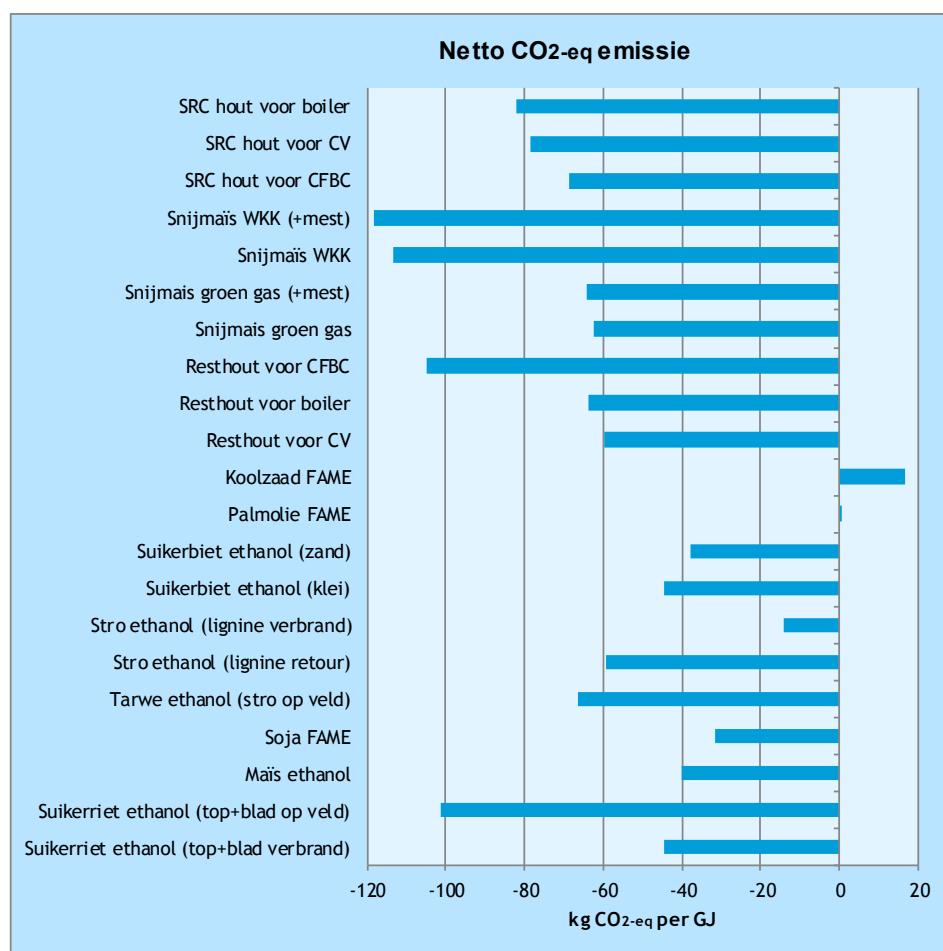
Figuur 11 Bodemtoxiciteit (kg 1,4-DB-eq./ GJ)



3.6 CO₂-balans

Omdat de eindproducten worden gebruikt in energietoepassingen als vervanging van fossiele brandstoffen, is het interessant om te kijken of er een CO₂-winst wordt geboekt over de gehele keten. Hiertoe worden de emissies vergeleken met de referentiewaarde uit de RED (83,6 g CO₂-eq./MJ). In Figuur 12 is voor de verschillende ketens weergegeven hoe groot de reductie is in CO₂-emissie over de gehele keten t.o.v. de referentie. Hieruit blijkt dat dit voor koolzaad negatief uitvalt. Hierin is al gealloceerd naar bijproducten (een deel van milieubelasting is toegerekend naar bijproducten als veevoer). De snijmais-ketens scoren het beste, en ongeveer even hoog als de suikerrietketen waarbij de toppen en bladeren op het veld achtergelaten. Bij resthout is te zien dat er een groot verschil is in reductiepotentieel tussen de verschillende ketens. Dit geldt ook voor de stroketens en de suikerrietketens. Met goed management valt dus veel te winnen.

Figuur 12 Netto CO₂-eq.-emissie per GJ (t.o.v. referentie benzine/diesel in RED)



In de berekeningen is rekening gehouden met emissies gerelateerd aan indirecte landgebruiksverandering en daarbij optredende verwijdering van vegetatie en afname van bodemorganische stof. Indirect landgebruik kan optreden wanneer gebruik van land voor teelt van gewassen voor de productie van biobrandstoffen of biograndstoffen het nodig maakt elders nieuw akkerland te creëren. Creëren van additioneel akkerbouw-



land kan bijvoorbeeld door ontbossing of omzetting van (al dan niet beheerd) grasland.

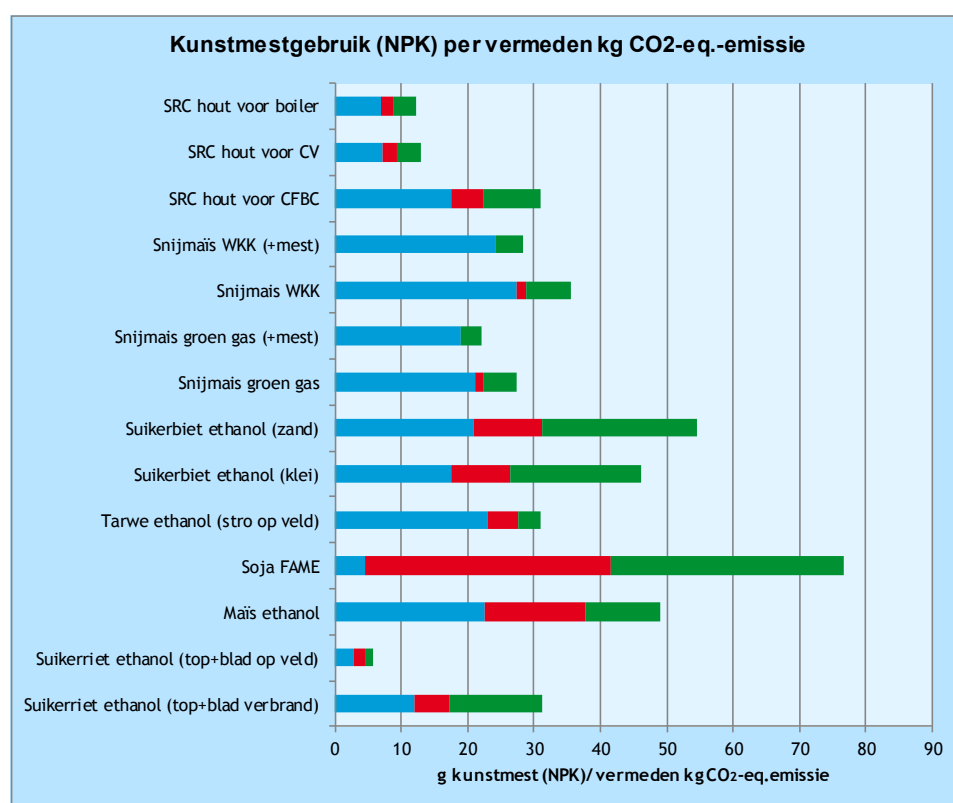
Conclusie CO₂-balans inclusief bodemeffecten

Op dit moment worden de CO₂-balans effecten van opslag of afname van koolstof in de bodem niet meegenomen bij CO₂-berekeningen in de biobased economy. De analyse hier geeft aan dat deze effecten wel degelijk relevant zijn in de berekening. Zo is de hier berekend waarde voor ethanol uit suikerriet waarbij de toppen en bladeren op het veld verbrand worden duidelijk lager dan in het beleid gebruikte waarde en is de waarde voor ethanol uit suikerriet met achterlaten van toppen en bladeren op het veld hoger dan de standaard gebruikte waarde. Meenemen van de koolstofbalans van de bodem kan derhalve de CO₂-balans berekening preciezer maken.

3.7 Bodemeffecten per vermeden kg CO₂-eq.-emissiereductie

In Figuur 12 is weergegeven hoe groot de benodigde nutriënteninput is per vermeden kg CO₂-eq.-emissiereductie. Palmolie en koolzaad zijn in deze figuur achterwege gelaten omdat de vermeden CO₂-eq.-emissiereductie respectievelijk vrijwel nul en negatief zijn. (De nutriëntenconsumptie voor deze ketens ten opzichte van de emissiereductie loopt dus respectievelijk richting oneindig of valt negatief uit.)

Figuur 13 Consumptie van nutriënten (NPK) per kg vermeden CO₂-eq.-emissie

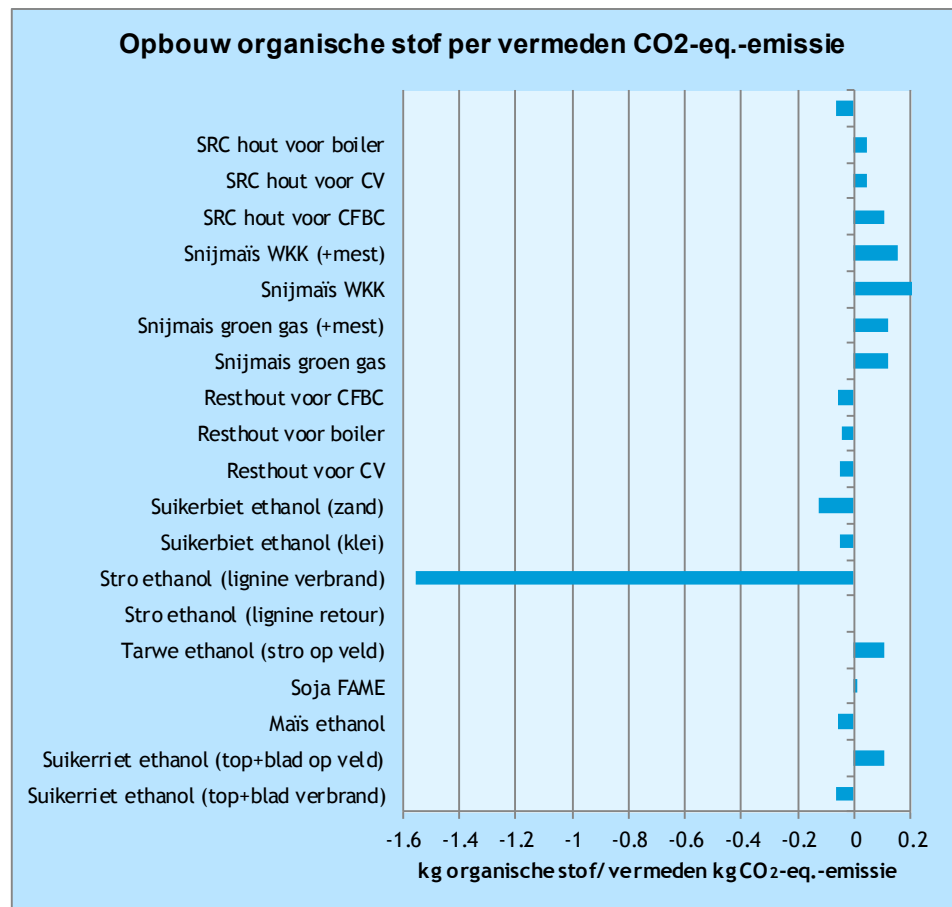


Blauw: Stikstof (N) toevoer.
 Rood: Fosfor (als P₂O₅) toevoer.
 Groen: Kalium (als K₂O) toevoer.



Nutriëntenconsumptie per vermeden kg CO₂-emissie is vooral laag bij terugvoer of achtergelaten van gewasresten op het veld. Uit Figuur 13 blijkt verder dat het verbranden van lignine erg onaantrekkelijk is als gekeken wordt naar klimaatimpact én gebruik van kunstmest. Terugvoer van lignine uit de ethanolafabriek is voor de bodem belangrijk. Ditzelfde effect speelt bij de opbouw of afbraak van bodemorganische stof weergegeven per vermeden kilogram CO₂-eq.-emissie, zoals te zien in Figuur 14. Voor ketens op basis van stro, waarbij lignine wordt teruggevoerd naar het veld is geen verandering in bodemorganische stof meegenomen omdat hier vergeleken wordt met een referentie waarbij stro sowieso op het veld achterblijft.

Figuur 14 Opbouw organische stof in de bodem per vermeden kg CO₂-eq.-emissie

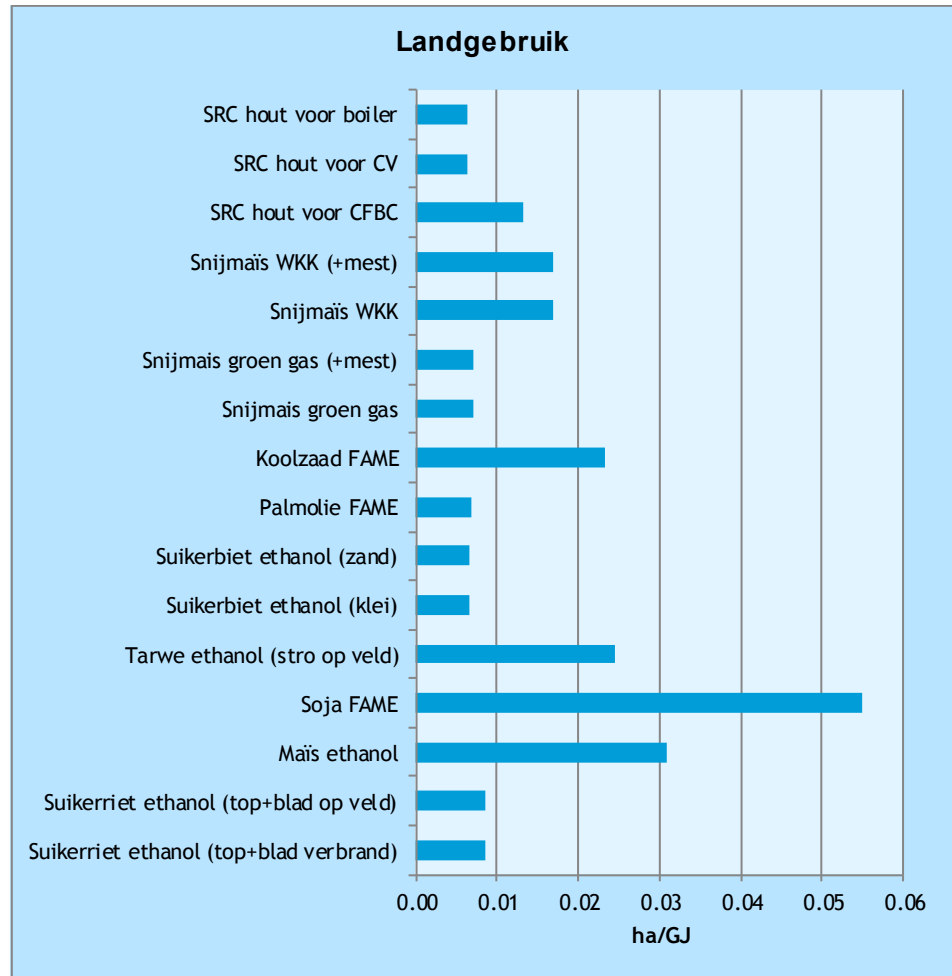


3.8 Landgebruik

In deze studie wordt niet specifiek aandacht geschonken aan biodiversiteit, maar wordt wel ingegaan op gebruik van land. Hierbij kijken wij ook naar ILUC (indirect land use change), dit is meegerekend in de koolstofbalans. In Figuur 15 is de hoeveelheid landbouwgrond weergegeven die nodig is voor de productie (in GJ) bij de verschillende gewassen. Er is geen landgebruik gealloceerd naar mogelijke reststromen. De ketens op basis van zulke reststromen (stro en resthout) zijn daarom in de figuur niet weergegeven.



Figuur 15 Landgebruik (ha/GJ_{bruto})



Het landgebruik per GJ eindgebruik wordt net als bij bijvoorbeeld nutriëntengebruik beïnvloed door de efficiëntie waarmee de biomassa of afgeleide producten worden toegepast. Dit is weer te zien in de verhouding tussen landgebruikcijfers voor kort omloop hakhout en snijmaïs.

Daarnaast hangt het specifieke landgebruik ook samen met gewasspecifieke eigenschappen en teeltgerelateerde aspecten:

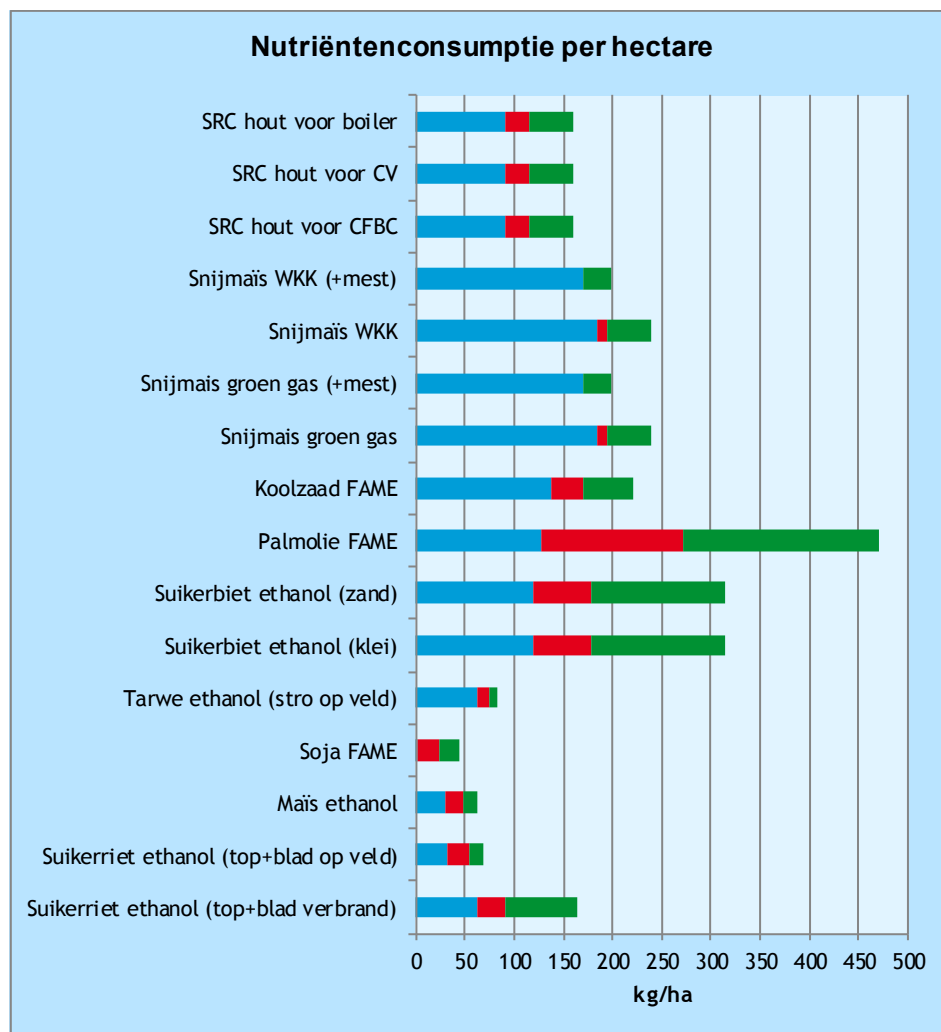
- opbrengst van het gewas per hectare;
- gehalte aan componenten die kunnen worden gebruikt voor of kunnen worden omgezet in brandstof of grondstof.

Soja springt er wat betreft landgebruik uit. Dit gewas wordt echter in de eerste plaats geteeld voor het eiwithoudende schroot, dat als krachtvoer wordt gebruikt in de veehouderij. De olie is vooral een bijproduct.

Nutriëntenaanvoer en CO₂-balans per hectare

In beleid rakend aan de 'biobased economy' worden resultaten in de regel uitgedrukt per GJ eindgebruik, zoals ook in voorgaande paragrafen. Voor de herkenbaarheid bij met name nutriëntentoevoer voor stakeholders die meer affiniteit hebben met landbouw en landbouwbeleid zijn in onderstaande figuren de nutriëntentoevoer en broeikasgasbalans ook uitgedrukt per hectare.

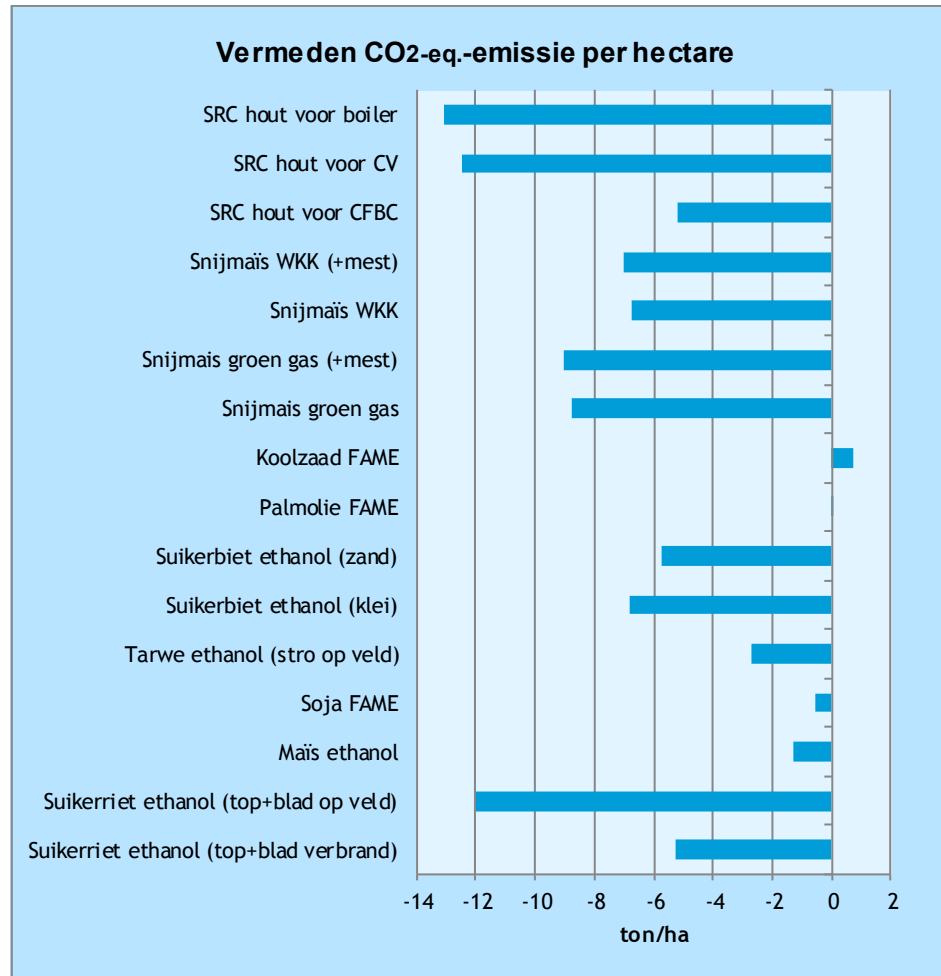
Figuur 16 Nutriëntenconsumptie (kg NPK per ha)



Blauw: Stikstof (N) toevoer.
 Rood: Fosfor (als P₂O₅) toevoer.
 Groen: Kalium (als K₂O) toevoer.



Figuur 17 CO₂-emissiereductie per hectare (kg/ha)



3.9 Conclusies: de verschillen tussen de ketens

Er zijn grote verschillen tussen de ketens ten aanzien van de scores op de bodemindicatoren. Bij sommige ketens neemt de hoeveelheid organische stof in de bodem af. Dit betreft met name oliepalm, resthout en gebruik van tarwestro voor ethanol zonder terugvoeren van de lignine.

De tarweketen is hier in het bijzonder interessant, omdat de manier waarop de reststroom lignine ingezet wordt een keuze is. Ook bij de suikerrietketen is te zien dat als het blad en de top achtergelaten wordt op het veld, de BOS-balans positief uitvalt, terwijl als dit verbrand wordt (wat nu vaak het geval is) dit niet zo is. In de biobased economy is op dit moment veel aandacht voor 'impact-vrije' reststromen - deze case laat zien dat er dus goed gekeken moet worden naar de bodemeffecten van het gebruik van reststromen. Interessant zou zijn om hierbij de goede balans te vinden tussen opbouw van organische stof en maximale opbrengst.

Samengevat zijn er een aantal conclusies relevant voor beleid voor de biobased economy:

1. *Drie à vier ketens scoren goed op bodemkundige aspecten:*

Uit de analyse van ketens blijkt dat ethanol van suikerriet (zonder verbranding) op alle bodemkundige aspecten beter scoort dan andere ketens. Iets minder, maar nog steeds goed, scoren gebruik van tarwestro voor ethanol (met terugvoeren van de ligninefractie), en de SRC-ketens. Ook nog vrij goed (maar met een hoge behoefte aan stikstof) scoort het toepassen van snijmaïs voor biogas.

2. *Dezelfde gewassen scoren anders gebruikt heel anders:*

De verschillen tussen suikerriet op verschillende manieren geoogst en tarwe op verschillende manieren geoogst zijn behoorlijk groot. Differentiaties naar teelt en oogstwijze zijn dus belangrijk.

3. *Grote verschillen bodemkundige kenmerken gewassen voor de biobased economy:*

De analyse van verschillende biobased economy ketens leert dat er een grote variatie is op de bestudeerde bodemkundige kenmerken uitgedrukt in CO₂-eq.-emissiereductie. De precieze vormgeving van de biobased economy bepaalt daarmee sterk de effecten op de bodem van deze ontwikkeling. Keuzes in de stimulering van de biobased economy voor bepaalde toepassingen/gewassen hebben daarmee een grote invloed op bodemkundige ontwikkelingen mondiaal en in Europa.

4. *Gebruik reststromen:*

Over het algemeen wordt het gebruik van reststromen als stro als positief gezien in de biobased economy. De analyses van de ketens met meer of minder reststroomgebruik geven aan dat dit bodemkundig genuanceerder ligt. Gebruik van reststromen is vooral interessant als de lignine weer teruggevoerd wordt op het land.

5. *Veel studies geven geen volledig beeld van het gebruik van meststoffen:*

Gebruik van dierlijke mest is vaak onvoldoende bekend. CO₂-tools nemen dierlijke mest vaak niet mee bij het berekenen van broeikasgasbalansen. Ook nationale rapportages zijn in de praktijk vaak incompleet op dit gebied. Dit leidt tot een onderschatting van de bij de teelt van de gewassen optredende emissies van lachgas, en daarmee van de broeikasgasbalans. Ook geeft het een vertekend beeld van de aanvulling van bodemorganische stof.



4 Scenario's: de bodemeffecten

In Hoofdstuk 4 zijn de ketens die de basis vormen voor potentiële biobased economies doorgerekend met betrekking tot hun effect op de bodem. In de biobased economy zullen uiteindelijk meerdere ketens een belangrijke rol spelen. In dit hoofdstuk worden de bodemeffecten van drie scenario's voor de biobased economy, elk met een andere focus, doorgerekend.

Voor 2050 wordt geschat dat de totale energievraag rond de 1.000 EJ zal bedragen. De recentere studies geven ranges tussen de 80 EJ (WBGU, 2008) en 200 EJ met uitschieters naar 300 EJ (IPCC, 2011) voor de bijdrage die biomassa daaraan kan leveren. Daarmee valt mondiaal de inschatting van de potentiële bijdrage van biomassa tussen de 8 en 20% in 2050. Verschillende sectoren mikken echter op hogere aandelen biomassa in het gebruik. Zo mikt de Nederlandse elektriciteitssector op 35% duurzame elektriciteit in 2020 waarvan ongeveer de helft bio-energie. De transportsector mikt Europees in 2020 op circa 10% duurzaam, waarvan het grootste deel biobrandstoffen. De VNCI heeft aangegeven te streven naar 25% biograndstoffen in 2030. Voor jaren na 2020/2030 (dus richting 2050) gaan al deze sectoren uit van een toename van het gebruik van biomassa. Daarmee liggen de Europese doelen waarschijnlijk hoger dan de duurzame mogelijkheden. Impliciet wordt er dus verondersteld dat Europa een groter aandeel biomassa in de energievoorziening gaat gebruiken dan andere continenten.

In eerdere biomassa potentieelstudies en prognoses is nog weinig aandacht besteed aan bodemkundige aspecten van teelt/productie voor de biobased economy. In dit hoofdstuk vullen wij eerder ontwikkelde scenario's aan met bodemkundige kennis.

4.1 Scenario's voor de biobased economy

Hoofdstuk 2 en Hoofdstuk 3 maken duidelijk dat er nog veel ontwikkeling van de biobased economy mogelijk is, in verschillende richtingen. Dit betekent dat het effect van de biobased economy op de bodem ook verschillende vormen kan aannemen. In Tabel 5 zijn de relevante producten en sectoren gekoppeld aan de gewassen die wij in deze studie bekijken.

Tabel 5 De biobased economy - gewassen, toepassing en sector

Product	Grondstof/Gewas	Vervangt	Sector
Ethanol	Suikerriet, maïs, tarwe, tarwestro, suikerbiet	Benzine	Transport
	Suikerriet, tarwe, tarwestro	Etheen	Chemie
Biodiesel	Koolzaad, oliepalm	Diesel	Transport
Bio-elektriciteit en biowarmte	SRC, resthout, snijmaïs	Kolen/gas	Energie
Biogas	Snijmaïs	Aardgas	Energie/Transport



De richting waarin de biobased economy zich zal ontwikkelen is onder andere afhankelijk van beleid, en het beleid voor de biobased economy ligt nog behoorlijk open. In de vorige eeuw lag de focus in Europa vooral op biomassa voor elektriciteit en warmte. Tien jaar geleden is daar een sterk stimuleringsbeleid voor biotransportbrandstoffen bij gekomen.

Met name in Duitsland en Nederland wordt ook biogas nu sterk gestimuleerd. De laatste jaren komt naar voren dat er ook in de chemie en de metaalindustrie interessante opties voor inzet van biomassa zijn. Deze sectoren ontvangen momenteel echter nog vrijwel geen overheidsstimulering.

Wij kijken in deze analyse naar ambities en visies met betrekking tot het aandeel duurzame energie en grondstoffen voor 2030 in verschillende sectoren, zoals dat nu gedefinieerd is door verschillende brancheverenigingen en overheden. We haken aan bij de scenario's die eerder door PBL en CE Delft voor de EU zijn ontwikkeld (PBL/CE Delft, 2012) en die elk een andere ontwikkelingsrichting hebben:

1. Focus op bio-elektriciteit en warmte.
2. Focus op transportbrandstoffen.
3. Focus op biobased producten en grondstoffen voor o.a. de chemie.

In praktijk zal de biobased economy zich waarschijnlijk als een mix van bovenstaande richtingen ontwikkelen. De scenario's zullen dan ook een mix van de drie toepassingsrichtingen bevatten, waar bij elk de meeste biomassa richting de focusrichting gaat. Door een duidelijke focus op een specifieke richting te leggen zijn de verschillende mogelijke ontwikkelingsrichtingen goed te vergelijken met betrekking tot hun effect op de bodem. Dit wordt dan echter met biomassa uit verschillende typen ketens ingevuld.

Voor een zinvolle vergelijking hebben de drie scenario's elk een gelijke 'grootte' - 15,1 EJ/jaar in de EU. Dit is gebaseerd op de optelsom van de laagste beoogde substitutiepercentages die in de drie sectoren zijn gedefinieerd, tezamen 25% van het totale eindgebruik, ofwel 15,1 EJ/jaar.

Een GJ biomassa is in dit onderzoek gedefinieerd als een hoeveelheid biomassa in de vorm van het vervangen van de fossiele grondstoffen kolen/olie/gas. Het gaat dan om:

- een GJ vaste biomassa geschikt voor toepassing in een elektriciteitscentrale (bijv. pellets uit hout);
- een GJ vloeibare biomassa geschikt om toe te passen in een verbrandingsmotor van een voertuig (bijv. ethanol of biodiesel);
- een GJ biogas of groen gas geschikt om in te zetten als vervanger van aardgas;
- een GJ biomassa geschikt om te zetten in een chemische installatie als vervanger van aardolie of aardgas.

De verschillende sectoren kennen een verschil in ontwikkelpotentieel. De laatste jaren is er een sterke stimulering voor biobrandstoffen, terwijl voor subsidies of verplichtingen voor de chemie weinig aandacht is. Ook in de energiesector (elektriciteit en warmte) wordt biomassa al langere tijd gebruikt.

In de chemie zijn er waarschijnlijk routes waar biomassa goed kan worden ingezet, maar de ontwikkeling hiervan bevindt zich in een vroeg stadium. Beleid speelt een grote rol in verdere ontwikkeling van de biobased economy. Ook spelen lokale factoren zoals productiemogelijkheden en beschikbaarheid een rol. Daarom hebben wij hier gekeken naar de ambities van de sectoren zelf, en welke effecten het behalen van deze ambities zou hebben.



4.2 Invulling van de scenario's

Omdat er beperkt biomassa beschikbaar is, zal er waarschijnlijk concurrentie plaatsvinden tussen sectoren. Om deze concurrentie tussen de verschillende sectoren weer te geven zijn de scenario's als volgt opgebouwd:

- Er is een algehele ambitie gedefinieerd, gelijk aan het laagste beoogde substitutiepercentage in de drie onderscheiden sectoren (= 25%).
- Vervolgens zijn drie scenario's ontwikkeld, ieder met de focus op één specifieke sector. Voor deze sector is uitgegaan van de beoogde maximale substitutie. We hebben hiervoor een maximaal technisch potentieel meegenomen om de maximale variatie te laten zien.
- Voor de overige twee sectoren is de inzet van biomassa bepaald door de hoeveelheid biomassa die nodig is om de totale ambitie van 25% vervanging te realiseren te verdelen naar rato van de omvang van het energiegebruik in deze sectoren over de beide sectoren te verdelen.

In Tabel 6 is weergegeven hoe de drie scenario's ingevuld zijn. Zoals hierboven uitgelegd zijn de drie scenario's even groot; alle drie 15,1 EJ/jaar in de EU. In elk van de drie scenario's spelen elektriciteit en warmte, transportbrandstoffen en chemie een rol, maar in verschillende mate.

Tabel 6 Eindgebruik (EJ) van biomassa voor de drie scenario's in de drie sectoren (EU), alle cijfers in EJ/jaar (2030)

	Totaal eindgebruik in 2030	Maximale substitutie	Eindgebruik o.b.v. biomassa, focus op		
			E + W	Transport	Chemie
E + W	36,4	40%	14,6	1,9	8,4
- elektriciteit			6,3	0,2	0,9
- warmte			8,2	1,7	7,5
Transport	21,8	60%	0,5	13,1	5,0
Chemie (organisch)	2,2	80%	0,0	0,1	1,7
			15,1	15,1	15,1

De scenario's sluiten aan bij eerdere scenario's in (PBL/CE Delft,2012).

Elektriciteit en warmte

Elektriciteit wordt voor 1/3 geproduceerd op basis van SRC hout, 1/3 op basis van resthout en voor 1/3 op basis van biogas uit snijmaïs in dit scenario. Industriële warmte komt voor 45% uit SRC-hout, 45% uit resthout ingezet in boilers en 10% uit biogas op basis van snijmaïs.

Transport

Voor transport (exclusief luchtvaart en scheepvaart) is een maximale bijdrage van 60% aangehouden op basis van PBL/CE Delft, 2012).

Voor de invulling van de scenario's is uitgegaan van een combinatie van ethanol uit voedselgewassen en reststromen en van HVO uit palmolie, geteeld op gedegradeerde bodems.



Bij invulling is rekening gehouden met de duurzaamheidseisen uit de RED en is uitgegaan van invoer van een ILUC-factor voor geteelde biomassa en andere land gebruikende biomassagrondstoffen. De ILUC-factoren zullen er naar verwachting voor zorgen dat op plantaardige olie gebaseerde biobrandstoffen niet zullen kunnen voldoen aan de in de RED gedefinieerde vereiste minimum reductie van broeikasgasemissies.

Gezien de voor 2030 verwachte verhouding tussen consumptie van diesel en benzine (75% ÷ 25%) en de snelheid waarmee voertuigen die geschikt zijn voor inzet van ethanol de markt penetreren is een significante inzet van biobrandstoffen echter niet mogelijk wanneer niet een hoog percentage diesel kan worden vervangen. Om die reden is uitgegaan van toepassing van FAME uit palmolie en koolzaad.

Voor ethanolproductie wordt uitgegaan van een mix van ethanol uit granen en suikergewassen en een beperkt aandeel ethanol uit stro (25%). De verdeling tussen de voedselgewassen is conform de huidige inzet van deze voedselgewassen als grondstof voor ethanolproductie (zie USDA, 2011)¹².

Tabel 7 Aangehouden inzet van biotransportbrandstoffen in de beschouwde scenario's

	Aandeel per deelsector
Benzine substitutie	
Suikerriet etanol, top+blad verbrand	10%
Mais ethanol VS	15%
Tarwe etanol, stro op veld	30%
Suikerbiet ethanol zand	20%
Stro etanol, lignine verbrand	25%
Diesel substitutie	
Palmolie FAME	40%
Koolzaad FAME	60%

De aangehouden invulling van de 2030 sluit **niet** aan bij het recente voorstel vanuit de EU (DG TREN) om de inzet van voedselgewassen als grondstof voor biobrandstoffen voor de invulling van de 2020 RED-doelstelling te beperken tot 50% van die doelstelling.

We zijn er echter van uitgegaan dat de alternatieve productieroutes zoals ethanol via vergassing van hout of Fischer Tropsch diesel uit hout niet voldoende snel kunnen worden 'uitgerold' om een significante bijdrage te kunnen leveren aan zo'n ambitieuze doelstelling als 25% substitutie in wegvervoer. Deze routes zijn kapitaalintensief en zijn nu technisch gezien nog niet uitontwikkeld.

Chemie

Voor de organische chemie is uitgegaan van een maximale potentiële vervanging van aardgas en olie gebaseerde grondstoffen door biomassa van 80%. Dit is duidelijk hoger dan de circa 30% die vaak als doelstelling wordt geformuleerd maar technisch in principe wel mogelijk. Deze 80% is ook gekozen om een duidelijke variatie in de scenario's te laten zien.

¹² http://gain.fas.usda.gov/Recent%20GAIN%20Publications/Biofuels%20Annual_The%20Hague_EU-27_6-22-2011.pdf.



Een vervanging van 30% van de fossiele grondstoffen is alleszins reëel op de kortere termijn:

- Ongeveer 35% van het grondstoffengebruik in de chemie betreft etheen en propeen, twee grondstoffen die via bestaande commercieel beschikbare productieroutes uit ethanol kunnen worden gemaakt.
- Ongeveer 25% van de eindproducten van de organische chemie bestaat uit oplosmiddelen, koudemiddelen, oppervlakte behandelingsmiddelen, lijmen en smeermiddelen. Er is wat betreft oplosmiddelen, lijmen en oppervlakte behandelingsmiddelen nu al een autonome ontwikkeling in vervanging van op basis van fossiele energiedragers geproduceerde grondstoffen door grondstoffen uit biomassa. Deze ontwikkeling hangt samen met aangescherpte eisen met betrekking tot emissies van vluchtige koolwaterstoffen, maar ook met superieure eigenschappen van producten uit biomassa. Ook voor smeermiddelen bestaan alternatieve grondstoffen en producten op basis van biomassa met deels superieure kwaliteit.

