



De Energieboerderij

Eindrapportage





PRAKTIJKONDERZOEK
PLANT & OMGEVING

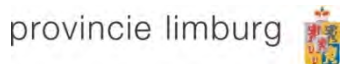
WAGENINGEN UR

De Energieboerderij

Eindrapportage



Auteurs: ir. J.A.L.M. Kamp en ir. C.L.M. de Visser (PPO-AGV)
dr.ir. B. Hanse en ir. A.W.M. Huijbregts (IRS)
ir. G.J.H.M. Meuffels en ing. M.P.J. van der Voort (PPO-AGV)
dr.ir. E. Stilma (PPO-AGV)



Voorwoord

Duurzame energieopwekking is een belangrijk thema. Het aandeel hiervan in de energiemix moet de komende decennia nog sterk toenemen. De afgelopen jaren heeft de opwekking van energie uit biomassa, met 1^e generatie technieken, zowel bij NGO's als beleidsmakers veel vragen opgeroepen. Emoties overheersten boven heldere cijfers. Hoewel de wereld van duurzame energie in 4 jaar sterk veranderd is, blijft de vraag waarvoor de Energieboerderij zichzelf gesteld zag nog steeds zeer actueel. De resultaten zijn dan ook zeker verrassend te noemen.

Het voorliggende rapport is een samenvatting van een groot aantal activiteiten (deelprojecten) binnen het project. Van deze deelprojecten zijn uitgebreidere verslagen beschikbaar, waaraan een groot aantal onderzoekers hebben meegewerkt.

De Energieboerderij is een initiatief van Vereniging Innovatief Platteland (VIP) en door nauwe wisselwerking tussen VIP, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving (Wageningen UR)¹ en IRS tot stand gekomen. Bij de uitvoering van het project is onder leiding van PPO zeer nauw samengewerkt met IRS en Cultus Agro advies. Het project werd mogelijk gemaakt door de volgende organisaties: Ministerie van EL&I, Wageningen UR, provincie Limburg, LLTB, Productschap Akkerbouw, Cosun en IRS, Argos Oil, Attero, Carnola, Vitelia, HAS Kennistransfer en OCI-Nitrogen.

Het project had geen succes kunnen worden zonder de medewerking van de telersgroep, die bereid was enerzijds cijfers van het eigen bedrijf beschikbaar te stellen, anderzijds mee te denken in de wijze waarop de duurzaamheid in de onderzochte bio-energieketens verbeterd kan worden.

Ik dank alle partijen hartelijk voor hun inbreng en beveel het voorliggende rapport van harte bij u aan.

Ton van Scheppingen
BU-manager PPO-AGV

Joep Hermans
Voorzitter Vereniging Innovatief Platteland

¹ hierna te noemen: PPO-AGV

Inhoud

Voorwoord	2
Samenvatting	5
1 Inleiding.....	9
2 De meetlat Duurzaamheid Energieketens	11
3 Duurzaamheid energieketens	13
3.1 Mais – co-vergisting.....	13
3.2 Koolzaad – Puur Plantaardige Olie (PPO)	14
3.3 Suikerbieten – covergisting	15
3.4 Broeikasgasmetingen	16
3.5 Brandstofverbruiksmetingen.....	17
4 Best practises	19
4.1 Rassenproeven mais.....	19
4.2 Koolzaad	20
4.3 Suikerbieten.....	23
4.4 Compostproef.....	29
5 Land use change (regionaal)	31
6 Innovatieve teelten	33
6.1 Teeltproeven innovatieve gewassen	33
6.2 Geschiktheid vezels voor Papier en Karton industrie	35
6.3 Korrelmaaisstro en energieproductie	35
7 Businessplan “Farming the Future”.....	37
8 Communicatie.....	39
Literatuuroverzicht.....	41
Bijlage 1: Betrokken partijen	43
Bijlage 2: Overzicht van persuitingen	45
Bijlage 3: Nieuwsbrieven	47

Samenvatting

De zoektocht naar nieuwe vormen van duurzame energie heeft geleid tot de vraag hoe duurzaam de energie is die uit biomassa (als hernieuwbare grondstof) geproduceerd wordt. Het project Energieboerderij is gestart om de duurzaamheid van in Nederland geproduceerde biomassa (in het bijzonder energieteelten) inzichtelijk te maken en te verbeteren. Er is gewerkt met een drietal in de praktijk functionerende ketens:

1. Maïsteelt – vergisting – elektriciteit
2. Suikerbietenteelt – vergisting – elektriciteit
3. Koolzaad – PPO/biodiesel

Het uitgangspunt was om de berekeningen zo weinig mogelijk te baseren op gegevens uit de literatuur, maar vooral gegevens van praktijkbedrijven te verzamelen en analyseren. De duurzaamheid is bepaald met een speciaal hiervoor ontwikkelde meetlat, waarmee de energie-efficiëntie en broeikasgasemissiereductie kan worden bepaald. Deze informatie vormt de basis voor het berekenen van duurzaamheidskengetallen en het optimaliseren van energieteelten. De uitkomsten zijn getoetst aan de duurzaamheidscriteria zoals vastgelegd in de EU richtlijn voor energie uit hernieuwbare grondstoffen (RED).

Duurzaamheid energieketens

De teelt van mais en suikerbieten als input voor co-vergisting leidt steeds tot een zeer gunstige cijfers voor broeikasgasemissiereductie in deze ketens van respectievelijk gemiddelde 73% en 78%. Ook het energierendement (verhouding energie output versus energie input) is zeer hoog (varieert van factor 6 – 10). Deze teelten overschrijden ruimschoots de norm die in de NTA 8080 is genoemd (70%). Indien sprake is van hergebruik van restwarmte stijgen de bovenstaande cijfers met ca. 5 – 7%-punten.

Voor koolzaad liggen de praktijkcijfers minder gunstig. De sterk wisselende opbrengstcijfers van deze teelt tussen de teeltjaren en tussen bedrijven zijn hier debet aan. Gemiddeld wordt een broeikasgasemissiereductie gerealiseerd van 42%. Dit overstijgt de RED overgangsnorm voor transportbrandstoffen (35%), maar is lager dan de eindnorm (50%). Analyse van de cijfers laat zien dat bij een geslaagde teelt deze eindnorm goed haalbaar is.

Best practises

Tezamen met de telergroepen is gewerkt aan onderzoek gericht op het verbeteren van de duurzaamheid.

Mais: rassenproeven laten zien dat rassenkeuze een grote invloed heeft op de broeikasgasemissiereductie en dat niet per definitie het ras met de hoogste versopbrengst het meest ideale gewas is. Daarnaast ziet de praktijk mogelijkheden voor verbeteringen door verdere optimalisatie van de mechanisatie en bemesting.

Koolzaad: teeltoptimalisatie die leidt tot minder inputs en zo hoog mogelijk opbrengsten. Rassenonderzoek laat zien dat er een aantal veelbelovende rassen (met hoge olieopbrengst) beschikbaar komen. Een meerjaren proef met twee teeltsystemen (high en low input) laat zien dat de high input variant (meer ziektebestrijding en groeiregulatie) iets gunstigere duurzaamheidscijfers laat zien.

Tenslotte is ook geëxperimenteerd met verschillende zaaitechnieken en zaaidichtheden (verschillen in opbrengsten zijn beperkt) en met verschillende niveaus van zwavelbemesting (ook hier slechts beperkte effecten).

Suikerbieten: diverse proeven zijn uitgevoerd gericht op het telen van bieten als tussenteelt (na een vroeg geruimd gewas) en een spreiding van het oogstmoment (november – februari). Door het spreiden van het oogstmoment wordt gespreide aanlevering van suikerbieten aan de vergister mogelijk. Hierbij is ook gekeken naar rasverschillen. Deze reeks van proeven leidt tot de conclusie dat de opbrengsten sterk teruglopen naarmate het gewas later wordt ingezaaid. Daarnaast is in de 2 jaar van proeven gebleken dat het oogst risico van suikerbieten bij late oogst (januari – februari) erg groot is. In beide jaren bevroren de bieten en ging een heel groot deel van de biet en het bietenblad verloren. Dit effect leidt vervolgens tot lage (lees: negatieve) broeikasgasemissiereductiecijfers.

Een proef om de bieten aan te aarden en zo te beschermen tegen de vorst had onvoldoende effect. Tenslotte zijn er een aantal stikstofbemestingsproeven uitgevoerd: hogere N-giften leiden weliswaar tot iets hogere biogasopbrengsten per hectare, maar de broeikasgasemissiereductie neemt af.

Compostproef: op een perceel is een meerjarenproef met diverse mest – compost combinaties aangelegd. In de drie proefjaren gaven de compost combinaties geen significante opbrengstverhoging zien. Deze proef wordt voortgezet.

Regionale land use change

Omdat de vraag naar biomassa voor energie sterk zou kunnen toenemen, is ook de regionale impact van meer energieteelten inzichtelijk gemaakt. Diverse bouwplannen waarin de energiegewassen (mais, suikerbieten, koolzaad) achtereenvolgens zijn gemaximeerd zijn doorgerekend op de gevolgen voor het milieu (nitraatbelasting grondwater, organische stof aanvoer, milieubelasting grondwater en belasting waterleven). Hoewel elk gewijzigd bouwplan invloed heeft op de genoemde factoren, kan geconcludeerd worden dat de regionale impact beperkt is. Geen van de bouwplannen leidt op alle punten tot verbetering of verslechtering ten opzichte van de bestaande situatie. De resultaten zijn gepresenteerd op een internationaal congres over biomassa.

Meer praktijkcijfers

De wens om maximaal gebruik te maken van praktijkcijfers heeft ertoe geleid dat in de loop van het project aanvullende metingen zijn verricht. In 2011 zijn een reeks brandstofverbruiksmetingen uitgevoerd met een nieuwe meetmethodiek die het actuele verbruik koppelt aan de exacte locatie. Dit maakt het mogelijk om onderscheid te maken tussen de echte werkzaamheid op het veld en werkzaamheden eromheen (bijv. transport van en naar het veld).

Tevens zijn op een drietal velden intensieve broeikasgasmetingen uitgevoerd met als doel een eerste indruk te krijgen van de werkelijke emissies in vergelijking tot de modelmatige inschatting met het IPCC model. Geconstateerd is dat de werkelijk gemeten emissies fors lager liggen dan de berekende emissies. Omdat deze verschillen niet goed verklaard kunnen worden en het slechts metingen van 1 jaar op enkele percelen betreft, kunnen hieraan op dit moment geen conclusies verbonden worden. Uit de literatuur blijkt ook dat de variaties in broeikasgasemissie groot kunnen zijn.

Meetlat voor groen gas

De meetlat waarmee de duurzaamheid voor de eerdergenoemde ketens is doorgerekend is in tweede instantie uitgebreid met de mogelijkheid voor het doorrekenen van de keten met groen gas als energiedrager (in plaats van elektriciteit). De mais – vergisting – groen gas keten is met dit model doorgerekend en laat lagere cijfers voor broeikasgasemissiereductie zien. Gemiddeld over de jaren daalt de broeikasgasemissiereductie van de groen gas keten met bijna 30% (van 73 naar gem. 44%) t.o.v. die met elektriciteit als eindproduct.

Innovatieve gewassen

Gedurende het project zijn diverse inventarisaties uitgevoerd naar potentieel interessante energiegewassen. Met het gewas Deder (*Camelina sativa*) zijn gedurende 2 jaar rassenproeven gedaan met hele grote opbrengstverschillen tussen de jaren. De opbrengst in 2011 was dusdanig dat het in potentie kan concurreren met koolzaad.

Daarnaast is in 2011 een uitgebreid demoveld aangelegd met kansrijke energiegewassen, waarbij ook gekeken is naar potentieel interessante inhoudsstoffen. Het gaat bijv. om Mariadistel (bevat bijzondere olie), Switch grass (veel biomassa), Pennycress (oliehoudend gewas), Tagetes (nematicide werking).

Vezels voor de Papier en Karton Industrie

Het Kenniscentrum Papier en Karton heeft als onderdeel van een eigen project onderzocht of de vezels van een aantal landbouwreststromen geschikt zijn als grondstof voor de papier- en karton industrie. Hierbij is uitgegaan van een bijmenging van 5 – 20%. Geen van de alternatieve grondstoffen scoort na ontsluiting volgens de Organosolv methode positief: de kwaliteit van het papier en karton neemt af door bijmenging. Tarwestro scoort relatief het best. Maisstro, dederstro en koolzaadstro scoren om diverse redenen minder goed (vezellengte, sterkte van de vezel, mate van ontsluiting, lignine gehalte). Opgemerkt wordt dat door optimalisatie van de ontsluitings- en voorbereidingsprocessen nog veel gewonnen kan worden.

Energiewinning uit korrelmaisstro

Bij de teelt van korrelmais blijft het stro achter op het veld. Deze reststroom kan na pelletisering gebruikt worden als energiebron (verbranding). Uit een tweetal onderzoeken komt naar voren dat de energiebalans van deze energieketen positief is (54% energierendement). Saldo technisch is het plaatje bij de gehanteerde pelletprijzen echter negatief. Hierbij wordt aangetekend dat nader onderzoek naar optimalisatie van de verwerkingsketen nodig is en kansen biedt. De extra afvoer van organische stof door deze verwerking van het stro lijkt goed gecompenseerd te kunnen worden door aanvoer van runderdrijfmest.