Voor de invulling van de scenario's is uitgegaan van productie van etheen via ethanol. Voor ethanolproductie is uitgegaan van een 40%-40%-20%-verdeling tussen ethanol uit respectievelijk suikerriet, tarwe en stro.

De omvang van energiegebruik in de vorm van grondstoffen voor de organische chemie is aanzienlijk kleiner dan de omvang van de consumptie van transportbrandstoffen. Omdat de aangehouden ambitieniveaus qua vervangingspercentage vergelijkbaar zijn, is beschikbaarheid van grondstoffen hier veel minder een dilemma.

De aangehouden hoeveelheden etheen zijn weergegeven in Tabel 8.

Tabel 8 Aangehouden inzet van etheen (in de chemie) uit verschillende biomassabronnen

	Aandeel per deelsector
Suikerriet etheen, top + blad verbrand	40%
Tarwe etheen, stro op veld	40%
Stro etheen, lignine verbrand	20%
Totaal	

Het chemiescenario is voor elektriciteit, warmte en transport aangevuld met een mix van deze producten tussen het elektriciteit/warmtescenario en het transportscenario in.

4.3 Ingeschatte effecten en conclusies

Op basis van de cijfers die gepresenteerd zijn in Hoofdstuk 4 is voor de drie scenario's een inschatting gemaakt van consumpties van nutriënten en ingrepen qua ruimte, water en bodemorganische stof op Europees niveau.

Er zijn twee varianten beschouwd om invloed van teeltwijze te illustreren, die daarmee de bandbreedte van de gekozen scenario's weergeven:

1. Ongunstig voor de bodem: een variant met afvoer van gewasresten (voor zover in deze studie beschouwd) en met beperkte toepassing van groenbemesters en dierlijke mest.
2. Gunstig voor de bodem: een variant waarin gewasresten zoveel mogelijk op het veld blijven of na bewerking (vergisting, ethanolproductie) weer worden teruggevoerd en waarin meer gebruik wordt gemaakt van dierlijke mest en groenbemester.



De totalen zijn gegeven in Tabel 9.

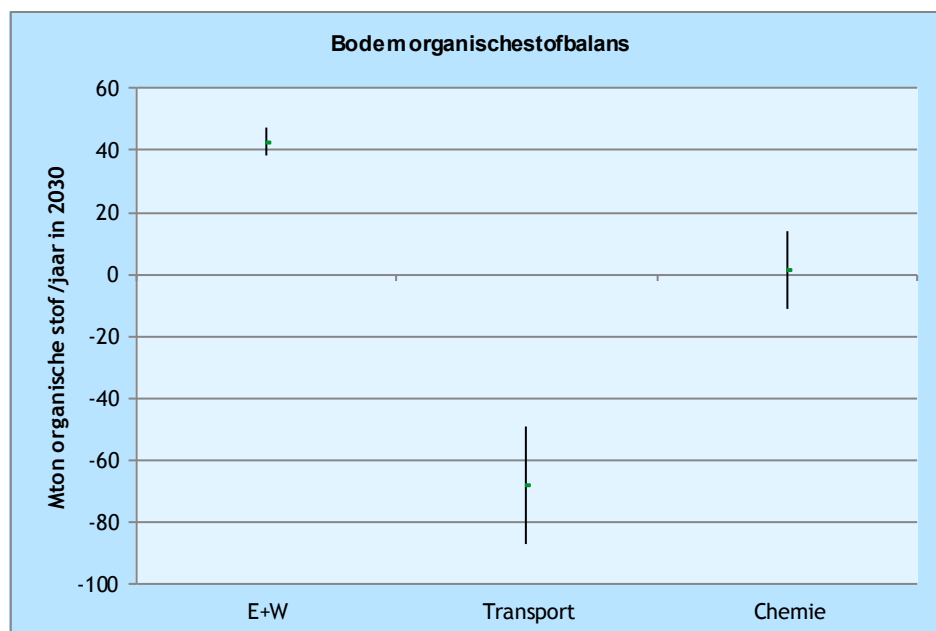
Tabel 9 Overzicht geschatte totale gebruiken nutriënten, water en land en geschatte verandering in bodemorganische stof voor de drie beschouwde scenario's

	N (Mton)	P ₂ O ₅ (Mton)	K ₂ O (Mton)	Organische stof balans (Mton C)	CO ₂ - balans (Mton)
E + W	11,5-13,2	1,6-2,0	3,7-4,7	38- 47	-1257 - -1206
Transport	23,3-24,6	8,4-8,7	11,8-14,0	-87 - -49	-409 - -302
Chemie	15,7-17,5	4,2-4,7	6,5-8,6	-11 - 14	-942 - -824

Zoals al aangegeven in voorgaand hoofdstuk leidt afvoer van gewasresten en beperkte inzet van dierlijke mest en groenbemesters tot een hogere behoefte aan nutriënten, een negatieve beïnvloeding van de BOS-balansen mede daardoor ook tot een minder gunstige broeikasgasbalans.

In Figuur 18 is weergegeven hoeveel bodemorganische stof er per jaar aan de bodem wordt toegevoegd in 2030, voor de drie scenario's.

Figuur 18 BOS-balans voor de drie scenario's (Mton organische stof per jaar in 2030)



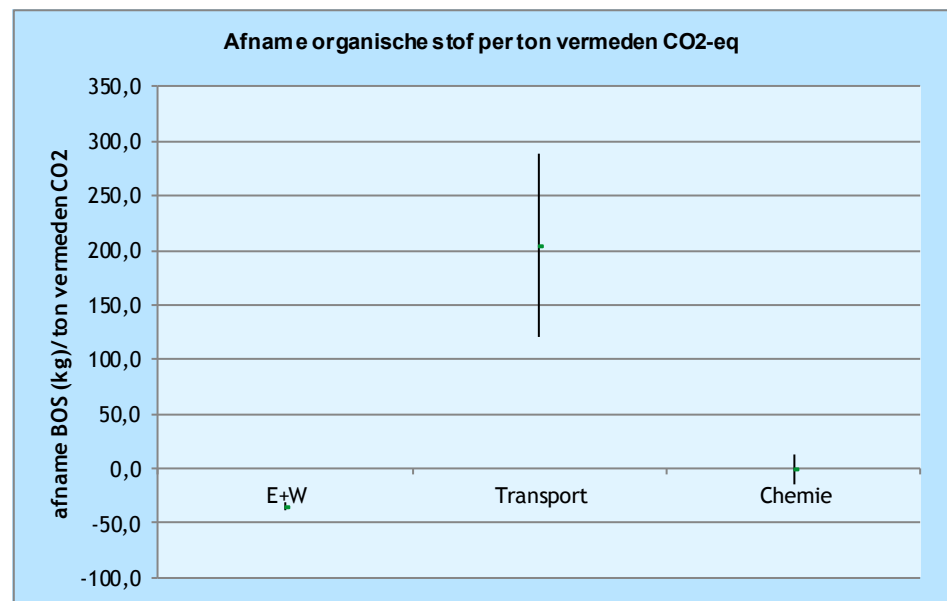
De balans is positief voor het elektriciteit- en warmtescenario en negatief voor het transportscenario. De positieve balans voor elektriciteit hangt samen met de positieve balans van twee ketens (SRC-hout en snijmaïs) waarvan het negatieve effect van maar één keten hoeft worden afgetrokken (resthout). Het chemiescenario scoort daar tussenin vooral ook omdat een mix van elektriciteit- en warmte-opties en transport bevat. De balans valt wel te beïnvloeden door gebruik van andere ketens of managementtechnieken; de lengte van de strepen geven de marges aan (de verschil tussen gunstige keuzes en ongunstige keuzes). Duidelijk is dat de marge vooral voor het transport-scenario groot is.

Aangezien er nu veel beleid stuurt op gebruik van biomassa in transport, is het extra belangrijk om te kijken hoe de biobased economy zo ingericht kan worden dat het negatieve effect op de bodem minimaal is. De grote verschillen tussen een gunstige of ongunstige invulling van het transport-scenario zitten vooral in het gebruik van stro; bij terugvoer van de ligninefractie scheelt dit 20 Mton bodemorganische stof per jaar.

Bodemeffecten per ton vermeden CO₂-eq.

Omdat beleid inzet op reductie van broeikasgassen is het erg interessant om te kijken wat de bodemeffecten zijn per ton vermeden CO₂-eq. In Figuur 19 zijn de resultaten voor de BOS-balans (zoals gegeven in Tabel 9) weergegeven per ton vermeden CO₂. Dit resultaat is vooral voor het transportsector minder gunstig omdat deze ketens gebruikt met minder CO₂-emissie reductie per GJ_{bruto} dan de elektriciteit- en chemiesector.

Figuur 19 Afname in bodemorganische stof (BOS, in kg) per ton vermeden CO₂-eq.

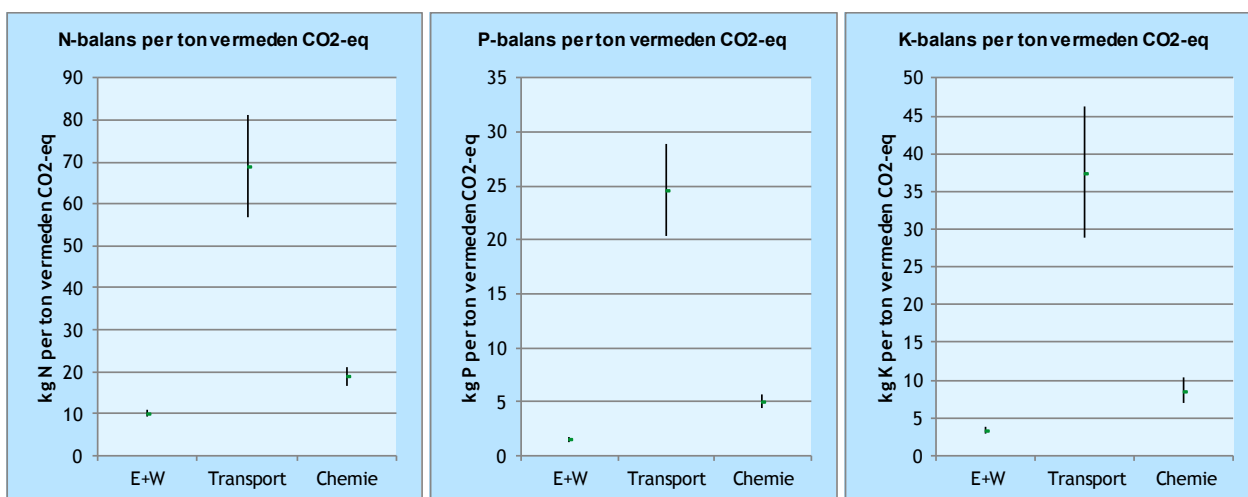


De afname van bodemorganische stof bij transportscenario is vrij groot. Hier geldt wederom dat de lengte van de streep aangeeft in hoeverre het resultaat te beïnvloeden is door goed landbouwmanagement.

Figuur 20 illustreert dat per ton vermeden CO₂-eq. gebruik van kunstmest voor het transportscenario ook ongunstiger is dan voor de andere scenario's. Dit scenario gebruikt tussen de 5 en 10 maal meer bodeminputs per ton CO₂-reductie dan het elektriciteits- en warmtescenario.



Figuur 20 Nutriëntenbalansen per ton vermeden CO₂-eq.



P in P₂O₅, K in K₂O.

Conclusies scenario's

In de scenario zijn ketens samengenomen tot complete pakketten. De verschillen tussen de hier gekozen scenario's zijn vrij groot. Uitgedrukt per hoeveelheid geleverde CO₂-reductie gebruikt het transportscenario 5 tot 10 maal meer bodeminputs. Daarnaast is ook het risico op achteruitgang van het organische stof gehalte in de bodem groot in het transportscenario en neemt de hoeveelheid organische stof in de bodem juist toe in het elektriciteit- en warmtescenario.

De marges in het transportscenario zijn groot. Dit betekent dat er met beter landbouwmanagement beter rekening gehouden kan worden met de bodem. Het is mogelijk dat eisen aan landbouwmanagement aan beleid toegevoegd worden. De ketens en technieken die hierin belangrijk zijn spelen een rol in alle scenario's en verdienen in de toekomst dus de nodige aandacht.

De belangrijke technieken zijn:

- de ligninefractie retour bij gebruik van stro;
- het blad en de top op het veld laten bij teelt van suikerriet.

Zoals in Hoofdstuk 3 aangegeven zijn er grote verschillen tussen ketens waarin hetzelfde eindproduct geproduceerd wordt. De scenario's die hier gepresenteerd zijn liggen niet vast en het is goed mogelijk dat de hier gepresenteerde hoeveelheden niet duurzaam geproduceerd kunnen worden. Dit maakt het kiezen voor betere keuzes van extra belang. Of de betere ketens op een duurzame manier de gewenste hoeveelheid biomassa kunnen leveren, hangt sterk af van de markt, maar ook van overheidsbeleid. Dit bespreken we verder in Hoofdstuk 5.



5 Beleid voor de biobased economy en de bodem

In het voorgaande hoofdstuk bleek dat er vanuit het perspectief van de bodembelasting en landgebruik duidelijke voorkeuren zijn aan te brengen:

- toepassing van biomassa voor energie en warmte, en voor productie van grondstoffen voor de chemie;
- gebruik van suikerriet, tarwe (graan + stro), kortomloop hakhout (resthout) en snijmaïs;
- management waarbij organisch materiaal op het land achterblijft (suikerriet) of wordt teruggevoerd (lignine).

In dit hoofdstuk wordt gekeken in hoeverre het huidige Nederlandse en Europese beleid in deze voorkeursrichtingen stuurt.

- Stimuleert het de juiste toepassingen van biomassa en afgeleide producten?
- Stimuleert het de juiste grondstoffen?
- Stimuleert het een goed management bij teelt/bereidstelling van biomassa?
- Biedt het nu al voldoende concrete handvatten voor implementatie?

Vervolgens wordt met de resultaten uit de ketenstudies en de scenariostudie een aantal suggesties gedaan hoe beleid aangepast zou kunnen worden zodat de productiefactor bodem beter gerespecteerd kan worden door de biobased economy.

5.1 Huidige stimuleringsbeleid naar toepassingen

Het huidige Europese beleid en Nederlandse beleid bestrijkt het gehele biobased terrein van elektriciteit, warmte, transportbrandstoffen en toepassingen in de chemie (zie Tabel 10). De mate waarin verschilt echter.

Tabel 10 Beleid dat substantieel invloed heeft op de ontwikkeling van de biobased economy

Beleid	Europese vorm	Nederlandse vorm	Hoofddoelen	Aandacht voor effecten op de bodem
Stimulering bio-elektriciteit	Renewable energy directive (RED)	MEP-subsidie SDE-subsidie SDE+	Meer duurzame energie	Beperkt: Niet verplicht, sommige bedrijven vrijwillig
Verplichting toepassing duurzame brandstof in verkeer	RED	Verplichting gebruik biobrandstof of elektriciteit in transport	CO ₂ -reductie in transport Meer duurzame energie	Beperkt: Geen gebruik van veenbodem, bosbodem en grasland met hoge biodiv. waarde



Beleid	Europese vorm	Nederlandse vorm	Hoofddoelen	Aandacht voor effecten op de bodem
Klimaat-emissie beperking brandstoffen	Fuel Quality directive	Volgt Europese norm	6% lagere CO ₂ emissie transport brandstoffen in 2020	Geen
Innovatiebeleid biobased economy	KP7 programma's	Topsectoren beleid biobased economy	Innovatie, milieuwinst	Beperkt: Deels gericht op efficiëntie met minder gebruik bodem als resultaat
Importtarieven biograndstoffen	Importtarieven op o.a. Braziliaanse bio-ethanol			Geen

Nederland

Een aantal sectoren in de biobased economy wordt op dit moment sterk gestimuleerd. Bio-elektriciteit en biogas komen in aanmerking voor de SDE+ subsidieregeling terwijl consumptie van biobrandstoffen wordt afgedwongen met een verplichte bijmenging in transportbrandstoffen.

De overheid besteedde in 2009 en 2010 ongeveer 1 miljard per jaar aan subsidie voor bio-elektriciteit en biogas-projecten (CE Delft, 2010). Daarnaast zijn de jaarlijkse meerkosten voor automobilisten door verplichte biobrandstoffen in benzine en diesel circa 300 miljoen euro per jaar (CE Delft, 2010).

Een heet hangijzer is nog hoe Nederland gaat voldoen aan de RED-doelstelling voor ons land en welke rol meestoken in kolencentrales daarbij gaat spelen. Volgens de RED dient Nederland in 2020 14% van het eindgebruik aan energie te produceren op basis van hernieuwbare bronnen. Meestoken van biomassa in bestaande kolencentrales werd door het vorige kabinet gezien als dé manier om dit doel te realiseren. Maar grootschalig meestoken van biomassa ligt sterk onder vuur vanuit de milieubeweging die deze maatregel bijvoorbeeld zien als een manier om kolencentrales open te houden en te legitimeren. Bovendien hechten deze stakeholders weinig geloof aan de mogelijkheden dat de grote hoeveelheid benodigde biomassa duurzaam kan worden geproduceerd, bijvoorbeeld zonder aantasting van bos en bodem.

Overheden en industriële initiatiefnemers in Canada en Scandinavië richten zich voor de bereidstelling van biomassa voor productie van warmte en elektriciteit bijvoorbeeld ook op inzet van stronken, takken, toppen en andere oogstresten van reguliere bosbouw. Het oogsten van dit soort restproducten leidt echter gemakkelijk tot verstoring van de bodemstructuur en verlies van bodemkwaliteit (zie ook Hoofdstuk 3)¹³.

In het innovatiebeleid is de biobased economy ook een duidelijk speerpunt in ontwikkeling. Het topconsortium voor Kennis- en Innovatie biobased economy (TKI-BBE) heeft als doelstelling om publiek-privaat toe te groeien naar een jaarlijks onderzoeksbudget van circa 150 miljoen euro. Daarnaast vindt er stimulering plaats via zogenaamde Green Deals en dragen nationale en regionale overheden bij aan innovatieve proefprojecten en proefinstallatie,. De genoemde Green Deals zijn vooral afspraken tussen de nationale overheid

¹³ Zie ook <http://www.greenpeace.org/canada/en/campaigns/forests/boreal/Resources/Reports/Fuelling-a-Biomass/>.



en het bedrijfsleven om ‘onnodige regels’, in de vorm van wettelijke en organisatorische hindernissen, voor verdere implementatie van bijvoorbeeld innovatieve biobased producten en grondstoffen weg te nemen.

Een recente studie voor Agentschap NL (CE Delft, 2012) geeft echter aan dat veel ontwikkelingen vooral onderzoek betreffen en nog weinig concrete producten opleveren. Grootschalige implementatie van biobased grondstoffen en producten in Nederland is nog beperkt, bijvoorbeeld in de vorm van:

- plastics op basis van zetmeel uit bijproducten van de aardappelverwerkende industrie (Rodenburg);
- productie van EPS¹⁴ vervanger op basis van PLA¹⁵.

Al met al is de stimulering en implementatie van de productie van bio-energie en transportbrandstoffen op basis van biomassa toch een stuk verder, concreter en dwingender dan de stimulering van chemische producten en grondstoffen op basis van biomassa. Dit hangt vooral samen met het meer dwingende karakter van het EU-beleid op deze sectoren.

EU

Ook op EU-niveau is de RED de basis voor stimulering of verplichting van biomassa als brandstof. Conform de ruimte die in de RED wordt geboden variëren de manieren van implementatie en de beleidsinstrumenten in individuele lidstaten. Inzet van biomassa voor elektriciteit en warmte wordt in veel landen gesubsidieerd (o.a. Nederland en Duitsland) en in sommige landen is het een optie in een duurzame elektriciteitsverplichting (o.a. in België en Groot-Brittannië). Inzet van biomassa in transportbrandstof is in een groeiend aantal EU-lidstaten een verplichting voor oliemaatschappijen, daarnaast komen ook accijnsreducties of subsidieprogramma's voor.

Gebruik van biomassa als chemische grondstoffen wordt gestimuleerd via de kaderprogramma's. Deze bieden financiële ondersteuning aan ontwikkeling van nieuwe producten en productietechnologie, bijvoorbeeld op basis van biomassa. De projecten betreffen in het algemeen ontwikkelingen op pilotschaal en leiden niet tot directe, grootschalige toepassing van biomassa als grondstof voor chemische producten.

De aangescherpte EU-wetgeving op het gebied van emissies van vluchtige organische stoffen uit producten zoals verf, lijm, inkt, oplosmiddelen en oppervlakte behandelingsmiddelen leidt echter wel tot die directe grootschalige toepassing van biomassa als grondstof voor chemische producten. Zoals gesignaleerd in (Poyry, 2010) is er door deze wetgeving een autonome ontwikkeling waarin oplosmiddelen en oppervlakte-actieve stoffen op basis van biomassa nu al ruim 50% van deze markt hebben veroverd. Voor smeermiddelen zou een vergelijkbare trend kunnen worden gecreëerd, wanneer er strengere eisen zouden worden gesteld aan de mate waarin smeermiddelen bodems belasten.

¹⁴ EPS = Expanded polystyreen, een ander woord voor piepschuim.

¹⁵ PLA = Poly Lactic Acid = gepolymeriseerd melkzuur, een zuur geproduceerd door fermentatie van suikers.



Samenvattend

Het huidige beleid in EU en Nederland stuurt vooral op de inzet van biomassa voor productie van warmte en elektriciteit en voor productie van biobrandstoffen. Het beleid stuurt daarmee gedeeltelijk in de richting van toepassingen die minder belasting van de bodem geven.

Sturing richting toepassing van biomassa in chemie vindt vooralsnog vooral plaats via beleid voor emissies van vluchtige koolwaterstoffen uit producten zoals verf, lijm, inkt, oplosmiddelen en oppervlakte behandelmiddelen.

5.2 Sturing naar typen biomassa

Sturing in beleid naar grondstoffen vindt op Nederlands beleidsniveau voornamelijk plaats via stimulering van ontwikkelingen op gebied van de bereidstelling van biomassa, bijvoorbeeld via het programma Duurzame Biomassa Import (stopt in 2013). Hierin wordt subsidie verstrekt voor het opzetten van teelt van nieuwe typen energiegewassen zoals *Jatropha* of suikersorghum of voor het opzetten van systemen voor inzameling en bereidstelling van reststromen voor toepassing in de energiesector.

Op Europees niveau is sturing richting bepaalde soorten biomassa explicieter. Binnen de RED is er voor biobrandstoffen nu al sturing richting reststromen. Biobrandstoffen geproduceerd uit reststromen mogen nu al dubbel meetellen aan de 10%-doelstelling voor verplichte bijmenging en het transportdoel in de RED.

Als reactie op de discussie over het gebruik van voedselgewassen en voedergerassen als grondstof voor biobrandstoffen (zie tekstkader) is bovendien door de Europese Commissie een voorstel opgesteld voor verdere aanpassing van de RED, die sterker stuurt qua type biomassa (EC 17/10/2012 - COM (2012) 595):

- Biobrandstoffen geproduceerd op basis van voedselgewassen worden aan een maximum van 5% gebonden.
- Indirecte landgebruikseffecten worden met een vaste waarde voor ethanol (lage waarde) en biodiesel uit voedselgewassen (hoge waarde) meegenomen in de rapportages van lidstaten over het bereikte klimaatresultaat.
- Biobrandstoffen uit bepaalde soorten reststromen gaan wellicht vierdubbel tellen.

Wat precies de bodemkundige consequentie zal zijn van deze voorstellen is nu nog niet duidelijk.

Voor de soorten biomassa toe te passen bij productie van elektriciteit, warmte en chemische grondstoffen en producten is geen beleid geformuleerd.

De in de RED opgenomen verplichting voor bijmenging van biobrandstoffen aan transportbrandstoffen en de doelstelling voor 10% bijmenging zijn de afgelopen jaren sterk ter discussie komen te staan. Gebruik van voedselgewassen en voedergerassen als grondstof voor biobrandstoffen zou kunnen leiden tot indirecte landgebruiksveranderingen die zorgen voor extra CO₂-uitstoot (zie bijvoorbeeld IFPRI, 2011) en prijsopdrijving van voedsel. Daarmee zou het middel zijn doel voorbij schieten en juist onduurzame ontwikkeling in de hand werken.



5.3 Bodemkundige duurzaamheidscriteria voor biobased ketens

Een belangrijk aanknopingspunt voor het letten op bodemkundige aspecten van de biobased economy zijn de duurzaamheidscriteria die gehanteerd worden voor een deel van de grondstoffen voor de biobased economy.

In Europa en Nederland zijn er op dit moment alleen verplichte duurzaamheidscriteria voor vloeibare biobrandstoffen, gedefinieerd in het kader van de RED. Belangrijke aspecten in deze criteria met invloed op de bodem zijn:

- Het criterium voor CO₂-reductie over de hele keten tot fossiele brandstoffen. Dit criterium heeft een indirect beperkend effect op de stikstofbemesting omdat N₂O-emissie door stikstofbemesting leidt tot een slechtere CO₂-reductiescore.
- Het verbod om biobrandstoffen te telen in beschermde natuurgebieden.
- Het verbod van het gebruik van biobrandstof geteeld op land dat 1 januari 2008 veengebied, bosgebied of grasland met hoge biodiversiteitstatus was.
- Er is bonus in de CO₂-berekening voor teelt van biobrandstoffen op gedegradeerde grond. Deze bonus wordt weinig gebruikt omdat ketens zonder bonus ook al voldoen aan de eisen die gesteld worden. Deze bonus gaat waarschijnlijk vervallen.
- De bodemkwaliteit dient te worden behouden of verbeterd, gehalten aan N, P, K en aan bodemorganische stof dienen gelijk te blijven of te worden verbeterd.
- Bij de productie en verwerking van biomassa dienen ‘best practices’ te worden toegepast om de bodem en bodemkwaliteit te behouden of te verbeteren.

Bedrijven die biobrandstoffen op de markt brengen dienen in het kader van de RED te worden gecertificeerd.

De Commissie erkent ook een aantal vrijwillige certificeringssystemen als alternatief voor de RED-certificering¹⁶, waaronder het systeem ontwikkeld door de Round table for Sustainable Biofuels (RSB). Het RSB-systeem vereist onder andere een ‘soil management plan’ waarin wordt aangegeven hoe de bodemkwaliteit wordt behouden bij teelt van energiegewassen of bij toepassing van reststromen.

Voor vaste en gasvormige biomassa gelden geen verplichtende duurzaamheids-criteria. De commissie Corbey, samen met stakeholders uit de biobased sectoren, heeft de Nederlandse overheid geadviseerd dat het belangrijk is dat deze verplichte criteria er wel komen (Corbey, 2012). De commissie Corbey heeft daarnaast de volgende aanbevelingen met betrekking tot bodemkwaliteit in haar advies opgenomen:

¹⁶ Door de EU erkende vrijwillige duurzaamheidssystemen zijn:

- ISCC (International Sustainability and Carbon Certification);
- Bonsucro EU;
- RTRS EU RED (Round Table on Responsible Soy EU RED);
- RSB EU RED (Roundtable of Sustainable Biofuels EU RED);
- ZBSvs (Biomass Biofuels voluntary scheme);
- RBSA (Abengoa RED Bioenergy Sustainability Assurance);
- Greenergy (Greenergy Brazilian Bioethanol verification programme);
- NTA8080;
- Ensus;
- Red Tractor (Red Tractor Farm Assurance Combinable Crops & Sugar Beet Scheme);
- SQC (Scottish Quality Farm Assed Combinable Crops (SQC) scheme).
- Red Cert.



- Stimuleer gebruik van marginale gronden voor biobrandstoffen en het gebruik van reststromen.
- Neem vanaf 2016 ook de inzet van nutriënten en de nutriëntenkringloop mee in de CO₂-berekening. Ken waarde toe aan de bodem, aan watergebruik en aan andere milieuaspecten.

Hierop aansluitend zou als advies kunnen toegevoegd om in het beleid verbetering van bodemkwaliteit - bijvoorbeeld door verhoging van het BOS-gehalte - te belonen.

Een andere reden om dit soort duurzaamheidscriteria voor vaste biomassa wel te verplichten is al besproken in voorgaande paragrafen: overheden zetten bewust in op toepassing van restproducten van reguliere bosbouw, maar de 'oogst' van dit soort restproducten zal zonder twijfel leiden tot bodemverstoring en afname van bodemkwaliteit.

Zoals aangegeven in bijvoorbeeld EEA (2006) leidt deze praktijk tot de verstoring van de bodemstructuur en de afvoer van koolstof en nutriënten.

5.4 Praktische handvatten

Praktische handvatten voor teelt van biomassa of onttrekking van reststromen zijn er voor zover bij ons bekend nog maar weinig. Een voorbeeld van hoe dergelijke handvatten eruit kunnen zien wordt gegeven door de handreiking van de Branche Vereniging Organische Reststoffen (BVOR, 2012) voor oogst van hout uit bos:

- Door oogst van takhout wordt er vooral veel stikstof en fosfaat afgevoerd. Dit is in Nederland geen probleem maar kan elders een probleem opleveren.
- Aanbevolen wordt om terughoudend te zijn met het oogsten van takhout op de armere, zure en voor verzuring gevoelige gronden.
- Met name bij een zomereikenbos op arme grove zandgrond bestaat er risico op uitputting van calcium in de bodem.
- Het verdient aanbeveling een grens te stellen aan de hoeveelheid oogst t.o.v. de jaarlijkse bijgroei.

Een praktisch handvat maakt het makkelijker om meer generieke duurzaamheidseisen te vertalen naar praktische implementatie en managementpraktijken voor teelt van biomassa of bereidstelling van bijproducten en restproducten. Het maakt ook controle op duurzaamheid door bijvoorbeeld certificerende instanties eenvoudiger en kan helpen discussie over duurzaamheid van teelt of bereidstelling van reststromen en bijproducten te voorkomen.

Onderzoek naar de praktische implementatie van biomassaketens voor productie van biobrandstoffen en de handvatten die daaruit kunnen worden 'gedestilleerd' voor bijvoorbeeld de inzet van gewasresten is al uitvoerig onderzocht in de V.S. als onderdeel van de zgn. billion ton biomass study. Ook door POET en DSM is uitvoerig onderzoek gedaan naar randvoorwaarden bij praktische implementatie en daaruit af te leiden vuistregels als onderdeel van de ontwikkeling van de productieketen van ethanol uit stro.



5.5 Beleidsaanbevelingen op basis van verkenning van de biobased ketens

Op basis van bovenstaande analyse komen we tot de volgende beleidsaanbevelingen.

Inzet voor elektriciteit, warmte en grondstoffen bodemkundig meest interessant

Zoals aangegeven in bovenstaande paragrafen stuurt het huidige beleid vooral op toepassing van biomassa voor biobrandstoffen en brandstoffen voor de opwekking van warmte en elektriciteit. Het stuurt daarmee ook richting toepassingen waarin de toegevoegde waarde van duurzame biomassa - die toch al beperkt beschikbaar is - bescheiden is. Aanbevolen wordt om te overwegen om op basis van de bodemkundige argumenten de verdeling van biomassa over sectoren meer te schuiven naar elektriciteit, warmte en chemie. Daarnaast is het zaak bij toepassing voor transport te kiezen voor de bodemkundige betere ketens.

Duurzaamheidscriteria voor alle sectoren

Zoals hierboven gesignaleerd, is er voor opwekking van elektriciteit en warmte en bij productie van grondstoffen voor de chemie geen verplichting wat betreft de minimum duurzaamheid toe te passen biomassa. Die sturing is er wel bij biobrandstoffen.

Onze aanbeveling is dan ook om ook voor vaste biomassa en voor biomassa die gebruikt wordt voor productie van chemische grondstoffen verplichte duurzaamheids-criteria te implementeren.

Concreet resulteren onze conclusies in de volgende beleidsaanbevelingen:

1. Stel verplichtende criteria voor chemische grondstoffen geproduceerd op basis van biomassa, biogas en bio-electriciteit, zoals die al bestaan voor biobrandstoffen.
2. Introduceer meer differentiatie in beleidsdoelen en subsidieregelingen naar teelt en oogstwijzen zodat goed landbouwmanagement en behoud en versterking van bodemkwaliteit beloond wordt.
3. Begrens het gebruik van agrarische reststromen zoals stro door rekening te houden met de benodigde hoeveelheid organische stof in de bodem, gespecificeerd per bodem- en klimaatype.





6 Aanbevelingen

Conform de structuur in voorgaand hoofdstuk zijn hieronder een aantal aanbevelingen geformuleerd voor verdere ontwikkeling van beleid en inzicht in de belasting van de bodem door biomassagebruik voor chemische grondstoffen, warmte, elektriciteit en transportbrandstoffen.

Stimuleringsbeleid ook optimaliseren naar bodemeffecten

Uit deze studie blijkt dat er een groot verschil is in bodemkundige effecten van verschillende ketens die toegepast worden voor de toepassing elektriciteit, warmte, transport en chemie. Kleine variatie in het biobased stimuleringsbeleid kunnen derhalve bodemkundig een groot verschil maken. Het is daarom aan te bevelen de bodemkundige effecten van keuzes in beleid mee te nemen naast al bestaande afwegingscriteria in het biobased stimuleringsbeleid.

Toe te passen typen biomassa en toe te passen management

De analyse van de in dit project beschouwde ketens illustreren dat suikergewassen, houtachtige biomassa, snijmaïs (als volledig geconverteerd gewas) en gewasresten wat betreft bodemkundige aspecten beter scoren dan met name olieplanten. Dat wil zeggen, mits in het teeltmanagement wordt gestuurd op maximalisatie van terugvoer of achterlating van organische stof in de vorm van gewasresten of conversieresiduen (digestaat, ligninerijke fractie).

Aanbevolen wordt de toepassing van gewassen of restproducten met minimale milieubelasting over de keten en optimaal management bij teelt en verwerking van gewassen en gewasresten te stimuleren of verplicht te stellen.

Zoals we al aangaven wordt in het biobrandstoffenbeleid al wel (beperkt) op deze aspecten gestuurd, maar gebeurt dat nog niet bij biomassa voor chemische grondstoffen, warmte en elektriciteit.

Verdieping van het onderzoek met oog op praktische implementatie

De in deze studie uitgevoerde analyses hebben betrekking op een beperkt aantal ketens, gewassen en gewasresten en zijn gebaseerd op een aantal veralgemeniseerde datasets voor opbrengsten en agronomische gebruiken van nutriënten. Die datasets lijken hier en daar dan ook nog niet helemaal te kloppen en managementpraktijken zoals gebruik van dierlijke mest lijken soms onvoldoende accuraat of incompleet te worden meegenomen. Bovendien is een beperkt aantal aspecten meegenomen en bijvoorbeeld niet erosie of uitspoeling van nutriënten.

De studieresultaten hebben daarmee ook een beperkte reikwijdte en zeggingskracht en zijn alleen geschikt voor algemene aanbevelingen zoals hierboven verwoord.



Uitwerking in beleid zoals opgesteld in het kader van bijvoorbeeld de Kaderrichtlijn water waarin een specifiek bemestingsadvies wordt gegeven per specifiek gewas, bodemtype en grondwaterniveau (voor zandbodems) vergt vanzelfsprekend een veel uitgebreidere analyse. Die dient dan ook nog eens te zijn gebaseerd op betrouwbare data qua opbrengst en nutriëntenbalans (inclusief verliezen door vervluchtiging en uitspoeling) en dient vrij te zijn van weeffouten zoals er nu in de achtergronddata bij de RED lijken te zitten.

Met oog op een dergelijk eindbeeld is onze aanbeveling om de in dit project uitgevoerde analyse te verdiepen en de verdiepende studie te gebruiken voor het formuleren van een aantal handvatten of regels voor duurzame implementatie van teelt of bereidstelling van gewasresten. Onderdelen van die verdiepende studie zouden volgens ons moeten zijn:

- onderzoeken in hoeverre de afvoer van reststromen (bijv. stro) duurzaam mogelijk is waarbij nadrukkelijk gekeken moet worden naar de afvoer van nutriënten en organische stof in interactie met de bodem, het klimaat en de topografie (helling);
- Bij dit beleid ook rekening te houden met externe effecten die niet direct door de boeren worden gevoeld. Dit gaat over bijv. erosie die veroorzaakt kan worden (als te veel biomassa wordt afgevoerd), en over ecosysteemdiensten (waterberging, waterzuivering, bufferend vermogen).

De in de verdiepende studie gegenereerde informatie zou kunnen worden vervat in een gebruiksvriendelijk model dat met redelijke accuratesse de belasting voor de bodem en de broeikasgasbalans over de keten in beeld brengt. Dergelijke modellen bestaan al voor deelaspecten, zoals de koolstofsimulator van LNE in België of NDICEA van het Louis Bolk Instituut.

Aandacht voor logistiek van retour van reststromen

Uit de analyse blijkt dat het relevant is om sommige reststromen op het veld achter te laten (bijvoorbeeld toppen en bladeren van suikerriet) maar ook dat het nuttig is om reststromen van conversie-installaties (bijv. de lignine uit een ethanolfabriek) weer terug te voeren naar het veld. Deze laatste optie vergt een nieuwe vorm van logistiek die in veel gevallen nog niet aanwezig is. Zeker voor Nederland dat veel biobased grondstoffen importeert kan het opzetten van een retourlogistiek belangrijk en ingrijpend kunnen zijn. Wij bevelen aan dit aspect verder te verkennen.

Kritische evaluatie huidige RED en daarin gedefinieerde methodiek en parameters

Zoals aangegeven in Hoofdstuk 3 lijken de cijfers die aan de basis liggen van de broeikasgasbalansen opgenomen in de RED en de daarin geformuleerde eisen ten aanzien van de broeikasgasemissies voor biobrandstofketens gebaseerd op data die niet representatief zijn. Meer aansluiting bij landbouwkundige onderzoeksdata kan deze berekeningen preciezer maken.

Net zoals dat ILUC pas recent meegerekend wordt bij broeikasgasbalansen, is het naar onze mening mogelijk dat uitmijning van bodemorganische stof in de toekomst meetelt op de broeikasgasbalans. Een aanpassing van beleid op dit punt kan grote gevolgen hebben voor bijvoorbeeld de WTW (well-to-wheel) berekeningen.



Een uitgebreidere scenarioanalyse

De hier gepresenteerde biobased scenario analyse presenteert goed denkbare scenario's op basis van het huidige overheidsbeleid. Het is echter denkbaar dat dit beleid wijzigt en dat daarmee de scenario's ook wijzigen. Wij bevelen aan om verder onderzoek te doen naar verschuivingen in scenario's door overheidsbeleid waarmee de effecten van de biobased economy op de bodem verbeterd kunnen worden.

Economische analyse

Ten slotte zou de analyse aangevuld kunnen worden met een economische analyse, waar de kosten en de baten tegen elkaar afgezet worden. Dit zou nog meer inzicht geven in effectiviteit van beleid en de mogelijkheden om de bodem zo effectief mogelijk te gebruiken.





Literatuur

Advies voor Duurzaamheid, 2007

Jan Paul van Soest (Advies voor Duurzaamheid), Geert Bergsma en Harry Croezen (CE Delft)
Biomassa: van controversie naar ontwikkelagenda
Klarenbeek : Advies voor Duurzaamheid, 2007

AEA, 2010

J. Webb, P. Watson, P. Bellamy, J. Garstang
Regional emissions from biofuels cultivation. A report prepared for the Department for Transport. Revised report: December 2010.
Didcot (Oxfordshire) : AEA, 2010

Agentschap NL, 2012

SDE2010, Biomassa Hernieuwbare Elektriciteit, Positieve beschikkingen op 01-01-2012
Beschikbaar via: www.agentschapnl.nl/sites/default/files/bijlagen/Biomassa%20HE%20SDE%202010_1.pdf

Agentschap NL, 2011

CO₂-tool biobrandstoffen
Beschikbaar via: www.agentschapnl.nl/content/co2-tool

Agentschap NL, 2010

S. te Buck, J. Neeft, A.B. Smit, S.R.M. Janssens, J.G. Conijn, J.H. Jager, H. Prins, H.H. Luesink
Greenhouse gas emissions from cultivation of maize, rapeseed, sugar beet and wheat for fuels - NUTS-2 report from the Netherlands. GAVE-10-02
Utrecht : Agentschap NL, 2010

Agentschap NL, 2009

Brede inzet van biomassa, vergelijkingsmethodiek voor verschillende toepassingen
Utrecht : Platform Groene Grondstoffen, Agentschap NL, 2009

El Bassam, 2010

Nasir El Bassam
Handbook of Bioenergy Crops - A complete reference to species, development and applications
London : Earthscan, 2010

Biograce, 2011

Biograce Greenhouse gas calculation tool and manual version 4b
Beschikbaar via: <http://www.biograce.net>

Carlsson et al., 2007

Anders S. Carlsson, David Clayton, Elma Salentijn, Marcel Toonen
Oil crop platforms for industrial uses
Newbury (Berks) : CPL press, 2007
Beschikbaar via: <http://www.epobio.net/pdfs/0704OilCropsReport>



CE Delft, 2012

Ingrid Odegard, Harry Croezen, Geert Bergsma
Cascading of Biomass - 13 Solutions for a Sustainable Bio-based Economy.
Making Better Choices for Use of Biomass Residues, By-products and Wastes
Delft : CE Delft, 2012

CE Delft, 2010

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

CE Delft, 2007

Harry Croezen, Bettina Kampman, Gerdien van de Vreede, Maartje Sevenster
ETBE and Ethanol: A Comparison of CO₂ Savings
Delft : CE Delft, 2007

CE Delft, 2006

H.J. (Harry) Croezen, G.C. (Geert) Bergsma, M.C.M. (Marjolein) Koot
Is er een vruchtbare toekomst voor groene grondstoffen in Nederland?
Een evaluatie ten behoeve van het transitie management
Delft : CE Delft, 2006

DJF, 2010

Lars Elsgaard
Greenhouse gas emissions from cultivation of winter wheat and winter
rapeseed for biofuels and from production of biogas from manure
Aarhus : The Faculty of Agricultural Sciences at Aarhus University (DJF), 2010

EC, 2010

F. Carré, R. Hiederer, V. Blujdea, R. Koeble
Background Guide for the Calculation of Land Carbon Stocks in the Biofuels
Sustainability Scheme . Drawing on the 2006 IPCC Guidelines for National
Greenhouse Gas Inventories
Ispra : European Commission Joint Research Center, Institute for Environment
and Sustainability JRC-IES (EC), 2010

Energieboerderij, 2011

Grote verschillen in zaad- en olieopbrengst winterkoolzaadassen 2011
Beschikbaar via: www.energieboerderij.nl/nieuws/grote-verschillen-koolzaadassen
Geraadpleegd: oktober 2012

FAO, 2012

FAOSTAT
Beschikbaar via: <http://www.fao.org/economic/ess/en/>

FAO, 2008

J.K. Syers, A.E. Johnston, D. Curtin
Improving the efficiency of soil and phosphorus use in cropping systems
Fertilizer and plant nutrition bulletin 18
Rome : Food and Agricultural Organization of the United Nations, 2008
Beschikbaar via: <ftp://ftp.fao.org/agl/agll/docs/fpnb18.pdf>



FAO, 2006

Nutrient management guidelines for some major field crops
In: Plant Nutrition for Food Security - A guide for integrated nutrient management
Beschikbaar via: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/009/a0443e/a0443e04.pdf>
Geraadpleegd: oktober 2012

FAO, 2005

Alexandra Bot and José Benites
The importance of soil organic matter. Key to drought-resistant soil and sustained food and production
FAO Soils Bulletin 80
Rome : Food and Agriculture Organization of the United Nation (FAO), 2005
Beschikbaar via: <http://www.fao.org/docrep/009/a0100e/a0100e.pdf>

Fargione et al, 2010

Joseph E. Fargione, Richard J. Plevin and Jason D. Hill
The Ecological Impact of Biofuels
In: Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics, Vol. 41: 351-377
Beschikbaar via: <http://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev-ecolsys-102209-144720?journalCode=ecolsys>

Forestry Commission, 2012

Anonymus
Stump Harvesting: Interim Guidance on Site Selection and Good Practice
Forest Research, April 2009
Beschikbaar via: <http://www.forestry.gov.uk/fr/INFD-7P5J7P>

GMO-compass, 2012

Rapeseed - factsheet.
Beschikbaar via: www.gmo-compass.org/eng/database/plants/63.rapeseed.html
Geraadpleegd: oktober 2012

Hoekstra, 2010

M.M. Mekonnen and A.Y. Hoekstra
The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products, Value of Water Research Report Series No. 47
Delft : UNESCO-IHE, 2010
Beschikbaar via: <http://www.waterfootprint.org/Reports/Report47-WaterFootprintCrops-Vol1.pdf>

Hoogwijk et al., 2010

Monique Hoogwijk, André Faaij, Richard van den Broek, Göran Berndes, Dolf Gielen, Wim Turkenburg
Exploration of the ranges of the global potential of biomass for energy
In: Biomass and Bioenergy, Volume 25, Issue 2, August 2003, Pages 119-133
Beschikbaar via: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0961953402001915>

IEA, 2010a

Uwe R. Fritsche (Öko-Institut), Bettina Kampman, Geert Bergsma (CE Delft)
Better use of Biomass for energy. Position paper of IEA REDT and IEA Bioenergy
Paris : International Energy Agency (IEA), 2010



IEA, 2010b

Bettina Kampman et al. (CE Delft), Uwe R. Fritsche et al. (Öko-Institut), Jan Willem Molenaar et al. (AidEnvironment), Stephan Slingerland et al. (CIEP) Better use of Biomass for energy. Background Report to the Position paper of IEA RETD and IEA Bioenergy (zie IEA, 2010a)
Paris : International Energy Agency (IEA), 2010

Jandl et al., 2011

Gerald Jandl, Christel Baum, Anja Blumschein and Peter Leinweber
The impact of short rotation coppice on the concentrations of aliphatic soil lipids
In: Plant and Soil, January 2012, Volume 350, Issue 1-2, pp 163-177
Beschikbaar via: <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11104-011-0892-x?LI=true#>

Langeveld et al., 2012

Hans Langeveld, Foluke Quist-Wessel, Ioannis Dimitriou, Pär Aronsson, Christel Baum, Ulrich Schulz, Andreas Bolte, Sarah Baum, Jörg Köhn, Martin Weih, Holger Gruss, Peter Leinweber, Norbert Lamersdorf, Paul Schmidt-Walter and Göran Berndes
Assessing environmental impacts of Short Rotation Coppice (SRC) expansion: model definition and preliminary results
In: Bioenergy Research, September 2012, Volume 5, Issue 3, pp 621-635
Beschikbaar via: <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs12155-012-9235-x#>

Langeveld en Sanders, 2010

J.W.A. Langeveld and J.P.M. Sanders
Synthese
In : H. Langeveld et al. (red.), The biobased economy. Biofuels, materials and chemicals in the post-oil era, pp. 361-377
London : Earthscan, 2010

Langeveld et al., 2010

J.W.A. Langeveld, J. Dixon en J.F. Jaworski
Development perspectives of the biobased economy: a review
In: Crop Science, Volume 50, March-April 2010, S-142-151
Madison : Crop Science Society of America, 2010

Ministerie van EZ, 2012

Hoofdlijnennotitie Biobased Economy
Ministerie van Economisch Zaken, 02-04-2012
Beschikbaar via: <http://www.rijksoverheid.nl/documenten-en-publicaties/kamerstukken/2012/04/02/hoofdlijnennotitie-biobased-economy.html>

Van Minnen, 2008

J. G. van Minnen
The terrestrial carbon cycle on the regional and global scale Modeling, uncertainties and policy relevance (Proefschrift)
Wageningen : Wageningen Universiteit, 2008



Minnesota Association et al., 2003

Minnesota Association of Wheat Growers, North Dakota Grain Growers Association, Montana Grain Growers Association and South Dakota Wheat, Inc., 2003. High-yield wheat: a contrast in climate and management systems. Prairie grains, Issue 50
<http://www.smallgrains.org/springwh/Feb03/yld/yld.htm>

NMI, 2007

M.C. Hanegraaf, S.W. Moolenaar, H.W. Elbersen, E. Annevelink
Effecten van biomassaketens op landgebruik en bodemkwaliteit in Nederland -
Ontwikkeling en toepassing van een toetsingskader
Wageningen : Nutriënten Management Instituut (NMI), 2007

PBL/CE Delft, 2012

PBL: Jan Ros, Jos Olivier, Jos Notenboom; CE Delft : Harry Croezen,
Geert Bergsma
PBL Note - Sustainability of biomass in a bio-based economy
Den Haag : Planbureau voor de Leefomgeving (PBL), 2012

Profundo, 2012

Jan Willem van Gelder, Barbara Kuepper
Verdeling van de economische waarde van de mondiale sojateelt - Een
onderzoeksrapport voor Milieudefensie
Amsterdam : Profundo, 2012

Seto et al., 2012

Karen C. Seto, Burak Güneralp en Lucy R. Hutyra
Global forecasts of urban expansion to 2030 and direct impacts on biodiversity
and carbon pools
PNAS 109 (40): 16083-16088. Doi:10.1073/pnas.1211658109
Beschikbaar via: <http://www.pnas.org/content/109/40/16083>

SNM, 2008

Heldergroene Biomassa, visie van stichting natuur en milieu en provinciale
milieufederaties op duurzame biomassa
Utrecht : Stichting Natuur en Milieu, 2008

Soyatech, 2012

Rapeseed Facts - factsheet
Beschikbaar via: http://www.soyatech.com/rapeseed_facts.htm
Geraadpleegd: oktober 2012

TCB, 2012

Advies Beter Besluiten met Ecosysteemdiensten
Den Haag : Technische Commissie Bodem (TCB), februari 2012

WRI, 2005

Millennium Ecosystem Assessment 2005
World Resources Institute
Washington DC
Beschikbaar via: <http://www.wri.org/publication/world-resources-2005-wealth-poor-managing-ecosystems-fight-poverty>



WUR, 2011

W.J. Corré, J.G. Conijn en J.W.A. Langeveld

Analysis of renewable energy directive NUTS2-reports on the greenhouse gas emissions from the cultivation of crops

Wageningen : Wageningen UR, Plant Research International, 2011

Beschikbaar via: <http://edepot.wur.nl/178463>

WUR, 2008a

W. Corré en J.W.A. Langeveld

Energie- en broeikasgasbalans voor enkele opties van energieproductie uit suikerbiet. Rapportage in opdracht van IRS. Rapport 187

Wageningen : Wageningen UR, Plant Research International, 2008

WUR, 2008b

P. de Willigen, B.H. Janssen, H.I.M. Heesmans, J.G. Conijn, G.J. Velthof, W.J. Chardon

Decomposition and accumulation of organic matter in soil; comparison of some models

Wageningen : Wageningen Universiteit (WUR), 2008

WUR, 2007

H.F.M. ten Berge, A.M. van Dam, B.H. Janssen, G.L. Velthof

Mestbeleid en bodemvruchtbaarheid in de Duin- en Bollenstreek. Advies van de CDM-werkgroep Mestbeleid en Bodemvruchtbaarheid in de Duin- en Bollenstreek. Werkdocument 47

Wageningen : Wageningen Universiteit (WUR), 2007



Bijlage A Eerdere aanbevelingen voor biobased economy

In een aantal eerdere rapporten zijn aanbevelingen gedaan voor de biobased economy die raken aan de bodemkundige aspecten.

Conclusies ‘Brede inzet biomassa’ (Ecofys, 2009)

In dit rapport wordt een LCA-methodiek voor verschillende toepassingen van biomassa uitgewerkt (vergelijking met fossiele referentie in de sector en vergelijking van deze verschillen over de sector). Gesuggereerd wordt om ook de milieuvoordelen die te behalen zijn door inzet van biomassa in verschillende sectoren uit te drukken per benodigde hectare vruchtbaar land. In dit rapport wordt nog geen koppeling met beleid gemaakt.

Conclusies NMI-rapport biobrandstoffen en bodems (NMI, 2007)

In deze studie is de onderzoeksvraag uitgewerkt als organische stofbalans op perceels- en regionaalschaalniveau. Het gebruik van het toetsingskader is geïllustreerd voor de ketens ‘groene elektriciteit’ en ‘biotransport-brandstoffen’. Daarbij is een kwalitatieve beschouwing gegeven voor de indicatoren organische stof, mineralen en landgebruik. Uit deze eerste uitwerking van het toetsingskader is geconcludeerd dat bio-energie kansen biedt op een goede bodemkwaliteit bij vergisting van biomassa en bij de teelt van biotransportbrandstoffen voor 2^e generatie technologie. Voorwaarden bij de vergisting zijn dat het een decentraal, grondgebonden systeem betreft en dat het digestaat optimaal kan worden benut om de afbraak van organische stof mee te compenseren. Voorwaarde bij de teelt voor 2^e generatie technologie is dat de achterblijvende organische stof (wortelstelsel meerjarige teelten; stro van granen) de afbraak compenseert. Voorts is geconcludeerd dat een aantal bedreigingen bestaat. Zo is er sprake van een spanning tussen het gebruik van digestaat als bodemverbeteraar (aanvoer van organische stof) en het wettelijk verplichte gebruik als meststof. Dit kan ertoe leiden dat er te weinig organische stof mag worden aangevoerd en dat de grond verschaalt. Tegelijkertijd is er een concreet risico op een toename van het mineralenoverschot dat zonder wettelijk kader zou leiden tot verdergaande vermisting. Voor de teelt van energiegewassen voor de 1^e generatie technologie biotransportbrandstoffen wordt geconcludeerd dat de koolstofkringloop niet gesloten is. Dat leidt op termijn tot verschraling van de grond. De teelt van granen voor de 2^e generatie technologie vormt een bedreiging voor organische stofopbouw indien onvoldoende stro achterblijft.

Het is gewenst om de beleidsmatige en landbouwkundige knelpunten rondom het gebruik van digestaat op te lossen. Aanbeveling is gedaan voor de implementatie van een monitoringsysteem voor organische stof om een goede bodemkwaliteit als onderdeel van duurzame bio-energieproductie te waarborgen.

De NMI-studie legt nog geen duidelijke link tussen de bodemeffecten en beleid. Cruciale probleempunten zijn:

- het organische stofgehalte van de bodem;
- gesloten koolstofkringlopen;
- digestaat als bodemverbeteraar in combinatie met mest en regelgeving.



Conclusies goed gebruik biomassa (CE Delft, 2010)

- Voor het beoordelen van biomassaopties zijn de criteria € meerkosten per ton CO₂-reductie en ton CO₂-reductie/ha vruchtbaar landgebruik/jaar bruikbare toetsstenen mits ook gekeken wordt naar toekomstige mogelijkheden en mits ook indirecte effecten van met name vruchtbaar landgebruik ook meegenomen worden.
- De macro-economische waarde, het voldoen aan duurzaamheidscriteria en het niet verspillen van nutriënten zijn ook belangrijke criteria.
- Biomassa inzet in Nederland kan van substantiële omvang worden voor vergaand klimaatbeleid in de sectoren warmte, elektriciteit, gas, chemie en staal.
- Op dit moment scoren solo-vergisten van mest en inzet van houtige biomassa in de staalsector het best op de criteria terwijl deze opties niet worden toegepast.
- Op de wat langere termijn lijken groen gas uit mest, diverse chemische producten (bijvoorbeeld etheen uit suikerriet en 1,3 PDO) en een divers pallet van energieproducten uit houtige biomassa interessante opties voor Nederland.
- Naast elektriciteit worden de warmtesector, de chemie, de staalsector, de gassector en tweede generatie biobrandstoffen waarschijnlijk allemaal vrager van houtige biomassa in Nederland.
- Het huidige bio-overheidsbeleid vergeet de biochemie en de biostaal, creëert geen level playing field tussen biomassaopties en stimulansen zijn gericht op de verkeerde doelen (liters en kWh e i.p.v. van op CO₂ en hectares).
- Er zijn een aantal mogelijkheden om biomassa gelijk te maken voor verschillende sectoren waardoor er wel een level playing field ontstaat.
- Te denken valt aan:
 - het introduceren van verplichte aandelen duurzame energie voor alle relevante sectoren;
 - het introduceren voor een verplicht aandeel bio in de betreffende sectoren (zoals nu alleen geldt voor transport);
 - een algemene CO₂-heffing of bonus of carbonstatiegeld zoals ingevoerd in Zweden;
 - een set van CO₂-normen per product voor de betreffende sectoren (zoals de Fuel Quality Directive die geldt voor transportbrandstof).

Conclusies Cascadering van biomassa (CE Delft, 2012)

Een van de hoofdconclusies van dit onderzoek was dat beleid cascadering niet vaak stimuleert. Op dit moment wordt vaak ingezet op inzet van biomassa in energietoepassingen, terwijl dit onderaan de 'cascaderingsladder' staan met betrekking tot effectief en efficiënt gebruik van grondstoffen. De beleidsopties die er zijn om cascadering, en daarmee efficiënt gebruik van biomassa, te stimuleren kunnen worden uitgebreid, waarmee de biobased economy duurzamer kan worden ingericht.

Suggesties voor effectiever beleid:

1. Implementeer duurzaamheidscriteria voor biobrandstoffen en bio-energie om cascadering te stimuleren. Door het voorkomen van gebruik van biomassa in energietoepassingen terwijl deze biomassa elders nog zou kunnen worden ingezet, wordt cascadering gestimuleerd.
2. Neem ILUC op in de duurzaamheidscriteria. Enkel biomassa waarmee een minimum reductie van broeikasgassen wordt behaald zou in aanmerkingen moeten kunnen komen voor subsidie.



3. Maak het mogelijk de energiesector om hun verplichtingen 'uit te besteden' aan andere sectoren, als deze biomassa effectiever in kunnen zetten.
4. Pas de Europese wetgeving aan zodat digestaat gebruikt kan worden als kunstmestvervanger.
5. Stimuleer het gebruik van warmte van (bio)elektriciteitscentrales
6. Introduceer/versterk verplichtingen met betrekking tot recycling van papier.
7. Zet recyclingprogramma's voor bio-plastics op.
8. Draai de mogelijkheid van subsidieverlening bij mestvergisting terug als cosubstraten met nuttige andere toepassingen worden gebruikt.





Bijlage B BOS-analyse

B.1 Bodems wereldwijd

Het type bodem en de locatie (denk aan kleigehalte, temperatuur, neerslag) waarop verbouwd wordt heeft een sterke invloed op de afbraak van bodemorganische stof.

Een algemeen overzicht van bodems wereldwijd is gegeven door de Europese Commissie (2010). Globaal gesproken zijn bodems in Europa veelal hoog productieve kleigronden met lokale eenheden van zandige en laagproductieve kleigronden. In het noorden van het continent, en lokaal elders, worden vooral bodems met een hoog zoutgehalte (Spodic soils) en veenbodems gevonden.

Bodems in Noord-Amerika zijn merendeels hoogproductieve kleibodems. Uitzonderingen zijn te vinden in het noorden (Canada), waar vooral spodic soils en veenbodems worden gevonden, in het oosten, gedomineerd door laagproductieve kleigronden, en het westen waar plaatselijk vulkanische bodems en spodic soils liggen. Dominante akkerbouw gebieden liggen op hoogproductieve kleigronden.

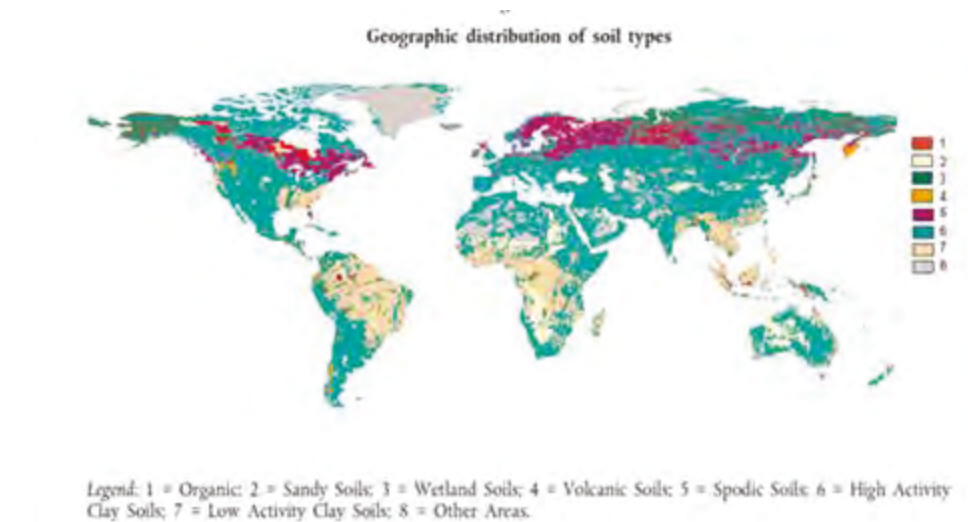
Zuid-Amerika wordt gedomineerd door laagproductieve kleigronden in het Noordoosten (o.a. Brazilië), en hoogproductieve kleigronden elders (o.a. Argentinië).

Bodems in Afrika zijn zeer overwegend hoogproductieve kleigronden in het noorden en het zuiden, met bodems ontwikkeld in wetland in een zone die loopt van de Sahel in het westen tot in Egypte en in grote delen van het Zuidwesten. Laagproductieve kleigronden domineren de grootste delen van West- en Midden-Afrika. Bodems in de Sahara zijn niet bruikbaar.

Verdeling van bodems in Azië is vergelijkbaar met die in Noord-Amerika: veenbodems en spodic soils domineren in het noorden, en laagproductieve kleigronden in het zuidoosten. Andere delen worden gedomineerd door hoogproductieve kleigronden met (grote) concentraties van zandige bodems (vooral China) en onbruikbare overige bodems (vooral in het zuidwesten), zie ook Figuur 21.



Figuur 21 Bodemtypen wereldwijd



Bron: Europese Commissie (2010). Common decision of 10 June 2010 on the guidelines for the calculation of land carbon stocks for the purpose of Annexe V to Directive 2009/28/EC. Official Journal of the European Union. Brussel, Europese Commissie.

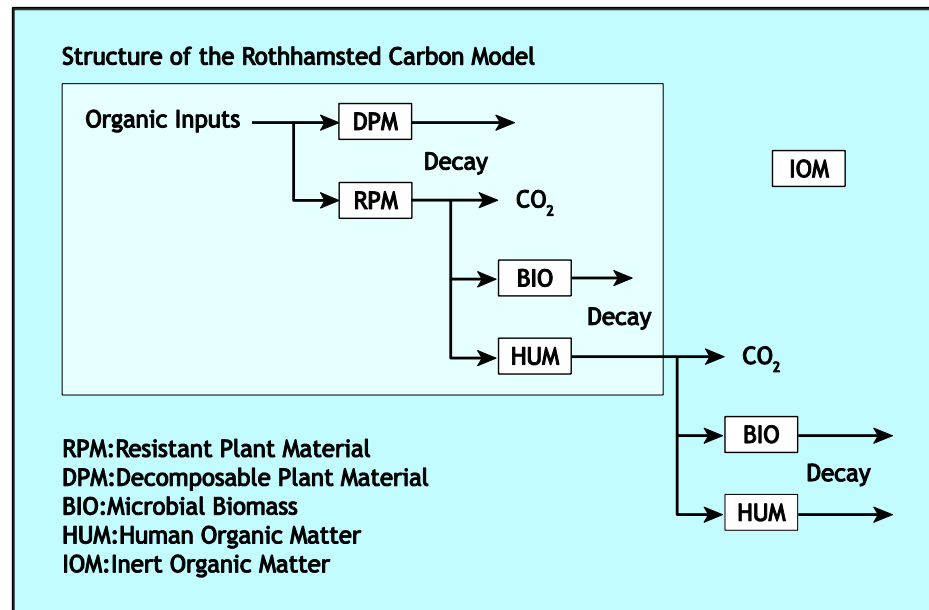
B.2 Gehanteerde model

Het voor het benaderen van de BOS-dynamiek toegepaste model is gebaseerd op het Roth C-model. Roth C maakt het mogelijk effect van kleigehalte direct mee te nemen in afbraakberekeningen.

Roth C is een gerenommeerd model voor het benaderen van de koolstof-dynamiek in bodems dat onder andere wordt toegepast in de door de Vlaamse overheid uitgegeven Koolstofsimulator en in Fullcam, het voor de Australische overheid ontwikkelde model voor de simulatie van koolstofkringlopen op het Australische continent.

Roth C volgt een vergelijkbare benadering als de modellen van Janssen en Yang (zie WUR, 2008b en WUR, 2007).

Figuur 22 Opbouw Roth C-benadering



Bron: Coleman, 1999¹⁷.

In het Roth C-model wordt biomassa benaderd als een combinatie van makkelijk (DPM) en moeilijk (RPM) afbreekbaar organisch materiaal. Makkelijk afbreekbaar materiaal betreft bijvoorbeeld suikers en eiwitten, moeilijker afbreekbaar zijn met name lignine, wassen en fenolen (Tabel 11).

Beide soorten plantaardig materiaal worden afgebroken tot CO₂, microbiologisch materiaal (BIO - zie Figuur 22) en humus (HUM - zie Figuur 22). De verhouding tussen HUM en BIO is vastgezet in Roth C op 46% ÷ 54%.

Beide afbraakproducten (BIO en HUM) worden weer omgezet in een mengsel van CO₂, microbiologisch materiaal (BIO) en humus (HUM). Zoals met de arcering in Figuur 22 is aangegeven is in dit project deze tweede afbraakstap weggelaten, met het oog op de kleine hoeveelheden BIO en HUM die in deze derde stap nog worden gevormd (zie Box 2).

Tabel 11 Percentage afgebroken na 1 jaar

Stof	Afgebroken na 1 jaar
Fenolen	10%
Wassen	25%
Lignine	50%
Cellulose	75%
Hemicelluloses	90%
Suikers	99%
Eiwitten	100%

Bron: WUR, 2011¹⁸.

¹⁷ K. Coleman, D.S. Jenkinson, ROTH C-26.3, A model for the turnover of carbon in soil, IACR Rothamsted, Harpenden, Herts, 1999.

¹⁸ C. Hendriks, Quick scan organische stof: kwaliteit, afbraak en trends, WUR-Alterra, Wageningen, 2011.



Box 2: Voorbeeld voor de relevantie van de tweede afbraakstap

DPM breekt in een jaar tijd volledig af. Daarbij wordt in een bodem met 50% klei per kilo DPM, 0,11 kg BIO en 0,13 kg HUM gevormd. Tijdens het jaar zal ongeveer 45% van de BIO worden afgebroken. Daaruit wordt weer $0,11 \times 0,45 \times 0,11 = 0,005$ kg BIO en $0,11 \times 0,45 \times 0,13 = 0,006$ kg HUM gevormd.

Afbraak verloopt volgens de relatie:

$$C_t = C_{t=0} \cdot e^{\alpha \cdot b \cdot c \cdot k \cdot t}$$

waarin:

- a, b, c: factoren voor beschrijven van de invloed van temperatuur, vochtgehalte in de bodem en mate van begroeiing (zie ook Box 2);
- k: een vaste afbraaksnelheidbepalende factor per type organische materiaal:
 - k = 0,3 voor RPM;
 - k = 10 voor DPM;
 - k = 0,66 voor BIO;
 - k = 0,02 voor HUM.
- T: de tijd (in jaren) na de start van het afbraakproces.

Afbraak verloopt sneller:

- bij hogere temperatuur;
- bij aanwezigheid van voldoende vocht (> 70% van maximale waterbeschikbaarheid voor plant);
- bij afnemende bodembedekking door planten.

De verhouding tussen CO₂ en BIO + HUM wordt bepaald door het kleigehalte van de bodem volgens de relatie (bron):

$$\frac{CO_2}{(BIO+HUM)} = 1,67 \cdot (1,85 + 1,60 \cdot e^{-(0,0786 \% \text{klei})})$$

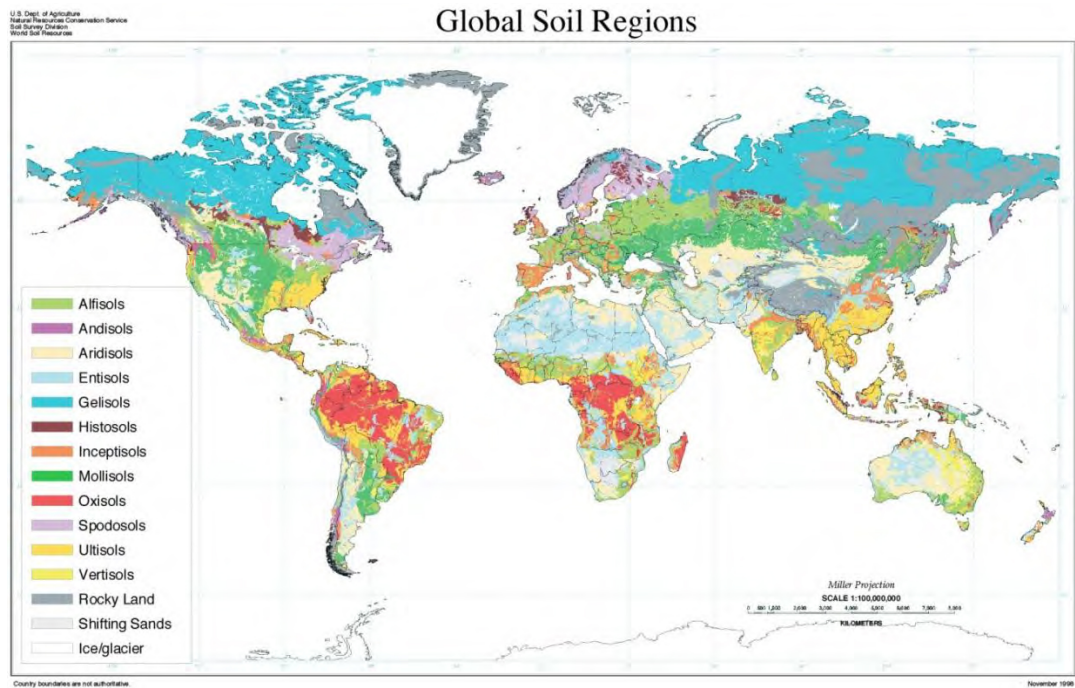
De relatie geeft aan dat klei biologisch materiaal 'afschermt' voor afbraak (zie ook CSIRO, 2001)¹⁹.

In Figuur 23 is weergegeven wat de gemiddelde kleigehalten zijn voor verschillende gebieden, gekoppeld aan het type bodem (e.g. alfisol, zie Tabel 12)

¹⁹ E. Krull, J. Baldock, J. Skjemstad, Soil Texture Effects on Decomposition and Soil Carbon Storage, CSIRO, 2001.



Figuur 23 Bodemkaart volgens USDA-classificatiesysteem met bijbehorende gemiddelde kleigehalten



Tabel 12 USDA-bodemtypen en kleigehalte

USDA bodemtype	Kleigehalte (%)
Alfisol	28
Andisol	10,4
Aridisol	17,2
Entisol	3,5
Gelisol	23,7
Histosol	2
Inceptisol	4,9
Mollisol	21,1
Oxisol	53,9
Spodosol	1,8
Ultisol	12,3
Vertisol	49,0

Bron: Ex-ANTE en RSB, 2011.

Box 3: Invloedfactoren

Factor a wordt gegeven door:

$$a = \frac{47,9}{\frac{106}{1 + e^{T+18,3}}} \text{ met } T = \text{temperatuur in } ^\circ\text{C}.$$

Factor b varieert tussen 0,2 en 1,0:

- 0,2 wanneer de waterbeschikbaarheid 0 is;
- 1,0 wanneer de waterbeschikbaarheid in de bodem 70% van de veldcapaciteit of hoger is;
- $b = 0,2 + 0,8 \cdot \frac{f \cdot \text{veldcapaciteit}}{0,7 \cdot \text{veldcapaciteit}}$ met f de waterbeschikbaarheid uitgedrukt als fractie van de veldcapaciteit.

Factor c heeft twee waarden:

- 0,6 voor begroeid oppervlak;
- 1,0 voor braak.

In deze studie is ervoor gekozen de temperatuurgerelateerde factor a te laten voor wat die is en enkel variaties in waterbeschikbaarheid (Factor b) en mate van bodembedekking door planten (Factor c). De Factor b voor humus is voor verschillende klimaten steeds geschat door uit te gaan van de gemiddelde verblijfstijden L voor organisch materiaal in de humuspool, zoals gegeven in IMAGE (bron). De factor (b x k) voor andere pools zijn steeds geschat naar ratio van de k-waarden in Roth C. Uitgangspunt hierbij is dat in Roth C de verhoudingen steeds gelijk blijven aangezien de ‘k-waarden’ van de verschillende pools volgens allemaal met dezelfde correctiefactor b worden gecorrigeerd.

Tabel 13 Aangehouden specificaties van verschillende klimaatzones

Klimaat	Neerslag mm/jaar	T _{gem} °C	L humus	k-waarde			
				Recalcitrant	Makkelijk afbreek- baar	Micro- biologisch	Humus
Koel en droog	500	10	40	0,4	12,7	0,8	0,025
Koel en vochtig	900	10	40	0,4	12,7	0,8	0,025
Warm en droog	700	14	40	0,4	12,7	0,8	0,025
Warm en vochtig	1.200	14	40	0,4	12,7	0,8	0,025
Vochtig tropisch montaan	1.500	22	20	0,8	25,6	1,7	0,051
Droog tropisch montaan	1.000	22	20	0,8	25,6	1,7	0,051
Droog tropisch	1.000	24	20	0,8	25,6	1,7	0,051
Vochtig tropisch	1.500	24	20	0,8	25,6	1,7	0,051
Tropisch regenwoud	2.500	24	20	0,8	25,6	1,7	0,051
ref Roth C (± voor 10°C)				0,3	10	0,66	0,02

Bron: Temperatuur en neerslag op basis van (RBS, 2011), L-waarden voor humus uit (RIVM, 2006).

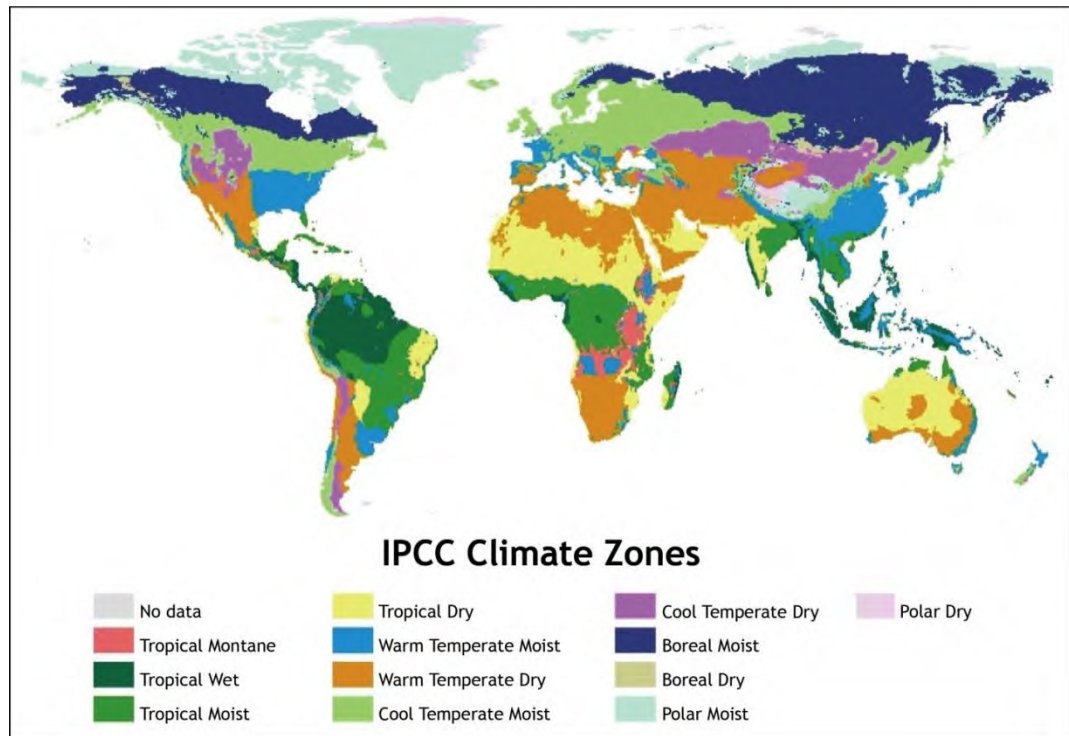
Voor Factor c is steeds uitgegaan van 0,6; de factor voor bedekte bodem. Voor Factor a is op basis van ClimWat²⁰ schattingen per locatie gemaakt.

²⁰ http://www.fao.org/nr/water/infores_databases_climwat.html.



Productie van biomassa in een bepaald gebied is volgens onderstaande kaart gekoppeld aan een specifieke klimaatzone.

Figuur 24 Klimaatzones



Bron: IPCC, 2006.

Afbraak in de bodem wordt in de praktijk ook beïnvloed door de mate waarin grondkerende bewerking (ploegen) plaatsvindt. Door ploegen worden vochthuishouding en toevoer van zuurstof beïnvloed, twee factoren die mede bepalend zijn voor de snelheid van de afbraak van organisch materiaal. In IPCC wordt voor de invloed van de intensiteit van ploegen beschreven of benaderd met de management factor (zie bron) in de volgende formule voor bodemorganische stof (B.O.S.):

$$B.O.S._t = B.O.S._{t=0} \cdot f_{\text{landgebruik}} \cdot f_{\text{bodemanagement}} \cdot f_{\text{input}}^{21}$$

Waarbij:

$f_{\text{landgebruik}}$ Een 'correctiewaarde' waarmee de hoeveelheid koolstof na een periode van 20 jaar van een bepaalde vorm van landgebruik (akkerbouw, meerjarige gewassen, beheerd grasland, natuurlijk bos) kan worden geschat. Deze factor blijft in deze studie verder buiten beschouwing.

$f_{\text{bodemanagement}}$ Deze factor drukt de invloed van de intensiteit van bodembewerking - mate waarin land wordt geploegd, diepte tot waarop wordt geploegd - op de afbraaksnelheid van bodemorganische stof uit.