Businessplan Farming the Future

The biobased economy krijgt volop aandacht in Zuidoost Nederland. Het project De Energieboerderij heeft de afgelopen jaren gewerkt aan nieuwe teelten, duurzaamheidsvraagstukken en efficiencyverbetering van teelt en oogst van (nieuwe) biomassa. Geconstateerd is op deze punten ook in de nabije toekomst veel vragen leven en er behoefte is aan gericht onderzoek in een samenspel tussen Greenport Venlo (Biotransitiehuis), Chemelot, de regionale maakindustrie, onderzoek en onderwijs. In het rapport wordt gepleit voor een doorstart van het initiatief De Energieboerderij onder de naam "Farming the Future".

Communicatie

Tijdens de projectperiode is jaarlijks een goed bezochte stakeholderbijeenkomst georganiseerd om de tussentijdse resultaten te presenteren en benutting van de inzichten bij invulling van het beleid te bevorderen. Het project is afgesloten met een eindsymposium met prominente sprekers uit het veld. De ca. 100 bezoekers konden na afloop de nieuwe DETAF beurs bezoeken.

Daarnaast zijn tijdens de project een 8-tal nieuwsbrieven verschenen, is veel informatie beschikbaar gesteld op de website (www.energieboerderij.nl) en heeft de Energieboerderij zich gepresenteerd op diverse bijeenkomsten, symposia en congressen.

1 Inleiding

Het project Energieboerderij heeft als doel om de duurzaamheid van in Nederland geproduceerde biomassa inzichtelijk te maken en te verbeteren. In plaats van het rekenen met gegevens uit de literatuur zijn gegevens op praktijkbedrijven verzameld en geanalyseerd. Deze informatie vormt de basis voor het berekenen van duurzaamheidskengetallen en het optimaliseren van energieteelten. De duurzaamheid is bepaald met een speciaal hiervoor ontwikkelde meetlat, waarmee de energie-efficiëntie en broeikasgasemissiereductie kan worden bepaald.

Achtergrond van het project is de discussie over de oplossingsrichtingen voor het energievraagstuk en de bijdrage van hernieuwbare grondstoffen (in het bijzonder energieteelten) daaraan kunnen leveren. De initiatiefnemers van Energieboerderij hanteren als uitgangspunt dat de energieteelt dient te voldoen aan de duurzaamheidscriteria zoals vastgelegd in de EU richtlijn voor energie uit hernieuwbare grondstoffen (RED). Ook de regionale impact van meer energieteelten dient inzichtelijk te zijn. Uitgangspunt daarbij is dat alle berekeningen en resultaten eenduidig en transparant zijn voor alle betrokkenen en geïnteresseerden.

In Energieboerderij is gewerkt met een drietal in de praktijk functionerende ketens. De ketens dienen als basis voor de verzameling van bruikbare praktijkcijfers. Het betreft de volgende ketens:

4. Maisteelt – vergisting – elektriciteit
5. Suikerbietenteelt – vergisting – elektriciteit
6. Koolzaad – PPO/biodiesel

Per keten is een groep ondernemers betrokken waar een of meer van de bovengenoemde gewassen is geteeld. In de keten zijn teelt en verwerking gevolgd (registratie) en de benodigde metingen uitgevoerd. Met deze gegevens is over een periode van 3 jaar de duurzaamheid van het energiegewas voor de totale keten bepaald.

Een tweede uitdaging was het identificeren van zogenoemde best practises, ofwel teeltwijzen die leiden tot verbetering van de duurzaamheid van deze ketens. De basis hiervoor vormden de resultaten van diverse proefvelden en 'best practice' demo's waarin teeltvarianten zijn vergeleken en de invloed op de duurzaamheid is bepaald. De verzamelde praktijkcijfers en de cijfers van de proefvelden en de demo's zijn met de verschillende telersgroepen besproken, met als doel vast te stellen waar de verbeterpunten lagen.

Binnen het project zijn een 6-tal werkpakketten onderscheiden, die in deze rapportage achtereenvolgens aan de orde komen. Deze werkpakketten zijn:

- Ontwikkeling van de meetlat
- Duurzaamheid energieketens - meetlat – resultaten – wetenschappelijk artikel;
- Best practises: hoe is de duurzaamheid te verbeteren? Onderzoeksresultaten, ervaringen met telers koolzaad, mais, suikerbieten;
- Regionaal Landgebruik – gevolgen van energieteelt op het landgebruik;
- Innovatieve gewassen: dedert, korrelmaisstro en diverse andere gewassen;
- Communicatie: stakeholderbijeenkomsten, eindbijeenkomst, website.

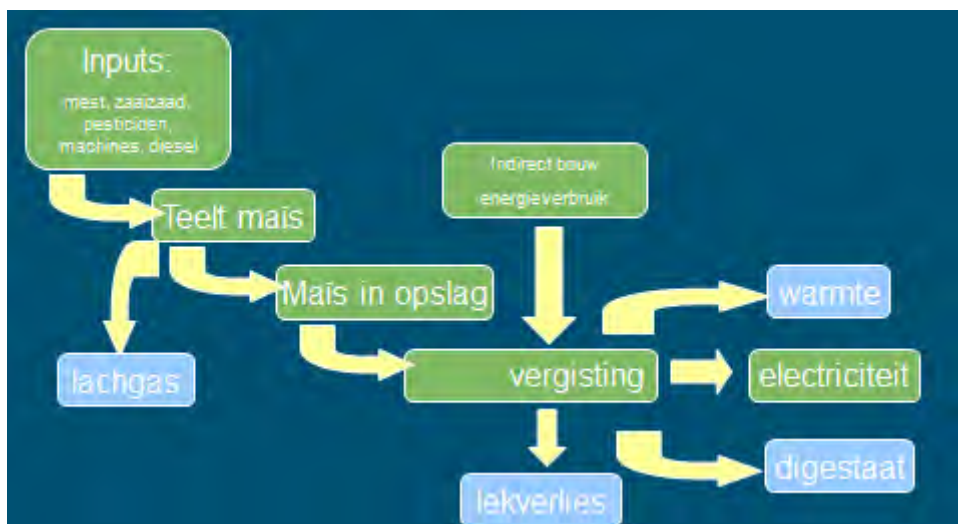
De resultaten van elke werkpakket zijn in aparte rapportages uitgebreider beschreven (zie: Literatuuroverzicht).

2 De meetlat Duurzaamheid Energieketens

Het hoofddoel van het project Energieboerderij is het vaststellen van de duurzaamheid van een drietal bio-energieketens op basis van zoveel mogelijk praktijkcijfers. Speciaal hiervoor is een meetlat ontwikkeld, waarmee de energie-efficiëntie en broeikasgasemissiereductie kan worden bepaald. Hiervoor zijn een aantal uitgangspunten gehanteerd:

1. de meetlat dient zoveel mogelijk elementen te bevatten die de duurzaamheid beïnvloeden. Er is daarom gekozen om zowel het directe als het indirecte energieverbruik in het model mee te nemen.
2. om de bijdrage van elke stap in de energieproductie te kunnen bepalen, levert het model per stap resultaten (bijv. co-vergisting van mais: van zowel teelt als co-vergistingsinstallatie zijn de cijfers berekend. Hergebruik van restwarmte is als optie in de berekening meegenomen.
3. waar mogelijk en zinvol wordt aangesloten bij de eisen van de EU-RED (Renewable Energy Directive), die voorschrijft hoe de broeikasgasemissiereductie berekend moet worden. Dit heeft bijv. geresulteerd in het gebruik van het IPCC model voor de emissie van broeikasgassen in de teeltfase (betreft emissie van stikstof uit kunstmest, dierlijke mest en gewasresten). Ook wordt, conform de RED, aan het gebruik van dierlijke mest geen energie-input toegerekend; alleen de broeikasgasemissie voor toepassing van de dierlijke mest wordt meegenomen.
4. de gebruikte kengetallen zijn uitgebreid getoetst op herkomst en waarde. Tevens is nagegaan of dezelfde kengetallen gehanteerd worden in de RED.
5. gebruik van praktijkcijfers is gemaximeerd; de invoer is zo eenvoudig mogelijk gemaakt.

Voor de drie ketens zijn vergelijkbare modellen ontwikkeld. De ketens kennen een gelijke methodiek en systeemgrenzen voor het beoordelen van de teelt van het gewas op energiegebruik en broeikasgasemissies. Als voorbeeld zijn in figuur 1 voor de covergistingsketen van mais de processtappen en de systeemgrenzen weergegeven.



Figuur 1. **Stroomschema covergisting van maïs.**

In dit stroomschema wordt de elektriciteitsproductie als uitgangspunt genomen. Productie van warmte en eventuele positieve effecten van het gebruik digestaat zijn in de berekeningen buiten beschouwing gelaten. Deze keuze is gebaseerd op het feit dat de bestaande vergisters in Nederland maar beperkt gebruik maken van de warmte.

Vergelijkbare, gedetailleerde schema's zijn in rapport Beschrijving meetlat Energieboerderij (Van der Voort en Stilma, 2011) uitgewerkt. In dit rapport treft u tevens een uitgebreide beschrijving van de meetlat en herkomst van de belangrijkste kengetallen aan.

3 Duurzaamheid energieketens

De meetlat is gedurende 3 jaar gevuld met praktijkcijfers afkomstig van 4-5 telers per gewas (mais, koolzaad, suikerbieten). Voor de samenstelling van deze groepen, zie bijlage 1. Van deze telers zijn jaarlijks gegevens over de teelt verzameld, van zaaizaad, bemestingen, bespuitingen tot aan gewicht en vermogen van de gebruikte machines en trekkers.

3.1 Mais – co-vergisting

Bij de beoordeling van de cijfers wordt de norm in de NTA 8080, het Nederlandse certificeringsschema voor duurzaam biomassagebruik, als referentie gebruikt. Hierin staat beschreven dat duurzame biomassa een broeikasgasemissiereductie van 70% moet realiseren. Uit tabel 1 blijkt dat de huidige ketens hier ruimschoots aan voldoen. Indien sprake is van hergebruik van de restwarmte, dan stijgt de reductie nog met ca. 5-7 %-punten.

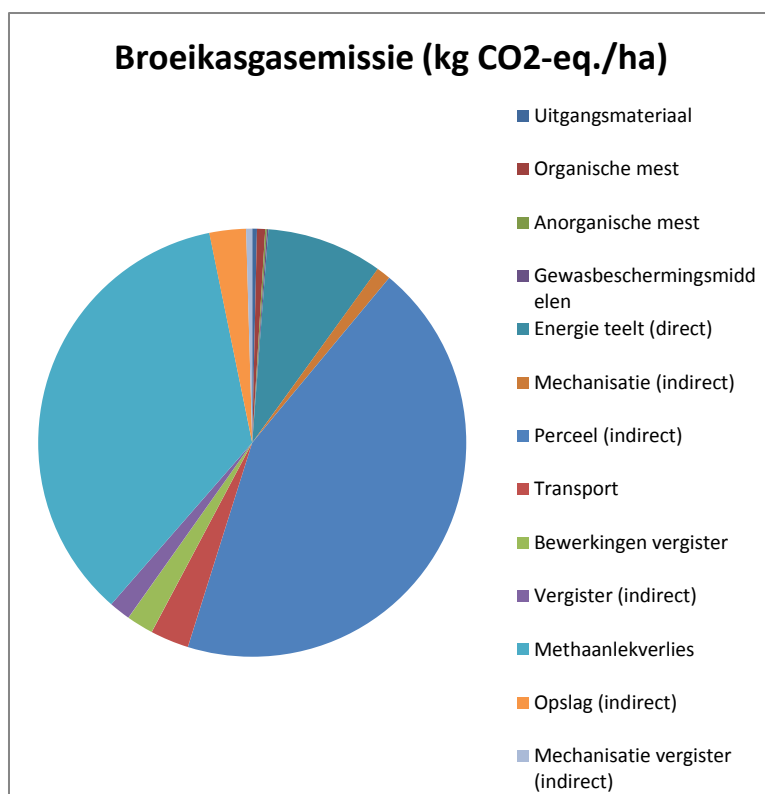
In rapport Resultaten Maistelers binnen Energieboerderij (Van der Voort en Meuffels, 2011) zijn de resultaten verder uitgewerkt. Tevens blijkt dat de broeikasgasemissiereductie in hoge mate verklaard kan worden door de drogestof-opbrengst per ha (hoe hoger, hoe hoger de broeikasgasemissiereductie) en het N-gebruik per ha (hoe hoger, hoe lager de broeikasgasemissiereductie).

De energie-efficiëntie ligt ook zeer hoog. Uitgedrukt in de verhouding Energie Uit : Energie In varieert van een factor 6 tot een factor 10.

Tabel 1. **Energie-efficiëntie en Broeikasgasemissiereductie voor de keten van covergisting mais (in percentages).**

jaar	Teler 1	Teler 2	Teler 3	Teler 4	Teler 5	Gem.
Energie-efficiëntie						
2008	92	91	92	92	89	91
2009	93	92	91	92	93	92
2010	93	93	94	93	-	93
Broeikasgas emissiereductie						
2008	75	77	76	73	71	74
2009	78	77	73	77	79	77
2010	72	78	81	64	-	74

Interessant is het vervolgens om te weten in welke mate de onderdelen in de keten bijdragen aan de broeikasgasemissie. Uit de onderstaande diagram (figuur 2) blijkt dat het overgrote deel ontstaat tijdens de teelt. Opmerkelijk is dat deze emissie berekend wordt op basis van het IPCC model en niet op basis van praktijkmetingen. Dit heeft ertoe geleid dat in 2011, voor het eerst in Nederland, een toetsing heeft plaatsgevonden door in een aantal percelen daadwerkelijk te gaan meten en dit te vergelijken met de IPCC berekening voor diezelfde percelen (zie par. 3.4). Daarnaast vormt het methaanlekverlies van de vergister (op basis van literatuurbronnen ingeschat op 1%) een zeer grote emissiepost. Het verdient zeker aanbeveling om hier nader onderzoek naar te doen.



Figuur 2. Verdeling van totale broeikasgasemissie over de relevante processtappen (mais, gem. 3 jaar).

3.2 Koolzaad – Puur Plantaardige Olie (PPO)

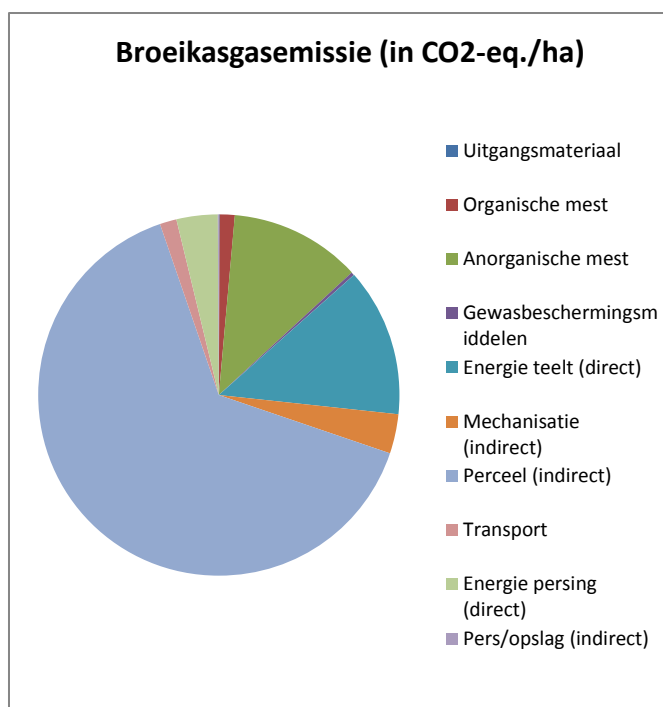
In tabel 2 zijn de resultaten per teler weergegeven van de koolzaadtellers. De resultaten voor de broeikasgasemissiereductie moeten worden afgezet tegen een NTA 8080 normwaarde van 50% (de EU-RED hanteert een overgangsnorm van 35%).

In tegenstelling tot de mais-covergistingketen is de variatie in cijfers veel groter dan bij mais. Dit wordt verklaard door de grote verschillen in gerealiseerde opbrengst. De eerste twee projectjaren kenden extreem droge perioden, waardoor de opbrengsten varieerden van 2 tot ruim 4 ton/ha. De opbrengsten zijn in hoge mate bepalend voor de berekende broeikasgasemissiereductie.

Tabel 2. Energie-efficiëntie en Broeikasgasemissiereductie voor de keten van Pure Plantaardige olie koolzaad (in percentages).

jaar	Teler 1	Teler 2	Teler 3	Teler 4	Teler 5	Gem.
Energie-efficiëntie						
2008	81	88	82	–	–	84
2009	84	79	62	85	88	80
2010	82	79	87	–	–	83
Broeikasgas emissiereductie						
2008	41	60	62	–	–	54
2009	61	48	15	47	55	45
2010	47	22	54	–	–	47

In figuur 3 is weer de verdeling van de bijdrage aan de broeikasgasemissie per processtap weergegeven. Dit geeft eenzelfde beeld als bij mais.



Figuur 3. Verdeling van totale broeikasgasemissie over de processtappen (koolzaad, gem. 3 jaar).

3.3 Suikerbieten – covergisting

Evenals bij mais geldt voor suikerbieten dat de NTA 8080 een minimum van 70% broeikasgasemissiereductie voorschrijft. In tabel 3 zijn de meetlatresultaten weergegeven van een vijftal suikerbietentelers. Opvallend is de zeer hoge score van zowel de energie-efficiëntie (gem. over de 3 jaar: 89%) als de broeikasgasemissiereductie (gem. 78%). Dit is ruimschoots boven de norm van 70%. In rapport “Duurzaamheid teelt van suikerbieten voor covergisting” (Hanse en Huijbregts, 2011) worden de achterliggende cijfers en analyse toegelicht. Hierin wordt onderscheid gemaakt tussen vergisting van de hele plant (zie tabel 3), vergisting van alleen loof (broeikasgasemissiereductie: 73%) en vergisting van alleen de wortel (idem: 73%). Hierin komt ook naar voren dat er een hele duidelijke relatie is tussen de suikeropbrengst per ha en de broeikasgasemissiereductie.

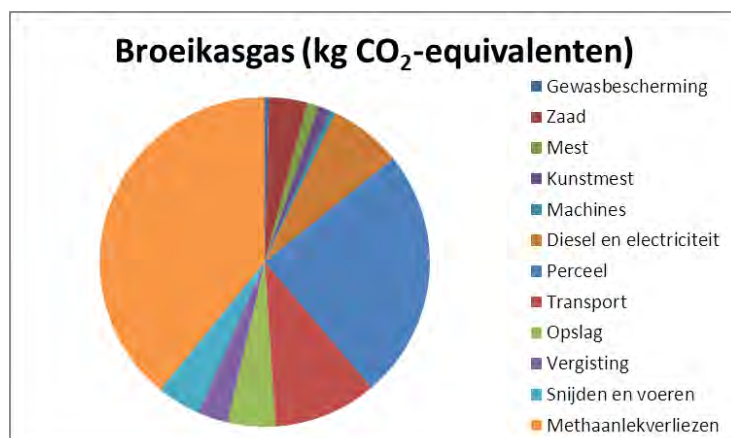
Ook de energie-efficiëntie is bij suikerbieten bijzonder goed (nog beter dan mais).

Tabel 3. Energie-efficiëntie en Broeikasgasemissiereductie voor de keten van co-vergisting suikerbieten (in percentages).

Jaar	Teler 1	Teler 2	Teler 3	Teler 4	Teler 5	Gem.
Energie-efficiëntie - hele plant						
2008	90	90	90	89	90	90
2009	87	89	91	88	89	89
2010	88	88	90	87	82	87
Broeikasgas emissiereductie – hele plant						
2008	79	78	77	79	77	78
2009	76	78	76	77	78	77
2010	81	78	79	75	75	78

In figuur 4 is de verdeling van de broeikasgasemissies over de diverse processen weergegeven. Net als bij mais is emissie van broeikasgassen tijdens de teelt (perceel) een belangrijke post (zie daarom ook par.

3.4). Dit geldt ook voor de lekverliezen van de vergister. In de hoofdstuk 4 (Best Practises) komt dit laatste punt terug.



Figuur 4. Verdeling van totale broeikasgasemissie over de processtappen (suikerbieten, gem. 3 jaar).

3.4 Broeikasgasmetingen

In de meetlat wordt het zogenoemde IPCC model gebruikt voor de berekening van de broeikasgasemissies van een perceel. Deze methode staat voorgeschreven in de EU-RED. Uit analyse van de meetlatresultaten blijkt dit een grote emissiepost te zijn in verhouding tot bijv. brandstofverbruik tijdens teelt en transport. Daarom is al vroegtijdig bekeken of het mogelijk was om binnen het project tot praktijkmetingen te komen. Wageningen UR beschikt over meetapparatuur en een meetprotocol om dit betrouwbaar te kunnen meten. Deze metingen zijn echter zeer arbeidsintensief en daardoor kostbaar.

Omdat hiervoor geen aanvullende financiering kon worden gevonden is uiteindelijk in 2011 binnen het project enig budget gevonden om tot een aantal meetreeksen in suikerbieten te komen. Er is zowel gemeten in een tweetal praktijkpercelen als in een compostproef die in het kader van Energieboerderij is aangelegd op proefbedrijf Vredepeel (Meuffels en Wijnholds, 2011). In tabel 4 zijn de resultaten samengevat.

Er is een groot verschil tussen de gemeten emissies van lachgas en de berekende directe emissie op basis van de kg N in de grond. Deze verschillen zijn niet goed te duiden.

Ook eerdere metingen op Vredepeel geven lagere emissies aan dan berekend in het IPCC model. De vraag blijft of de verschillen zitten in de metingen dan wel het rekensysteem van Biograce gebaseerd op IPCC kengetallen voor deze zandgrond (met grondwatertrap IV). Hopelijk draagt de publicatie van deze resultaten bij aan de discussie over betrouwbaarheid van de modellen en gehanteerde meetmethoden.



Afb. 2: Broeikasgasmeting in het veld.



Afb. 3: Broeikasgasmeting direct na oogst.

Tabel 4. **Broeikasgasmetingen in percelen suikerbieten, vergeleken met de resultaten van het IPCC model (2011).**

proeflocatie	berekende N ₂ O (kg/ha/jaar)	gemeten N ₂ O 2011 (kg/ha/jaar)	Verhouding berekende en gemeten N ₂ O
Botden	7,23	0,165	$7,23 / 0,165 = 44$
Van Kempen	7,24	0,062	$7,24 / 0,062 = 117$
Vredepeel	8,40	0,615	$8,40 / 0,615 = 14$

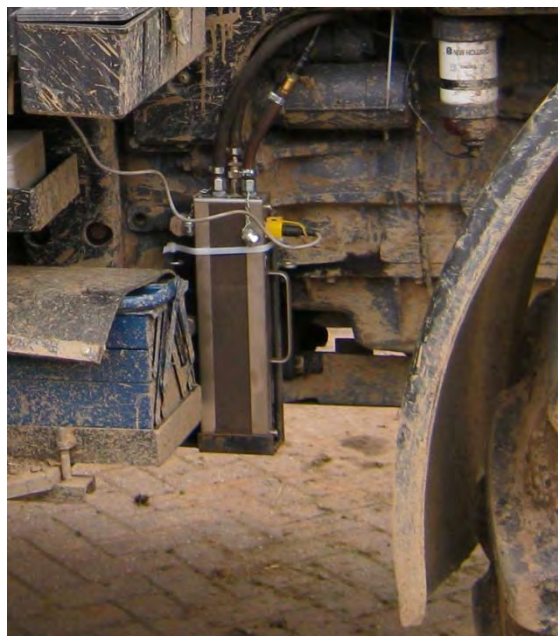
3.5 Brandstofverbruiksmetingen

Een belangrijk onderdeel in de meetlat is het brandstofverbruik van machines en trekkers. De energie-input vormt een substantieel deel van broeikasgasemissie (zie figuur 2, 3 en 4). Bij het verzamelen van de gegevens bij telers is het verbruik per machine zo goed mogelijk geschat. De telers doen dit elk op hun eigen manier, doorgaans door na te gaan hoeveel hectare er bewerkt is sinds de laatste keer aftanken van de machine.

In 2010 heeft de Wageningen UR (PRI) een methode ontwikkeld om het brandstofverbruik nauwkeurig te kunnen meten. Deze brandstofmeters (zie afbeelding 4) zijn nauwkeurig en betrouwbaar en hebben een koppeling met GPS apparatuur op de trekker, waardoor het verbruik op elke plek gemeten kan worden. Deze meetwaarden worden vervolgens vertaald naar een verbruik per ha of per km transport.

In de pilot in 2011 zijn een reeks van metingen verricht met een drietal trekkers: een Fendt 412 Vario TMS (85kW), een Fendt 818 (125kW) en een Case IH CVX1135 (101kW). Diverse werkzaamheden zijn in beeld gebracht, zoals zaaïen, ploegen, transport op het veld en op de weg, woelen bodem, schijfencultiveren en klepelen van groenbemester. Daarnaast is het brandstofverbruik gemeten van een Vervaet Hydro Trike (zelfrijdende bemester).

In rapport "Brandstofverbruik metingen gekoppeld aan RTK-GPS data" (A. Nieuwenhuizen e.a., 2011) zijn de resultaten in detail beschreven en uitgewerkt. Bij een vergelijking van de opgaves door telers en de meetresultaten blijkt dat het gemiddelde verbruik, ingeschat door de teler, in de meeste gevallen redelijk in de buurt ligt van de exacte meting. Hierbij wordt aangetekend dat de exacte meting onderscheid maakt tussen het verbruik van de bewerking zelf en bijv. de activiteiten eromheen (bijv. draaien op de kopakker, aan- en afvoer). Het geeft ook inzicht in de variatie van het brandstofverbruik binnen het veld, die veroorzaakt kan worden door bodemverschillen, verschillen in vochtigheid etc.. Per saldo kan worden geconcludeerd dat de opgaven van de praktijkbedrijven voldoende goed aansluiten de werkelijkheid.



Afb. 4: brandstofmeter gemonteerd op een trekker.

4 Best practises

De EU-RED (Renewable Energy Directive) schrijft doelen voor voor de broeikasgasemissiereductie, in eerste instantie voor transportbrandstoffen. Ook is vastgelegd dat deze doelen over enkele jaren worden aangescherpt. Dit vraagt van de producenten van biomassa om te werken aan verbetering van de broeikasgasemissiereductie. Tegelijkertijd laten de resultaten van de meetlat (hoofdstuk 3) zien dat er met name bij koolzaad grote verschillen zitten tussen de teeltjaren en telers. Daarom is in de Energieboerderij geëxperimenteerd met de aangepaste teeltmethodes, rassenvergelijkingen. In dit hoofdstuk worden de resultaten van deze proeven gepresenteerd.

Vervolgens zijn de resultaten bediscussieerd met de telergroepen om de praktische waarde van de conclusies vast te stellen.