²¹ Zie: http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4_Volume4/V4_05_Ch5_Cropland.pdf



f_{input} Een factor in relatie tot de mate waarin organisch materiaal aan de bodem wordt gegeven in de vorm van gewasresten, compost of dierlijke mest.
Dit aspect wordt in deze studie geëxpliciteerd.

In deze studie zijn de managementfactoren omgerekend naar invloedfactoren vergelijkbaar met de invloedfactoren a, b en c uit C-Roth, waardoor de relatie voor afbraak van bodemorganische stof is uitgebreid tot (bron):

$$C_t = C_{t=0} \cdot e^{a \cdot b \cdot c \cdot d \cdot k \cdot t}$$

Met d als invloedfactor voor de intensiteit van grondkerende bewerking van de bodem.

Tabel 14 Landmanagement factoren

	Managementfactor uit IPCC, 2006 voor intensiteit van grondkerende bewerking		Factor d, voor intensiteit van grondkerende bodembewerking		
	Beperkt ploegen	Niet ploegen	Conventioneel ploegen	Beperkt ploegen	Niet ploegen
Koel en droog	1,02	1,1	100%	98%	91%
Koel en vochtig	1,08	1,15	100%	93%	87%
Warm en droog	1,02	1,1	100%	98%	91%
Warm en vochtig	1,08	1,15	100%	93%	87%
Vochtig tropisch montaan	1,09	1,16	100%	92%	86%
Droog tropisch montaan	1,09	1,16	100%	92%	86%
Droog tropisch	1,09	1,17	100%	92%	85%
Vochtig tropisch	1,15	1,22	100%	87%	82%
Tropisch regenwoud	1,15	1,22	100%	87%	82%

Bron linkerkolommen: IPCC, 2006.

Voor omrekening is gebruik gemaakt van de formule:

$$d = \frac{\ln\left(1 - \frac{1}{L \cdot f_{landmanagement}}\right)}{\ln\left(1 - \frac{1}{L}\right)}$$

Waarin:

L: De gemiddelde verblijftijd van koolstof in de humuspool is, zie Tabel 13.

Factor d: Is van toepassing verondersteld op alle typen bodemorganische stof en plantaardig materiaal.

Voor de gemiddelde neerslag in de verschillende klimaatzones wordt uitgegaan van het overzicht uit RSB (2011), zie Tabel 15.



Tabel 15 Gemiddelde neerslag in de verschillende klimaatzones

Ecozone	Afkorting	Gemiddelde neerslag (mm yr ⁻¹)
Tropical rainforest	Tar	2.500
Tropical moist deciduous forest	Tawa	1.500
Tropical dry forest	Tawb	100
Tropical shrublands	Tbsh	500
Tropical desert	Tbwh	50
Subtropical humid forest	Scf	1.200
Subtropical dry forest	Sbs	700
Subtropical steppe	SbSh	400
Subtropical desert	Sbwh	200
Temperate oceanic forest	TeDo	1.500
Temperate continental forest	TeDc	600
Temperate steppe	TeBSk	300
Temperate desert	TeBWk	150
Boreal coniferous forest	Ba	500
Boreal tundra woodland	Bb	400

Bron: RSB, 2011.





Bijlage C Bemestingscijfers biobased feedstocks

In deze studie hebben we gegevens over bemesting van biobased feedstocks uit de literatuur vergeleken met de waarden die gebruikt worden in CO₂-tools zoals BioGrace (Biograce, 2011) en waarden voor teelt van biofuel feedstocks zoals ze zijn gerapporteerd aan de Europese Commissie in de verschillende NUTS2-rapportages.

In deze bijlage staan we eerst stil bij de in de gangbare literatuur gegeven bemestingspraktijken en -adviezen, en vergelijken deze met de in BioGrace gebruikte gegevens.

C.1 Stikstof

Tabel 16 geeft de in de literatuur aanbevolen en gerapporteerde bemestingsniveaus voor de belangrijkste biobased ketens. De eerste kolom geeft de spreiding van de genoemde bemestingsniveaus. Dit zijn waarden die in verschillende bronnen worden gegeven als reële waarden. In de praktijk zal de bemesting variëren, omdat het afhangt van de combinatie van bodemkwaliteit, het te verwachten opbrengstniveau en de weersomstandigheden. De tweede kolom ('gangbaar') geeft een inschatting van het bemestingsniveau dat wordt verwacht voor de in deze studie aangehouden praktijksituaties (afhankelijk van regio, opbrengstniveau, type bodem, etc.). Het gaat hierbij uitsluitend om kunstmest. Toediening van dierlijke of plantaardige meststoffen worden vaak niet - of onvolledig - beschreven.

Er kan onderscheid gemaakt worden naar gewassen een lage (soja, suikerriet, hout), gemiddelde (tarwe, suikerbiet, maïs, SRC) en hoge (oliepalm, koolzaad) stikstofbemesting. De spreiding van de gerapporteerde mestgiften is over het algemeen vrij hoog, waarbij de hoogste waarde (meer dan) twee keer zo hoog is als het laagste gerapporteerde bemestingsniveau. Dit is niet ongewoon en geen reden tot zorg.

De in BioGrace en JEC (bron en uitleg waarom dit apart genoemd wordt) gehanteerde bemestingsniveaus liggen vaak redelijk in de buurt van de als gangbaar aangenomen waarden. Er zijn wel enkele opvallende uitzonderingen. Voor tarwe (-20 kg N/ha) ligt de voor het beleid gehanteerde waarde nog enigszins in de buurt. Voor andere gewassen liggen de gehanteerde waarden (door BioGrace en JEC) vaak aanzienlijk lager dan wat redelijkerwijze mag worden verwacht in de praktijk. Dit geldt met name voor maïs (-120). Ook bij koolzaad en oliepalm (respectievelijk -65 en -60 kg/ha) geldt dat de verschillen wel erg groot zijn.



Tabel 16 Stikstofbemesting biobased feedstocks (kg N/ha)

Feedstock	Literatuur	Gangbaar	Bio-Grace (v 4b)	JEC-database
Tarwe	80-200	130	109	109
Suikerbiet	85-120	120	120	119
Suikerriet	45-90	57	63	75
Maïs	145-170	170	52	-
Soja	2 tot 8	8	0	8
Oliepalm	197	197	128	7
Koolzaad	150-250	200	137	137
SRC	70-120	80	-	25
Hout	150-225 (1)	60	-	25

(1) In beperkt aantal jaren van de rotatie.

Bron: BioGrace, (Biograce 2011)

Onduidelijk is wat hiervoor de verklaring is. Bij oliepalm geldt, dat het aantal geraadpleegde literatuurbronnen erg beperkt is. Mogelijk (waarschijnlijk) wijkt de gebruikte informatie hier af van de praktijk (de gebruikte bron refereert naar Indonesië, waar de meeste geïmporteerde palmolie afkomstig is van Maleisië). Bij koolzaad is de oorzaak minder duidelijk.

Eén van de factoren die een rol kan spelen bij het verklaren van verschillen die zijn gevonden ligt in het ontbreken van informatie over toepassing van dierlijke en plantaardige mest. In het algemeen valt op dat de bijdrage van organische meststoffen in de rekentools, datasets en analyses van biobrandstoffen en biobased producten zwaar onderbelicht is. Veel bronnen vermelden in het geheel geen organische meststoffen, terwijl dat in een aantal gevallen wel kan worden verwacht. Dit geldt met name voor algemeen geteelde (voedsel)gewassen in Europa: tarwe, koolzaad en suikerbiet.

Opvallend is verder dat de genoemde rekentools en rapporten in het algemeen nauwelijks ingaan op het ontbreken van (cijfers voor) organische meststoffen, ook niet in hun analyses. Dit is een belangrijke omissie, die reeds eerder is benoemd in een vergelijkende studie van de rapportages die de EU-lidstaten hebben aangeleverd aan de Europese Commissie (Corré et al., 2010). In dit rapport van Plant Research International worden mestgiften, kengetallen en gerapporteerde nutriëntenemissies van (voor de productie van biobrandstof geteelde) gewassen in de EU vergeleken met emissies die door verschillende lidstaten worden gerapporteerd. De auteurs vergeleken onder andere tarwe, suikerbiet en koolzaad. Verdeling van deze gewassen over de geanalyseerde rapportages (de zogenaamde NUTS2-rapporten, naar het administratieve niveau waarop de cijfers zijn aangeleverd) in Nederland, Duitsland, België, Frankrijk, het Verenigd Koninkrijk, Denemarken en Zweden zijn te vinden in Tabel 17.



Tabel 17 Rapportages bemestingsniveau van biobrandstofketens

NUTS2-rapport	Tarwe	Suikerbiet	Koolzaad	Opmerking
Nederland	X	X	X	Enige land dat organische mest rapporteert
Duitsland	X	X	X	
Frankrijk	X	X	X	
België (1)	X	X	X	Geen rapportage voor Wallonië
Verenigd Koninkrijk	X	X	X	
Denemarken	X		X	
Zweden	X		X	Organische bodems niet meegenomen

(1) Rapportage voor Vlaanderen.

Bron: Eurostat 2013

Nederland is het enige land dat ook de bijdrage van organische meststoffen bij de teelt heeft meegerekend. Deze kan aanzienlijk zijn. Verwacht wordt dat in landen met een intensieve landbouw (veel intensieve veehouderij) een relatief groot aandeel van de nutriënten afkomstig zal zijn uit organische meststoffen. Dit geldt met name voor delen van Nederland, België, Frankrijk, Verenigd Koninkrijk en Denemarken.

De gevolgen hiervan worden hier kort besproken. Allereerst geldt dat het onvermeld laten van organische meststromen zal leiden tot een onderschatting van de aangevoerde nutriënten. In de praktijk worden dus niet alle meststoffen meegeteld. Ten aanzien van de organische stofbalans geldt verder dat het niet vermelden van organische meststoffen zal leiden tot een onderschatting van de aanvoer van organische stof. Er zal dus eerder (schijnbaar) sprake zijn van uitputting van de organische stof fractie in de bodem.

Tenslotte zal het onvermeld laten van organische meststoffen leiden tot een onderschatting van de nutriëntenemissies. Dit geldt in hoge mate voor de emissies van lachgas (distikstofmonoxide ofwel N_2O). Aangezien dit ook een belangrijk broeikasgas is (met een reactiviteit 310 keer zo sterk als CO_2) beïnvloedt dit de broeikasgasbalans in sterke mate. Dit wordt toegelicht in de volgende tabellen. Tabel 18 geeft de gerapporteerde kunstmestgiften in de verschillende landenrapportages.

Nederland zit met kunstmestgiften aan de hoge kant, met een uitzondering voor suikerbiet, maar niet extreem hoog. Naast kunstmest wordt in Nederland gemiddeld 93, 70 en 35 kg stikstof in dierlijke mest toegediend.



Tabel 18 Kunstmestgiften gerapporteerd in NUTS2-rapporten (kg N/ha)

NUTS2-rapport	Tarwe	Suikerbiet	Koolzaad	Opmerking
Nederland	166	86	175	Plus 93, 70, en 35 N in organische mest
Duitsland	146	114	166	
Frankrijk	165	108	165	
België (1)	110	63	89	Geen rapportage voor Wallonië
Verenigd Koninkrijk	171	86	193	
Denemarken	159		178	
Zweden	152		166	Organische bodems niet meegenomen

(1) Rapportage voor Vlaanderen.

Bron: Eurostat 2013

Voor een indruk van het belang van N₂O-emissies wordt verwezen naar Tabel 19. Hieruit blijkt dat Nederland voor tarwe verreweg de hoogste lachgasemissies heeft (23 g CO₂-eq./MJ). Het gerapporteerde emissieniveau in Nederland is gemiddeld de helft hoger dan de hoogste waarden van andere landen. Een dergelijk patroon, zij het minder extreem, wordt gevonden voor koolzaad, zij het dat hier het Verenigd Koninkrijk ook hoge veldemissies rapporteert. Voor suikerbiet is er geen systematisch verschil.

Tabel 19 Veldemissies van lachgas in NUTS2-rapporten (g CO₂-eq./MJ)

NUTS2-rapport	Tarwe	Suikerbiet	Koolzaad	Opmerking
Nederland	23.3	7.5	23.8	Enige land dat organische mest rapporteert
Duitsland	13.0	8.1	20.4	
Frankrijk	9.7	5.3	18.7	
België (1)	11.9	6.3	20.2	Geen rapportage voor Wallonië
Verenigd Koninkrijk	14.8	2.7	25.9	
Denemarken	14.4		17.1	
Zweden	14.3		15.1	Organische bodems niet meegenomen
BioGrace	14,5	11,5	28,9	www.biograce.net. Versie 4b

(1) Rapportage voor Vlaanderen

Bron: Corré, 2011

Het belang van de hier geconstateerde afwijkingen kan het beste geïllustreerd worden door deze te vergelijken met de bij BioGrace gerapporteerde lachgas-emissies die ontstaan tijdens de teelt van biobased gewassen. Deze staan in de laatste regel van Tabel 19. Met name voor tarwe en koolzaad geldt dat de in Nederland gerapporteerde emissies uit lachgas een substantieel deel uitmaken van alle tijdens de teelt optredende emissies. Verwacht mag worden, dat het meenemen van (lachgas)emissies die ontstaan bij het toedienen van dierlijke mest ook voor andere landen dus een aanzienlijke verhoging van de totale emissies tot gevolg zal hebben.



Voor sommige landen komt hier nog bij dat er bij het berekenen van de emissies alleen gekeken wordt naar teelt op minerale bodems. Teelten die plaatsvinden op organische bodems (veengronden, bodems met een laag grond met een hoog gehalte organische stof) zal altijd tot hogere emissies leiden tijdens de teelt. Dit geldt het sterkst voor veengronden die worden ontwaterd. Verwacht kan worden dat dit een rol zal spelen voor landen met relatief veel veengronden (o.a. Zweden).

C.2 Fosfaat

Fosfaatbehoefte van gewassen is, meer dan bij stikstof het geval is, sterk afhankelijk van de voedingstoestand van de bodem. De gerapporteerde bemesting in de literatuur ligt veelal rond de 30-60 kg fosfaat per ha. Uitzonderingen zijn hoogproductieve en fosfaatminnende gewassen (vooral tarwe, suikerbiet, en koolzaad). Ook voor maïs kan de bemesting hoger uitvallen. We berekenen een te verwachten bemestingsniveau voor alle gewassen. In een aantal gevallen valt deze aan de bovenkant of zelfs boven de in de literatuur gegeven range uit, vaak doordat in de huidige praktijk voor door deze studie geëvalueerde ketens de opbrengsten (aanzienlijk) hoger uitvallen dan waar in de gebruikte studies vanuit werd gegaan. Dit is met name het geval voor suikerbiet.

Fosfaatgiften uit kunstmest variëren van 30 tot 120 kg P₂O₅/ha afhankelijk van opbrengstverwachting en bodemkwaliteit Tabel 20. Kunstmestgiften liggen gemiddeld rond de 60 kg P₂O₅/ha maar zowel BioGrace als JEC rapporteren aanzienlijk lagere toedieningsniveau's (22 kg P₂O₅/ha). Zij beroepen zich hierbij op data van de European Fertiliser Manufacturer Association (EFMA, data uit 2008). Deze gegevens hebben we niet kunnen vinden. Bij onze analyse gaan we uit van gegevens uit de literatuur en waar mogelijk ook van de International Fertilizer Association (IFA). Voor bepaalde gewassen (tarwe, soja, oliepalm, koolzaad, SRC) ligt het bemestingsniveau meer in de in de literatuur gegeven range. Bemestingsgegevens voor hout konden niet worden gevonden.

Tabel 20 Fosfaatbemesting biobased feedstocks (kg P₂O₅/ha)

Feedstock	Literatuur	Gangbaar	BioGrace (v 4b)	JEC-database
Tarwe	30-120	60	22	22
Suikerbiet	0-150	158 (1)	60	60
Suikerriet	30-60	60	28	28
Maïs	54-84	84	35	g.g.
Soja	36-76	39	66	66
Oliepalm	114	114	144	147
Koolzaad	80-100	90	34	34
SRC	23-46	35	g.g.	34
Hout	g.g.	10	g.g.	g.g.

g.g. Geen gegevens.

(1) Huidige opbrengsten liggen aanzienlijk hoger dan in de geraadpleegde studies.



In vergelijking met de literatuur valt bemesting volgens BioGrace en JEC vaak laag uit. Dit is vooral het geval voor tarwe, suikerbiet, suikerriet, maïs en koolzaad. Bij oliepalm vallen bemestingscijfers van BioGrace/ JEC juist opvallend hoog uit. We hebben hier geen verklaring voor kunnen vinden, maar zoals eerder werd aangegeven is het aantal bronnen dat bemestingscijfers van dit gewas presenteert erg gering. Dit geldt zeker voor fosfaatbemesting.

Evenals hierboven bij stikstof werd gemeld is het ontbreken van cijfers voor dierlijke (en plantaardige) bemesting een mogelijke verklaring voor de vaak lage fosfaatbemesting die wordt gebruikt in BioGrace en JEC. Door JEC aangehaalde bronnen konden vaak niet door ons worden gecontroleerd.

De gevolgen van de hierboven geconstateerde verschillen zullen in de praktijk niet erg groot zijn. Wel moet in theorie rekening gehouden worden met het risico op uitmijnen indien in de praktijk de fosfaatbemesting niet hoger is dan de in BioGrace aangenomen waarden. Er is niet gekeken naar de in de NUTS2-rapporten gegeven bemestingscijfers voor fosfaat.



Bijlagenrapport - De bodem in de bio-economie

Bijlagenrapport
Delft, maart 2013

Opgesteld door:

CE Delft
H.J. (Harry) Croezen
I.Y.R. (Ingrid) Odegard
G.C. (Geert) Bergsma

Biomass Research
H. (Hans) Langeveld

Colofon

Bibliotheekgegevens rapport:

CE Delft en Biomass Research

Bijlagenrapport - De bodem in de bio-economie

Delft, CE Delft, maart 2013

Publicatienummer: 13.2813.20

Opdrachtgever: Technische Commissie Bodem.

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

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider, Geert Bergsma of bij 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.



Inhoud

1	Inleiding	5
1.1	Doelstelling onderzoek	5
1.2	Inhoud voorliggend bijlagenrapport	6
Bijlage D	Suikerriet uit Brazilië	7
D.1	De suikerrietketen	7
D.2	Kenmerken van de suikerrietteelt	8
D.3	Kengetallen huidige teelt	9
D.4	Omzetting naar biobrandstoffen of biobased producten	10
D.5	Gevolgen voor bodem, landgebruik	11
Bijlage E	Soja uit Brazilië	17
E.1	De keten	17
E.2	Kenmerken voor sojaboonteelt	18
E.3	Kengetallen huidige teelt	19
E.4	Omzetting naar biobrandstoffen of biobased producten	19
E.5	Gevolgen voor bodem, landgebruik	21
Bijlage F	Maïs uit de VS	27
F.1	Locatie, belang van de keten	27
F.2	Type gewas, bodemeisen	27
F.3	Kengetallen huidige teelt	27
F.4	Omzetting naar biobrandstoffen of biobased producten	27
F.5	Gevolgen voor bodem, landgebruik	28
Bijlage G	Tarwe uit Europa	33
G.1	Locatie, belang van de keten	33
G.2	Type gewas, bodemeisen	33
G.3	Kengetallen huidige teelt	34
G.4	Omzetting naar biobrandstoffen of biobased producten	34
G.5	Gevolgen voor bodem, landgebruik	36
Bijlage H	Suikerbiet Europa	41
H.1	Locatie, belang van de keten	41
H.2	Type gewas, bodemeisen	41
H.3	Kengetallen huidige teelt	41
H.4	Omzetting naar biobrandstoffen of biobased producten	42
H.5	Gevolgen voor bodem, landgebruik	43
Bijlage I	Koolzaad Europa	49
I.1	De keten	49
I.2	Kenmerken van de koolzaadteelt	50
I.3	Gevolgen voor bodem, landgebruik	53



Bijlage J	Oliepalm in Azië	57
J.1	De keten	57
J.2	Locatie, belang van de keten	58
J.3	Type gewas, bodemeisen	58
J.4	Kengetallen huidige teelt	58
J.5	Omzetting naar biobrandstoffen of biobased producten	59
J.6	Gevolgen voor bodem, landgebruik	60
Bijlage K	SRC in Europa	63
K.1	De keten	63
K.2	Locatie, belang van de keten	63
K.3	Type gewas, bodemeisen	63
K.4	Kengetallen huidige teelt	63
K.5	Omzetting naar biobrandstoffen of biobased producten	64
K.6	Gevolgen voor bodem, landgebruik	64
Bijlage L	Kapresten van bosbouw als brandstof	69
L.1	Locatie, belang van de keten	69
L.2	Kengetallen voor eventuele oogst in Nederland	70



1 Inleiding

Dit bijlagenrapport bevat de bijlagen die behoren bij het hoofdrapport 'De bodem in de bio-economie', CE Delft en Biomass Research, Delft, maart 2013 (te vinden op www.ce.nl).

1.1 Doelstelling onderzoek

De Technische Commissie Bodem (TCB) maakt zich sterk voor het gezond, vruchtbaar en productief houden van de bodem in Nederland en de wereld. Een gezonde bodem is een cruciale productiefactor voor akkerbouw en veeteelt. Het grootste deel van deze productie is van oudsher bedoeld voor voedsel, maar productie van bijvoorbeeld hout, papier, aardappelzetmeel en zeep op basis van oliën is ook al decennia afhankelijk van een vruchtbare bodem. Deze historische productie van biobased producten is echter beperkt van omvang.

Aanvullend op het gebruik van gewassen voor voedsel en historische biobased producten worden landbouwgewassen de laatste jaren steeds vaker gebruikt voor nieuwe biobased toepassingen bedoeld om het gebruik van fossiele brandstoffen als olie, kolen en gas te verminderen. Dit is de zogenaamde 'biobased economy'. Concreet gaat het dan om producten als bioplastics, bio-ethanol, biodiesel, bio-elektriciteit, biowarmte, biobased grondstoffen voor de chemie, biobased producten en biogas.

Naar de duurzaamheid van al deze nieuwe biobased producten zijn diverse studies verricht. Deze zijn deels ook vertaald in duurzaamheidscriteria voor een aantal ketens. De effecten op de gezondheid en vruchtbaarheid van bodems is in deze studies echter nog onderbelicht gebleven. Omdat deze lacune aan te vullen heeft de TCB CE Delft en Biomassresearch opdracht gegeven om de effecten op bodem van biobased economy te onderzoeken.

Een aantal biobased producten wordt gestimuleerd vanuit overheidsbeleid. Met name bio-elektriciteit, biogas en biobrandstoffen voor transport. In dit onderzoek is daarom ook aandacht besteedt aan de relatie tussen het overheidsbeleid en de biobased economy en de bodem.

De TCB heeft CE Delft en Biomass Research gevraagd de effecten van de verschillende biobased ketens en scenario's op de bodem in kaart te brengen. Daarnaast zijn, op basis van de verschillen in bodemkundige effecten, adviezen geformuleerd voor het overheidsbeleid ten aanzien van de biobased economy. Hiermee kan beter rekening gehouden worden met het behoud van kwetsbare, cruciale bodems in Nederland en daarbuiten.

De volgende vragen worden in deze studie behandeld:

1. Welke biobased ketens zullen een grote rol spelen in de toekomstige biobased economy? (Hoofdstuk 2)
2. Hoe verschillen die biobased ketens met betrekking tot de effecten die ze hebben op de bodem? (Hoofdstuk 4)
3. Zijn er verbeteringen mogelijk in landbouwmanagement waardoor de negatieve bodemeffecten van de teeltwijze kunnen verminderen? (Hoofdstuk 4)



4. Hoe zien biobased scenario's, bestaande uit combinaties van biobased ketens, gebaseerd op huidig overheidsbeleid er uit en wat zijn de effecten van die scenario's op de bodem? (Hoofdstuk 5)
5. Welke suggesties kunnen er vanuit bodemkundig perspectief (zekerstelling van cruciale bodemkwaliteit) gegeven worden voor beleid voor de ontwikkeling van de biobased economy? (Hoofdstuk 6)

1.2 Inhoud voorliggend bijlagenrapport

Om een overzichtelijke vergelijking te kunnen geven kijkt CE Delft naar tien biomassaketens met varianten (totaal 21) die naar verwachting een belangrijke rol zullen spelen in de zich ontwikkelende biobased economy. Al deze ketens zijn in deze bijlage uitgebreid beschreven. Voor een aantal ketens zijn variaties aangebracht in landbouwmethoden, teeltgebied en toepassing.

Ketens voor de productie van ethanol voor transport of chemie:

- suikerriet - met een variatie in teeltmethode;
- maïs;
- tarwe;
- tarwestro - met een variatie in gebruik van reststromen;
- suikerbiet - met een variatie in teeltgebied.

Ketens voor de productie van biodiesel (FAME) voor transport:

- koolzaad;
- palmolie;
- soja.

Ketens voor de productie van elektriciteit, gas en of warmte:

- resthout - met variatie in toepassing;
- snijmaïs - met variatie in toepassing;
- SRC (Short Rotation Coppice) - met variatie in toepassing.

Voor het bepalen van de effecten op de bodem hebben we gekozen een beperkte set van belangrijke bodemindicatoren te bekijken:

- het organische stofgehalte van de bodem;
- het nutriëntengebruik;
- het watergebruik;
- het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen;
- het landgebruik;
- de CO₂-eq.-balans.



Bijlage D Suikerriet uit Brazilië

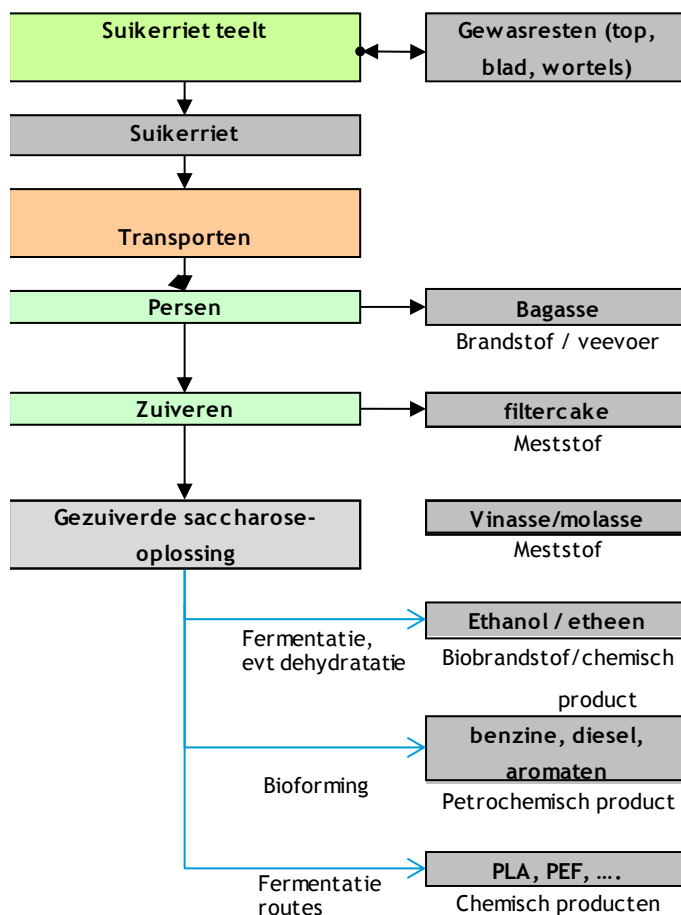
D.1 De suikerrietketen

Suikerriet wordt binnen het raamwerk van de biobased economy geteeld voor de suikers. Bestaande of in ontwikkeling zijnde productieroutes zijn onder meer:

1. Productie van bio-ethanol voor wegtransport en voor etheen (via dehydratatie van ethanol).
2. Productie van andere fermentatieproducten, zoals PLA.
3. Productie van gangbare petrochemische grondstoffen via het bioforming-proces (in ontwikkeling).

De suikerrietketen omvat ongeacht de uiteindelijke toepassing van de suikers steeds drie schakels, zoals weergegeven in Figuur 1.

Figuur 1 Ketenoverzicht suikerriet



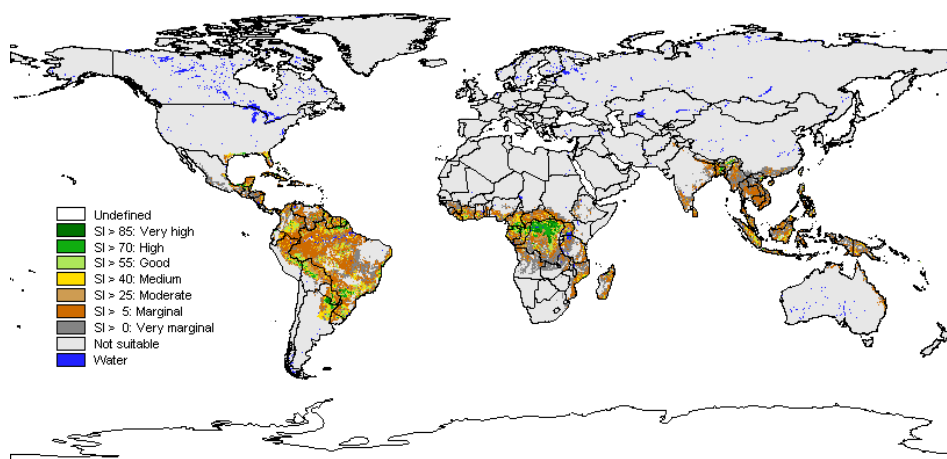
De bijproducten die in de suikerrietketen vrijkomen (bagasse en vinasse) blijven binnen de keten en worden gebruikt als meststof of brandstof. Gebruik van bagasse als ruwvoer in de rundveehouderij was tot enkele decennia geleden gebruikelijk, maar vindt tegenwoordig maar mondjesmaat plaats.



D.2 Kenmerken van de suikerrietteelt

Zoals weergegeven in Figuur 2 zijn vooral delen van Midden- en Zuid-Amerika, Afrika en Zuidoost-Azië geschikt voor de teelt van suikerriet. Hoewel er in Afrika grote delen goed geschikt zijn voor suikerrietteelt, komt maar 5% van de wereldproductie uit dit continent (FAOSTAT, 2012). In principe is teelt in Afrika en Zuidoost-Azië dus mogelijk (zie Figuur 3), maar in deze gebieden zou invoeren van suikerrietteelt ten koste gaan van bos.

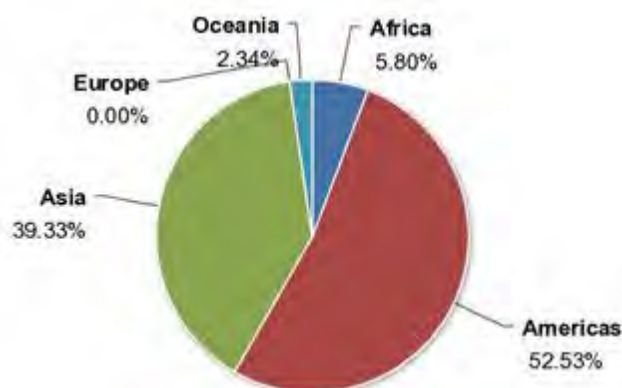
Figuur 2 Bodemgeschiktheid voor teelt van suikerriet (FAOSTAT, 2012)



In 2010 werd 1,7 miljard ton suikerriet geproduceerd. Hiervan werd het grootste aandeel geproduceerd in Brazilië, 42% van het totaal. In India werd 17% van de totale productie geproduceerd en verder komt alleen China boven de 5% uit - daar is het aandeel t.o.v. de totale productie 7% (FAOSTAT, 2012). In Figuur 3 zijn de aandelen van het totaal (de gemiddelde productie tussen 2005 en 2010) weergegeven voor verschillende regio's.

Teelt van suikerriet voor de Europese economie is waarschijnlijk alleen reëel in Brazilië. India is ook een grote producent, maar deze produceert voornamelijk voor de eigen markt. Brazilië heeft nog een groot potentieel aan ontginbaar land dat geschikt is voor suikerrietteelt, terwijl landbouwgrond in India schaars is.

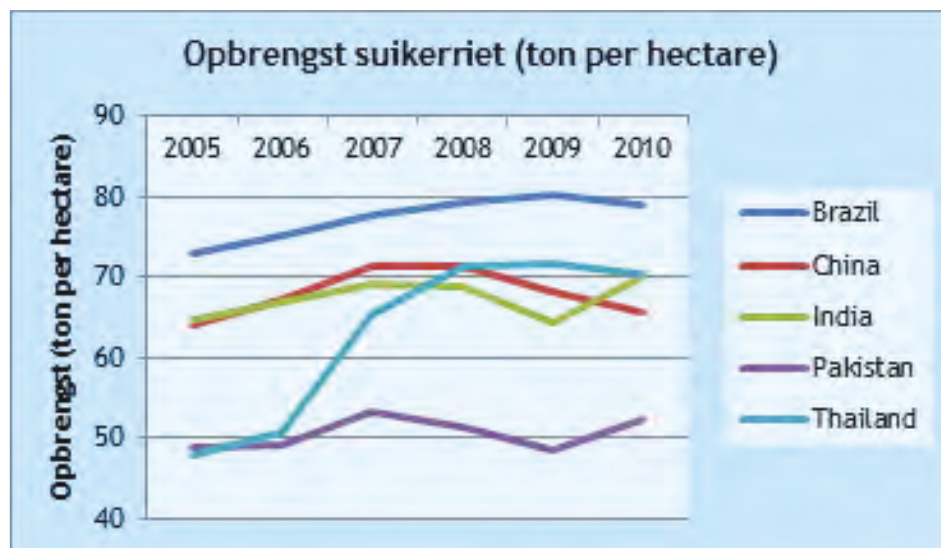
Figuur 3 Aandeel in productie per regio - gemiddelde tussen 2005-2010



Bron: FAOSTAT, 2012.

In Figuur 4 is de gemiddelde opbrengst in ton per hectare weergegeven voor de vijf landen met de hoogste productie per jaar. Brazilië is niet alleen het land met de hoogste productie, maar ook het land met de hoogste opbrengst per hectare.

Figuur 4 Opbrengst suikerriet in ton per hectare



Bron: FAOSTAT, 2012.

D.3 Kengetallen huidige teelt

Landbouw in Brazilië wordt gekarakteriseerd door grote en kleinere bedrijven. In 1985 was 90% van de bedrijven kleiner dan 100 ha, in totaal besloegen zij 21% van alle landbouwgrond. Kleine bedrijven zijn verantwoordelijk voor een aanzienlijk deel van de productie in Brazilië, variërend van 14% van de suikerriet tot 61% van de cacao en of 85% van de cassave. In sommige regio's dragen kleine bedrijven relatief weinig bij.

Dit is het geval voor suikerriet in het Zuidoosten, Noordoosten en in de centraal-westelijke productieregio's (FAO, 2004)¹.

Van alle bedrijven is gebruik van kunstmest en kalkmeststoffen gerapporteerd voor niet meer dan 9,5% in het noorden en 18,2 % in het noordoosten. Bodembeschermingsmaatregelen en irrigatie worden weinig toegepast (FAO, 2004).

Het grootste deel (90%) van de suikerriet wordt geproduceerd in de zuidelijkcentrale regio. Het gebied van de Cerrado's is een belangrijk teeltgebied.

De teelt startte in de jaren '70 nadat problemen met de bodemvruchtbaarheid konden worden opgelost. Met het bekalken van de zure bodems in combinatie met een gerichte fosfaatbemesting kon deze regio, voorheen onproductief, worden veranderd in een succesvol landbouwgebied (FAO, 2008²).

¹ FAO, 2004. Fertilizer use by crop in Brazil.

² FAO, 2008. Improving the efficiency of soil and fertilizer phosphorus use in agriculture. <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a1595e/a1595e03.pdf>.

Suikerriet vraagt redelijk zware tot zware bodems met een pH die varieert tussen de 5,0 en 8,5. Dominante bodems in de Cerrado zijn 'latosols' (Braziliaanse naamstelsel), podsols en zandige bodems. Latosols zijn sterk verweerd en arm, vooral aan fosfaat. Bij deze bodems is het behoud van organische stof cruciaal om de capaciteit van de bodem om nutriënten te binden te kunnen behouden (Bayer et al., 2010).

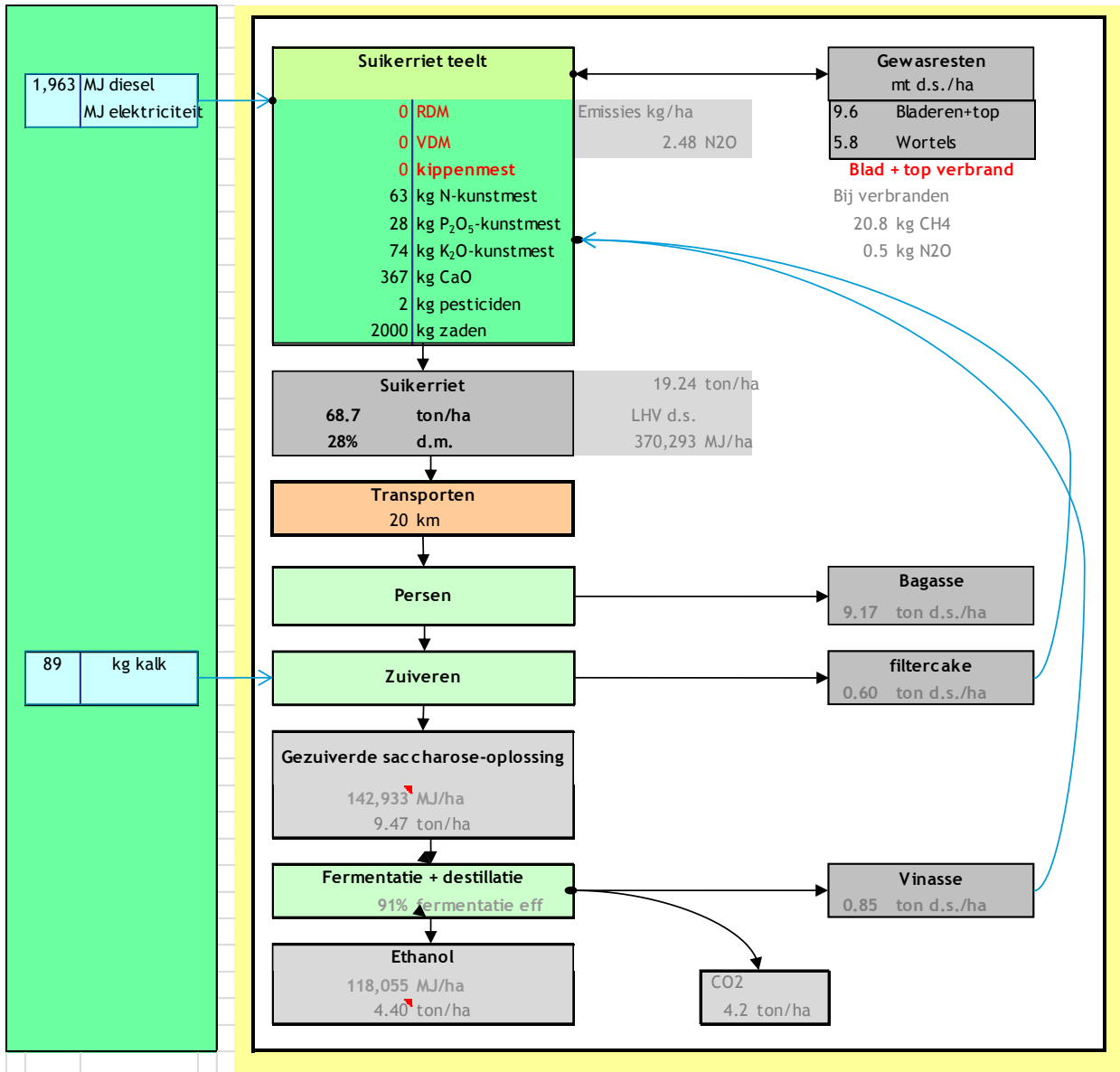
De oogst vindt plaats minimaal 10 en maximaal 24 maanden na planten, veelal gedurende het koele en relatief droge seizoen. Er wordt jaarlijks geoogst gedurende vijf of zes opeenvolgende jaren. Gemiddeld wordt tijdens de oogstperiode, van april tot oktober in de Cerrado, 20% van de suikerriet vervangen door andere gewassen zoals bonen, aardnoten of maïs. Deze gewassen worden gedurende één seizoen geteeld om de bodemkwaliteit te verbeteren. Zo'n 80% van de rietvelden wordt gebrand voor de oogst om het handmatig oogsten van de stengels te vergemakkelijken (de randen van de bladeren zijn gemeen scherp), met een aanzienlijke luchtvervuiling tot gevolg. Dit systeem wordt geleidelijk vervangen door een gemechaniseerde oogst.