4.1 Rassenproeven mais

Gedurende 4 jaar is in samenwerking met kweekbedrijven een rassenvergelijking tussen maisrassen uitgevoerd. De keuze van aan te melden rassen is daarbij neergelegd bij de kweekbedrijven. Uit andere projecten (bijv. Energiekompas) is gebleken dat de raskeuze een grote invloed heeft op de hoeveelheid biogas en methaangasopbrengst per ha of per ton vers. In tabel 5 zijn de resultaten samengevat. Voor de uitgebreide beschrijving wordt verwezen naar deelrapport "Resultaten Energiemaistelers" (Van der Voort en Meuffels, 2011).

Tabel 5. **Resultaten rassenproeven Mais (samenvatting 2008-2010) met bijbehorende scores op de meetlat van Energieboerderij.**

Jaar	Ras	Opbrengst vers (ton/ha)	DS opbr. (ton/ha)	Biogas opbr. (m3 x1000/ha)	CH4 gas opbr. (m3 x1000/ha)	CH4gas opbr. m3/ton vers	Energie rendement (%)	Broeikasgas rendement (%)
2008	Ras A (laagste*)	54,3	18,1	8,6	4,6	85	89	69
2008	Ras A (hoogste*)	61,6	25,5	14,3	7,5	122	93	78
2009	Ras A (laagst*)	61,5	22,3	12,8	6,9	112	92	76
2009	Ras A (hoogste*)	54,5	24,5	15,4	8,3	152	94	80
2010	Alduna	66,5	23,6	15,1	7,9	119	95	77
2010	NK Sigmund	69	24,1	15	7,7	112	94	77
2010	Sarabande	63,8	22,2	14,1	7,3	114	94	76
2010	Farmflex	69,8	23,8	15,1	7,9	113	94	77
2010	Aabsolut	70,2	23,4	14,6	7,5	107	94	76
2010	ES Cargo	72,7	24,1	15	7,8	107	94	77
2010	NX 14448	72,6	23,7	14,4	7,5	103	94	76

*) laagste en hoogste: het slechtst en het best scorende ras in dat jaar in termen van broeikasgasemissiereductie.

Opvallend is dat in het eerste jaar de verschillen tussen het laagst en het hoogst scorende ras op het gebied van broeikasgasemissiereductie groot was (9%) in vergelijking tot 2010 (slechts 1%). Dit wordt veroorzaakt door voortschrijdend inzicht bij kwekers, die naarmate de jaren vorderden steeds beter in staat waren de goed scorende rassen te selecteren en voor de proef aan te bieden.

Voor zowel telers als eigenaar van vergistingsinstallaties is dit zeer waardevolle informatie. Een juiste raskeuze heeft sterke invloed op de totale gasproductie per ha. Tegelijkertijd is ook uit de proeven naar voren gekomen dat het ras met de hoogste vers opbrengst lang niet altijd de meest aantrekkelijke is voor

de vergister. Een hoge versopbrengst kan betekenen dat er relatief veel water (in het product) getransporteerd wordt en in de vergister komt zonder dat dit leidt tot een hogere gasproductie. Per saldo vertaalt dit zich in een lagere score voor broeikasgasemissiereductie. Een statistische analyse laat zien dat biogasopbrengst, droge stof opbrengst en N-gift in grote mate bepalend zijn voor het broeikasgasemissiereductie.

Best practises

Tijdens de telerbijeenkomsten over de verschillende jaren heen is er aandacht besteed aan 'best practices': hoe kan de teelt geoptimaliseerd worden zodat deze maximaal bijdraagt aan het economisch rendement voor de teler én maximaal bijdraagt aan emissiereductie. In samenspraak met de telers zijn in november 2011 een aantal concrete aanbevelingen geformuleerd:

- Juiste rassen keuze energiemais
De opbrengst vers, maar vooral ook in biogas zijn van invloed op het resultaat. Het rassenonderzoek Biogasmais Zuid Nederland komt duidelijk naar voren dat er verschil is tussen energiemaisrassen.
- Efficiënte inzet van mechanisatie
Het dieselverbruik voor bewerkingen kan mogelijk verder verlaagd worden. Voorbeelden hiervan zijn de inzet van een juiste trekker in relatie tot het werktuig of hanteren van de juiste bandenspanning en een zo groot mogelijke bandenmaat.
- Beperken totale mestgift.
De mestwetgeving is voor de zandgronden in Zuidoost Nederland bijzonder scherp. Het nog verder beperken van de totale mestgift leidt snel tot lagere opbrengsten. Het grote aandeel lachgasemissie (berekend met IPCC model) tijdens de teelt leidt tot de aanbeveling om hier nog nader naar te kijken. De telers pleiten verder voor het meten van de werkelijke emissies tijdens de teelt om zo het IPCC model te toetsen (zie ook par. 3.4).
- De lekverliezen vergister
De lekverliezen van de vergister maken een aanzienlijk deel uit van de broeikasgasemissies. Het lekverlies van 1% is een waarde uit de literatuur. De bedrijven in het project met een vergister, geven aan dat de vergister 'gasdicht' wordt opgeleverd. Omdat 1% verlies van de productie aan biogas al snel om grote hoeveelheden biogas gaat, pleit de telergroep om ook nader onderzoek naar te doen.

4.2 Koolzaad

In Nederland is vele jaren geen onderzoek gedaan naar teeltoptimalisatie van koolzaad, dit in tegenstelling tot Duitsland. Een verkenning van ontwikkelingen in Duitsland heeft geleid tot een aantal onderzoeken binnen De Energieboerderij.

1. Rassenproef in combinatie met high input en low input variant.

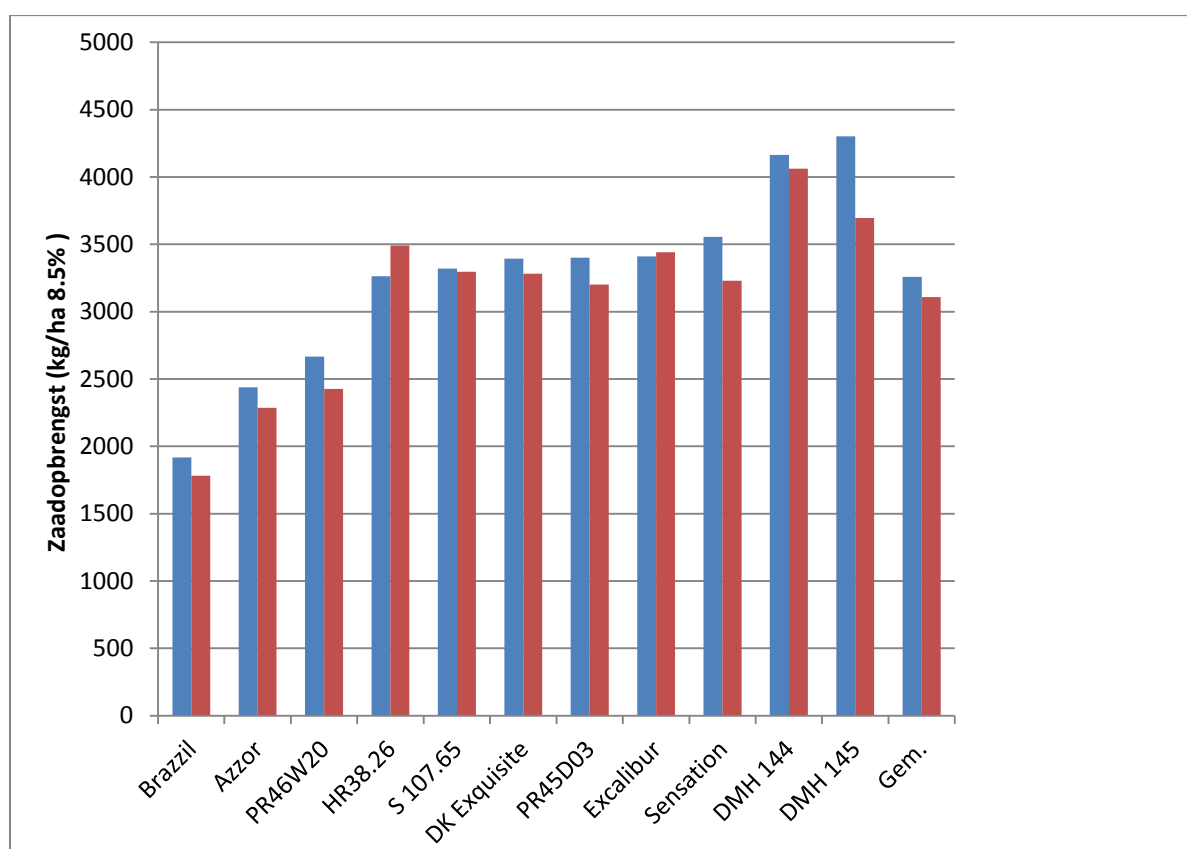
In overleg met kwekers is een meerjaren rassenproef opgestart om de meerwaarde van de rassenkeuze op lichte gronden zichtbaar te maken. In tabel 5 zijn voor de jaren 2009 en 2010 zichtbaar gemaakt dat de verschillen tussen de rassen aanmerkelijk zijn. Dit wordt verklaard door extreem droge perioden in die jaren, waardoor planten zijn weggevallen en tweewassigheid optrad. De opbrengstverschillen zijn daardoor erg groot. De bijbehorende energie-efficiëntie en broeikasgasemissiereductie varieert eveneens sterk omdat de opbrengst voor 85% de broeikasgasemissiereductie verklaart.

Binnen de rassenproef is in 2010 en 2011 een tweetal varianten aangelegd, een zogenoemde high input variant (met ziektebestrijding en groeiregulatie) en een low input variant (zonder deze bespuitingen). De resultaten van 3 jaar rassenonderzoek zijn vermeld in tabel 6. De zaadopbrengst van de rassen met ziektebestrijding en groeiregulatie lag in 2011 gemiddelde 148 kg/ha hoger dan bij geen toepassing van ziektebestrijding en groeiregulatie. Tussen de rassen zijn de verschillen aanmerkelijk groter (van 605 kg/ha meer tot ruim 200 kg/ha minder, zie figuur 5). Enkele nieuwe rassen gaven een verrassend hoge opbrengst. Rapport VP 1693 – Rassenonderzoek koolzaad Energieboerderij (Meuffels, 2011) bevat een uitgebreide beschrijving van de proefresultaten.

Tabel 6. **Verschillen tussen de hoogst en laagst scorende rassen in de rassenproeven koolzaad in 2009, 2010 en 2011.**

Jaar	Ras	Opbrengst vers (ton/ha) L – H *)	Opbrengst koolzaad olie (ton/ha) L – H *)	Opbrengst koolzaad Koek (ton/ha) L – H *)	Energie rendement (%) L – H *)	Broeikasgas rendement (%) L – H *)
2009	High input	1,6 – 3,8	0,5 – 1,1	1,1 – 2,6	34 - 78	-44 - 48
2010	high input variant	2,7 – 3,6	0,6 – 0,9	2,1 – 2,7	74 – 78	12 – 30
2010	low input variant	2,5 – 3,3	0,6 – 0,8	1,9 – 2,5	74 - 78	5 – 24
2011	high input variant	1,9 – 4,3	0,7 – 1,7			
2011	low input variant	1,7 – 4,1	0,7 – 1,7			

*) laagste waarde en hoogste waarde



Figuur 5. **Opbrengsten per koolzaad ras voor de 2 varianten (high input = blauw; low input = rood) in 2011.**

2. Proeven zaaitechniek en zaaidichtheid.

In Duitsland worden diverse zaaitechnieken en zaaidichtheden toegepast. De effecten hiervan op de zandgrond in Limburg zijn onbekend. Dit heeft er toe geleid dat de volgende zaken onderzocht zijn:

- a. onderzoek naar zaaitechniek (pneumatische en precisiezaaimachines) winterkoolzaad gedurende 2 teeltseizoen met 3 rijafstanden:
 - a. 12.5 cm rijafstand (Lemken Solitair 9 – pneumatische zaaimachine)
 - b. 30 cm rijafstand (Lemken Solitair 9)
 - c. 50 cm rijafstand (Nodet precisiezaaimachine)

De resultaten zijn uitgebreid beschreven in rapport Onderzoek zaaitechniek winterkoolzaad - 2009-2010 en 2010-2011 (Meuffels, G.J.H.M. en M.P.J. van der Voort, 2011). In beide groeiseizoenen kon geen significant verschil in zaad- en olieopbrengst tussen de verschillende zaaitechnieken met bijbehorende rijafstanden worden aangetoond. Een ruimere rijafstand heeft in beide jaren geen negatief effect gehad op de opbrengst en kwaliteit van winterkoolzaad.

- b. onderzoek naar verschillende zaaidichtheden, namelijk 20, 40 en 60 planten per m² (zie afb. 5,6 en 7)

In beide jaren leidde een lagere stand dichtheid niet tot een significant lagere opbrengst. Ondanks dat er geen significant verschil in zaad- en olieopbrengst waarneembaar is, geeft een zaaidichtheid van 40 zaden per m² in beide jaren de hoogste opbrengst. In seizoen 2010-2011 is er bij een zaaidichtheid van 60 zaden per m² enige legering opgetreden. De uitkomsten van energie- en broeikasgasemissie berekeningen (voor teeltseizoen 2009-2010) sluiten aan bij deze conclusie. Zie verder het deelrapport Onderzoek zaaidichtheden winterkoolzaad -2009-2010 en 2010-2011 (Meuffels en Van der Voort, 2011).

3. Zwavelbemesting

Van koolzaad is bekend dat het gewas een zwavelbehoefte heeft van 30-50 kg S per ha. In het verleden was de gemiddelde jaarlijkse depositie voldoende om deze behoefte te dekken. De invoering van nieuwe autobrandstoffen en zwavel afvangtechnieken in de industrie hebben de depositie sterk doen afnemen (ca. 10 kg S/ha). In de literatuur wordt gewag gemaakt van zwaveltekorten. Daarom is een gedurende 2 jaar een proef uitgevoerd met naast een nulobject een zwavelgift van 20, 40 (eenmalig), 40 (in 2 gelijke giften) en 60 kg S per ha.