D.4 Omzetting naar biobrandstoffen of biobased producten

In Figuur 5 zijn voor de verschillende schakels in de suikerrietketen de massabalans en gebruik van agronomische en industriële hulpstoffen weergegeven (zoals opgezet in ons Excelmodel).



Figuur 5 Massabalans suikerrietketen zoals beschouwd in deze studie



D.5 Gevolgen voor bodem, landgebruik

De gevolgen van de productie van suikerriet ten behoeve van biobrandstoffen of biobased producten worden hier kort in beeld gebracht. Hierbij wordt naar de volgende elementen gekeken:

- nutriëntenbalans;
- organische stof;
- water;
- CO₂-balans;
- bodembiodiversiteit;
- competitie om land, land use change.



Nutriëntengift

De stikstofbemesting van suikerriet loopt uiteen van 45 tot 90 kg N/ha. Een waarde van 57 kg wordt gewoonlijk gegeven in het centraal-westelijk (CW) teeltgebied in Brazilië waar de meeste ethanolproductie plaatsvindt. Het in BioGrace genoemde bemestingsniveau ligt hier iets onder (63 kg N/ha). Fosfaatgiften variëren van 30 tot 60 kg P₂O₅/ha; in het CW ligt dit op 60 kg per ha. Giften bij BioGrace (28 kg fosfaat per ha) zijn vrij laag.

Tabel 1 Bemesting gerapporteerd voor suikerriet in Brazilië

	Stikstof (kg N/ha)	Fosfaat (kg P ₂ O ₅ /ha)	Dierlijke, plantaardige mest (ton/ha)	Bron
BioGrace	63	28	0,6 filtercake 26,4 vinasse	Versie 4b; www.biograce.net
JEC	75 (1)	28 (1)	0,6 filtercake 26,4 vinasse	Input_data_BIO_181108.xls
Literatuur	57 (2) 45-90	60 30-60 45	0 0 0	Kunstmest (FAO, 2004) IFA (2012) FAO (2012)
Aanname	57	60	0	

Bron: (1) Volgens diverse Braziliaanse experts (o.a. De Carvalho Macedo - NIPE, Univ. Campinas; Regis Lima Leal - CTC; Azevedo Ramos da Silva - CTC).

(2) Cijfers voor de Centraal-Westelijke productieregio.

De relatief lage kunstmestgiften kunnen mede verklaard worden door het recyclen van de zogenaamde ‘mud cake’ (filtercake, een bezinksel) en de vinasse uit de ethanolfabriek. Aangenomen wordt verder dat bagasse wordt verbrand en de daarbij overblijvende as niet wordt gerecirculeerd. De top en bladeren worden verondersteld op het veld achter te blijven. In de praktijk wordt een deel van het suikerriet voor de oogst verbrand om top en bladeren juist kwijt te raken.

De gemiddelde nutriënteninhoud van de verschillende productstromen zoals ingeschat op basis van openbare bronnen is weergegeven in Tabel 2.

Tabel 2 Gehaltes aan nutriënten in verschillende productstromen

Gehalten	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Vinasse	0,10%	0,0%	0,7%
Filtercake, excl. kalk	1,3%	2,2%	0,3%
Bagasse	0,3%	0,0%	0,2%
Bladeren + top	0,4%	0,1%	0,6%
Wortels	0,4%	0,1%	0,6%

Organische stof

Bij het berekenen van de organische stofbalans is rekening gehouden met:

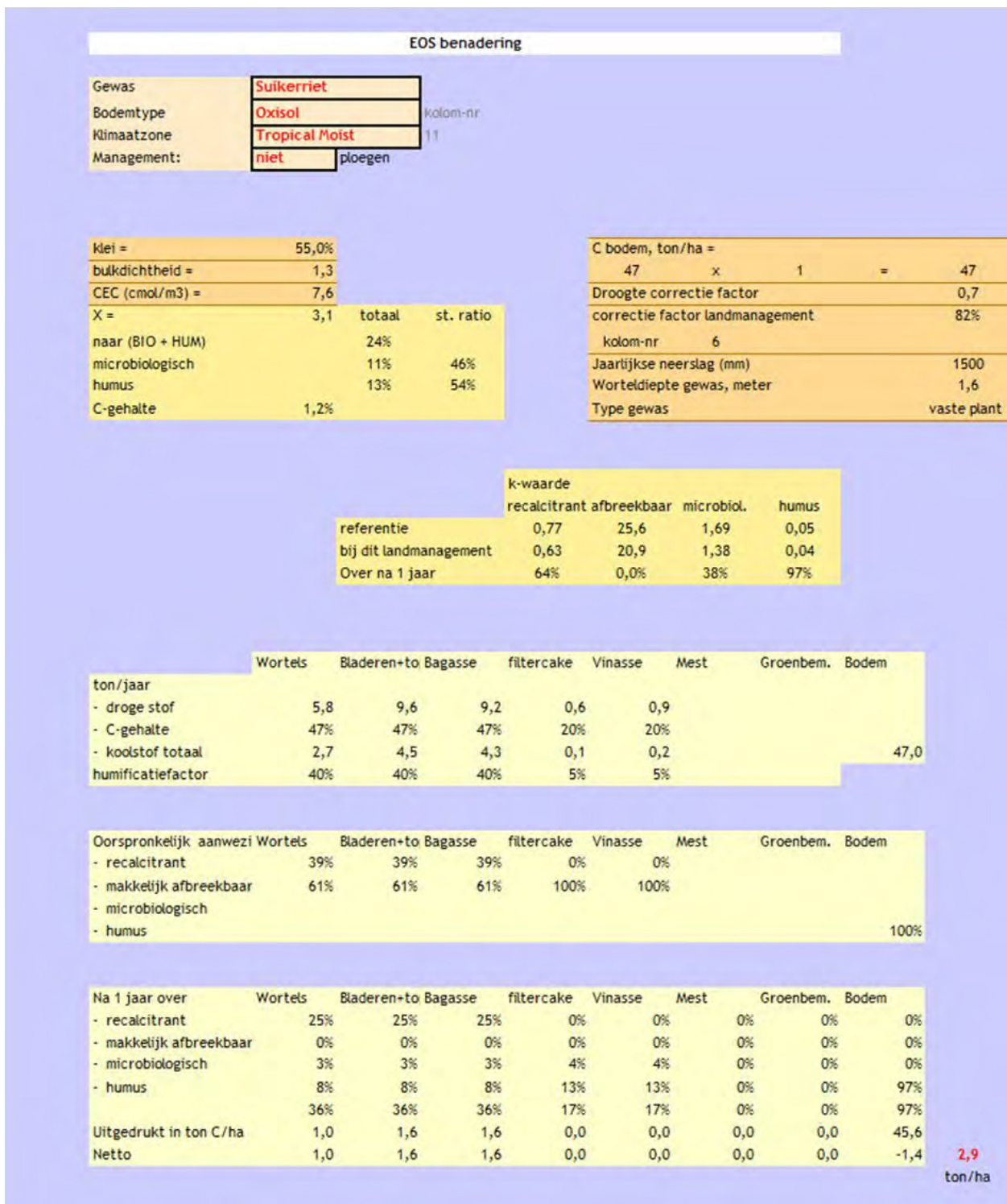
- bijdragen van gewasresten en bladval;
- vertering van de bodemorganische stof (BOS).

Aanvoer en verlies van bodemorganische stof worden vergeleken in een organische stofbalans.



Niet opgenomen in Figuur 6, maar wel beschouwd, is de invloed op het gehalte aan bodemorganische koolstof in de vorm van humus. Zoals geïllustreerd neemt het humusgehalte licht af.

Figuur 6 Berekening netto verandering in humusgehalte bij suikerrietcultuur bij achterlaten van top en bladeren



Bron: CE Delft. Cijfers in onderste tabel in ton/ha.



Water

Bij het berekenen van de water footprint verlaten we ons op berekeningen van het Water Footprint Network (Mekonnen en Hoekstra, 2010). Zij onderscheiden gebruik van 'groen' en 'blauw' water, waarbij groen water regenwater is en blauw water irrigatiewater. Voor de teelt van suikerriet is 115 m³/ton groen water en 4 m³/ton blauw water nodig (totaal 69,2 m³/GJ - gealloceerde score).

Broeikasgasbalans

Bij de berekening van de broeikasgasbalans voor suikerriet is gebruik gemaakt van:

- de gebruikte hoeveelheden agronomische hulpstoffen (kunstmest, gewasbeschermingsmiddelen), industriële hulpstoffen (bijvoorbeeld hexaan en methanol) en energiedragers (aardgas, elektriciteit, diesel) zoals opgegeven in BioGrace 4.2;
- de emissiefactoren voor deze hulpstoffen en energiedragers; zoals gehanteerd in BioGrace 4.2;
- de broeikasgasemissies zoals opgegeven in BioGrace 4.2.

Er is daarnaast rekening gehouden met de netto balans voor bodemorganische stof.

Tabel 3 Broeikasgasbalans voor suikerriet met verbranden top en bladeren naar ethanol (tussen haakjes: blad en top wordt niet verbrand)

Broeikasgasbalans		
Emissies per hectare	Kg CO ₂ -eq./ha	Allocatiefactor
ILUC-gerelateerd	1.771	100%
Diesel in landbouw	164	100%
Vaste teelt-gerelateerde bijdragen	25	100%
Verbranden top en bladeren	680 (0)	100%
Transport	108	100%
Vaste verwerking-gerelateerde bijdragen	92	100%
Nutriëntenconsumptie	489 (272)	100%
N ₂ O-emissies	739	100%
Bodemorganische balans	1,199 (-4.612)	100%
Gealloceerde emissie (totaal)	3.865 (-1.441)	
Uitgespaarde emissies		
Voertuigbrandstof	-10.531	
Netto	-5.264 (-11.972)	
Procentuele reductie	50% (114%)	

Land use change

Bij het berekenen van de impact op land use change dient idealiter te worden gekeken naar 'direct' land use change en naar indirecte effecten. Direct land use change (IFPRI, 2011) betreft de mate waarin (uitbreiding van) de teelt van suikerriet leidt tot vervanging van bestaande vegetaties. In het geval van de Cerrado gaat dit vooral over natuurlijke en semi-natuurlijke graslanden, alsmede andere (akkerbouw)gewassen.



Bij de ontwikkeling van de Cerrado voor o.a. de teelt van suikerriet zijn grotendeels graslanden omgezet. Over de gevolgen van deze omzetting bestaat nog steeds onduidelijkheid. Enerzijds zal het scheuren van grasland ertoe leiden dat de hoeveelheid organische stof die zich in de loop der jaren heeft opgehoopt aan de lucht - en daarmee aan hoge temperaturen, regenval en wind - wordt blootgesteld, hetgeen zal leiden tot een versnelde vertering en hiermee emissie van CO₂. Anderzijds zal een rietgewas ook weer organische stof opslaan.

Indirecte effecten zullen ontstaan wanneer nieuwe percelen met suikerriet andere gewassen vervangen die elders geteeld zullen moeten gaan worden. Gezien de grote hoeveelheden (ongeteeld) land die in de Cerrado aanwezig zijn (geweest) mag worden verwacht dat dit effect voor deze regio beperkt zal blijven.

In een recente verordening (IFPRI, 2011) heeft de Europese Commissie bepaald dat in de berekening van de CO₂-balansen voor ethanol gemaakt van suikerriet een generieke opslag van 13 g CO₂-eq./MJ dient te worden toegepast. Deze opslag is niet verder uitgewerkt met landbalansen maar wordt naar verwachting onderbouwd door studies naar indirect land use change, bijvoorbeeld door het International Food Policy Research Institute.

Gevolg van deze opslag, en de door de Commissie aangekondigde verhoging van het minimumpercentage reductie van de broeikasgassen bij vervanging van benzine, wordt het in de toekomst wellicht moeilijker voor producenten van Braziliaanse riet-ethanol om aan de minimum reductie te kunnen voldoen. Voorlopig mag echter worden verwacht dat aan deze minimumeisen voldaan zal worden.





Bijlage E Soja uit Brazilië

E.1 De keten

Soja wordt binnen het raamwerk van de biobased economy theoretisch geteeld voor de olie. In de praktijk zal dit echter nauwelijks de reden zijn om soja te telen. Circa 60-65% van de opbrengst per eenheid sojaboon bestaat uit de inkomsten voor het sojameel, dat de belangrijkste geteelde eiwitbron voor de veehouderij en ook voor viskwekerijen is (Profundo, 2011). De analyse in deze studie is dan ook enigszins kunstmatig vanuit het perspectief van de biobased economy.

In Brazilië kan soja kan worden geteeld in alle delen van het land, maar een belangrijk deel van de teelt vindt plaats in het Noordwesten.

Sojaverwerkende bedrijven in met name Argentinië en de VS hebben wel ontdekt dat de Europese Unie grif betaald voor plantaardige olie en daaruit geproduceerde biodiesel. De prijzen op de Europese markt zijn - nog³ - zodanig dat het voor deze bedrijven interessanter is de olie voor biodieselproductie aan Europese afnemers te kopen dan te verkopen op de voedselmarkt in Azië. Ook ontwikkelen bedrijven als DOW en Cargill steeds meer chemische producten uit sojaolie en sojameel. In praktijk wordt sojaolie toegepast voor productie van onder meer:

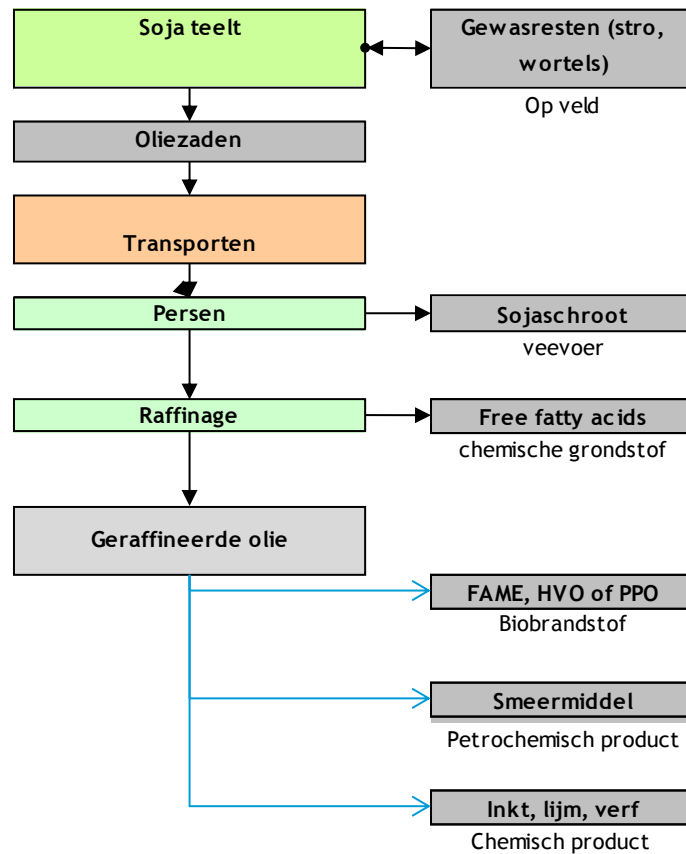
- biodiesel voor wegtransport (bijproduct glycerine);
- HVO;
- smeermiddel (bijproduct glycerine);
- inkten, lijmen, verven;
- PUR-schuim.

De sojaolieketen omvat, ongeacht de uiteindelijke toepassing van de olie, steeds drie schakels, zoals in Figuur 7 weergegeven.

³ Dit verandert mogelijk per 31 december 2013 wanneer de RED wordt aangepast en ILUC-factoren worden ingevoerd. Deze ILUC-factoren zijn zeer hoog voor plantaardige oliën uit geteelde biomassa, waardoor de kans dat dit soort olie voldoet aan de duurzaamheid randvoorwaarden uit de RED klein worden.



Figuur 7 Keten voor sojaolie



E.2 Kenmerken voor sojaonteelt

De meeste sojateelt in Brazilië vindt plaats in het noorden, dicht bij het Amazonegebied, en in het centraal-westelijk deel van het land. Voor de teelt worden leemachtige, löss of zwarte bodems met voldoende vochthoudend vermogen aanbevolen. Lichtere zandachtige bodems zijn bruikbaar mits voldoende water beschikbaar is. De pH is bij voorkeur 6 à 6,5 (Earthscan, 2010). Bodems - oxisols, ultisols - in het centraal-westelijk teeltgebied zijn echter zuur en uitgeloozd, waardoor ze snel uitgeput raken (Schneppf et al., 2001).

Soja kan geteeld worden in regio's met een gemiddelde temperatuur van 20 tot 30 °C tijdens het teeltseizoen. Vegetatieve groei is onvoldoende bij temperaturen lager dan 10 of hoger dan 40 °C. Gedurende de teelt is 450 tot 800 mm regen nodig. Afrijping en oogst dienen plaats te vinden in relatief droge perioden (Gazonni, 2002).

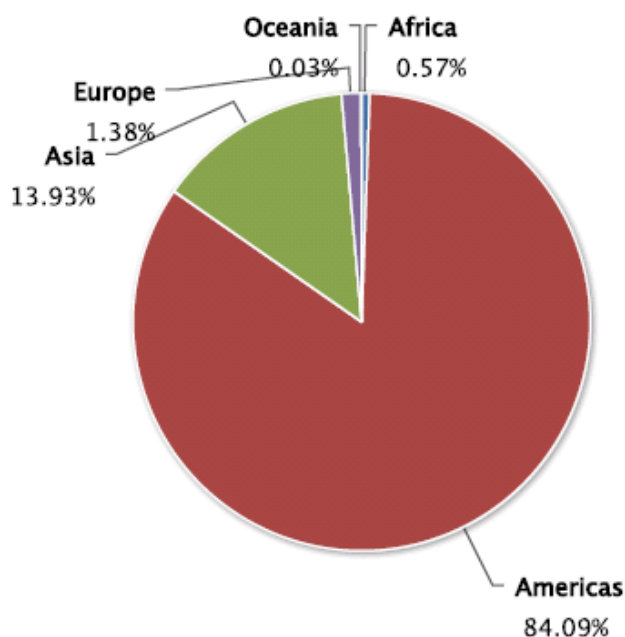
Sojaproductie is voornamelijk geconcentreerd in de VS, Brazilië, Argentinië en Paraguay. Het productieareaal in Zuid-Amerika groeit en blijft in de VS min of meer constant.

De geproduceerde hoeveelheid soja zal - als de Aziatische economie blijft groeien - de komende jaren verder toenemen vanwege de toenemende vleesconsumptie in met name Azië. Wel is er een mogelijkheid dat sojateelt



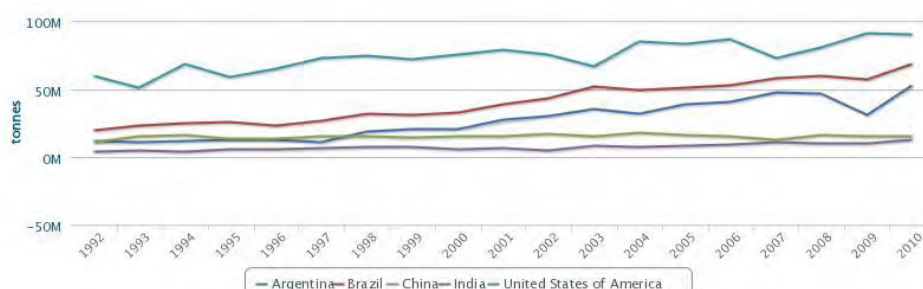
deels verplaatst wordt naar Europa, nu Agrifirm een aantal succesvolle testen met sojavarienten in Nederland heeft uitgevoerd.

Figuur 8 Aandelen per continent in sojaproductie



Bron: FAOSTAT, 2012.

Figuur 9 Ontwikkeling in geproduceerde hoeveelheid sojabonen (megaton/jaar) in de belangrijkste producerende landen



Bron: FAOSTAT, 2012.

E.3 Kengetallen huidige teelt

Soja wordt in mono-cropping geteeld of in rotatie met maïs, tarwe of andere gewassen (Flaskerud, 2003). In 2007 teelden 2/3 van de boeren soja in rotatie met maïs (Meyer en Cederberg, 2010). Rotaties zijn iets algemener in de centrale en zuidelijke staten dan in het noorden. Zero tillage-systemen (teelt zonder ploegen) zijn in een snel tempo geadopteerd vanaf de jaren '80, toen problemen met bodemerosie de kop op staken in Brazilië (Goedert, 1983).

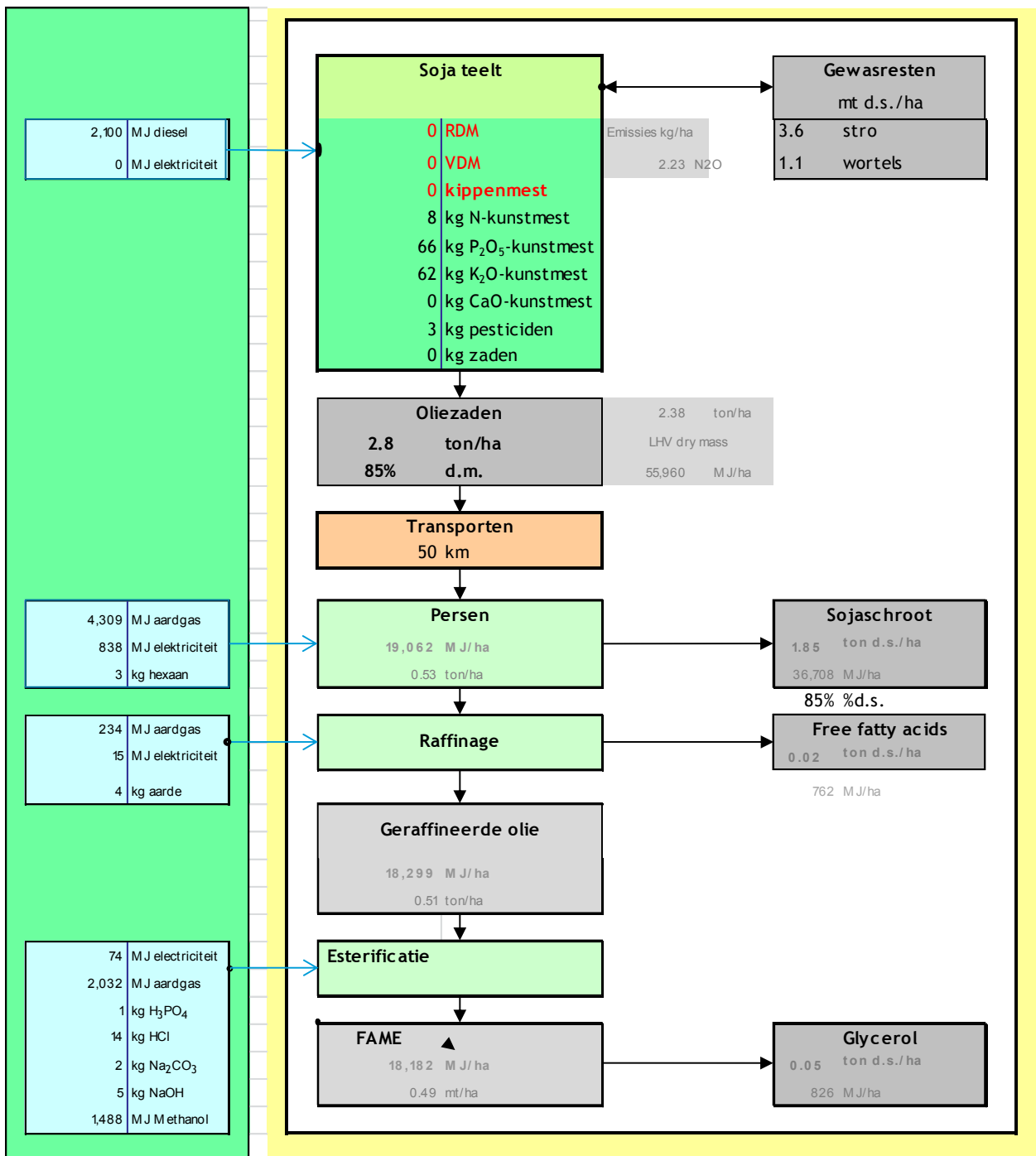
E.4 Omzetting naar biobrandstoffen of biobased producten

In Figuur 10 zijn voor de verschillende schakels in de sojaketen de massabalans en gebruik van agronomische en industriële hulpstoffen weergegeven, zoals



opgezet in Excel. De verschillende typen cijfers worden in aparte subparagrafen nader toegelicht.

Figuur 10 Stroomschema met massabalans en hulpstoffengebruik voor soja, zoals beschouwd in deze studie



E.5 Gevolgen voor bodem, landgebruik

De gevolgen van de productie van soja ten behoeve van biobrandstoffen of biobased producten worden hier kort in beeld gebracht. Hierbij wordt naar de volgende elementen gekeken:

- nutriëntenbalans;
- organische stof;
- water;
- CO₂-balans;
- bodembiodiversiteit;
- competitie om land, land use change.

Nutriëntenbalans

Soja in Brazilië ontvangt nauwelijks kunstmest. Gerapporteerde mestgiften liggen tussen de 2 en 8 kg N per ha (FAO, 2004). Fosfaatgiften zouden moeten worden gebaseerd op de resultaten van vruchtbaarheidstesten van de bodem. Laag vruchtbare bodems ontvangen zo'n 50-70 kg P₂O₅/ha (FAO, 2006). Soja reageert goed op aanvullende bemesting met de micro-elementen magnesium en zwavel, afhankelijk van groeicondities en de status van de bodem. In sommige landen (bijvoorbeeld India) worden aanzienlijke hoeveelheden zwavel gegeven. Onder dergelijke omstandigheden kan fosfaat het beste als SSP-meststof worden toegediend (FAO,2006).

Mestgiften in het noordoosten van Brazilië zijn gemiddeld 4 kg N en 39 kg P₂O₅ per ha (FAO, 2004). De door BioGrace genoemde stikstofbemesting is 0; fosfaatgiften (66 kg/ha P₂O₅) zijn redelijk qua hoogte maar lijken niet van toepassing op de noordoostelijke regio.

Tabel 4 Bemesting gerapporteerd voor de teelt van soja in Brazilië

	Stikstof (kg N/ha)	Fosfaat (kg P ₂ O ₅ /ha)	Dierlijke, plantaardige mest (ton/ha)	Bron
BioGrace	0	66	0	Versie 4b; www.biograce.net
JEC	8 (1)	66 (1)	g.g.	Input_data_BIO_181108.xls
Literatuur	2 tot 8	36-76 50-70		Kunstmest; FAO (2004) Kunstmest; FAO (2006)
Aanname	4	39	0	Kunstmest

g.g.: Geen gegevens.

Bron: (1) Data uit FAO (2004).

(2) Noordoostelijke productieregio.

De gemiddelde nutriënteninhoud van de verschillende productstromen zoals ingeschat op basis van openbare bronnen is weergegeven in Tabel 5.



Tabel 5 Gehaltes aan nutriënten in verschillende productstromen

Gehalten	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Geraffineerde olie			
Free fatty acids			
Sojaschroot	6,6%	1,5%	1,9%
Stro	0,8%	0,1%	0,7%
Wortels	0,8%	0,1%	0,7%

Bron: Op basis van FAO, 2004.

De resulterende gift compenseert alle verliezen door afvoer in product en door uitspoeling en verdamping.

Organische stof

Bij het berekenen van de organische stofbalans is rekening gehouden met:

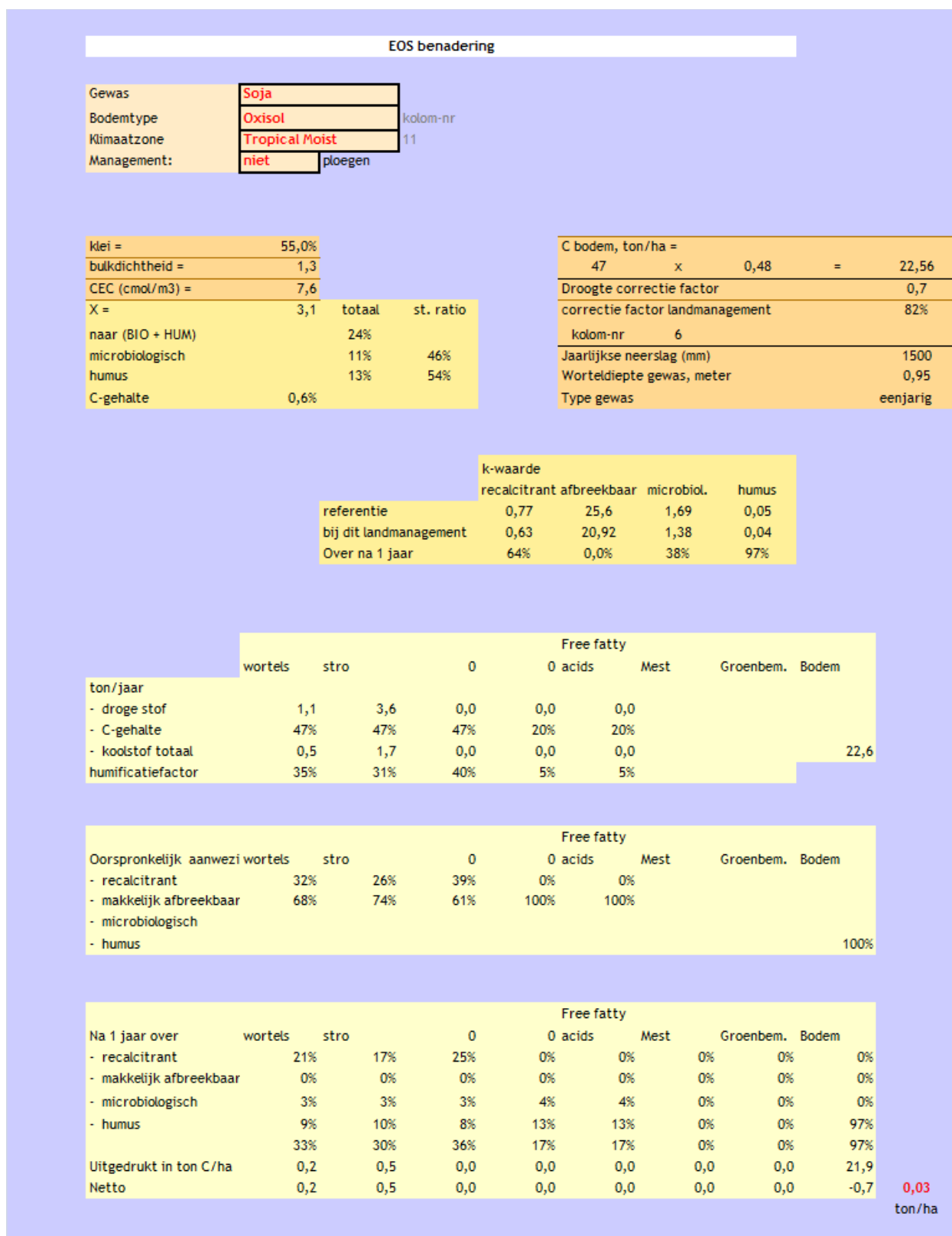
- bijdragen van gewasresten en bladval;
- vertering van de bodemorganische stof.

Aanvoer en verlies van bodemorganische stof worden vergeleken in een organische stofbalans.

De berekening van de invloed op het gehalte aan bodemorganische koolstof in de vorm van humus is weergegeven in Figuur 11. Zoals geïllustreerd neemt het humusgehalte met circa 1,7 ton C/ha/jaar af.



Figuur 11 Berekening netto verandering in humusgehalte bij sojateelt



Water

Bij het berekenen van de water footprint verlaten we ons op berekeningen van het Water Footprint Network (Mekonnen en Hoekstra, 2010). Zij onderscheiden gebruik van 'groen' en 'blauw' water, waarbij groen water regenwater is en blauw water irrigatiewater. Voor de teelt van soja is 1.994 m³/ton (99,2 m³/GJ - gealloceerde score) groen water en 0 m³/ton blauw water nodig.

Broeikasgasbalans

Bij de berekening van de broeikasgasbalans voor soja is gebruik gemaakt van:

- de gebruikte hoeveelheden agronomische hulpstoffen (kunstmest, gewasbeschermingsmiddelen), industriële hulpstoffen (bijvoorbeeld hexaan en methanol) en energiedragers (aardgas, elektriciteit, diesel) zoals opgegeven in BioGrace 4.2;
- de emissiefactoren voor deze hulpstoffen en energiedragers zoals gehanteerd in BioGrace 4.2;
- de broeikasgasemissies zoals opgegeven in BioGrace 4.2.

Er is daarnaast rekening gehouden met de netto balans voor bodemorganische stof.

Tabel 6 Broeikasgasbalans voor sojateelt voor sojaolie

Broeikasgasbalans		
Emissies per hectare	Kg CO ₂ -eq./ha	Allocatiefactor
ILUC-gerelateerd	1.018	32%
Diesel in landbouw	176	32%
Transport	11	32%
Nutriëntenconsumptie	180	32%
N ₂ O-emissies	663	32%
Bodemorganische balans	-92	32%
Olie-extractie	402	32%
Raffinage	19	92%
Esterificatie	315	96%
Gealloceerde emissie (totaal)	1.078	
Uitgespaarde emissies		
Voertuigbrandstof	-1.649	
Netto	-572	
Procentuele reductie	35%	

Land use change

De teelt van soja vindt plaats in een dynamisch gebied dat relatief dicht tegen de Amazone aanligt. In deze regio vindt een verschuiving plaats van landgebruik, mede onder druk van ontbossing (die vaak gevolgd wordt door ingebruikname van het vrijgekomen land door veeboeren). Maar ook de sterke uitbreiding van de teelt van soja zal hierbij een rol spelen. De bodems in deze regio zijn kwetsbaar. Verlies van (grote delen van) de bodemorganische stof kan hun geschiktheid voor commerciële teelten sterk aantasten.

Als gevolg van deze ontwikkelingen moet worden verwacht dat de teelt van soja in Brazilië, mede voor de productie van de sojaolie voor de biodiesel, zal leiden tot wijzigingen in landgebruik. De emissies van CO₂ die hierdoor zullen ontstaan dienen te worden meegenomen bij het berekenen van een broeikasgasbalans.



In een recente verordening (Ifpri, 2011) heeft de Europese Commissie bepaald dat in de berekening van de CO₂-balansen voor biodiesel gemaakt van sojaolie een generieke opslag van 55 g CO₂-eq. /MJ dient te worden toegepast. Deze opslag is niet verder uitgewerkt met landbalansen maar wordt naar verwachting onderbouwd door studies naar indirect land use change, bijvoorbeeld door het International Food Policy Research Institute.

Gevolg van deze opslag en de door de Commissie aangekondigde verhoging van het minimumpercentage reductie van de broeikasgassen bij vervanging van fossiele diesel, wordt het zeer moeilijk voor producenten van biodiesel om aan de minimum reductie te kunnen voldoen. Verwacht mag worden dat deze maatregel de productie van biodiesel op basis van soja sterk zal bemoeilijken.

De opslag is meegenomen in bovenstaande berekeningen.





Bijlage F Maïs uit de VS

F.1 Locatie, belang van de keten

Maïs is één van de belangrijkste akkergewassen van de Verenigde Staten en wordt van oudsher vooral geteeld vanwege toepassingen als veevoer. Met de export van maïs en van het hiermee gevoerde (rund)vee speelde dit gewas een belangrijke rol in de ontwikkeling van de grootschalige landbouw in dit land.

F.2 Type gewas, bodemeisen

Maïs (Zea Mays) komt van oorsprong uit de Andes-regio van Centraal-Amerika. Het is één van 's werelds belangrijkste granen zowel voor menselijke als voor dierlijke consumptie. Mondiaal ligt de productie op 594 miljoen ton graan geteeld op zo'n 139 miljoen hectare (FAOSTAT, 2000). Maïs wordt geteeld in diverse klimaatzones. Een succesvolle teelt hangt samen met de keuze voor de juiste variëteit voor de betreffende regio (IFPRI, 2011; FAO, 2012⁴).

Maïs kan geteeld worden op de meeste bodemtypen, maar is minder geschikt voor zeer zware kleigrond en zeer zandige profielen. Bodems zijn idealiter goed doorlucht en goed gedraineerd vanwege de gevoeligheid van het gewas voor waterlogging.

F.3 Kengetallen huidige teelt

Maïs is met soja het belangrijkste gewas van de VS. Het wordt meestal in een 1:2 rotatie met een stikstofbindend gewas geteeld, vaak alfalfa in koelere gebieden en soja in regio's met lange zomers. Soms wordt een derde gewas (wintertarwe) toegevoegd aan de rotatie (Wikipedia, 2012)⁵. In het mid-westen worden meestal low-till- of no-till-technieken toegepast. Low-till houdt in dat velden één maal, of misschien twee maal, worden bewerkt (voor het planten of direct na de oogst van het voorgaande gewas), waarna ze worden beplant en bemest. Met deze techniek wordt verdamping van water beperkt.

F.4 Omzetting naar biobrandstoffen of biobased producten

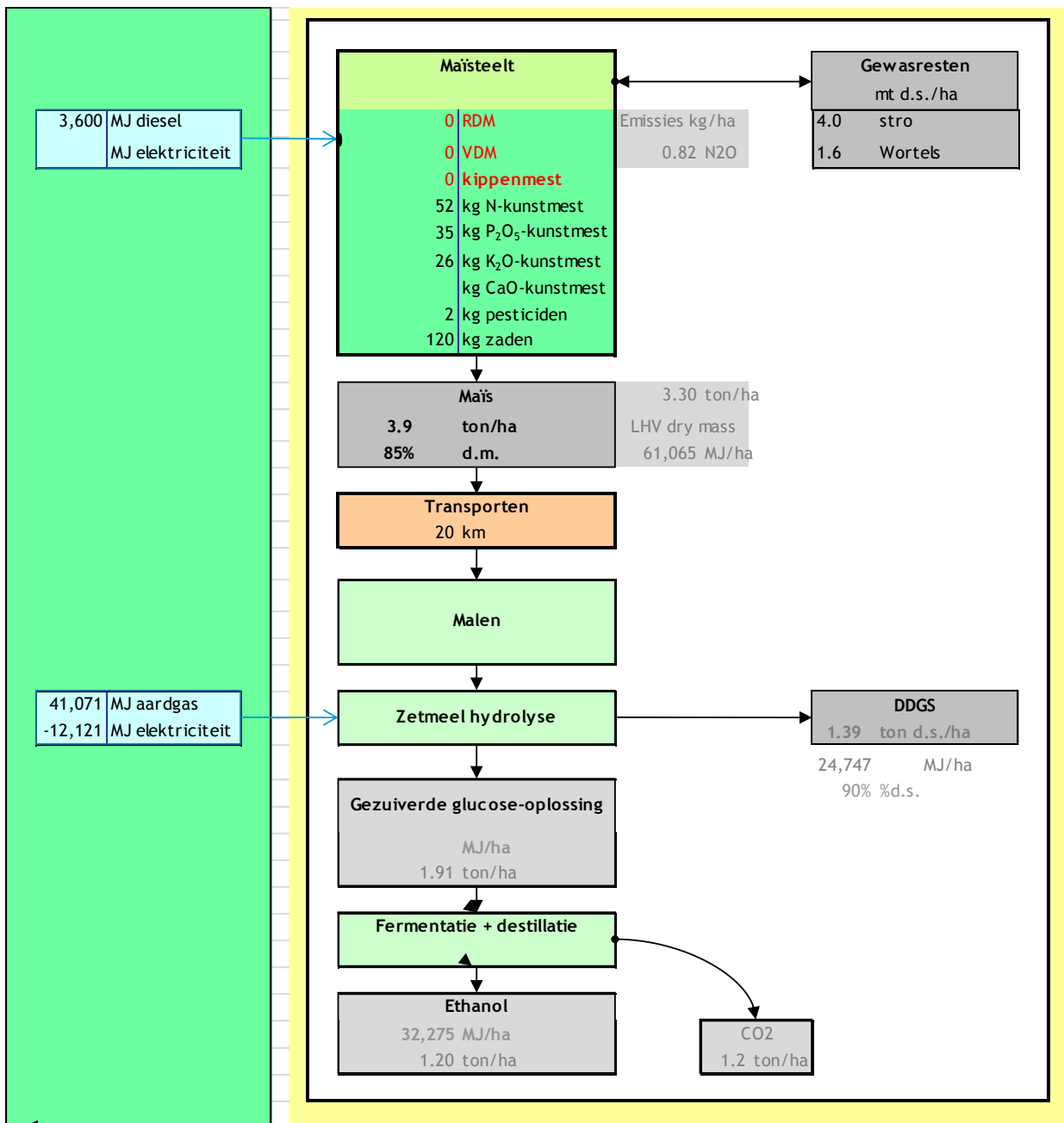
In Figuur 12 is het stroomschema en de massabalans voor de maïsketen weergegeven.

⁴ http://www.fao.org/nr/water/cropinfo_maize.html.

⁵ <http://en.wikipedia.org/wiki/Maize>. Bezocht op 25 november 2012.



Figuur 12 Stroomschema en massabalans van de maïs keten, zoals beschouwd in deze studie



F.5 Gevolgen voor bodem, landgebruik

De gevolgen van de productie van maïs ten behoeve van biobrandstoffen of biobased producten worden hier kort in beeld gebracht. Hierbij wordt naar de volgende elementen gekeken:

- nutriëntenbalans;
- organische stof;
- water;
- CO₂-balans;
- bodembiodiversiteit;
- competitie om land, land use change.

Nutriëntenbalans

Maïs vraagt een relatief hoge bemesting. Voor hoogproductieve variëteiten loopt de stikstofgift op tot zo'n 200 kg N, en de fosfaatgift tot 114 tot 183 kg P₂O₅ per ha (FAO, 2012). De gemiddelde kunstmestgift in het oostelijke deel van de Corn Belt ligt op 170 kg N/ha, 84 kg P₂O₅/ha en 78 kg K₂O/ha. In het westelijke deel ligt dit iets lager (145 kg N/ha, 54 kg P₂O₅/ha, 56 kg K₂O/ha). Boeren in het noordoosten van de VS gebruiken iets (5-10 %) minder kunstmest dan boeren in het oosten van de Corn Belt. Dit is te verklaren door de lagere opbrengstverwachting en de grotere beschikbaarheid van dierlijke mest. In het zuidoosten wordt naar verhouding iets meer kunstmest gebruikt dan in de Corn Belt vanwege de relatief iets minder vruchtbare bodems (IFA, 2012).

In dit rapport concentreren we ons op Iowa. Hier liggen kunstmestgiften gemiddeld op 170 kg stikstof- en 84 kg fosfaatkunstmest per ha. In vergelijking hiermee zijn de cijfers die door BioGrace en JEC worden gerapporteerd (52 en 35 kg/ha, respectievelijk) verrassend laag. Dit is een aanwijzing dat hier mogelijk is gecompenseerd voor een aanvullende bemesting met dierlijke mest. Deze mestgiften worden echter niet in de modellen in BioGrace opgenomen.

Tabel 7 Bemesting gerapporteerd voor de teelt van maïs in de VS

	Stikstof (kg N/ha)	Fosfaat (kg P ₂ O ₅ /ha)	Dierlijke, plantaardige mest (ton/ha)	Bron
BioGrace	52	35	g.g.	Versie 4b; www.biograce.net
JEC	g.g.	g.g.	g.g.	Input_data_BIO_181108.xls
EBAMM model	150			
Literatuur	145-170	54-84	(1)	IFA (2012) Ribaud (2010)
Aanname	170	84	0	

g.g.: Geen gegevens.

(1) 10% van de percelen krijgt dierlijke mest.

Organische stof

Bij het berekenen van de organische stofbalans is rekening gehouden met:

- bijdragen van gewasresten en bladval;
- vertering van de bodemorganische stof.

Aanvoer en verlies van bodemorganische stof worden vergeleken in een organische stofbalans.

De berekening van de invloed op het gehalte aan bodemorganische koolstof in de vorm van humus is weergegeven in Figuur 13.



Figuur 13 Berekening netto verandering in humusgehalte bij maïsteelt

EOS benadering										
Gewas	Maïs									
Bodemtype	Mollisol		kolom-nr							
Klimaatzone	Cool Temperate Moist		5							
Management:	niet ploegen									
klei =	21,0%									
bulkdichtheid =	1,5									
CEC (cmol/m3) =	27,3									
X =	3,6	totaal	st. ratio							
naar (BIO + HUM)			22%							
microbiologisch			10%	46%						
humus			12%	54%						
C-gehalte	1,5%									
C bodem, ton/ha =			95	x	0,69	=	65,55			
Droogte correctie factor			0,7							
correctie factor landmanagement			87%							
kolom-nr			6							
Jaarlijkse neerslag (mm)			900							
Worteldiepte gewas, meter			1,35							
Type gewas			eenjarig							
k-waarde										
	recalcitrant	afbreekbaar	microbiol.	humus						
referentie	0,38	12,7	0,84	0,03						
bij dit landmanagement	0,33	11,0	0,73	0,02						
Over na 1 jaar	79%	0,0%	60%	98%						
ton/jaar										
	Wortels	stro	0	0 DDGS	Mest	Groenbem.	Bodem			
- droge stof	1,6	4,0	0,0	0,0						
- C-gehalte	47%	47%	47%	20%						
- koolstof totaal	0,8	1,9	0,0	0,0	65,6					
humificatiefactor	35%	31%	40%	5%						
Oorspronkelijk aanwezig										
	Wortels	stro	0	0 DDGS	Mest	Groenbem.	Bodem			
- recalcitrant	32%	26%	39%	0%						
- makkelijk afbreekbaar	68%	74%	61%	100%						
- microbiologisch										
- humus	100%									
Na 1 jaar over										
	Wortels	stro	0	0 DDGS	Mest	Groenbem.	Bodem			
- recalcitrant	25%	21%	31%	0%	0%	0%	0%	0%		
- makkelijk afbreekbaar	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%		
- microbiologisch	4%	4%	4%	6%	0%	0%	0%	0%		
- humus	8%	9%	7%	12%	0%	0%	0%	98%		
	38%	34%	42%	18%	0%	0%	0%	98%		
Uitgedrukt in ton C/ha	0,3	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	64,5		
Netto	0,3	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-1,0		
										-0,08 ton/ha

Water

Bij het berekenen van de water footprint verlaten we ons op berekeningen van het Water Footprint Network (Mekonnen en Hoekstra, 2010). Zij onderscheiden gebruik van 'groen' en 'blauw' water, waarbij groen water regenwater is en blauw water irrigatiewater. Voor de teelt van maïs is 553 m³/ton groen water en 2 m³/ton blauw water nodig (totaal: 54,2 m³/GJ - gealloceerde score).



Broeikasgasbalans

Bij de berekening van de broeikasgasbalans voor maïs is gebruik gemaakt van:

- de gebruikte hoeveelheden agronomische hulpstoffen (kunstmest, gewasbeschermingsmiddelen), industriële hulpstoffen (bijvoorbeeld hexaan en methanol) en energiedragers (aardgas, elektriciteit, diesel) zoals opgegeven in BioGrace 4.2;
- de emissiefactoren voor deze hulpstoffen en energiedragers zoals gehanteerd in BioGrace 4.2;
- de broeikasgasemissies zoals opgegeven in BioGrace 4.2.

Er is daarnaast rekening gehouden met de netto balans voor bodemorganische stof.

Tabel 8 Broeikasgasbalans van maïs voor ethanol

Broeikasgasbalans		
Emissies per hectare	Kg CO ₂ -eq./ha	Allocatiefactor
ILUC-gerelateerd	1.018	32%
Diesel in landbouw	176	32%
Transport	11	32%
Nutriëntenconsumptie	180	32%
N ₂ O-emissies	663	32%
Bodemorganische balans	-92	32%
Olie-extractie	402	32%
Raffinage	19	92%
Esterificatie	315	96%
Gealloceerde emissie (totaal)	1.078	
Uitgespaarde emissies		
Voertuigbrandstof	-1.649	
Netto	-572	
Procentuele reductie	35%	

Land use change

De sterke uitbreiding van de productie van ethanol op basis van zetmeel uit maïs in de VS heeft geleid tot een hevig debat over ongewenste neven-effecten. In diverse spraakmakende studies heeft men berekeningen gepresenteerd over de te verwachten wijzigingen in (indirect) landgebruik en de gevolgen hiervan voor het vrijkomen van koolstof uit de bodem. Belangrijke studies op dit gebied zijn o.a. die van Searchinger et al. (2008), en van Fargione et al. (2010). Mede naar aanleiding van deze studies en het hierop volgende debat, is een groot aantal rapporten geschreven over dit onderwerp (o.a. IFPRI 2011; CE, 2010).

Bij het vaststellen van de hoeveelheid land waarvan het gebruik is gewijzigd dient een aantal factoren te worden meegenomen. Dit is in de praktijk vaak niet of onvoldoende het geval geweest. Dit zijn onder andere: de opbrengststijgingen die bij maïs hebben plaatsgevonden over de afgelopen jaren, verbeteringen in de conversie efficiëntie (omzetting van zetmeel naar ethanol), intensivering van landgebruik (vaker oogsten van eenzelfde stuk land), gebruik van bijproducten (DDGS) en wijzigingen in in- en uitvoerstromen van maïs.



Het voert te ver om hier alle delen van de (wijzigingen in de) landbalans van de Verenigde Staten te beschrijven zoals deze de afgelopen jaren onder invloed van het biobrandstoffenbeleid hebben plaatsgevonden. In de bijlage over tarwe-ethanol wordt een beperkt overzicht gegeven van factoren die mede een rol spelen bij wijzigingen in landgebruik in de EU (onder invloed van de toenemende productie van ethanol uit tarwe in deze regio).

In een recente verordening (IFPRI, 2011) heeft de Europese Commissie bepaald dat in de berekening van de CO₂-balansen voor ethanol gemaakt van zetmeelgewassen (zoals maïs) een generieke opslag van 12 g CO₂-eq./MJ dient te worden toegepast. Deze opslag is niet verder uitgewerkt met landbalansen maar wordt naar verwachting onderbouwd door studies naar indirect land use change, bijvoorbeeld door het International Food Policy Research Institute. Gevolg van deze opslag en de door de Commissie aangekondigde verhoging van het minimumpercentage verlaging van de broeikasgassen bij vervanging van benzine, wordt het moeilijker voor producenten van ethanol om aan de minimum verlaging te kunnen voldoen. Verwacht mag worden dat deze maatregel de productie van ethanol op basis van maïs zal bemoeilijken. De opslag is meegenomen in bovenstaande berekeningen.



Bijlage G Tarwe uit Europa

Tarwe (*Triticum aestivum* L.) is het dominante landbouwgewas in Europa. Het speelt een essentiële rol in de voorziening van voedsel en, in mindere mate, veevoer. Tarwe speelt ook een dominante rol in de productie van biobrandstoffen in Europa. Recent zijn initiatieven gestart om de productie van biobased chemicaliën op praktijkschaal te ontwikkelen (DSM, Rocquette in Frankrijk).

G.1 Locatie, belang van de keten

Tarwe is het belangrijkste voedselgewas in Europa. Jaarlijks wordt ongeveer 56 miljoen hectare geoogst, waarmee het 20% van het akkerland in Europa bedekt (FAO, 2012). Belang van dit gewas is in de loop van de 20^e eeuw afgenomen. Recent lijkt het areaal echter weer toe te nemen. Productie ligt rond 180 miljoen ton (in 2000; FAO, 2012).

Belangrijke productiegebieden liggen in de Russische Federatie en Oekraïne, met respectievelijk 22 en 6 miljoen hectare. Andere belangrijke producenten zijn Frankrijk (5 miljoen hectare) en Duitsland (3 miljoen hectare) alsmede Polen, Roemenië, het Verenigd Koninkrijk en Spanje (FAO, 2012).

Tarwe wordt gewoonlijk in rotatie geteeld met peulvruchten, andere granen en voedergrassen (o.a. alfalfa). Rotaties in Centraal- en West-Europa kunnen ook industriegebieden als aardappel en suikerbieten omvatten (Mudgal et al., 2010).

Opbrengsten van tarwe zijn door de jaren heen sterk gestegen. In de laatste twee decennia van de 20^{ste} eeuw laten een jaarlijkse toename zien van 3,4%. Opbrengstgroei is sinds 2000 afgenomen tot 1,3% per jaar. De sterkste toename is gerapporteerd in voormalige Russische republieken (FAOSTAT, 2012).

G.2 Type gewas, bodemeisen

Tarwe is een graangewas van het C3-type. Het kan worden geteeld op bijna elk bodemtype. Goede opbrengsten vragen echter een vruchtbare bodem met een goede structuur en een poreuze ondergrond voor de diepe wortels. De optimale bodem is licht zuur tot neutraal, maar tarwe kan ook succesvol worden geteeld op kalkachtige bodems onder irrigatie. Waterbeschikbaarheid mag niet beperkend zijn en regenval dient goed te zijn verdeeld (FAO, 2006).

Tarwe is gevoelig voor ziekten en plagen. Belangrijkste schadeposten zijn schimmelziekten. Gemiddeld wordt in het Verenigd Koninkrijk 3,5 kg agrochemicaliën per ha gegeven (AEA, 2010). Door koele en vochtige omstandigheden in het noorden van Europa is tarwe hier extra gevoelig voor ziekten, wat een grotere toepassing van fungiciden noodzakelijk maakt (Minnesota Association et al., 2003).



G.3 Kengetallen huidige teelt

Sinds de introductie van kunstmest en agrochemicaliën hebben boeren meer vrijheid om af te wijken van de traditionele vruchtwisseling. Rotaties met tarwe zijn nu vaak 3- tot 4-jarig. Monoculturen komen voor in Noord- en Zuid-Europa; 2-jarige rotaties worden gemeld in het Middellandse Zeegebied. Langjarige (5- tot 8-jarig) komen voor in belangrijke landbouwgebieden van Frankrijk en Polen (Mudgal et al., 2010).

Tarwe wordt op een groot aantal bodems geteeld met uitzondering van zeer lichte zandgronden of veenbodems mits er voldoende nutriënten en water voorhanden zijn (IFA, 2012), maar de beste resultaten worden bereikt op vruchtbare bodems (Earthscan, 2010) met een goede structuur en poreuze ondergrond voor diepe beworteling. De ideale bodem is licht zuur of neutraal (FAO, 2006).

Tarwe heeft normaal tussen de 110 en 130 dagen nodig tussen het zaaien en oogsten, afhankelijk van zaadtype en bodemcondities. Wintertarwe dient vroeg genoeg gezaaid te worden om ten minste twee blaadjes te produceren voordat de groei stopt. Oogst in Europa vindt plaats in de periode juni (zuidelijke landen) tot september (noorden) (Earthscan 2010; Natural History of Wheat, 2012).

Gebruik van kunstmest in het westen en noorden van Europa heeft over de laatste decennia een daling laten zien onder invloed van een steeds strengere milieuwetgeving. In Duitsland ontvangt tarwe gemiddeld 60 kg N, 60 kg P₂O₅ en 120 kg K₂O. Op een zeer arme bodem kan dit oplopen tot het dubbele (respectievelijk 120, 120 en 240 kg). Rijke bodems behoeven weinig tot geen bemesting (bijv. 30, 30 en 60 kg, respectievelijk) (IFA, 2012). Naast kunstmest ontvangt het gewas vaak ook nog dierlijke mest. Volgens Isherwood (jaar onbekend) ligt de totale N-gift in West-Europa tussen de 80 en 180 kg N /ha. Gemiddeld wordt 140 kg N gegeven.

In Centraal- en Oost-Europa zijn kunstmestgiften dramatisch gedaald na de val van de Berlijnse muur. In latere jaren zijn ze gestegen maar vaak liggen ze nog steeds onder het niveau van voor de jaren 90. Kunstmestgiften voor tarwe in Polen liggen op 65 kg N, 23 kg P₂O₅ en 29 kg K₂O (1999-2000). Toepassingen in de Oekraïne liggen nog lager (FAO, 2006).

De opbrengst van tarwe ligt in de EU gemiddeld op 5,3 ton per ha. De voortschrijdende driejarige gemiddelde opbrengst ligt op 5,1 ton/ha (FAOSTAT, 2012). Er zijn binnen de EU en binnen Europa wel grote verschillen. De hoogste opbrengsten worden gerapporteerd in het noordwesten. Volgens HGCA (2010), wordt in het Verenigd Koninkrijk bij de productie van tarwe voor biobrandstoffen gemiddeld 7,5 ton/ha gerealiseerd. In het oosten realiseert men aanzienlijk lagere opbrengsten.

G.4 Omzetting naar biobrandstoffen of biobased producten

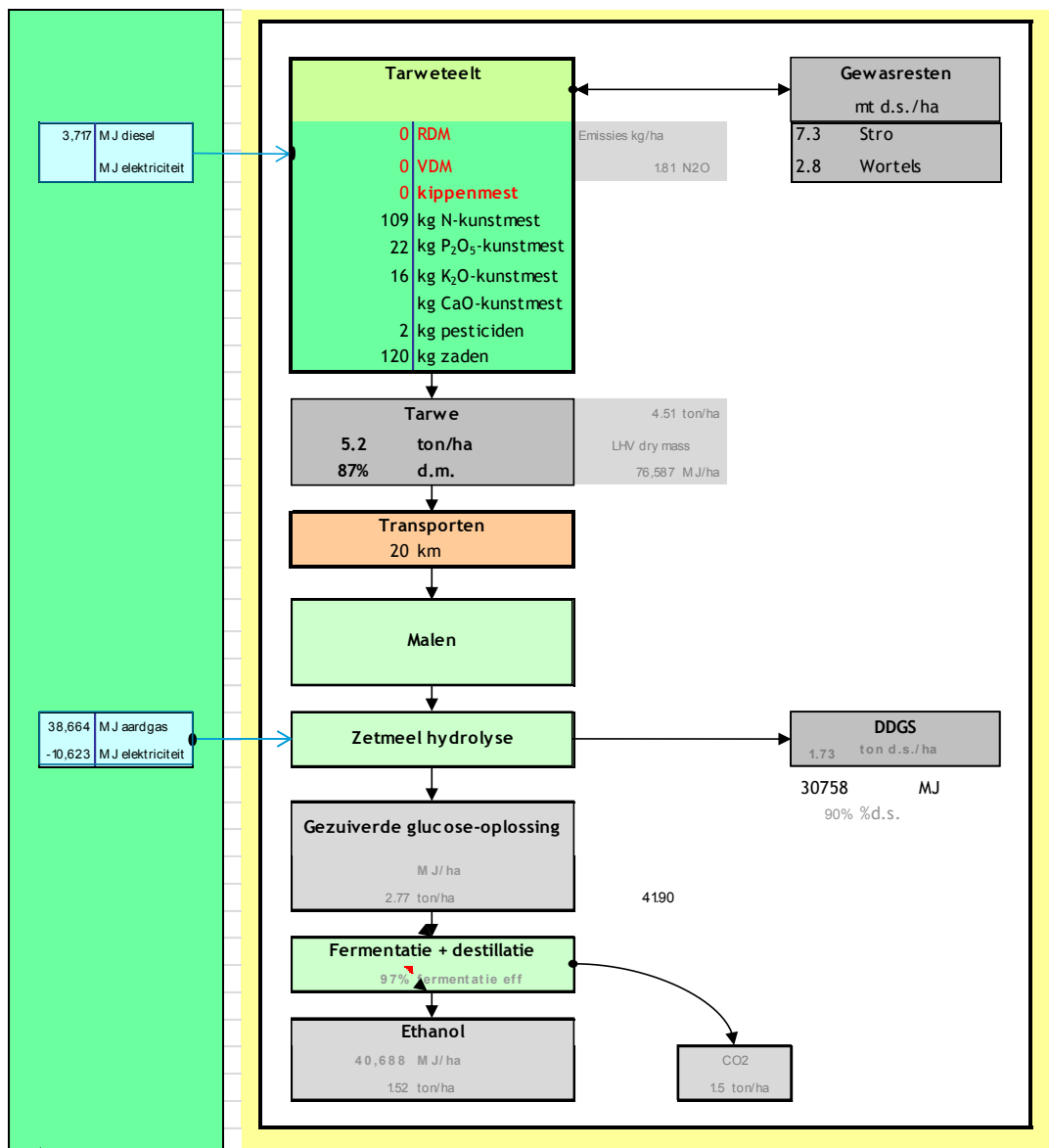
Ethanolproductie in Europa is grotendeels gebaseerd op het gebruik van granen als grondstof. Slechts 16% wordt gemaakt van suikerbieten; 4% komt van andere gewassen (Internet bron 1g). Tarwe is de belangrijkste grondstof (Internet bron 2). De mondiale productie van ethanol wordt gedomineerd door de EU. Totale productiecapaciteit in de EU is 7 miljard liter per jaar, met een verdere 1 miljard liter in aanbouw (Internet bron 1f). De capaciteit wordt niet erg intensief gebruikt, jaarlijkse ethanolproductie in 2009 (meest recente jaar



waarvoor data beschikbaar zijn) ligt op 3,7 miljard liter. De productie groeit echter wel; in 2009 was de toename 32% (Internet bron 1f). Frankrijk en Duitsland zijn de grootste producenten met respectievelijk 1,8 en 1,2 miljard liter, respectievelijk, gevolgd door Spanje (560 miljoen liter), Nederland (515 miljoen liter), België en het Verenigd Koninkrijk.

Ethanolproductie vindt grotendeels plaats uit wintertarwe. Tarwevariëteiten die geschikt zijn voor de productie van ethanol zijn hoog in zetmeel en laag in eiwit. Zachte variëteiten hebben de voorkeur, omdat ze een hoge alcohol-opbrengst hebben en weinig problemen kennen in de verwerking. De beste variëteiten hebben bovendien een goede weerstand tegen ziekten (HGCA, 2010).

Figuur 14 Ketenschema tarweteelt, zoals beschouwd in dit project



Opbrengsten volgens het BioGrace-model zijn 5,1 ton graan per hectare. Dit vertegenwoordigt een energie-inhoud van 76 GJ, dat wordt omgezet naar ethanol met een efficiëntie van 53,7%.



G.5 Gevolgen voor bodem, landgebruik

De gevolgen van de productie van tarwe ten behoeve van biobrandstoffen of biobased producten worden hier kort in beeld gebracht. Hierbij wordt naar de volgende elementen gekeken:

- nutriëntenbalans;
- organische stof;
- water;
- CO₂-balans;
- bodembiodiversiteit;
- competitie om land, land use change.

Nutriëntenbalans

De stikstofbehoefte van tarwe is sterk afhankelijk van bodemkwaliteit en weerscondities. De International Fertilizer Association (IFA) rapporteert kunstmestgiften variërend van 30 kg N/ha voor goede bodems tot 120 kg voor arme bodems. Giften in het Verenigd Koninkrijk lopen echter op tot 200 kg N/ha (HGCA, 2010). Verwacht mag worden dat kunstmestgiften rond de 130 kg N per ha zullen liggen. Waarden die door BioGrace en JEC gegeven liggen hier iets onder, op 109 kg.

Gegevens over toepassingen van dierlijke mest in tarwe zijn schaars. Data van een onderzoeksproject in Nederland (Telen met Toekomst) suggereren dat de gemiddelde stikstofgiften uit dierlijke mest rond de 100 kg N/ha liggen op kleigronden in het westen van het land en 150 kg N/ha op zandgronden in het zuiden. In de praktijk wordt dierlijke mest echter niet altijd voor tarwe toegediend.

Fosfaatgiften uit kunstmest variëren van 30 tot 120 kg P₂O₅/ha afhankelijk van opbrengstverwachting en bodemkwaliteit. Kunstmestgiften liggen gemiddeld rond de 60 kg/ha maar zowel BioGrace als JEC rapporteren aanzienlijk lagere toedieningsniveaus (22 kg P₂O₅/ha). Zij beroepen zich hierbij op data van de European Fertiliser Manufacturer Association (EFMA, data uit 2008). Deze gegevens hebben we niet kunnen vinden.



Tabel 9 Bemesting gerapporteerd voor tarweteelt in de EU

	Stikstof (kg N/ha)	Fosfaat (kg P ₂ O ₅ /ha)	Dierlijke mest (kg N/ha)	Bron
BioGrace	109			Versie 4b; www.biograce.net
JEC	109 (1)			
Literatuur	110 (2) 110-166 (3) 93 (3) 30-200 80-185	30-120 g.g.	0 93	Kunstmest, proefbedrijf Kunstmest, NUTS2-rapport Dierlijke mest, NUTS2-rapport NL IFA (2012), HGCA (2010) Isherwood (jr onbekend)
Aanname	130	60	g.g.	

g.g.: Geen gegevens.

Bron: (1) Volgens de European Fertiliser Manufacturer Association (EFMA, 2008).

(2) Totale gift berekend als 110 kg N minus de minerale stikstof in het bodemprofiel bij het begin van het groeiseizoen. Data voor triticale (Langeveld et al.; 2004)⁶.

(3) Stikstof kunstmest zoals gerapporteerd in NUTS2-rapporten ingediend bij de Europese Commissie door Nederland, Zweden, Denemarken, Duitsland, het Verenigd Koninkrijk, Vlaanderen en Frankrijk. Nederland is het enige land dat melding maakt van dierlijke mestgiften (WUR, 2010)⁷.

Bij de afvoer van tarwe wordt een aanzienlijke hoeveelheid nutriënten van het land afgevoerd. Wij berekenden een balans voor een typische teeltsituatie in Europa. Uitgaande van een gemiddelde opbrengst van 5,1 ton/ha, en een gemiddelde bemesting met 120 kg N, 60 kg P₂O₅ en 60 kg K₂O is het nutriëntenoverschot respectievelijk 20, 30 en 20 kg per ha. Hiermee blijft een zesde deel van de stikstof, de helft van de fosfaat en een derde van de aangevoerde kali op het veld achter.

De situatie verandert echter als ook het stro wordt afgevoerd. Bij een Harvest Index van 0,5 is de afvoer van stro even groot (in gewicht) als die van het graan. Met het stro wordt nu respectievelijk 58 kg N, 18 kg P₂O₅ en maar liefst 146 kg K₂O afgevoerd. Het verschil tussen aan- en afvoer is nu -22 kg voor N, 18 kg voor P₂O₅ en -126 kg voor K₂O. Hiermee wordt de (natuurlijke) vruchtbaarheid van de bodem dus bedreigd. Met name voor kalium ontstaat hier een ongewenste situatie.

Organische stof

Bij het berekenen van de organische stofbalans is rekening gehouden met:

- bijdragen van gewasresten en bladval;
- eventuele teelt van een vanggewas;
- vertering van de bodemorganische stof.

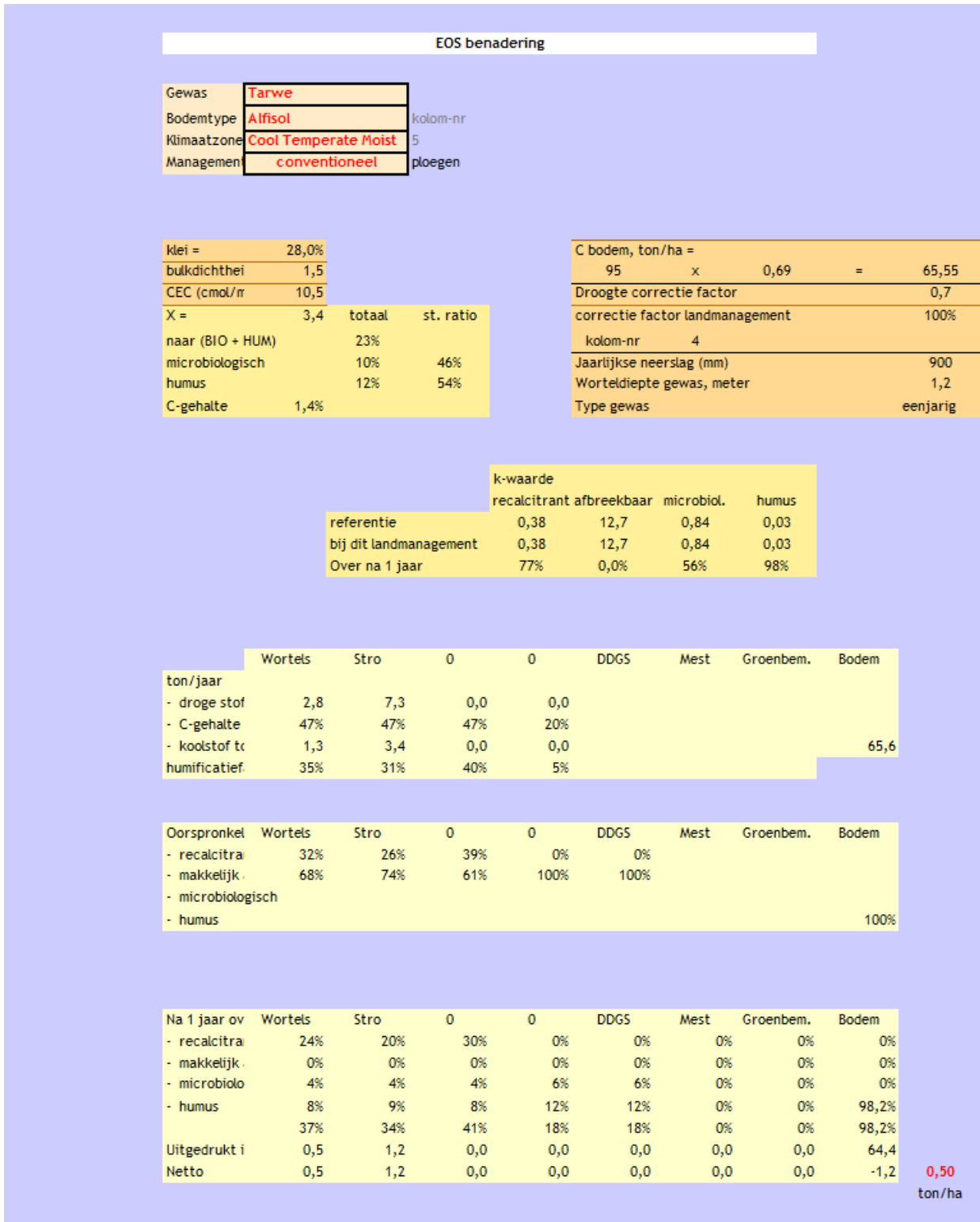
Aanvoer en verlies van bodemorganische stof worden vergeleken in een organische stofbalans.

⁶ J.W.A. Langeveld, A.L. Smit, J.J. de Haan (eds.), 2004. Kernbedrijf Vredepeel, resultaten eerste fase. Telen met toekomst rapport OV0411. Wageningen, Plant Research International.

⁷ Corré, W.J., J.G. Conijn and J.W.A. Langeveld, 2011. Analysis of renewable energy directive NUTS2-reports on the greenhouse gas emissions from the cultivation of crops. Wageningen, Plant Research International.



Figuur 15 Aan- en afvoer van organische stof, stro blijft achter



Water

Bij het berekenen van de water footprint verlaten we ons op berekeningen van het Water Footprint Network (Mekonnen en Hoekstra, 2010). Zij onderscheiden gebruik van 'groen' en 'blauw' water, waarbij groen water regenwater is en blauw water irrigatiewater. Voor de teelt van tarwe is 539 m³/ton (56,1 m³/GJ - gealloceerde score) groen water en 0 m³/ton blauw water nodig.

Broeikasgasbalans

Bij de berekening van de broeikasgasbalans voor tarwe is gebruik gemaakt van:

- de gebruikte hoeveelheden agronomische hulpstoffen (kunstmest, gewasbeschermingsmiddelen), industriële hulpstoffen (bijvoorbeeld hexaan en methanol) en energiedragers (aardgas, elektriciteit, diesel) zoals opgegeven in BioGrace 4.2;
- de emissiefactoren voor deze hulpstoffen en energiedragers zoals gehanteerd in BioGrace 4.2;
- de broeikasgasemissies zoals opgegeven in BioGrace 4.2.

Er is daarnaast rekening gehouden met de netto balans voor bodemorganische stof.

Tabel 10 Broeikasgasbalans van tarwe naar ethanol

Broeikasgasbalans		
Emissies per hectare	Kg CO ₂ -eq./ha	Allocatiefactor
ILUC-gerelateerd	570	57%
Diesel in landbouw	311	57%
Transport	8	75%
Nutriëntenconsumptie	704	57%
N ₂ O-emissies	539	57%
Bodemorganische balans	-1.834	57%
Vaste bijdragen teelt	59	57%
Energiegebruik ethanolproductie	1.266	57%
Gealloceerde emissie (totaal)	924	
Uitgespaarde emissies		
Voertuigbrandstof	-3.629	
Netto	-2.705	
Procentuele reductie	75%	

Land use change

In 2010 werd in Europa 4,1 miljoen ton tarwe omgezet in ethanol (Internet bron 2). Dit is slechts een zeer klein deel (1.8%) van de totale tarweproductie in dit continent. In de nabije toekomst wordt verwacht dat het gebruik van tarwe voor biobased toepassingen zal toenemen. Voor 2020 wordt een verdrievoudiging voorzien tot 13 miljoen ton tarwe (en 7 miljoen ton maïs, Internet bron 2) maar ook dit zou nog niet meer zijn dan 5% van de totale tarweproductie in Europa⁸.

Tarwe wordt normaal geteeld in een rotatie. Uitbreiding van de teelt zal dus gevolgen hebben voor andere gewassen in de rotatie, en kan mogelijk leiden tot uitbreiding van het geteelde areaal in Europa. Gewassen die onder deze uitbreiding kunnen leiden zijn andere granen (rogge, gerst), en voeder-
gewassen.

⁸ Berekening van de auteurs, gebaseerd op een extrapolatie van gemiddelde jaarlijkse productietoename sinds 2000.



In theorie kan het ook ten koste gaan van industriegewassen als aardappel en suikerbiet, maar de hoge saldi van deze gewassen zullen maken dat hun rol in de rotatie in ieder geval op korte termijn gehandhaafd kan blijven.

Er is in Europa ruimte voor uitbreiding van het akkerbouw areaal. Hoewel slechts 20% van de grond geclassificeerd wordt als landbouwgrond wordt niet meer dan 60% hiervan gebruikt voor de teelt van gewassen. De rest bestaat uit permanent grasland en meerjarige gewassen (FAOSTAT, 2012). Landbouwgrond wordt verder niet erg intensief bebouwd. Volgens Siebert et al. (2010), bevindt zich in Europa 73 miljoen hectare braakland. De 'cropping intensity' varieert tussen de 0,93 in West-Europa en 0,72 in het oostelijk deel van het continent.

Een geringe verhoging van de 'cropping intensity' kan relatief veel ruimte creëren voor teeltuitbreiding.

Onduidelijk blijft hoeveel land use change verwacht moet worden, en welke gevolgen dit zal hebben voor de emissies die hieraan moeten worden toegeschreven. BioGrace doet geen uitspraken over te verwachten (emissies uit) indirect land use change.

In een recente verordening (IFPRI, 2011) heeft de Europese Commissie bepaald dat in de berekening van de CO₂-balansen voor ethanol gemaakt van zetmeelgewassen (zoals tarwe) een generieke opslag van 12 g CO₂-eq./MJ dient te worden toegepast. Deze opslag is niet verder uitgewerkt met landbalansen maar wordt naar verwachting onderbouwd door studies naar indirect land use change, bijvoorbeeld door het International Food Policy Research Institute.

Gevolg van deze opslag, en de door de Commissie aangekondigde verhoging van het minimumpercentage verlaging van de broeikasgassen bij vervanging van benzine, wordt het een stuk moeilijker voor producenten van ethanol om aan de minimum verlaging te kunnen voldoen. Verwacht mag worden dat deze maatregel de productie van ethanol op basis van tarwe aanzienlijk zal bemoeilijken. De opslag is meegenomen in bovenstaande berekeningen.



Bijlage H Suikerbiet Europa

Suikerbieten worden geteeld in gematigde gebieden, vooral in Europa en Amerika maar plaatselijk ook in Azië en Latijns-Amerika. Perspectieven voor biobrandstoffen zijn vooral te vinden in Europa, waar boeren geconfronteerd worden met dalende prijzen. Op termijn kunnen bieten ook een platform vormen voor biobased producten, bijvoorbeeld voor biopolymeren of voor grondstoffen voor de chemische industrie.

H.1 Locatie, belang van de keten

Suikerbiet (*Beta vulgaris* L.) is een tweejarig wortelgewas dat in gematigde streken geteeld wordt voor de industriële productie van geraffineerde suiker. De teelt van is geïntegreerd in bestaande rotaties en bedrijfssystemen van Europa. Voor de levering aan suikerfabrieken zijn quota vastgesteld tegen overproductie van bietsuiker. Omdat bieten op de wereldmarkt nauwelijks kunnen concurreren met het veel goedkopere rietsuiker heeft de EU marktbeperkingen ingesteld. Recent is een herstructurering van deze beperkingen ingezet. Deze moet in de toekomst leiden tot meer vrije concurrentie op de suikermarkt. Mede onder druk van deze deregulering wordt momenteel gezocht naar alternatieve markten. Alcohol, bijgemengd in transportbrandstoffen, is hier een voorbeeld van.