De verschillen in opbrengst tussen beide jaren zijn extreem. In 2010 waren de opbrengsten zeer laag.

Het onbehandelde object (geen zwavelbemesting) bloeide zowel in 2010 als 2011 later dan de behandelde objecten. In 2010 had dit tot gevolg dat het gewas bij het object zonder zwavelbemesting ging bloeien in een zeer warme en droge periode. Dit leidde tot slecht ontwikkelde hauwen. De gemiddelde zaad en olieopbrengst van het onbehandelde object was dan ook significant lager dan van de behandelde objecten. Tussen de verschillende zwavelbemestingstrappen kon geen significant verschil worden aangetoond.



Afb. 8: Proefveld met verschillende objecten zwavel (lichte blokken: S-gift = 0)



Afb. 5:Zaaidichtheid:20 planten / m²



Afb. 6: Zaaidichtheid: 40 planten/m²



Afb.7: Zaaidichtheid: 60 planten / m²

In 2011 bloeide het gewas bij het object zonder zwavelbemesting ook later, maar door de berekening en door de weersomslag in juni (regen en lagere temperaturen) kon dit object herstellen.

In 2011 kon dan ook geen duidelijk verschil worden aangetoond tussen het onbehandelde object dat geen zwavelbemesting had gehad en de behandelde objecten met zwavel. Tussen de zwavelbemestingstrappen kon net als in 2010 geen duidelijk verschil in zaad en olieopbrengst worden aangetoond.

Geconcludeerd moet worden dat op basis van deze extreme verschillen in groeiseizoenen geen uitspraak gedaan kan worden over het nut van zwavelbemesting bij winterkoolzaad.

4. Best Practises koolzaad

Ook met de koolzaadtellers zijn in november 2011 een aantal concrete aanbevelingen geformuleerd om de teelt te kunnen optimaliseren. De resultaten van de diverse proeven én de inzichten in de factoren die de scores op de meetlat bepalen vormden daarbij belangrijke input:

De 'best practices' voor koolzaad zijn:

- Streven naar een hoge opbrengst
De opbrengst is voor energie- en broeikasgasrendement bepalend. Hierbij is de kanttekening geplaatst dat die hogere opbrengst niet moet leiden tot significant hogere inputs tijdens de teelt. Hogere inputs drukken immers de energie-efficiëntie en broeikasgasemissiereductie.
- Rassenkeuze belangrijk
De rassenkeuze sluit aan op de opbrengst van koolzaad. Uit rassenproeven komen diverse rassen naar voren die goede opbrengsten per hectare leveren (zowel kg zaad als olie).
- Vochtvoorziening tijdens de teelt.
De ervaringen binnen Energieboerderij laten zien dat langdurige droge perioden hun weerslag hebben op de opbrengsten. Om die reden is in 2011 ook voor gekozen extra te beregenen. Hoewel niet doorgerekend, verwachten de telers dat de hogere energie-input ruimschoots gecompenseerd wordt door de energie-inhoud van de extra geproduceerde koolzaadolie.
- Efficiënte inzet van mechanisatie
De efficiënte inzet van mechanisatie is voor koolzaadteelt van belang. Het uitvoeren van bewerkingen in lijn met een aantal aanbevelingen kan het energieverbruik (diesel) en de indirecte energie van de mechanisatie mogelijk verder verlagen. De inzet van een juiste trekker in relatie tot het werktuig is hier één van. Net zoals juiste bandenspanning en zo groot mogelijke bandenmaat.

De telers hebben ook kennis genomen van de ervaringen van de teelt van dedert (*Camelina sativa*), een vergelijkbaar oliegewas (zie hoofdstuk 6) dat vergelijkbare opbrengsten lijkt te kunnen realiseren. Dit gewas lijkt minder gevoelig voor droogte en vraagt minder inputs. Zij bevelen aan om nader onderzoek naar te doen.

4.3 Suikerbieten

Uit hoofdstuk 3 komt naar voren dat suikerbieten een zeer hoge biogasopbrengst per ha realiseren. Een belangrijke uitdaging voor suikerbieten als energiebron is enerzijds het gedurende een groot deel van het jaar als grondstof beschikbaar te hebben, anderzijds een beperkt beslag op kostbare landbouwgrond te leggen. Tussenteelt van suikerbieten is een mogelijkheid om na de winter verse biomassa te hebben. Hierbij worden de bieten gezaaid na een vroeg ruimend gewas en geoogst na de winter, voor de zaai van het volgende gewas. Het betreft dus een extra teelt tussen twee gangbare teelten in. Dit biedt dus de mogelijkheid om extra inkomsten te verwerven met energieproductie zonder vervanging van gangbare teelten. Verder is bij de gangbare teelten het effect van oogsttijdstip, raskeuze en bemesting en combinaties hiervan onderzocht.



Afb. 9: Tussenteeltproefveld met zaaitijdstippen Vredepeel, 2009/2010

De onderstaande proeven 1, 2 en 3 van de tussenteelt zijn uitgebreid beschreven in rapport “Suikerbieten als tussenteelt voor vergisting (opbrengst, energierendement, broeikasgasemissiereductie en nutriëntenafvoer” (Huijbregts en Hanse, 2011).

De overige proeven hebben betrekking op de gangbare teelt. Voor gedetailleerde gegevens van deze proeven wordt verwezen naar Huijbregts en Hanse (2012).

1. Oogsttijdstippen tussenteeltproef 2008/2009

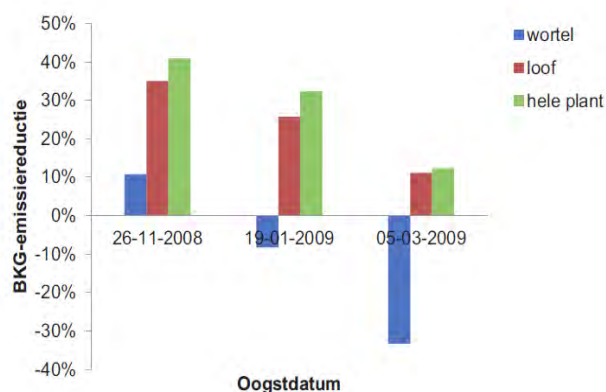
Allereerst is in 2008/2009 een oogsttijdstippenproef uitgevoerd, waarbij de bieten eind juli werden gezaaid en in november, januari en maart geoogst. Vervolgens is met de verzamelde gegevens de duurzaamheid van de biomassaproduktie en de nutriëntenopname berekend. De nutriëntenopname is van belang omdat bij de huidige mestwetgeving geen compensatie van de met het loof afgevoerde N en met de wortel en loof afgevoerde P mogelijk is.

Onder de omstandigheden tijdens winter 2008/2009 met een relatief lange vorstperiode met lage temperaturen tot -20°C bleek uit de oogsttijdstippenproef dat de hoogste berekende methaanopbrengst in november en januari, direct na de vorstperiode, werd bereikt. De methaanopbrengst van de gehele plant (wortel + loof) was toen gemiddeld 1.733 m³ per hectare en nam significant af naar 1.147 m³ per hectare in maart.

In figuur 6 is de broeikasgasemissiereductie weergegeven voor de verschillende oogsttijdstippen. Het energierendement en de broeikasgasemissiereductie van de gehele plant namen af van respectievelijk 77 en 41% in november naar 72% en 12% in maart.



Afb. 10: Door vorst aangetaste bieten op 03-03-2009. Gezaaid: links 26-06-2008; rechts 07-08-2008. Tussenteeltproefveld Well 2008/2009.



Figuur 6. Broeikasgasemissiereductie (BKG-emissiereductie) van wortel, loof en de hele plant (wortel+loof) bij de verschillende oogstdata.

2. Tussenteeltproef rassen/zaaitijden met 4 rassen 2008/2009

De tweede proef (2008/2009) betrof een rassen/zaaitijdstippenproef met vier rassen (Emilia KWS, Pauletta, YS 0143 en EB 0726) en vier zaaitijdstippen (eind juni, half juli, begin augustus en eind augustus) en met twee geplande oogstdata: voor en na de winter.

De berekende methaanopbrengst was sterk afhankelijk van het zaaitijdstip. De methaanopbrengst was het hoogst bij uitzaai eind juni: gemiddeld 3.570 m³ per hectare voor wortel en 957 m³ per hectare voor loof. Van de uitzaai eind augustus werd geen oogstbaar gewas meer verkregen.

De nutriëntenafvoer met wortel en loof nam ook af van november tot maart als gevolg van opbrengstverlies na de vorst. In november bedroeg de afvoer met de gehele plant voor P_2O_5 , N, K_2O en Na_2O respectievelijk 36, 84, 162 en 21 kg per hectare en in maart 24, 60, 61 en 4 kg per hectare.

Tussen de rassen waren significante opbrengstverschillen. Met name de loofopbrengst was bij het ras YS 0143 hoger. Het gemiddelde energierendement van de rassen daalde voor de gehele plant van 81% en 78% bij de eerste twee zaaitijdstippen tot 46% bij de uitzaai begin augustus. De broeikasgasemissiereductie was op de eerste twee zaaitijdstippen respectievelijk 63 en 57%. Bij de uitzaai in augustus was de broeikasgasemissiereductie negatief (-15%).

De nutriëntenafvoer was lager naarmate er later werd gezaaid. Bij het loof waren er echter geen significante verschillen tussen de eerste twee zaaitijdstippen.

Ten gevolge van de vorst was bij de zaai- en oogsttijdstippenproef in 2009/2010 de berekende methaanopbrengst voor de winter het hoogst. Ook was de opbrengst sterk afhankelijk van het zaaitijdstip. Bij de oogst voor de winter nam de berekende methaanopbrengst voor wortel plus loof af van 5.083 m³ per hectare bij uitzaai half juni tot 345 m³ per hectare bij uitzaai half augustus.

3. Zaai- en oogsttijdstippen tussenteeltproef 2009/2010

Ook het tweede jaar van de oogsttijdstippenproef was weer sprake van een vorstperiode van half december tot medio januari. Hierdoor waren de bieten bij de tweede oogst in februari grotendeels door de vorst aangetast. De resultaten van deze proef vertonen sterke overeenkomst met de resultaten van de voorgaande proeven:

1. de opbrengsten en daarmee ook de biogasopbrengst neemt sterk af naarmate de inzaaidatum later is.
2. de broeikasgasemissiereductie zit op een behoorlijk niveau bij inzaai tot begin half juli (ca. 50%), maar daalt daarna sterk en wordt negatief bij inzaai in augustus.

4. Oogsttijdstippen proeven 2008/2009

De bieten van de oogsttijdstippen proeven, die op drie plaatsen (Odoornerveen, Zonnemaire en Vierlingsbeek) in 2008 werden aangelegd, werden tijdens de relatief strenge winter 2008/2009 dusdanig door de vorst aangetast dat slechts een deel van de geplande oogsten kon worden uitgevoerd. De hoogste opbrengsten van wortel en loof werden verkregen voor de winter.

Het energierendement en de BKG-emissiereductie waren het hoogst in november. In alle gevallen, behalve in Odoornerveen voor het scenario waarbij alleen het loof wordt vergist (alle oogsttijdstippen) en voor de vergisting van alleen wortel in maart, werd voldaan aan het duurzaamheidscriterium voor de BKG-emissiereductie van minimaal 70%. In Zonnemaire werden de bieten na de aantasting door de vorst zelfs volledig door ganzen opgevreten (zie afb. 11).



Afb. 11: De door vorst aangetaste bieten zijn volledig opgevreten door ganzen. Zonnemaire 2008/2009, dd. 14-01-2009.

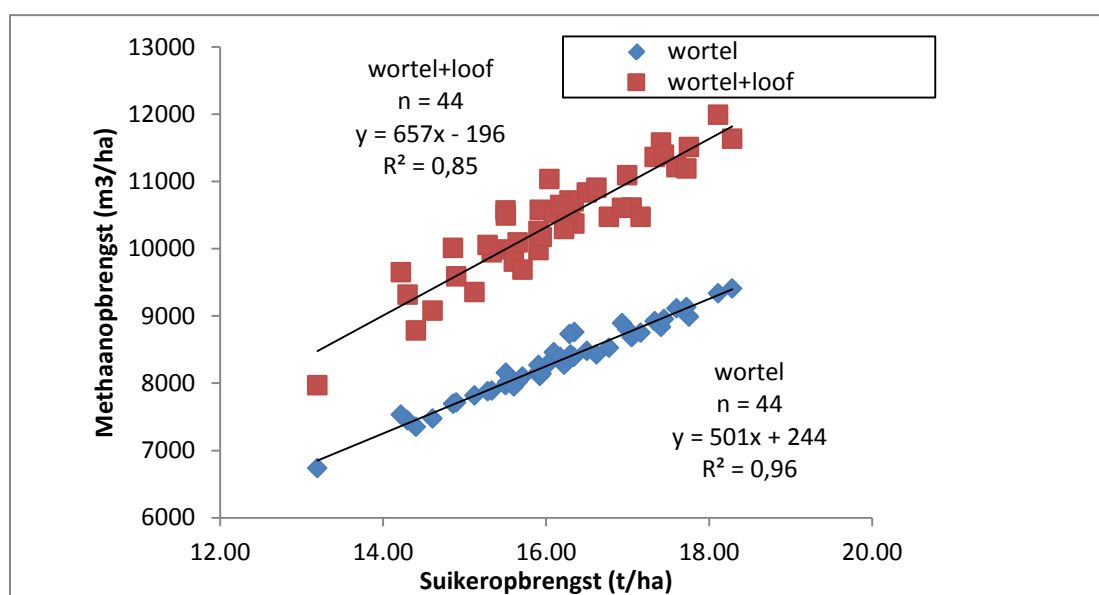
5. Rassen- en rassen/oogsttijdstippenproeven 2009/2010, 2010/2011 en 2011

De winters van 2009/2010 en 2010/2011 veroorzaakten wederom vorstschade aan de bieten waardoor de oogsten na december kwamen te vervallen. Uit de diverse proeven waarbij de oogsttijdstippen varieerden van half september tot in half maart blijkt dat de wortelopbrengst ook in november nog aanzienlijk toeneemt. Dit wijkt af van eerder IRS onderzoek (Huijbregts en Wevers, 1995, Huijbregts en Wevers, 1996), waarbij in oktober al de maximale wortelopbrengst werd bereikt. Een betere bladgezondheid aan het einde van het groeiseizoen door de bestrijding van bladziektes is hiervoor waarschijnlijk een belangrijke oorzaak. Voor het loof gold dan ook dat de afname van de hoeveelheid in de maanden oktober en november beperkt bleef. Bij het rassen-/oogsttijdstippenproefveld in Valthermond

2010/2011 was er zelfs in het geheel geen significante afname van de hoeveelheid loof bij de diverse rassen tussen half november en half december.