H.2 Type gewas, bodemeisen

De suikerbiet is een C3-gewas dat mede door zijn late oogstdatum (oktober-november in Europa) zeer hoge opbrengsten realiseert. Het vraagt een goed gedraineerde, vruchtbare bodem. De bodem dient voldoende waterhoudend vermogen te hebben, maar suikerbiet kan ook worden geteeld op (zandige) bodems die minder water vast kunnen houden, mits voorzien van voldoende meststoffen en onder toediening van water gedurende de warme zomermaanden.

Doordat bieten reeds in het eerste jaar geoogst worden ontstaat er geen stengel of bloeiwijze. Mede hierdoor ligt de Harvest Index zeer hoog en hebben gewasresten (wortelrest - staart - en bietenkop inclusief blad) nauwelijks verharde delen (lignocellulose, lignine).

H.3 Kengetallen huidige teelt

De zaaidatum is cruciaal. Bieten worden gezaaid eind maart of begin april. Vroeg zaaien geeft hogere opbrengsten maar kan leiden tot een hoger percentage schieters (bloeiwijzen vormende planten). Jonge planten zijn gevoelig voor onkruiden en plagen. De belangrijkste plaag is het bietencystenaaltje (*heterodera schactii*) (Earthscan, 2010).

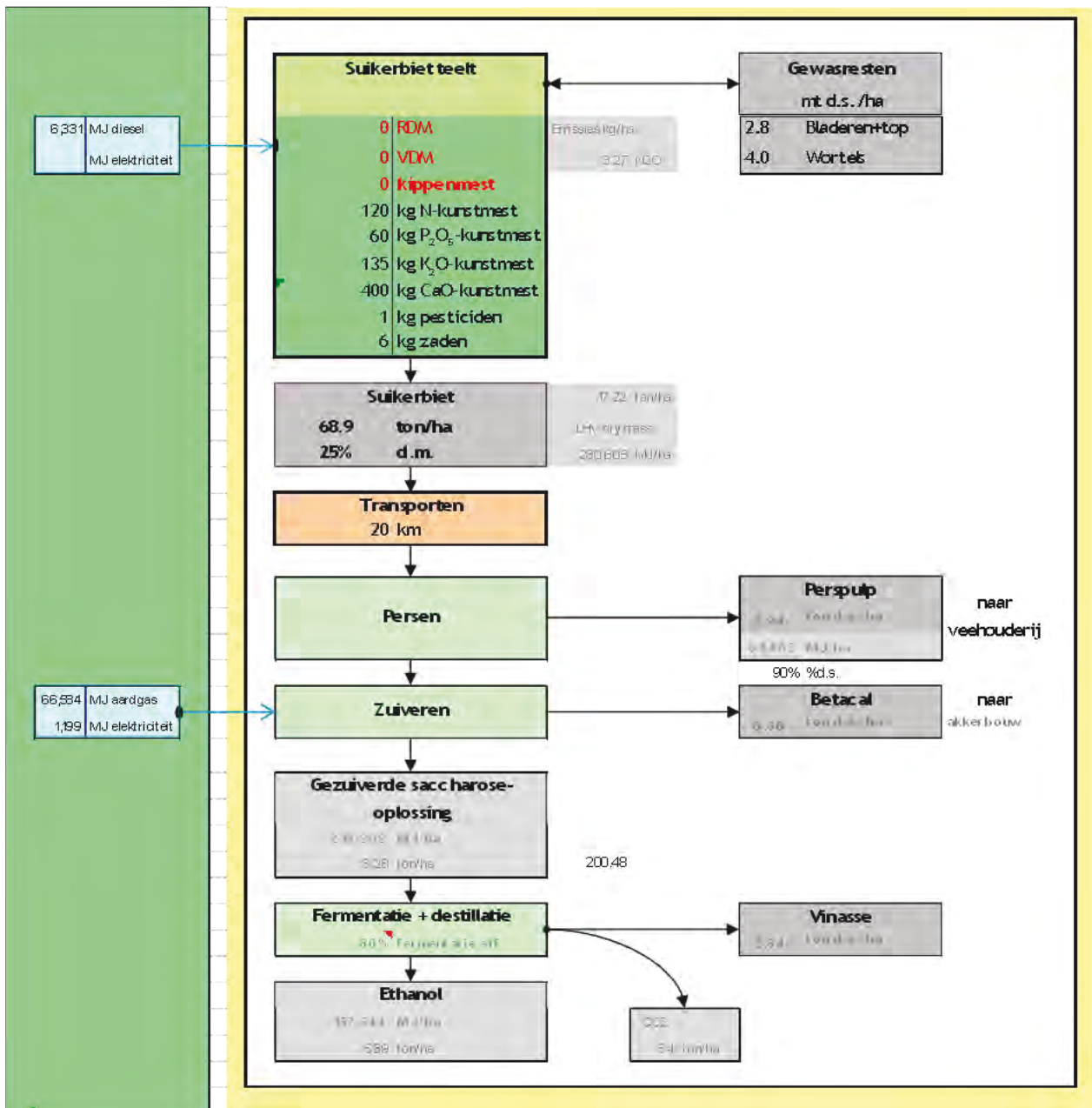
Suikerbiet wordt in rotatie geteeld, waarbij de vruchtwisseling problemen op fytosanitair gebied moet beperken. Hierbij spelen granen (tarwe, gerst, rogge en plaatselijk ook triticale en snijmaïs), peulvruchten, voedergewassen (alfalfa) en in mindere mate aardappelen een grote rol. Grondgebonden nematoden (aaltjes) en schimmelziekten vormen de grootste bedreiging.



H.4 Omzetting naar biobrandstoffen of biobased producten

In Figuur 16 zijn voor de verschillende schakels in de suikerbietketen de massabalans en gebruik van agronomische en industriële hulpstoffen weergegeven, zoals beschouwd in dit project.

Figuur 16 Stroomschema met massabalans en hulpstoffengebruik voor suikerbietteelt, zoals beschouwd in dit project



Bieten hebben een laag gehalte aan droge stof, met een hoog suikergehalte (tot wel 12 of 13%) en zijn dus goed geschikt voor de industriële verwerking tot bijvoorbeeld alcohol. In combinatie met hoge opbrengsten is biet hiermee een ideale grondstof voor productie van alcohol. Alcoholopbrengsten per hectare in Nederland liggen potentieel boven het niveau van suikerriet (Brazilië) en mogelijk zelfs Miscanthus in de VS.

De uniforme, zuivere substantie met een hoog suikergehalte maakt suikerbieten tot ideale platform voor biobased productie op basis van omzetting door micro-organismen. Hierbij kan gedacht worden aan biopolymeren (PLA, HBA). Langeveld en Sanders (2010) rekenen voor dat bij de inzet van onder andere suikerbiet voor de productie van biobased chemicaliën 50% meer fossiele energie kan worden vervangen dan bij productie van transportbrandstoffen alleen, terwijl het inkomen per geteelde hectare kan verdrievoudigen.

Relatief hoge prijzen in Europa vormen echter nog een bezwaar voor grootschalige productie.

H.5 Gevolgen voor bodem, landgebruik

De gevolgen van de productie van suikerbieten ten behoeve van biobrandstoffen of biobased producten worden hier kort in beeld gebracht. Hierbij wordt naar de volgende elementen gekeken:

- nutriëntenbalans;
- organische stof;
- water;
- CO₂-balans;
- bodembiodiversiteit;
- competitie om land, land use change.

Nutriëntenbalans

Volgens IFA (2012), is het niet eenvoudig om algemene aanbevelingen te geven voor de bemesting van suikerbieten omdat de behoefte aan nutriënten sterk afhangt van de teeltwijze en weersomstandigheden. In de praktijk ligt de mestgift uit kunstmest rond de 120 kg N/ha (Jaggard and Townshend, in press). Gerapporteerde kunstmestgiftten voor gewassen ten behoeve van de productie van biobrandstoffen in verschillende EU-landen (de zogenaamde NUTS2-rapporten) zijn vergeleken door Plant Research International (PRI; zie WUR, 2011). Kunstmestgiftten lopen uiteen van 86 tot 114 kg N/ha. Gebruik van dierlijke mest wordt niet gerapporteerd, met uitzondering van Nederland, waar de mestgift 70 kg N bevat (bovenop een kunstmestgift van 114 kg N).

Verwacht mag worden dat stikstofgiftten uit kunstmest rond de 120 kg N per ha omvatten. Dit is ook de gift die wordt gerapporteerd door BioGrace en JEC. In deze bronnen wordt geen dierlijke mest gerapporteerd, maar omdat suikerbieten bekend staan om hun efficiënte gebruik van dierlijke mest mag worden verwacht dat voor de teelt van dit gewas aanzienlijke hoeveelheden dierlijke mest worden gegeven. Aangeraden wordt om de kunstmestgift te corrigeren voor nutriënten uit dierlijke mest. Dit geldt in het bijzonder voor stikstof (IFA, 2012).

Fosfaatbemesting varieert, afhankelijk van bodemvruchtbaarheid en opbrengstverwachting, tussen de 0 en de 150 kg P₂O₅/ha (IFA, 2012). Een typische kunstmestgift op een normale bodem bij een opbrengstverwachting op het EU-gemiddelde (79 ton/ha) zal op 158 kg P₂O₅/ha liggen. Mestgiftten die door BioGrace (en JEC) worden aangehouden liggen echter aanzienlijk lager.



Tabel 11 Bemesting gerapporteerd voor de teelt van suikerbieten in de EU

	Stikstof (kg N/ha)	Fosfaat (kg P ₂ O ₅ /ha)	Dierlijke mest (ton/ha)	Bron
BioGrace	120	60	g.g.	Versie 4b; www.biograce.net
JEC	119 (1)	60 (1)	g.g.	Input_data_BIO_181108.xls
Literatuur	120 110 (3) 110 (3) 86-114 (2) 70 (2)	0 - 150	g.g.	Jaggard en Townsend (in press) Kunstmest, proefbedrijf Dierlijke mest, proefbedrijf Kunstmest, NUTS2-rapport Dierlijke mest, NUTS2-rapport NL IFA (2012)
Aanname	120	158	g.g.	

g.g.: Geen gegevens.

Bron: (1) European Fertiliser Manufacturer Association (EFMA, 2008).

(2) Kunstmest stikstof zoals gerapporteerd in NUTS2-rapporten ingediend bij de Europese Commissie door Nederland, Zweden, Denemarken, Duitsland, het Verenigd Koninkrijk, Vlaanderen en Frankrijk. Nederland is het enige land dat melding maakt van dierlijke mestgiften (WUR, 2010).

(3) Totale giften wordt berekend als 220 kg N minus minerale stikstof in het bodemprofiel bij het begin van het groeiseizoen. De helft wordt gegeven in varkensdrijfmest (Langeveld et al., 2004)⁹

Organische stof

Bij het berekenen van de organische stofbalans is rekening gehouden met:

- bijdragen van gewasresten en bladval;
- vertering van de bodemorganische stof.

Aanvoer en verlies van bodemorganische stof worden vergeleken in een organische stofbalans.

⁹ J.W.A. Langeveld, A.L. Smit, J.J. de Haan (eds.), 2004. Kernbedrijf Vredepeel, resultaten eerste fase. Telen met toekomst rapport OV0411. Wageningen, Plant Research International.



Figuur 17 Gegevens suikerbiet

EOS benadering									
Gewas	Suikerbiet								
Bodemtype	Alfisol			kolom-nr					
Klimaatzone	Cool Temperate Moist			5					
Management:	conventioneel ploegen								
klei =	28,0%								
bulkdichtheid =	1,5								
CEC (cmol/m3) =	10,5								
X =	3,4	totaal	st. ratio						
naar (BIO + HUM)		23%							
microbiologisch		10%	46%						
humus		12%	54%						
C-gehalte	1,4%								
C bodem, ton/ha =	95	x	0,69	=	65,55				
Droogte correctie factor				0,7					
correctie factor landmanagement				100%					
kolom-nr	4								
Jaarlijkse neerslag (mm)				900					
Worteldiepte gewas, meter				1					
Type gewas				eenjarig					
k-waarde									
		recalcitrant	afbreekbaar	microbiol.	humus				
referentie		0,38	12,7	0,84	0,03				
bij dit landmanagement		0,38	12,7	0,84	0,03				
Over na 1 jaar		77%	0,0%	56%	98%				
ton/jaar									
	Wortels	Bladeren+to Mest		Groenbem. Bodem					
- droge stof		4,0	2,8	1,4					
- C-gehalte		47%	47%	47%					
- koolstof totaal		1,9	1,3	0,7	65,6				
humificatiefactor		21%	21%	28%					
Oorspronkelijk aanwezig									
	Wortels	Bladeren+to Mest		0	0	Groenbem. Bodem			
- recalcitrant	13%	13%	23%	0%	0%	0%			
- makkelijk afbreekbaar	87%	87%	77%	100%	100%	100%			
- microbiologisch									
- humus							100%		
Na 1 jaar over									
	Wortels	Bladeren+top	Mest	0	0	Groenbem. Bodem			
- recalcitrant	10%	10%	17%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
- makkelijk afbreekbaar	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
- microbiologisch	5%	5%	5%	6%	6%	6%	0%	0%	0%
- humus	11%	11%	10%	12%	12%	12%	0%	0%	98%
Uitgedrukt in ton C/ha	0,5	0,3	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	64,4
Netto	0,5	0,3	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-1,2
									-0,13 ton/ha

Gewasresten (koppen, bietenblad) bevatten veel stikstof. Door het lage gehalte aan (ligno)cellulose en lignine verteert het blad gemakkelijk in de winter. Hierbij komt de stikstof vrij. Door het neerslagoverschot kan deze gemakkelijk in het grondwater terecht komen. Door de snelle vertering dragen bietenresten relatief weinig bij aan de vorming (handhaving) van duurzame bodemorganische stof. Teelt van een volggewas is onmogelijk door het late oogsttijdstip.



Water

Bij het berekenen van de water footprint verlaten we ons op berekeningen van het Water Footprint Network (Mekonnen en Hoekstra, 2010). Zij onderscheiden gebruik van 'groen' en 'blauw' water, waarbij groen water regenwater is en blauw water irrigatiewater. Voor de teelt van suikerbiet is 57 m³/ton (22,3 m³/GJ - gealloceerde score) groen water en 0 m³/ton blauw water nodig.

Broeikasgasbalans

Bij de berekening van de broeikasgasbalans voor suikerbiet is gebruik gemaakt van:

- de gebruikte hoeveelheden agronomische hulpstoffen (kunstmest, gewasbeschermingsmiddelen), industriële hulpstoffen (bijvoorbeeld hexaan en methanol) en energiedragers (aardgas, elektriciteit, diesel) zoals opgegeven in BioGrace 4.2;
- de emissiefactoren voor deze hulpstoffen en energiedragers zoals gehanteerd in BioGrace 4.2;
- de broeikasgasemissies zoals opgegeven in BioGrace 4.2.

Er is daarnaast rekening gehouden met de netto balans voor bodemorganische stof.

Tabel 12 Broeikasgasbalans van suikerbiet op kleibodem (Westmaas) naar ethanol (tussen haakjes waarden voor teelt in Oost-Nederland op zandbodem)

Broeikasgasbalans	Kg CO ₂ -eq./ha	Allocatiefactor
Emissies per hectare		
ILUC-gerelateerd	1.068	71%
Diesel in landbouw	529	71%
Transport	108	71%
Nutriëntenconsumptie	913	71%
N ₂ O-emissies	976	71%
Bodemorganische balans	-1.244	71%
Vaste bijdragen teelt	36	71%
Energiegebruik ethanolproductie	4.680	71%
Gealloceerde emissie (totaal)	6.811	
Uitgespaarde emissies		
Voertuigbrandstof	-13.607	
Netto	-6.795	
Procentuele reductie	50%	

Land use change

In een recente verordening (IFPRI, 2011) heeft de Europese Commissie bepaald dat in de berekening van de CO₂-balansen voor ethanol gemaakt van suikergewassen (zoals bieten) een generieke opslag van 13 g CO₂-eq./MJ dient te worden toegepast. Deze opslag is niet verder uitgewerkt met landbalansen maar wordt naar verwachting onderbouwd door studies naar indirect land use change, bijvoorbeeld door het International Food Policy Research Institute.

Gevolg van deze opslag en de door de Commissie aangekondigde verhoging van het minimumpercentage verlaging van de broeikasgassen bij vervanging van benzine, wordt het moeilijker voor producenten van ethanol om aan de minimum verlaging te kunnen voldoen. Verwacht mag worden dat deze maatregel de productie van ethanol op basis van suikerbieten zal bemoeilijken.



Er lijken wel mogelijkheden te zijn voor producenten om aan de minimum-eisen voor emissiebeperking te kunnen voldoen, maar dit zal niet eenvoudig zijn. De opslag is meegenomen in bovenstaande berekeningen.





Bijlage I Koolzaad Europa

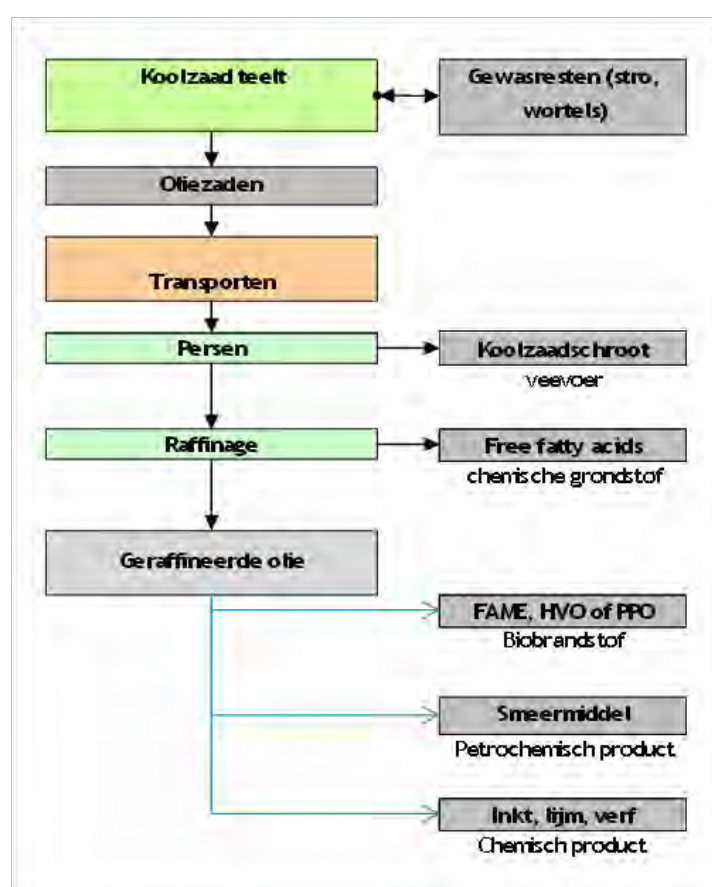
I.1 De keten

Koolzaad wordt binnen het raamwerk van de biobased economy geteeld voor de olie. In praktijk wordt koolzaadolie toegepast voor productie van onder meer:

- biodiesel of FAME¹⁰ voor wegtransport (bijproduct glycerine);
- HVO;
- smeermiddel (bijproduct glycerine).

De koolzaadolieketen omvat ongeacht uiteindelijke toepassing van de olie steeds drie schakels, zoals hieronder weergegeven.

Figuur 18 Keten voor koolzaadolie



In de koolzaadketen komen zowel in de algemene stappen als bij toepassing als grondstof voor biodiesel en smeermiddel, bijproducten vrij die hoofdzakelijk (stro, schroot) of deels (glycerine) als veevoeder worden gebruikt en daarmee indirect een invloed hebben op:

- landgebruik; en
- aanbod aan mest met daarin aanwezige nutriënten en organische stof.

¹⁰ Fatty Acid Methyl Ether.

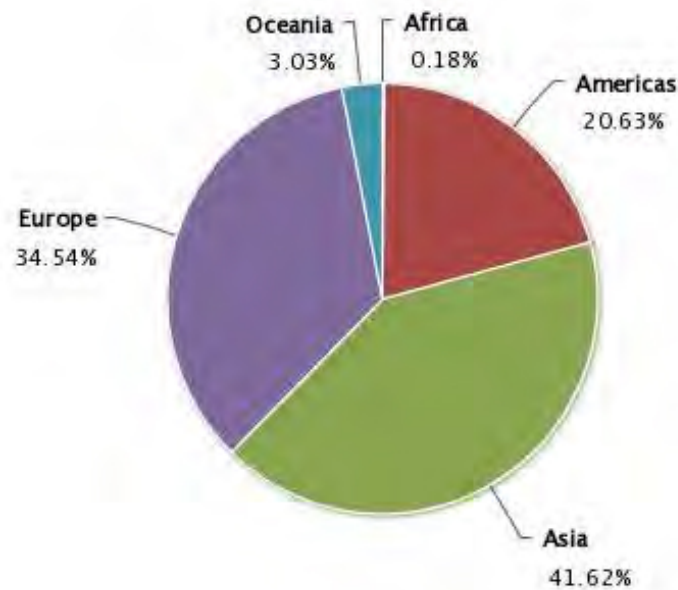
In de praktijk wordt bij teelt voor bemesting een mengsel van dierlijke mest en kunstmest toegepast.

I.2 Kenmerken van de koolzaadteelt

Op dit moment wordt het overgrote deel van de in de EU als grondstof voor biobased producten toegepaste koolzaad geproduceerd in de EU zelf. Er vindt sinds enkele jaren op bescheiden schaal import uit met name Canada en in mindere mate Oekraïne plaats (USDA, 2011).

India en China zijn ook grote producenten, maar deze landen produceren alleen voor de eigen markt.

Figuur 19 Aandelen per continent in koolzaadproductie



Bron: FAOSTAT.

Figuur 20 Ontwikkeling in geproduceerde hoeveelheid koolzaadbonen (megaton/jaar) in de belangrijkste producerende landen

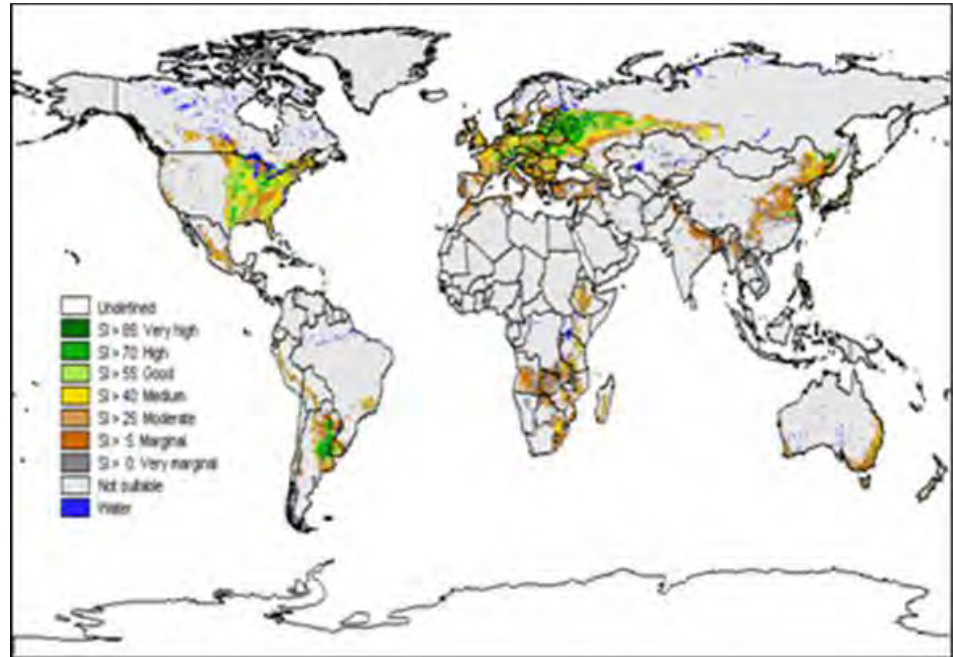


Bron: FAOSTAT.



In principe is ook teelt in USA en Rusland mogelijk, maar productie is in die landen economisch minder aantrekkelijk.

Figuur 21 Potentieel teeltgebied van koolzaad

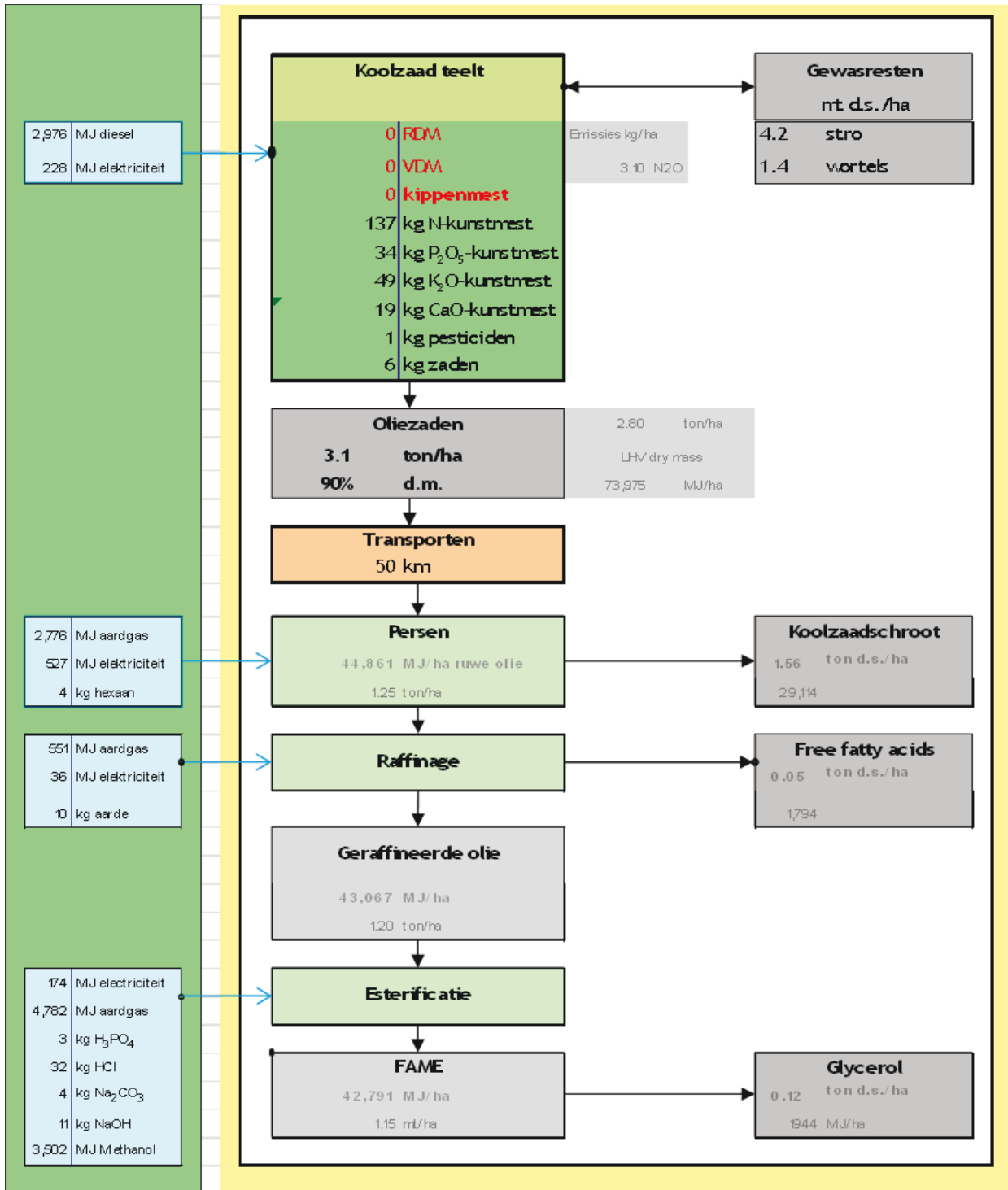


Bron: GAEZ, 2002.

Omzetting naar biobrandstoffen en biobased producten

In Figuur 22 is de massabalans voor de koolzaadketen weergegeven.

Figuur 22 Massabalans koolzaadketen, zoals beschouwd in deze studie



I.3 Gevolgen voor bodem, landgebruik

De gevolgen van de productie van koolzaad ten behoeve van biobrandstoffen of biobased producten worden hier kort in beeld gebracht. Hierbij wordt naar de volgende elementen gekeken:

- nutriëntenbalans;
- organische stof;
- water;
- CO₂-balans;
- bodembiodiversiteit;
- competitie om land, land use change.

Nutriëntenbalans

Koolzaad vraagt een overvloedige en tijdsgebonden beschikbaarheid van nutriënten om een goede groei en zaadopbrengst te kunnen realiseren (FAO, 2006). Een gift van 150-210 kg N wordt aanbevolen (Earthscan, 2010). De hoeveelheid meststoffen die door het gewas worden opgenomen ligt echter aanzienlijk hoger. Bij een opbrengst van 4,5 ton zaad per hectare ligt dit op 300-350 kg N en 120-140 kg P₂O₅. Nutriënten zitten vooral in het zaad met uitzondering van kalium dat zich grotendeels in het stro bevindt (FAO, 2006). Gebruik van dierlijke of plantaardige meststoffen wordt aanbevolen.

Winterkoolzaad vraagt een kleine mestgift (30-40 kg N/ha) bij het zaaien in het najaar. In de rest van het seizoen is zo'n 250-280 kg/ha N nodig uit bemesting en mineralisatie van de bodem. Voor een teelt van 4 ton/ha worden de volgende mestgiftten aanbevolen:

1. 80-100 kg N/ha in het voorjaar.
2. 60-80 kg N/ha tijdens de strekkingsfase.
3. 25 kg N/ha bij het begin van de bloeifase (FAO, 2006).

Na afloop van de teelt blijven vaak grote hoeveelheden stikstof (oplopend tot meer dan 100 kg/ha) in de bodem achter in de vorm van nitraat en gewasresten. Goed stikstofmanagement zorgt ervoor dat niet meer dan 50 kg minerale stikstof per ha achterblijft. Hogere gehalten zijn onwenselijk vanwege het risico tot uitspoeling (FAO, 2006).

Tabel 13 Bemesting gerapporteerd voor de teelt van koolzaad in de EU

	Stikstof (kg N/ha)	Fosfaat (kg P ₂ O ₅ /ha)	Dierlijke mest (ton/ha)	Bron
BioGrace	0	66	0	Versie 4b; www.biograce.net
JEC	8 (1)	66 (1)	g.g.	Input_data_BIO_181108.xls
Literatuur	2 to 8	36-76 50-70		Kunstmest; FAO (2004) Kunstmest; FAO (2006)
Aanname	4	39	0	Kunstmest (2)

g.g.: Geen gegevens.

Bron: (1) Data uit FAO (2004).

(2) Noordoostelijke productieregio.



Organische stof

Bij het berekenen van de organische stofbalans is rekening gehouden met:

- bijdragen van gewasresten en bladval;
- vertering van de bodemorganische stof.

Aanvoer en verlies van bodemorganische stof worden vergeleken in een organische stofbalans.

De berekening van de invloed op het gehalte aan bodemorganische koolstof in de vorm van humus is weergegeven in Figuur 23.



Figuur 23 Berekening netto verandering in humusgehalte bij de teelt van koolzaad

EOS benadering									
Gewas	Koolzaad								
Bodemtype	Inceptisol		kolom-nr						
Klimaatzone	Cool Temperate Moist		5						
Management:	conventio		ploegen						

klei =	5,0%		
bulkdichtheid =	1,4		
CEC (cmol/m3) =	14,3		
X =	4,9	totaal	st. ratio
naar (BIO + HUM)		17%	
microbiologisch		8%	46%
humus		9%	54%
C-gehalte	1,6%		

C bodem, ton/ha =	95	x	0,69	=	65,55
Droogte correctie factor	0,7				
correctie factor landmanagement	100%				
kolom-nr	4				
Jaarlijkse neerslag (mm)	900				
Worteldiepte gewas, meter	0,9				
Type gewas	eenjarig				

	k-waarde			
	recalcitrant	afbreekbaar	microbiol.	humus
referentie	0,38	12,7	0,84	0,03
bij dit landmanagement	0,38	12,7	0,84	0,03
Over na 1 jaar	77%	0,0%	56%	98%

	wortels	stro	Mest	Bladrammenas	Groenbem.	Bodem
ton/jaar						
- droge stof	1,4	4,2	0,5	4,0		
- C-gehalte	47%	47%	47%	47%		
- koolstof totaal	0,7	2,0	0,2	1,9		65,6
humificatiefactor	21%	21%	28%	25%		

Oorspronkelijk aanwezig	wortels	stro	Mest	Bladrammenas	0	Groenbem.	Bodem
- recalcitrant	13%	13%	23%	18%	0%	0%	
- makkelijk afbreekbaar	87%	87%	77%	82%	100%	100%	
- microbiologisch							
- humus							100%

Na 1 jaar over	wortels	stro	Mest	Bladrammenas	0	Groenbem.	Bodem
- recalcitrant	10%	10%	17%	14%	0%	0%	0%
- makkelijk afbreekbaar	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
- microbiologisch	4%	4%	3%	4%	4%	4%	0%
- humus	8%	8%	7%	7%	9%	9%	0%
	21%	21%	28%	25%	13%	13%	0%
Uitgedrukt in ton C/ha	0,1	0,4	0,1	0,5	0,0	0,0	64,4
Netto	0,1	0,4	0,1	0,5	0,0	0,0	-1,2

-0,05 ton/ha



Water

Bij het berekenen van de water footprint verlaten we ons op berekeningen van het Water Footprint Network (Mekonnen en Hoekstra, 2010). Zij onderscheiden gebruik van 'groen' en 'blauw' water, waarbij groen water regenwater is en blauw water irrigatiewater. Voor de teelt van koolzaad is 963 m³/ton (46,9 m³/GJ - gealloceerde score) groen water en 0 m³/ton blauw water nodig.

Broeikasgasbalans

Bij de berekening van de broeikasgasbalans voor koolzaad is gebruik gemaakt van:

- de gebruikte hoeveelheden agronomische hulpstoffen (kunstmest, gewasbeschermingsmiddelen), industriële hulpstoffen (bijvoorbeeld hexaan en methanol) en energiedragers (aardgas, elektriciteit, diesel) zoals opgegeven in BioGrace 4.2;
- de emissiefactoren voor deze hulpstoffen en energiedragers zoals gehanteerd in BioGrace 4.2;
- De broeikasgasemissies zoals opgegeven in BioGrace 4.2.

Er is daarnaast rekening gehouden met de netto balans voor bodemorganische stof.

Tabel 14 Broeikasgasbalans van koolzaad voor biodiesel

Broeikasgasbalans		
Emissies per hectare	Kg CO ₂ -eq./ha	Allocatiefactor
ILUC-gerelateerd	2.311	57%
Diesel in landbouw	249	57%
Transport	12	57%
Nutriëntenconsumptie	892	57%
N ₂ O-emissies	925	57%
Bodemorganische balans	-2.151	57%
Olie-extractie	259	57%
Raffinage	44	92%
Esterificatie	741	96%
Gealloceerde emissie (totaal)	4.596	
Uitgespaarde emissies		
Voertuigbrandstof	-3.881	
Netto	-714	
Procentuele reductie	-18%	

Land use change

In een recente verordening (IFPRI, 2011) heeft de Europese Commissie bepaald dat in de berekening van de CO₂-balansen voor biodiesel gemaakt van koolzaadolie een generieke opslag van 55 g CO₂-eq./MJ dient te worden toegepast. Deze opslag is niet verder uitgewerkt met landbalansen maar wordt naar verwachting onderbouwd door studies naar indirect land use change, bijvoorbeeld door het International Food Policy Research Institute.

Gevolg van deze opslag en de door de Commissie aangekondigde verhoging van het minimumpercentage verlaging van de broeikasgassen bij vervanging van fossiele diesel, wordt het zeer moeilijk voor producenten van biodiesel om aan de minimum verlaging te kunnen voldoen. Verwacht mag worden dat deze maatregel de productie van biodiesel op basis van koolzaad sterk zal bemoeilijken. De opslag is al meegenomen in bovenstaande berekeningen.



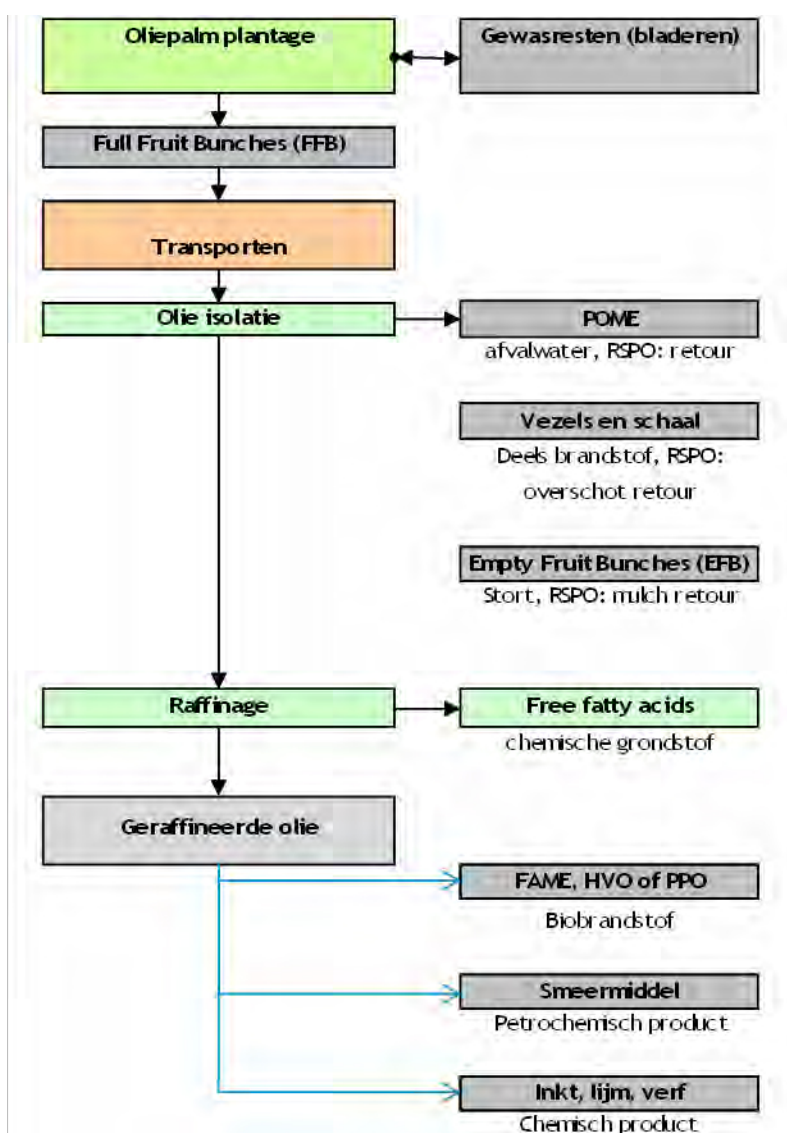
Bijlage J Oliepalm in Azië

J.1 De keten

Palmolie is, samen met de olie van sojabonen, de belangrijkste grondstof van (plantaardige) vetten op de wereld. Dit product wordt gebruikt voor een zeer groot aantal toepassingen, waaronder kookolie (vooral in Azië en Afrika), toevoeging aan voedselproducten (vooral voor de industrielanden), cosmetica (shampoo, scheerzeep, zeep) en andere industriële toepassingen.