Laat oogsten maar wel voordat er een vorstperiode optreedt, geeft de hoogste biomassaopbrengst van wortel + loof. Ook kort na een vorstperiode kunnen de wortels nog zonder noemenswaardig verlies geoogst worden. Oogsten van het loof wordt dan echter moeilijk. Na een vorstperiode gaat het loof gedeeltelijk verloren en kunnen ook de wortels gaan rotten waardoor de opbrengst afneemt. Bij alle proeven gaf de oogst voor de winter de hoogste opbrengst. Door voor de winter het loof te oogsten, waren de bieten zonder loof extra gevoelig voor vorst.

Tussen de rassen waren er significante verschillen in opbrengst, zowel voor wortel als voor loof. Er is een goed verband tussen de suikeropbrengst en de berekende methaanopbrengst zoals te zien is in figuur 7, waar de opbrengst van elf verschillende rassen is vergeleken.



Figuur 7. **Verband tussen methaanopbrengst en suikeropbrengst van het energierassenproefveld in Valthoermond (2011).**

6. Rassen/oogsttijdstip/aanaardenproef 2010/2011

De proef was opgezet om bij twee rassen (het rhizoctonia resistent suikerbietenras Piranha en het energieras Caribata) het effect van aanaarden als beschermende maatregel tegen vorstschade na te gaan. Half november was de hoeveelheid loof bij Piranha 54 t/ha en bij Caribata 47 t/ha. Door het aanaarden ging een deel van het loof verloren. Bij de aangeaarde bieten was de hoeveelheid bij Piranha 43 t/ha en bij Caribata 40 t/ha.

Voor de lage temperatuur begin december in combinatie met harde wind heeft geleid tot het bevriezen van de bieten koppen. Vervolgens zijn de bieten bij de hogere temperaturen vanaf januari gaan rotten (zie afb. 12).

In januari en maart konden alleen nog de wortels worden geoogst. Door het rotten van de bieten was de opbrengst eind maart 2011 aanzienlijk lager dan in november 2010 en januari 2011. Het niet rooien van de bieten kort nadat ze door de vorst waren aangetast had dus een negatief effect op de opbrengst.

Uit de bepaling van de mate van rot bij de laatste bemonstering bleek dat er tussen beide rassen geen verschil was in de mate van rot. Het aanaarden had wel een licht positief effect op de mate van rot. Echter,



Afb. 12: De door vorst aangetaste bieten op het aanaarden proefveld in Well, 2010/2011 dd. 28-03-2011.

ook de aangearde bieten waren flink gaan rotten.

7. Stikstofbemestingsproeven 2009 en 2010

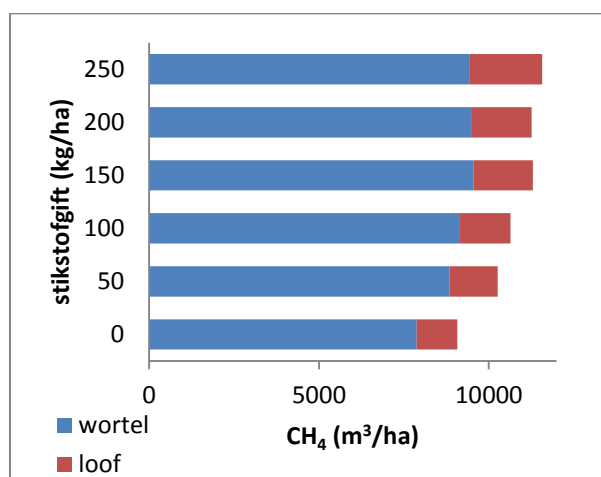
In tabel 7 zijn de gemiddelde opbrengsten en nutriëntenafvoer voor wortel en loof van de vier stikstofbemestingsproefvelden in 2009 en 2010 samengevat. Bij deze proefvelden is bemest met minerale stikstof.

Tabel 7. **Gemiddelde opbrengsten en nutriëntenafvoer van loof en wortel bij de stikstoftrappenproefvelden in Nieuwdorp (2009), Valthermond (2009) en Vredepeel (2009 en 2010).**

stikstofgift (kg/ha)	vers opbrengst (t/ha)	organische stof (t/ha)	P ₂ O ₅ (kg/ha)	N (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)
loof					
0	31	3,5	32	99	181
50	37	4,2	38	119	207
100	39	4,4	41	128	209
150	46	5,1	47	148	237
200	48	5,2	48	158	228
250	57	6,3	56	190	269
wortel					
0	86	19,7	56	96	138
50	96	22,1	64	114	155
100	98	22,9	64	123	148
150	103	23,9	66	139	156
200	103	23,7	66	145	152
250	103	23,6	64	158	152

Bij het loof neemt de hoeveelheid vers loof en de afvoer van nutriënten toe bij toenemende stikstofgift. Bij de wortel geldt dit alleen voor de stikstofafvoer. De afvoer van fosfaat en kalium was alleen duidelijk lager op de veldjes zonder stikstofgift. Dit wordt mede veroorzaakt doordat de wortelopbrengst stabiliseert bij een gift tussen de 100 en 150 kg N/ha.

De gemiddelde methaanopbrengst neemt toe met toenemende stikstofgift tot 150 kg N/ha en daarna vlakkt de opbrengst af (figuur 8). Dit is in overeenstemming met het verloop van de suikeropbrengst.



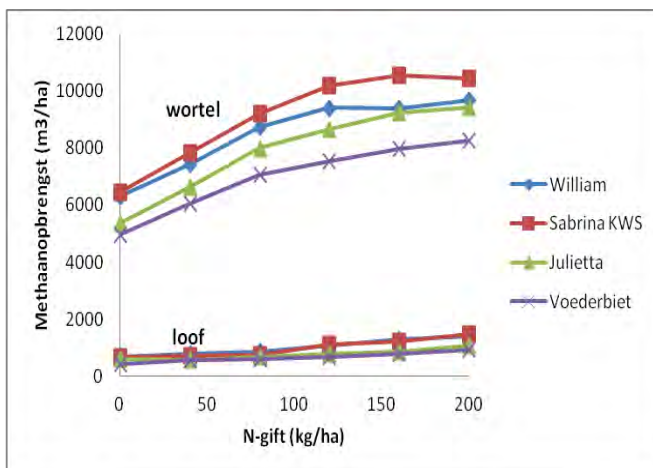
Figuur 8. **Gemiddelde methaanopbrengst van wortel en loof bij de stikstoftrappenproefvelden in Nieuwdorp (2009), Valthermond (2009) en Vredepeel (2009 en 2010).**

Het energierendement en de BKG-emissiereductie neemt af met toenemende stikstofgift. Bij 0 kgN/ha was het energierendement voor wortel, loof en wortel+loof respectievelijk 86, 75 en 85% en de BKG-emissiereductie respectievelijk 77, 73 en 79%. Bij 250 kgN/ha was dit voor het energierendement afgenomen naar respectievelijk 83, 72 en 83% en voor de BKG-emissiereductie naar respectievelijk 68, 67 en 73%.

Bij een (te) hoge stikstofgift voldoet de elektriciteitsproductie uit biogas voor de scenario's alleen wortel en alleen loof dus niet aan het hoogste duurzaamheidscriterium van 70% voor de BKG-emmissiereductie. Voor een duurzame elektriciteitsproductie uit biogas, is de optimale stikstofgift gelijk aan de optimale stikstofgift voor de suikerwinning.

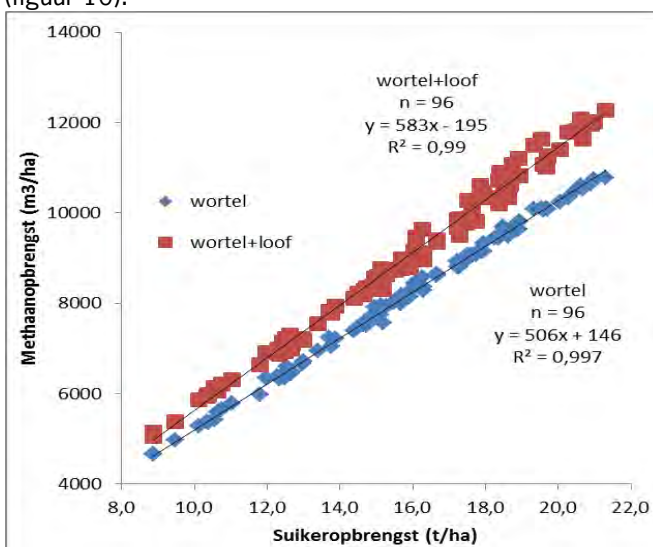
8. Stikstofbemesting- / rassenproef 2010

De stikstof/rassenproef met zes stikstoftrappen (0, 40, 80, 120, 160 en 200 kgN/ha) bevatte vier rassen met uiteenlopende eigenschappen. Een suikerbietenras met relatief hoge wortelopbrengst (Sabrina KWS), een suikerbietenras met relatief hoog suikergehalte (William), een partieel resistent ras tegen witte bietencysteaaltjes (Julietta) en een voederbietenras. De opbrengst en nutriëntenafvoer voor zowel wortel als loof nam toe met toenemende stikstofgift. In vergelijking met de suikerbietenrassen had de voederbiet een aanzienlijk lagere organische stof opbrengst. In figuur 9 zijn de methaanopbrengsten voor wortel en loof bij de verschillende stikstoftrappen voor van de suikerbietenrassen en het voederbietenras weergegeven.



Figuur 9. Methaanopbrengst voor wortel en loof bij verschillende stikstoftrappen voor drie suikerbietenrassen (William, Sabrina KWS en Julietta) en een voederbiet.

Hoewel de wortelopbrengst van de voederbiet vergelijkbaar was met de wortelopbrengst van het best presterende suikerbietenras (Sabrina KWS) was de methaanopbrengst aanzienlijk lager. De methaanopbrengst van het loof nam toe met toenemende stikstofgift. Bij de wortel vlakke de toename boven de 120 kg N per hectare af. Er was een zeer goed verband tussen de suikeropbrengst en de methaanopbrengst (figuur 10).



Figuur 10. Verband suikeropbrengst en methaanopbrengst bij de stikstof/rassenproef in Lelystad (2010).

Het energierendement van wortel en wortel+loof nam gemiddeld voor de rassen slechts licht af met toenemende stikstofgift. Bij de wortel van 90 naar 88% en bij wortel+loof van 89 naar 88%. Het loof had het hoogste energierendement bij 120 kg N per hectare (86%) en het laagste bij 200 kg N per hectare (79%).

Voor wortel en wortel+loof nam ook de BKG-reductie af met toenemende stikstofgift. Voor wortel van 80 naar 76% en voor wortel+loof van 82 naar 78%. De BKG-reductie van loof was het hoogst bij 120 kg N per hectare (78%) en het laagst bij 200 kg N per hectare (73%).

Tussen de rassen waren er slechts kleine verschillen in energierendement en BKG-reductie met uitzondering van de voederbiet waarbij zowel het energierendement als de BKG-reductie voor wortel, loof en wortel+loof enkele procenten lager lag dan bij de suikerbietenrassen.

9. De 'best practices' voor suikerbieten

Uit de voorgaande proeven kan worden geconcludeerd dat een tussenteelt van suikerbieten onder de klimatologische omstandigheden in Nederland geen soulaas biedt. Suikerbietenteelt gericht op een zo hoog mogelijke suikeropbrengst is eveneens de basis voor een optimale teelt van energiebieten.

De telers hebben in november 2011 op de afsluitende telersbijeenkomst de volgende best practises geformuleerd:

- Opbrengstzekerheid en hoge opbrengstniveaus is essentieel voor de duurzaamheid.
- Rassenkeuze: kies voor een biet met maximale suikeropbrengst. Een voederbiet (140 ton/ha) is minder dan een goede reguliere suikerbiet met hoog suikergehalte. Daar is dus niet veel te winnen t.a.v. BKG-reductie of energierendement.
- Bemesting: wellicht iets te halen door optimalisatie van gebruik dierlijke mest. Is gunstig voor energiebalans. Echter, in de regio van het project wordt al heel veel dierlijke mest gebruikt.
- Gezien het dieselverbruik in de teelt zou kritisch naar het verbruik van de trekkers en de opgave door de telers moeten worden gekeken. Mogelijk bieden de brandstofmetingen van 2011 hier meer inzicht in.

Gewezen is op een aantal knelpunten en witte vlekken in kennis:

- Bij afvoer van bietenloof wordt ca. 50 kg/ha P afgevoerd. Zonder wijziging van de mineralen wetgeving geeft dit een groot knelpunt (compensatie moet mogelijk zijn, anders verschaalt de bouwvoor).
- Wat zijn de andere effecten van vertering bietenloof in de bodem (bijv. bodemleven). Bodemleven is gebaat bij aanvoer van (verse) organische stof, maar het is niet bekend wat bietenloof op dit punt betekent.
- Wat is effect van wel/niet inwerken van bietenloof op BKG emissie? Is niet bekend. Kan een parallel getrokken worden met het inwerken van dierlijke mest (minder uitstoot, van broeikasgassen)?
- De aanname van 1% methaanlekverliezen vraagt om nader onderzoek, gelet op het aandeel hiervan in de totale broeikasgasemissie.

4.4 Compostproef

In samenwerking met Attero is in 2009 op de PPO locatie Vredepeel een meerjarige proef gestart. In deze proef wordt een bemesting met compost aangevuld met organische mest vergeleken met een bemesting zoals gangbaar in de praktijk, met organische mest aangevuld met kunstmest en een bemesting met compost aangevuld met kunstmest. Om de natuurlijke kracht van de bodem te onderzoeken is een onbemest object toegevoegd. De objecten worden meerjarig vergeleken in diverse teelten, die in Zuidoost Nederland worden verbouwd.

Op één perceel zijn de bemestingen uitgevoerd in achtereenvolgens waspeen (2009), snijmaïs (2010) en suikerbieten (2011). In 2012 wordt de proef voortgezet in consumptieaardappelen. De resultaten tot nu toe zijn beschreven in het rapport "Onderzoek compost in de akkerbouw op PPO locatie Vredepeel" (Meuffels, 2011).

Van deze proeven is bekend dat er pas na meer jaren een effect verwacht mag worden. In de teelt van suikerbieten in 2011 was een visueel verschil waarneembaar, waarbij het object bemest met compost aangevuld met organische mest en het object bemest met organische mest aangevuld met kunstmest meer bladmassa hadden en het blad donkerder van kleur was in vergelijking met het object bemest met compost aangevuld met kunstmest. Het onbehandelde object bleef in 2011 zeer sterk achter in groei.

Het proefveld is zowel in 2009 als in 2011 beregend. Een mogelijk positief effect van het toevoegen van organische stof op het vochtvasthoudend vermogen van de grond kon daarom niet worden waargenomen. In wortel- en suikeropbrengst kon geen duidelijk verschil worden aangetoond tussen de bemeste objecten. Het onbemeste object bleef duidelijk achter in ontwikkeling en gaf dan ook een significant lagere wortel en suikeropbrengst.

5 Land use change (regionaal)

Bij een sterke groei van de vraag naar bio-energie kunnen verschuivingen in de landgebruik optreden. In het project Energieboerderij is onderzocht wat de gevolgen zijn indien het thans gangbare bouwplan in Zuidoost Nederland verschuift in de richting van bio-energiegewassen. In de studie zijn een viertal alternatieven vergeleken met het thans gangbare bouwplan. In tabel 8 zijn de alternatieve bouwplannen weergegeven. De vier alternatieven kenmerken zich door:

- een maximaal areaal energiebeten (verdringt zomergerst)
- een maximaal areaal koolzaad (2 varianten: met en zonder deel suikerbieten)
- een maximaal areaal energiemais.

Tabel 8. **Weergave van de bouwplannen (regionaal) met maximalisatie van de 3 energiegewassen (energiebiet, koolzaad, energiemais).**

No	0	1	2	3	4
	Control	Energy beet	Rape seed A	Rape seed B	Energy maize
<u>Potato</u>					
Ware potato	25	25	25	25	25
<u>Beet</u>					
Sugar beet	15		15		15
Energy sugar beet		25			
<u>Cereal</u>					
Spring barley	10	0	0	0	
Corn maize	15	15	15	15	
Winter rape seed			10	25	
Energy maize					35
<u>Vegetables</u>					
Canned pea	10	10	10	10	
Carrot	15	15	15	15	15
Scorzonera	10	10	10	10	10
<u>Green manure</u>					
Different types	30	20	20	25	451)

1)Teelt van een half succesvolle groenbemester na maisoogst.

Vervolgens zijn deze bouwplannen doorgerekend op de gevolgen voor het milieu. In tabel 9 treft u de samenvatting van de resultaten aan.

1. Nitraatbelasting van de ondergrond varieert beperkt voor de verschillende alternatieven. De varianten energiebiet en energiemais scoren iets beter dan de referentie.
2. De organische stof aanvoer is nu voor energiebiet en energiemais iets slechter dan de referentie. In alle gevallen is de aanvoer lager dan de afbraak, waardoor op de lange termijn sprake is van een teruggang van het organisch stofgehalte in de bodem.
3. Milieubelasting van het grondwater als gevolg van gebruik gewasbeschermingsmiddelen: hier scoort alleen de variant koolzaad (A) net beter dan de referentie.
4. NMI (natuur milieu index) Waterleven: alle varianten scoren beter dan de referentie m.u.v. koolzaad (B).

Uit het voorgaande blijkt dat geen van de varianten op alle punten beter of slechter scoort dan de referentie (het thans gangbare bouwplan in de regio). Geconcludeerd wordt dan ook dat een drastische verschuiving van het bouwplan in de richting van een van de onderzochte energiegewassen geen significant effect heeft op de milieu.

Dit onderzoek is gepresenteerd op het 19th European Biomass Conference and Exhibition 2011". De resultaten van het onderzoek zijn beschreven in de paper Stilma, E., et al, Sustainability of bio-energy crop production, juni 2011, Wageningen UR (PPO-AGV)

Tabel 9. **Effect van 4 bouwplannen op de duurzaamheidskengetallen Nitraatbelasting grondwater, organische stof, milieubelasting grondwater gewasbeschermingsmiddelen en natuur milieu index waterleven.**

Rotatie	NO3 in grondwater (mg/l)	Effectieve organische stof aanvoer (kg/ha)	Milieu- belasting grondwater (-)	NMI waterleven (-)
Referentie	92	1580	100	100
Energiebiet	77	1264	119	81
Koolzaad (A)	94	1531	103	98
Koolzaad (B)	98	1639	79	124
Energiemaïs	82	1312	108	70

6 Innovatieve teelten

Door Energieboerderij zijn gedurende het project een aantal interessante bio-energiegewassen geïdentificeerd. Het betreft een grote variatie aan type gewassen. In par. 6.1 worden de resultaten van de diverse proeven gepresenteerd. In par. 6.2 is aandacht besteed aan de geschiktheid van de vezels van een aantal gewassen voor de papier en karton industrie.

Als onderdeel van het project is in samenwerking met HAS Kennistransfer onderzocht wat de potentie van korrelmaïsstro voor de energieproductie. In par. 6.3 zijn de resultaten beschreven.

6.1 Teeltproeven innovatieve gewassen

Deder (Camelina sativa).

Uit een strokenvergelijking uitgevoerd in 2009 op PPO locatie Vredepeel en studies in het buitenland blijkt, dat het gewas deder (*Camelina sativa*) een interessant oliehoudend gewas is voor de productie van biobrandstoffen. Een literatuurstudie en een doorrekening van de economische perspectieven van deder laten dit zien (zie rapport: Teelt en saldo van deder - *Camelina sativa* (deder) als alternatieve teelt; Van der Voort en Den Hartog, 2010). Doordat de olie beter toepasbaar is onder koudere omstandigheden lijkt deder olie geschikt voor de vliegtuigindustrie. Een aantal testen met vliegtuigmotoren op deder olie lieten zien dat de prestatie gelijk was aan fossiele brandstof. Daarnaast werd een reductie aan broeikasgassen berekend van 84% ten opzichte van fossiele brandstof.



Afb. 13: Deder gewas in bloei.

In 2010 en 2011 is op PPO locatie Vredepeel een rassenonderzoek uitgevoerd met vier rassen deder (zomer variëteiten). De rassen werden in vier herhalingen uitgezaaid. In het onderzoek zijn de rassen Ligena, Calena, Morgensonne en Blaine Creek onderzocht. In rapport “Rassenonderzoek Camelina sativa (deder) – resultaten onderzoek in 2010 en 2011” (Meuffels, Van der Voort, 2012) zijn de resultaten uitgebreid beschreven (zie tabel 10).

Tabel 10. Resultaten van de rassenvergelijking van 4 deder rassen (2009 en 2010).

Ras	Gem. zaad-opbrengst kg/ha *) 2010	Gem. zaad-opbrengst kg/ha *) 2011	Gem. ruw eiwit (kg/ha) 2010	Gem. ruw eiwit (kg/ha) 2011	Gem. ruw vet (kg/ha) 2010	Gem. ruw vet (kg/ha) 2011
Ligena	1.629	4304	393	940	570	1674
Calena	1.994	4262	503	883	703	1704
Morgensonne	1.996	4432	499	948	662	1714
Blaine Creek	1.790	4259	447	930	615	1647

*) bij 91% ds

De verschillen in opbrengst tussen 2010 en 2011 zijn fors. De belangrijkste oorzaak is de matige opkomst in 2010 (de plantdichtheid was slechts 120-170 planten / m², terwijl bij inzaai gerekend is met 500 planten/m²). De opbrengst van dit gewas moet worden afgezet tegen die van koolzaad. Uit par. 4.2 blijkt dat koolzaad in 2010 een opbrengst van ca. 900-1100 kg / ha realiseert. De opbrengst in 2010 zit daar ruim onder. De opbrengst in 2011 van een vergelijkbare proef met koolzaad (par. 4.2) zit op hetzelfde niveau. Hoewel van deder wordt gezegd dat het goed tegen droge omstandigheden kan, is het gewas (net als koolzaad) in 2011 4x berekend. Ook is de deder proef in 2011 anderhalve maand eerder gezaaid dan het jaar ervoor.

De teelt van dedder lijkt vooralsnog makkelijk uitvoerbaar. Zo lijkt weinig input aan meststoffen en gewasbeschermingsmiddelen noodzakelijk en is het oogstrisico (uitval van zaden) kleiner. In het onderzoek is gekozen om de bemesting uit te voeren met kunstmeststoffen. Mogelijk dat bemesting met organische mest voor zaai het gewas van voldoende mineralen kan voorzien. Voor een verdere teeltoptimalisatie van dedder is vervolgonderzoek gewenst.

Inventarisatie innovatieve gewassen

In najaar 2010 is een uitgebreid literatuuronderzoek gedaan naar potentieel interessante gewassen. De resultaten zijn vastgelegd in rapport "Inventarisatie biomassagewassen voor project Energieboerderij" (Van der Mheen, 2011). Deze inventarisatie heeft ertoe geleid dat naast dedder een demoveld is aangelegd met 8 nieuwe gewassen (zie tabel 11), met als doel om de samenstelling (inhoudsstoffen), de verbrandingswaarde en/of de energie-inhoud (vergistings) van deze producten in beeld te brengen.

Tabel 11. **Biomassa gewassen die in de demoproef zijn opgenomen, voorzien van aantal kenmerken.**

Gewas	Kenmerken
Landschapsmais	Kortere maissoort met korte groeiperiode. Hoge energiewaarde per ton product.
Mariadistel	Oliehoudend / biomassagewas, waarbij de zaadolie als biodiesel of mogelijk als voedingssupplementolie en het totaalgewas (of de reststromen) voor co-vergistingsgeogst kan worden.
Tagetes	Gewas met nematocide werking (patula), interessante inhoudsstoffen en de kleurstoffen luteïne en zeaxanthine. De minuta variant heeft een hogere biomassa hoeveelheid.
Milkweed	Oliehoudend gewas (onkruid) met 20-25% olie met meer dan 90% onverzadigde vetzuren; kan door esterificatie tot een (ook bij lage temperaturen) goede biodiesel worden omgevormd.
Switchgrass	een diep wortelend grasgewas met C4 metabolisme, met een lange levensduur (10-15 jaar) en een goede droogtetolerantie. Hoge potentie qua biomassa productie/ geschikt voor ethanol productie.
Reed Canary Grass	een meerjarig C3 grasgewas; komt voor in Europa, en kan zowel droogte als kou en langdurige vochtigheid verdragen. Het vroeg (in juni) geoogste jonge gewas kan als silagegewas dienen. Naast vergisting/verbranding, kan de korte vezels kan als grondstof voor de papierpulp.
Pennycress (Witte krodde)	Oliehoudend gewas; perskoek kan vanwege de hoge glycosinolaat-gehalten niet voor veevoer geschikt, maar wel efficiënt omzetbaar middels pyrolyse in tweede generatie, bio-brandstoffen/additieven.

PPO heeft op een andere locatie een proefveld met Durchwachsende Silphie, een biomassagewas dat zowel boven- als ondergronds biomassa opbouwt. De resultaten worden meegenomen in de eindrapportage. Daarnaast is ook gekeken naar Russische paardenbloem (*Taraxacum T.kok-saghyz*). De wortel van de Russische paardenbloem een natuurlijke latex wordt gewonnen als alternatief voor natuurrubber uit de Rubberboom. Het bleek niet mogelijk om hiervan (tijdig) zaad te verkrijgen.

Omdat een aantal biomassa gewassen (Reed Canary Grass en Switch Grass) pas in 2011 als proef zijn ingezaaid, ontbreken van deze meerjarige gewassen nog goede cijfers van biomassa productie en energiewaarde. Getracht wordt op de demovelden te continueren.