De palmolieketen omvat ongeacht de uiteindelijke toepassing van de olie steeds drie schakels, zoals weergegeven in Figuur 24 in de groene vakken.

Figuur 24 De oliepalmketen



J.2 Locatie, belang van de keten

De belangrijkste oliepalmplantages bevinden zich in het Verre Oosten. Maleisië is traditioneel de grootste producent, maar recent is Indonesië sterk in opkomst. Oliepalm is hét plantagegewas in Azië, met name in regio's waar nieuwe landbouwgronden worden ontgonnen door ontbossing. Gebruik van palmolie voor biobrandstoffen, maar ook voor andere doeleinden, is hiermee sterk omstreden.

J.3 Type gewas, bodemeisen

Oliepalm is een meerjarig palmgewas dat een behoorlijk grote hoogte bereikt en een groot aantal jaren in productie kan blijven. Het vraagt bodems met een goede vruchtbaarheid. Stikstof kan deels worden verkregen door gebruik van een stikstofbindend gewas, een zogenaamde 'cover crop'. Maar de hoge behoefte aan kalium dient meestal door kunstmest te worden gedekt (Blair et al., jaar onbekend).

Bodems dienen diep te zijn met een goede ontwatering. De zuurgraad ligt bij voorkeur tussen 5,5 en 7 (Earthscan, 2010). Diepe, goed ontwaterde medium leemachtige bodems rijk aan humus zijn het meest geschikt voor de teelt (Agricultural Forum, 2006). Veel nieuwe plantages in het Verre Oosten liggen echter op veengronden. Hoewel onderzoek wordt gedaan naar de teelt met een hoge grondwaterstand (MBOP, 2011) wordt in de praktijk veel gebruik gemaakt van ontwatering. De vertering van de veengronden levert dan veel nutriënten, maar is ook een beruchte bron van CO₂.

J.4 Kengetallen huidige teelt

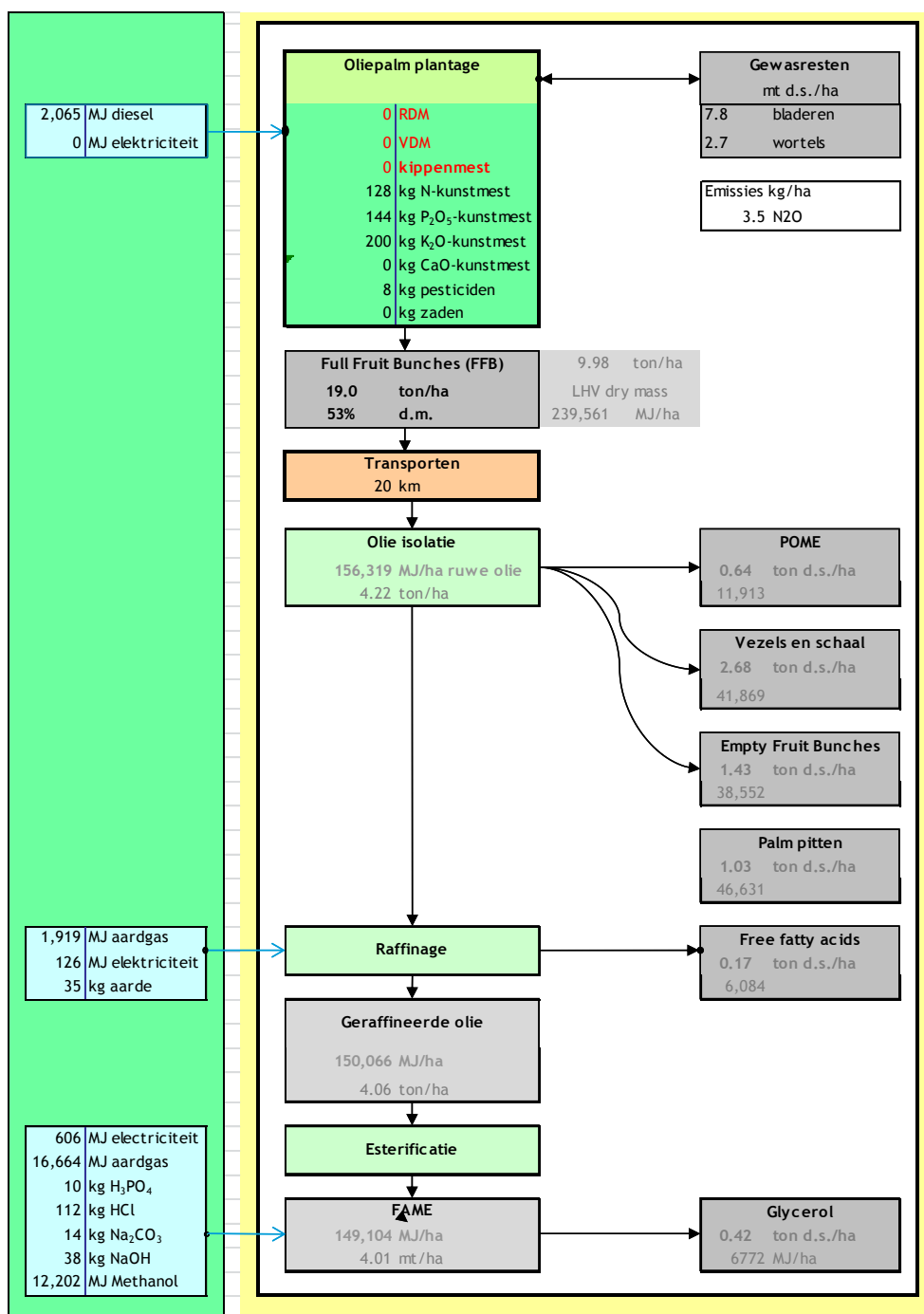
Nieuwe plantages worden vaak geplant op vers ontgonnen bodems, soms na het branden van de vegetatie. Beplanten kan het beste plaatsvinden in de periode juni tot december (Indonesië; Agricultural Forum, 2006). In klimaatzones waar geen echte droge perioden voorkomen zoals in het Verre Oosten en Congo kan gedurende het gehele jaar worden geoogst. In gebieden als Nigeria, met droge en natte perioden vindt de bloei plaats als het droog is, en de oogst in de natte periode (Earthscan, 2010).

Oliepalm is een ideaal plantagegewas, maar teelt vindt ook plaats door kleine boeren. Vaak leveren zij hun oogst aan een plantage in de buurt voor verwerking. Onder het gewas wordt vaak een 'cover crop' gezaaid, waarbij een kring rondom de bomen vrij wordt gehouden. Soms graast er vee op deze gewassen.



J.5 Omzetting naar biobrandstoffen of biobased producten

Figuur 25 Stroomschema en massabalans van de oliepalmketen, zoals beschouwd in deze studie



J.6 Gevolgen voor bodem, landgebruik

De gevolgen van de productie van palmolie ten behoeve van biobrandstoffen of biobased producten worden hier kort in beeld gebracht. Hierbij wordt naar de volgende elementen gekeken:

- nutriëntenbalans;
- organische stof;
- water;
- CO₂-balans;
- bodembiodiversiteit;
- competitie om land, land use change.

Nutriëntenbalans

Bemestingsadviezen voor oliepalm bleken vrij lastig te vinden. Geadviseerde mestgiften voor Indonesië (Agricultural Forum, 2006) liggen op respectievelijk 197 kg N en 114 kg P₂O₅ per ha. Uiteraard hangt dit samen met de plantdichtheid en de vruchtbaarheidstoestand van de bodem. Mest wordt in drie of vier gedeelde doses toegediend. Nutriënten uit gewasresten, die aanzienlijke hoeveelheden meststoffen kunnen bevatten - vooral stikstof en kalium, zijn hierbij niet meegerekend (Blair et al., jaar onbekend). Plantaardige mest of compost zijn bijzonder gunstig voor bodems met een gering percentage organische stof (Agricultural Forum, 2006). Gewasresten als palmvezels, lege vruchten ('empty fruit bunches', afgekort als EFB) en kernen kunnen ook dienst doen als brandstof voor de oliepersen. Hiernaast worden EFBs ook toegepast als bodembedekker (mulch). Behandeld afvalwater ('palm oil mill effluent' ofwel POME) is een bron van nutriënten in Maleisië (Musim Mas, 2007).

De stikstoftoediening gegeven door BioGrace en JEC (129 kg N/ha) ligt vrij laag, evenals de gerapporteerde hoeveelheid compost (0.6 ton gecomposteerde EFBs). De genoemde fosfaatgiften daarentegen lijken vrij hoog.

Tabel 15 Bemesting gerapporteerd voor de teelt van palmolie in het Verre Oosten

	Stikstof (kg N/ha)	Fosfaat (kg P ₂ O ₅ /ha)	Dierlijke mest (ton/ha)	Bron
BioGrace	128	144	0	Versie 4b; www.biograce.net
JEC (1)	129 (2)	147 (3)	0,8	Input_data_BIO_181108.xls Idem; compost van EFB
Literatuur	197	114		Kunstmest; Agricultural Forum (2006) ¹¹
Aanname	197 (4)	114 (4)		

g.g.: Geen gegevens.

Bron: (1) Bij een opbrengst van 18 ton verse palmtrossen per ha.

(2) Citerend van consultants, lokale studies, instituten uit Duitsland en Indonesië, FAO (200X); Fertilizer use by crop in Malaysia. FAO docrep/007/y5797e/y5797e00.HTM).

(3) Citerend uit FAO ((200x).

(4) Berekend bij een plant dichtheid van 143 palmen/ha; data uit FAO (2004).

¹¹ <http://www.agricultureinformation.com/forums/questions-answers/12541-oil-palm-cultivation.html>, Accessed 121005.



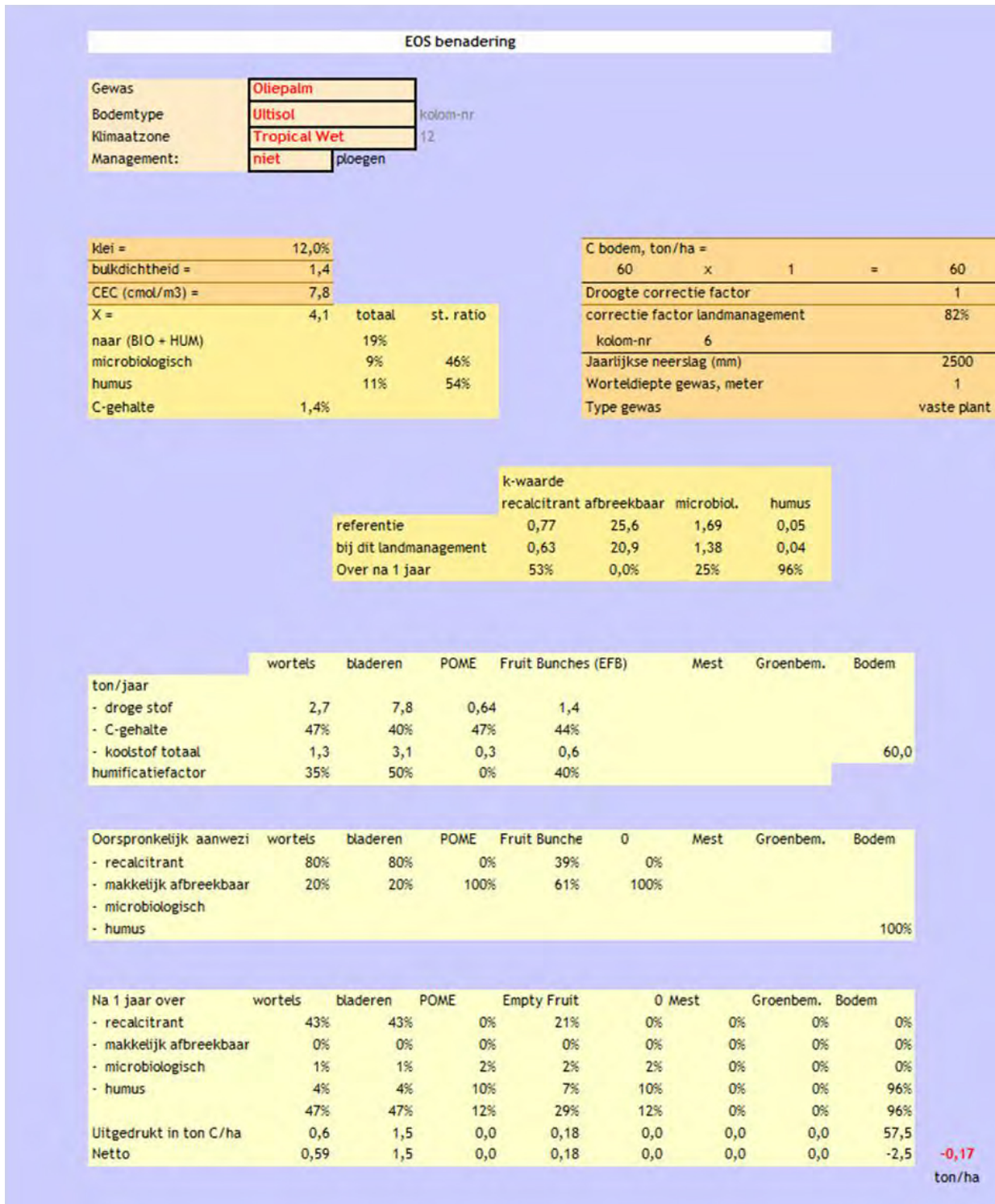
Organische stof

Bij het berekenen van de organische stofbalans is rekening gehouden met:

- bijdragen van gewasresten en bladval;
- vertering van de bodemorganische stof.

Aanvoer en verlies van bodemorganische stof worden vergeleken in een organische stofbalans.

Figuur 26 Berekening netto verandering in humusgehalte bij de teelt van oliepalm



Water

Bij het berekenen van de water footprint verlaten we ons op berekeningen van het Water Footprint Network (Mekonnen en Hoekstra, 2010). Zij onderscheiden gebruik van 'groen' en 'blauw' water, waarbij groen water regenwater is en blauw water irrigatiewater. Voor de teelt van palmolie is 960 m³/ton (119,8 m³/GJ - gealloceerde score) groen water en 0 m³/ton blauw water nodig.

Broeikasgasbalans

Bij de berekening van de broeikasgasbalans voor palmolie is gebruik gemaakt van:

- de gebruikte hoeveelheden agronomische hulpstoffen (kunstmest, gewasbeschermingsmiddelen), industriële hulpstoffen (bijvoorbeeld hexaan en methanol) en energiedragers (aardgas, elektriciteit, diesel) zoals opgegeven in BioGrace 4.2;
- de emissiefactoren voor deze hulpstoffen en energiedragers zoals gehanteerd in BioGrace 4.2;
- de broeikasgasemissies zoals opgegeven in BioGrace 4.2.

Er is daarnaast rekening gehouden met de netto balans voor bodemorganische stof.

Figuur 27 Broeikasgasbalans van palmolie

Broeikasgasbalans		
Emissies per hectare	Kg CO ₂ -eq./ha	Allocatiefactor
ILUC-gerelateerd	0	86%
Diesel in landbouw	173	86%
Transport	30	86%
Nutriëntenconsumptie	1.111	86%
N ₂ O-emissies	1.046	86%
Bodemorganische balans	-9.016	86%
Raffinage	154	92%
Esterificatie	2,582	96%
Gealloceerde emissie (totaal)	12.366	
Uitgespaarde emissies		
Voertuigbrandstof	-13.524	
Netto	-1.158	
Procentuele reductie	9%	

Land use change

In een recente verordening (IFPRI, 2011) heeft de Europese Commissie bepaald dat in de berekening van de CO₂-balansen voor biodiesel gemaakt van palmolie een generieke opslag van 55 g CO₂-eq./MJ dient te worden toegepast. Deze opslag is niet verder uitgewerkt met landbalansen maar wordt naar verwachting onderbouwd door studies naar indirect land use change, bijvoorbeeld door het International Food Policy Research Institute.

Gevolg van deze opslag en de door de Commissie aangekondigde verhoging van het minimumpercentage verlaging van de broeikasgassen bij vervanging van fossiele diesel, wordt het voor producenten van biodiesel bijna onmogelijk om aan de minimumeisen te kunnen voldoen. Verwacht mag worden dat deze maatregel de productie van biodiesel op basis van palmolie zeer sterk zal bemoeilijken. De opslag is al meegenomen in bovenstaande berekeningen.



Bijlage K SRC in Europa

K.1 De keten

Naast voedselgewassen en gewas- en andere reststromen spelen energiegewassen een grote rol in de plannen voor de productie van bio-energie en biobased commodities in de toekomst. Teelt en gebruik op dit moment zijn echter marginaal. De beschrijving van Short Rotation Coppice (of SRC; energiegewassen die in een korte rotatie geteeld worden) is vooral gebaseerd op de volgende studies: Earthscan (2010); Langeveld et al. (2012).

K.2 Locatie, belang van de keten

De categorie Short Rotation Coppice (SRC), of korte-rotatie energiegewassen, omvat verschillende typen houtige of stengelachtige grassen, waaronder snelgroeiende boomsoorten (wilg, populier) en tropische grassoorten (miscanthus, switchgrass, bamboe). De praktijk in Europa laat relatief weinig teelt zien. Uitzondering zijn wilg en populier die op redelijke schaal in vooral Noord- en Oost-Europa geteeld worden.

K.3 Type gewas, bodemeisen

Wilg en populier kunnen worden geteeld op een groot aantal typen bodems, zowel lichte als leemachtige bodems. De pH kan variëren van 6,0 tot 7,5, met een optimum van 6,5. Veel variëteiten produceren geen economisch haalbare oogst op zeer droge of alkalische bodems. Wilgen verdragen waterlogging tot op zekere hoogte. Populieren groeien het beste op fijn-zandige leemachtige tot leemachtige bodems met voldoende bodemorganische stof een goede watervoorziening. De optimale temperatuur ligt tussen de 15 en 26 °C (Earthscan, 2010).

K.4 Kengetallen huidige teelt

Statistieken van SRC zijn beperkt. Wilg wordt op commerciële basis geteeld in Zweden, waar ze momenteel ongeveer 14 duizend hectare (0,5% van het areaal akkergrond) beslaan. SRC-teelt in andere Europese landen is beperkt tot enkele duizenden hectares (6.000 hectare met vooral wilgen in Italië, 7.500 hectare wilg en populier in het Verenigd Koninkrijk, 5.000 hectare wilg en populier in Duitsland en 3.000 hectare in Polen; zie Langeveld et al., 2012).

Populier wordt belaagd door een groot aantal bladetende, stengelzuigende en houtborende insecten maar in de meeste gevallen zijn plagen geen groot probleem. Ziekten vormen een grotere bedreiging, bijvoorbeeld roest. Er bestaan echter resistente variëteiten en in de meeste gevallen is er geen reden om ziekten of plagen te bestrijden. Schade kan echter wel worden veroorzaakt door knagende dieren (waaronder knaagdieren, herten en landbouwdieren) (Earthscan, 2010). Tijdens het eerste seizoen kan groeiderving ontstaan door ongebreidelde onkruidgroei bij populieren (Earthscan, 2010).



K.5 Omzetting naar biobrandstoffen of biobased producten

Het houtige karakter van SRC maakt ze ongeschikt voor omzetting naar biobrandstoffen volgens gangbare technologieën, maar in de (nabije) toekomst wordt hun gebruik via de omzetting van lignocellulose (tweedegeneratie) op behoorlijk grote schaal voorzien.

K.6 Gevolgen voor bodem, landgebruik

De gevolgen van de productie van SRC ten behoeve van biobrandstoffen of biobased producten worden hier kort in beeld gebracht. Hierbij wordt naar de volgende elementen gekeken:

- nutriëntenbalans;
- organische stof;
- water;
- CO₂-balans;
- bodembiodiversiteit;
- competitie om land, land use change.

Nutriëntenbalans

Er is relatief weinig bekend over bemesting van SRC in de praktijk. Volgens Earthscan (2010) hebben populieren zo'n 60-80 kg stikstof en 23-46 kg P₂O₅ nodig per hectare. Dimitriou et al. (2012) rapporteren stikstofgiften voor wilg in Zweden en Duitsland die rond de 10 tot 40 kg N/ha hoger liggen. Verwacht wordt dat SRC gemiddeld 80 kg stikstof en 35 kg P₂O₅ per hectare ontvangen. BioGrace geeft geen data over SRC. Volgens JEC ligt de bemesting op 25 en 34 kg per ha voor respectievelijk stikstof en fosfaat. Voor stikstof lijkt dit aan de lage kant.

Tabel 16 Bemesting gerapporteerd voor de teelt van SRC in de EU

	Stikstof (kg N/ha)	Fosfaat (kg P ₂ O ₅ /ha)	Dierlijke mest (ton/ha)	Bron
BioGrace	g.g.	g.g.	g.g.	Versie 4b; www.biograce.net
JEC (1)	25 (1)	34 (1)	g.g.	Input_data_BIO_181108.xls
Literatuur	60-80 70-120	23-46 -	g.g. -	Populier; Earthscan (2010) Kunstmest wilg; Dimitriou et al. (2012) ¹²
Aanname	80	35		

g.g.: Geen gegevens.

Bron: (1) Citerend van D. Murach (Fachhochschule Eberswalde).

Organische stof

Bij het berekenen van de organische stofbalans is rekening gehouden met:

- bijdragen van gewasresten en bladval;
- vertering van de bodemorganische stof.

Aanvoer en verlies van bodemorganische stof worden vergeleken in een organische stofbalans.

¹² Ioannis Dimitriou & Blas Mola-Yudego & Pär Aronsson, 2012. Impact of Willow Short Rotation Coppice on Water Quality. Bioenerg. Res. 5: 537-545. DOI 10.1007/s12155-012-9211-5.



Figuur 28 Berekening netto verandering in humusgehalte bij de teelt van SRC

EOS benadering						
Gewas	Oliepalm					
Bodemtype	Alfisol		kolom-nr			
Klimaatzone	Cool Temperate Moist		5			
Management:	niet ploegen					

klei =	28,0%					
bulkdichtheid =	1,5					
CEC (cmol/m3) =	10,5					
X =	3,4	totaal	st. ratio			
naar (BIO + HUM)		23%				
microbiologisch		10%	46%			
humus		12%	54%			
C-gehalte	2,1%					

C bodem, ton/ha =	95	x	1	=	95
Droogte correctie factor					0,7
correctie factor landmanagement					87%
kolom-nr	6				
Jaartijkse neerslag (mm)					900
Worteldiepte gewas, meter					1
Type gewas					vaste plant

	k-waarde			
	recalcitrant	afbreekbaar	microbiol.	humus
referentie	0,38	12,7	0,84	0,03
bij dit landmanagement	0,33	11,0	0,73	0,02
Over na 1 jaar	79%	0,0%	60%	98%

	stomp	wortel	Mest	Groenbem.	Bodem
ton/jaar					
- droge stof	7,0	4,7			
- C-gehalte	47%	47%			
- koolstof totaal	3,3	2,2			95,0
humificatiefactor	35%	31%			

Oorspronkelijk aanwezig	stomp	wortel	Mest	Groenbem.	Bodem
- recalcitrant	32%	26%			
- makkelijk afbreekbaar	68%	74%			
- microbiologisch					
- humus					100%

Na 1 jaar over	stomp	wortel	0 Mest	Groenbem.	Bodem
- recalcitrant	25%	21%	0%	0%	0%
- makkelijk afbreekbaar	0%	0%	0%	0%	0%
- microbiologisch	4%	5%	0%	0%	0%
- humus	8%	9%	0%	0%	98%
	38%	35%	0%	0%	98%
Uitgedrukt in ton C/ha	1,3	0,8	0,0	0,0	93,5
Netto	1,26	0,8	0,0	0,0	-1,5

0,57 ton/ha



Er is veel onderzoek gedaan naar de gevolgen van de teelt van wilg en populier op de bodemkwaliteit. Hierbij ligt veelal de nadruk op bodemorganische stof en op gevaarlijke stoffen, met name zware metalen (cadmium, zink, chroom, nikkel, arsenicum). Het vermogen om het gehalte aan bodemorganische stof te verhogen is algemeen erkend. Bovendien zorgen deze gewassen voor een verlaging van de hoeveelheid (minerale) bodemstikstof. Mede als gevolg hiervan neemt de stabiliteit van bodemorganische stof toe (Jandl et al., 2011). Bodemvoorraad van fosfor neemt af, evenals bodemerosie. Er kan sprake zijn van enige compactie van de bovengrond (in vergelijking met grond die jaarlijks wordt geploegd).

De impact op zware metalen is tweeledig. Enerzijds zorgt een verlaging van de pH in de bodem voor een grotere mobiliteit wat gevolgen kan hebben voor concentraties van deze metalen in het grondwater. Anderzijds nemen SRC mobiele zware metalen makkelijk op tijdens de groei. Hiermee zijn zij inzetbaar voor biologische verwijdering van besmette bodems (fyto-remediatie) (Langeveld et al., 2012).

Water

SRC komt niet voor in de berekeningen van het Water Footprint Network (Mekonnen en Hoekstra, 2010). Watergebruik is om die reden in deze studie niet opgenomen voor houtige biomassa. Er zijn wel gevolgen van SRC-teelt voor waterbeschikbaarheid en kwaliteit. Deze gevolgen zijn samengevat door Langeveld et al. (2012). Nitraatgehalten in grondwater nemen af, maar de concentratie van fosfaat neemt iets toe. De afname van afstroming en bodemerosie zorgen voor een verbetering van de kwaliteit van het oppervlaktewater. De hoge transpiratie van SRC (in vergelijking met akkerbouwgewassen) kan leiden tot een verlaging van de grondwatertabel.

Broeikasgasbalans

Bij de berekening van de broeikasgasbalans voor SRC is gebruik gemaakt van:

- de gebruikte hoeveelheden agronomische hulpstoffen (kunstmest, gewasbeschermingsmiddelen), industriële hulpstoffen (bijvoorbeeld hexaan en methanol) en energiedragers (aardgas, elektriciteit, diesel) zoals opgegeven in BioGrace 4.2;
- de emissiefactoren voor deze hulpstoffen en energiedragers zoals gehanteerd in BioGrace 4.2;
- de broeikasgasemissies zoals opgegeven in BioGrace 4.2.

Er is daarnaast rekening gehouden met de netto balans voor bodemorganische stof.



Figuur 29 Broeikasgasbalans van SRC voor elektriciteit en warmte

Broeikasgasbalans		
Emissies per hectare	Kg CO ₂ -eq./ha	Allocatiefactor
ILUC-gerelateerd	0	100%
Diesel in landbouw	133	100%
Transport	78	100%
Nutriëntenconsumptie	584	100%
N ₂ O-emissies	220	100%
Bodemorganische balans	-2.093	100%
Gealloceerde emissie (totaal)	-1.078	
Uitgespaarde emissies bij toepassing in		
CFBC	-4.097	
CV	-11.391	
Boiler	-12.024	
Netto bij (+ procentuele reductie)		
CFBC	-5.175 (126%)	
CV	-12.469 (109%)	
Boiler	-13.102 (109%)	

Bodembiodiversiteit

Het paper van Langeveld et al. (2012) staat vrij uitgebreid stil bij de gevolgen van de introductie van SRC op de biodiversiteit van planten en vogels in Europese akkergebieden. Indien 20% van akkergewassen vervangen zou worden door SRC zou dat een positieve invloed hebben op de aantallen en diversiteit van aanwezige plantsoorten. Zo zou het aantal grassoorten 17-voudig toenemen, het aantal plantensoorten vervijfvoudigen en ook het aantal akkerplanten en bossoorten toenemen.

Ook de diversiteit in vogelsoorten neemt toe. Afhankelijk van het aantal bosachtige landschapselementen dat er al was zorgt de introductie van 20% SRC voor een toename in het aantal vogelsoorten: tot vier keer meer broedvogels, ook het aantal 'runderale' vogelsoorten en het aantal bossoorten neemt toe. Dit geldt echter niet voor het aantal bedreigde soorten, dat niet toeneemt.

Land use change

In een recente verordening (IFPRI, 2011) heeft de Europese Commissie bepaald dat in de berekening van de CO₂-balansen voor ethanol gemaakt van primaire landbouwgewassen een generieke opslag van 12-55 g CO₂-eq./MJ dient te worden toegepast. Deze opslag is niet verder uitgewerkt met landbalansen maar wordt naar verwachting onderbouwd door studies naar indirect land use change, bijvoorbeeld door het International Food Policy Research Institute. Deze opslag geldt niet voor lignocellulosegewassen als SRC.





Bijlage L Kapresten van bosbouw als brandstof

L.1 Locatie, belang van de keten

In de bosbouw bleven kapresten als takken, top en stronk tot nu toe achter in het bos, mede om te zorgen voor het behoud van bodemstructuur en BOS-gehalte.

Deze restproducten worden sinds ongeveer tien jaar in Zweden en Finland en in toenemende mate ook in Noord-Amerika ingezameld en afgevoerd voor energieopwekking. Vanwege de hoge vervuilingsgraad met grond is overigens alleen inzet in minder gevoelige typen ovens zoals wervelbedovens mogelijk. Maar die zijn er ook genoeg in beide landen.

Zoals aangegeven in bijvoorbeeld IEA (2006) is deze praktijk niet duurzaam wat betreft de bodemkwaliteit vanwege de verstoring van de bodemstructuur en de afvoer van koolstof en nutriënten.

Figuur 30 Stronk oogsten en resulterende bodemstructuur



Bron: Zie Forestry Commission, 2012 en Greenpeace, 2011.

In de VS ontvangen pijnboombossen gewoonlijk stikstofkunstmest. Uit deze bossen worden steeds meer pellets gewonnen voor export naar de EU, waar ze als bijstook worden toegediend in kolencentrales. Kunstmestgiften in de EU zijn minder gebruikelijk. Volgens Dr. Egnell van de vakgroep Forest Ecology and Management (Swedish University of Agricultural Sciences), wordt slechts een klein deel van de bossen in Zweden en Finland jaarlijks bemest.

De bemesting ligt verder lager dan die in de VS, wat mogelijk verklaard wordt door de relatief minder vruchtbare bodems in het zuidwesten van de VS waar veel productiebossen liggen. Een typische bemesting ligt rond de 60 kg stikstof en 10 kg P₂O₅ per hectare per jaar (gemiddelde waarden over verschillende jaren).

Voor hout konden geen mestgiften worden gevonden in BioGrace of JEC.

Tabel 17 Bemesting gerapporteerd voor de teelt van hout in de EU

	Stikstof (kg N/ha)	Fosfaat (kg P ₂ O ₅ /ha)	Dierlijke mest (ton/ha)	Bron
BioGrace	g.g.	g.g.	g.g.	Versie 4b; www.biograce.net
JEC	g.g.	g.g.	g.g.	Input_data_BIO_181108.xls
Literatuur	150 (1) 168-224 (2)	0 g.g.	0 0	Kunstmest; Egnell (pers. comm. 2012) kunstmest; pijnbomen in de VS
Aanname	60	10	0	

g.g.: Geen gegevens.

Bron: (1) Data for Sweden, Finland. Geldt voor een minderheid van de bossen (in 2011 werd slechts 50.000 ha bemest.

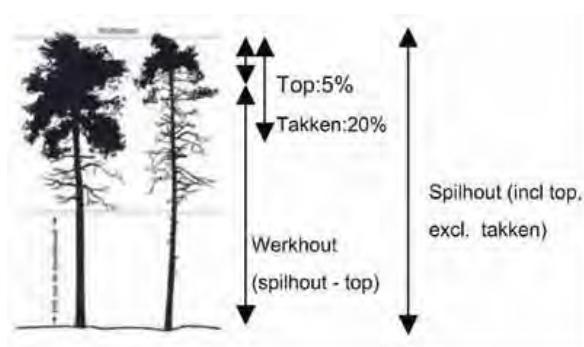
(2) Ongeveer 85% van de bossen wordt bemest, met vooral N (168-224 kg ha), en enige aanvullende fosfaat meestal midden in de rotatie. De fosfaatgiften zijn niet gekwantificeerd in deze studie.

(3) Gan et al. (2012)¹³.

L.2 Kengetallen voor eventuele oogst in Nederland

De in Nederland meest geoogste boom is de grove den, onder andere voor gebruik als bron voor krantenpapier en pellets. Volgens OPTAB (1996) en WUR (2007) heeft een grove den in Nederland een teeltcyclus of kapcyclus van ongeveer 90 jaar voordat eindkap plaatsvindt. Op basis van OPTAB (1996) en IPCC (2006) is geschat dat de gemiddelde grove den ongeveer 250 m³ spilhout zal opbrengen met een dichtheid van 450 kg/m³. Er blijft normaliter ongeveer 65 ton droge stof in het bos achter.

Figuur 31 De bovengrondse samenstelling van een grove den



Bron: Ecofys, 2008.

¹³ J. Gan, C.T. Smith, J.W.A. Langeveld, 2012. Effects of considering greenhouse gas consequences on fertilizer use in loblolly pine plantations. *Journal of Environmental Management* 113 (2012) 383e389. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.09.015>.

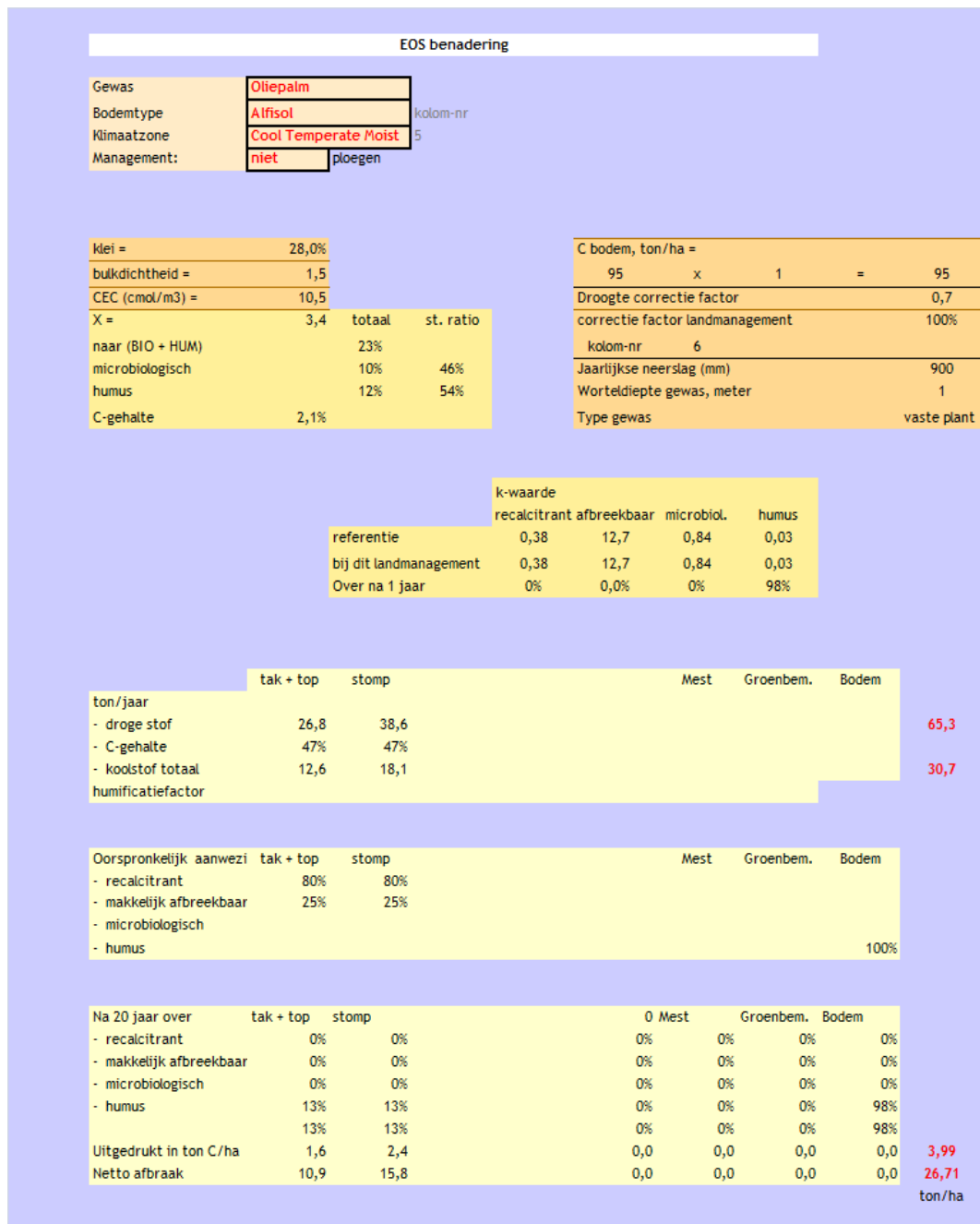
Met het verwijderen uit het bos van deze bijproducten wordt volgens ECN Phyllis¹⁴ en Minnen (2008) ook 4 ton C aan stabiele humus (zie Figuur 32) afgevoerd.

Bij het berekenen van de organische stofbalans is rekening gehouden met:

- bijdragen van gewasresten en bladval;
- vertering van de bodemorganische stof.

Aanvoer en verlies van bodemorganische stof worden vergeleken in een organische stofbalans.

Figuur 32 Schatting koolstof die niet in humus wordt omgezet, alle waarden per ha



¹⁴ <http://www.ecn.nl/phyllis2/>.



De energie-inhoud van de 65 ton droge stof bedraagt 1.120 GJ/ha. Deze wordt in de praktijk verbrand in een wervelbedoven met - in Finland - een typisch rendement van ongeveer 30% elektrisch en - bij stadsverwarming - circa 60% thermisch.

Land use change

De mate waarin het gebruik van hout voor de productie van bio-energie zal leiden tot wijzigingen in landgebruik zal sterk afhangen van het oogstregime dat in de bossen wordt gehanteerd. Blijft men bij het oogsten binnen de hoeveelheid hout dat door de bossen zelf aangevuld kan worden dan mag verwacht worden dat onder bepaalde omstandigheden (good harvesting practices, geen oogst van wortelstompen, behoud van bodemorganische stof, etc.) de gevolgen voor het landgebruik zeer beperkt zullen zijn. Belangrijke voorwaarde hierbij is dat er geen grote wijzigingen plaats vinden in de ligging en het gebruik van bossen die worden geoogst.

Gaat de oogst de hergroeicapaciteit voorbij, of wordt bij het oogsten sterk eenzijdig geoogst (waardoor bijvoorbeeld op een gegeven moment in bepaalde regio's een relatief tekort aan hout voor andere doeleinden kan ontstaan, of waarbij sprake is van ontbossing) dan moet gevreesd worden dat er reacties zullen ontstaan in landgebruik. De gevolgen hiervan voor de landbalans en BOS-balans dienen bij de berekening van de broeikasgas-balans te worden meegenomen.