Voorlopige resultaten

Omdat van *Tagetes* niet de juiste (xanthofyll rijke) soort kon worden bemachtigd en van de mariadistel het zaad niet op sylimaringehalte kon worden geanalyseerd, werd dubbeldoelteelt (productie biomassa naast hoogwaardige inhoudsstoffen) niet echt gerealiseerd. Etherische olie productie van in Nederland geteelde *Tagetes minuta* lijkt, hoewel de berekende olieopbrengst/ha aardig lijkt, gezien het lage gehalte niet realistisch.

De zaad- en zaadolie-opbrengsten van Witte Krodde konden, vanwege het beperkte aantal planten wat werd geoogst, niet gekwantificeerd worden. De zaadopbrengst van Mariadistel lag, met 900kg/ha aan de lage kant (normaal 12-1600 kg). De oliegehalten van beide oliezaadgewassen was relatief laag. De vetzuursamenstelling van de oliën werd niet gevalideerd.

Gebruik van een vroege snede van de grassen Reed Canary grass en Switch grass voor veevoederdoeleinden is mogelijk, maar de voederwaarde ligt duidelijk lager dan die van mais en graskuil.

Duidelijk is dat van een aantal meerjarige gewassen (Milkweed, Switchgrass en Reed Canary grass dit eerste jaar slechts gewasvestiging plaats had. Pas in de navolgende jaren kan de potentie van deze gewassen volledig in kaart worden gebracht. In die zin is het opmerkelijk dat met Reed Canary grass en de Switch grassen, met name het ras Alamo, als eerstejaarsgewas al relatief hoge drogestofopbrengsten verkregen werden. Van de Switchgrass rassen kwam de vergistingswaarde daarbij ook in de richting van Landschapsmais.

Ook van de manshoge gewassen Tagetes minuta en de Mariadistel lagen de drogestofopbrengsten op een goed niveau, maar daarvan waren de vergistingswaarden aan de lage kant.

Van de Reed Canary grass en de Switch grass zal, aan in het voorjaar van 2012 geoogste monsters, de energiewaarde bij directe verbranding worden bepaald. Als meerjarig biomassagewas, voor vergisting of directe verbranding hebben deze grassen, met name Switch grass, vermoedelijk meer productiepotentie dan mais. Het is wenselijk om de veldjes met meerjarige gewassen (Reed Canary grass, Switch grass en Milkweed) als demo blijvend te volgen. Van de najaarszaai/wintersteelt Witte krodde kan in het voorjaar van 2012 de zaadopbrengst worden vastgesteld.

6.2 Geschiktheid vezels voor Papier en Karton industrie

Het Kenniscentrum Papier en Karton heeft als onderdeel van een daar lopend project, getiteld: Haalbaarheid Organosolv-concept voor nieuwe grondstoffen (Van Boxtel, 2012), onderzocht of de vezels van een aantal landbouwreststromen geschikt zijn als grondstof voor de papier- en karton industrie. ECN heeft een Organosolv-proces ontwikkeld, waarmee lignocellulose wordt gescheiden in de afzonderlijke componenten cellulose, lignine en hemicellulose. Het proces is in eerste instantie voornamelijk gericht op de productie van makkelijk hydrolyseerbare cellulose (t.b.v. suikers voor fermentatiedoeleinden – e.g. ethanolproductie). Belangrijke uitdaging is om alle componenten uit het proces voldoende tot waarde te brengen. Productie van hoogwaardige cellulose voor papier en karton (en mogelijke andere cellulose gebaseerde producten) kan hierin een belangrijke rol spelen.

Voor dit project zijn er door ECN vijf verschillende alternatieve grondstoffen ontsloten met het door hen ontwikkelde Organosolv-proces, te weten tarwestro, maisstro, dedestro, koolzaadstro en gras. Door verschillende partners uit de papier- en kartonindustrie zijn de alternatieve vezels beoordeeld op toepasbaarheid in papier en karton. De vezels zijn in verschillende verhoudingen opgemengd met pulp en getest op papiereigenschappen. Het effect op papiereigenschappen is getest door verschillende percentages alternatieve vezels toe te voegen aan de reguliere grondstoffen voor papier: houtpulp of oudpapierpulp (5-20%).

De resultaten zijn vastgelegd in rapport “Alternatieve vezels ontsloten met Organosolv-proces, toegepast voor papier” (Van Boxtel, mei 2012). Hieruit blijkt dat de alternatieve grondstoffen minder goed scoren dan de normaal gebruikte vezels in papier. Deels is dit te wijten aan de niet-optimale voorbehandeling en de niet-uitontwikkelde ontsluiting van de vezels. Tarwestro scoort relatief het best omdat de Organosolv methode voor tarwestro is geoptimaliseerd. Maisstro, dedestro en koolzaadstro scoren om diverse redenen minder goed (vezellengte, sterkte van de vezel, mate van ontsluiting, lignine gehalte). Door optimalisatie van de ontsluitings- en voorbewerkingsprocessen (minder zand, wijze van droging) kan nog veel gewonnen worden. Het verdient aanbeveling om op dit punt in nauwe samenwerking tussen de agrarische sector en de papier en karton industrie nader onderzoek te doen.

6.3 Korrelmaisstro en energieproductie

In Zuidoost Nederland (Noord Brabant en Limburg) wordt jaarlijks veel korrelmais (12.000 ha in 2009) geteeld. Na de oogst van de korrels blijft het restproduct (stengel+blad+spil+schutblad) achter op het land. Het doel van het onderzoek is na te gaan of hieruit op rendabele wijze energie en op een duurzame wijze

energie geproduceerd kan worden. Door het maïsstro te verwerken tot bijv. pellets, kan verbranding plaatsvinden in kachels (warmte) of in centrales (elektrische energie).

De bevindingen zijn vastgelegd in rapport "Mogelijkheden en beperkingen van toepassing van korrelmaïsstro voor energieproductie" (Kuilenburg, februari 2011). Maïsstro blijkt een prima product voor de energieproductie.

Bij de gekozen uitgangspunten is (na oogst, transport, bewerking o.a. pelleteren) 5 GJ per ton vers product (42% ds) beschikbaar. De netto energieproductie (dus na aftrek van energie voor oogst, transport, droging, pelletisering) is bij verbranding in een kolencentrale (40% rendement) van het maïsstro dicht bij de velden (5 km) ongeveer 1,9 miljoen kWh of 1 miljoen kg houtpellets (80% ds). Hierbij is uitgegaan van 3000 ton vers product op 150 ha (20 ton vers product per ha).

De eerste berekeningen laten zien dat een transportafstand tussen veld en pelletiseerunit niet groter dan 20 km mag zijn. Het alternatief (ter plekke inkuilen en later pelletiseren) biedt kansen, maar in alle gevallen is voldoende droging van het maïsstro vóór pelletisering noodzakelijk. Het rapport doet een aantal suggesties voor de wijze waarop dit kan plaatsvinden: dit vraagt nog nader onderzoek.

In het onderzoek is ook gekeken naar de extra afvoer van organische stof bij verwerking van het maïsstro. Deze extra afvoer is goed te compenseren door aanvoer van runderdrijfmest.

Aanvullend op dit rapport is nogmaals door PPO-AGV gerekend aan de energiebalans van deze keten. De resultaten zijn vastgelegd in rapport "Korrelmaïsstro als biomassa voor energie of grondstof" (Van der Voort, februari 2012). Specifiek is gekeken naar het energieverbruik en de kosten voor droging van het maïsstro om tot succesvolle pelletisering te komen. De energiebalans blijkt positief uit te vallen (energierendement: 54%): de pellets leveren ruim 2x zoveel energie op dan het gehele proces aan energie vraagt). De energiebalans kan door inzet van een drooginstallatie bij een vergister flink worden verbeterd. Het drogen van de maïsstro vóór pelletisering is veelal een energie-intensief proces. Het drogen bij een vergister heeft als belangrijk voordeel dat restwarmte nuttig kan worden gebruikt.

De saldoberekening geeft echter aan dat de opbrengsten bij de gehanteerde pellet prijzen niet opwegen tegen de meerkosten van de verwerking van maïsstro tot brandstofpellets. Een belangrijk kanttekening is dat het verwerken van korrelmaïsstro tot brandstofpellets op dit moment nog geen praktijk is. Op basis van eerdere ervaringen en rapportages kan worden geconstateerd dat vooral de oogst van maïsstro onzekerheden met zich meebrengt en verdere optimalisering behoeft. De aanbeveling is daarom om verdere optimalisatie van de oogst en verwerking van maïsstro te onderzoeken door het doen van praktijkproeven in samenwerking met mechanisatiespecialisten.

7 Businessplan “Farming the Future”

In samenwerking tussen PPO-AGV en Arvalis heeft een verkenning plaatsgevonden naar de vraagstukken waar de biobased economy zich voor gesteld ziet. Hierbij is de huidige rol van het project Energieboerderij als gezichtspunt gehanteerd (zie rapport “Businessplan “Farming the Future”, Lemmens, 2012). Op basis van een aantal gesprekken met stakeholders is geconstateerd dat:

1. er een landelijke behoefte naar kennisontwikkeling binnen het speelveld van de nationale biomassaproductie, bijvoorbeeld gericht op:
 - Teelt-efficiency en – innovatie;
 - Duurzaamheid in de praktijk;
 - Gewasinnovaties (raskeuze, nieuwe teelten, multifunctionele inzetbaarheid);
 - Innovaties in oogsttechnieken
2. Regionale biomassa kan ingezet worden als grondstof voor hoogwaardig onderzoek door bijvoorbeeld DSM/ Chemelot. Deze partijen kunnen vervolgens hun eigen processen optimaliseren en op een later moment exploiteren / exporteren.
3. Door de ontwikkeling van pilots en demoprojecten ontstaat een enorme kennisboost voor de regio. Op deze wijze kan de regio ZO-Nederland (met als subregionale kernen Greenport Venlo en Chemelot) uitgroeien tot biobased proeftuin van formaat.

Een en ander moet bij voorkeur vormgegeven worden in nauwe samenwerking tussen de biobased activiteiten in Greenport Venlo (business-creatie ‘biomassa’, productie en verwerking), maakindustrie / Chemelot (business ‘biobased materials’), onderzoek (WUR, Universiteit Maastricht) en onderwijs (Fontys , Hogeschool Zuyd , Universiteit Maastricht, HAS Den Bosch). Dan kan een krachtig samenspel ontstaan tussen onderzoek, onderwijs en business ontwikkeling.

Geconstateerd wordt dat er in het project De Energieboerderij een uitstekende basis is gelegd om in dit experimentele biobased- landschap op voort te bouwen. Een doorstart van De Energieboerderij (gekozen werktitel: “Farming the Future”) behoort zeker tot de mogelijkheden. Hierbij moet nauw aangesloten worden bij de regionale business-dynamiek op het terrein van de biogebaseerde economie, die wil werken aan de (door-)ontwikkeling van deze onderzoeksterreinen. Deze is in Greenport Venlo ruimschoots aanwezig.

8 Communicatie

Een belangrijke doelstelling van het project is ook om de resultaten te delen met belanghebbenden. Hiervoor is een mix van middelen gebruikt.

Stakeholderbijeenkomsten

Op zowel 24 september 2009 als 30 september 2010 is een bijeenkomst georganiseerd voor een brede groep van organisaties voor wie de (tussentijdse) resultaten van de Energieboerderij beleidsmatig of operationeel van waarde kan zijn. Dit heeft in beide gevallen geleid tot een zeer breed georiënteerde groep deelnemers, variërend van vertegenwoordigers van landbouworganisaties, buitenlandse organisaties (België, Duitsland) tot certificeerders, eigenaren van vergisters en industriële partijen.

Eindsymposium DETAF

Op 22 november 2011 is in samenwerking met de DETAF beurs (Duurzame Energietoepassingen en Agro Fuels) een openingssymposium georganiseerd ter gelegenheid van de opening van de beurs. Aan het symposium namen ca. 100 personen deel. Prominente sprekers gaven hun visie op de biobased economy en de wijze waarop zij daarop inspelen. Sprekers waren:

- Dhr. Noud Janssen – voorzitter LLTB
- Dhr. Robert Smith – CEO Royal COSUN
- Dhr. Henk Frederix – Attero
- Mw. Carlijn Lahaye – Conviro
- Mw. Sophie Dobbelaere – Universiteit Gent – Biobased Europe
- Dhr. Chris de Visser – PPO-AGV



Afb. 14: Paneldiscussie tijdens symposium.

Dhr. Chris de Visser heeft de belangrijkste resultaten van de Energieboerderij gepresenteerd. Aansluitend konden de deelnemers zich nader oriënteren op de DETAF beurs en tevens bezoek brengen aan de stand van de Energieboerderij.

Presentaties

In 2011 zijn de volgende presentaties voor doelgroepen verzorgd:

- Bijeenkomst Alternatieve grondstoffen – Kenniscentrum Papier en Kartonindustrie (23 juni 2010)
- NVTL congres (3 maart 2011)
- Bijeenkomst AgentschapNL – implementatie NTA8080 (24 mei 2011)
- Werkgroep WVA van LTO Nederland (15 februari 2011)

Deelname beurzen

- BKD beurs Grubbenvorst (3 en 4 maart 2009)
- Praktijkdag Bio-energie (26 januari 2010)
- DETAF Venray (22-24 november 2011)

Website

De website www.energieboerderij.nl vormde het centrale punt in de communicatie rondom het project. Op deze website zijn steeds alle actualiteiten en tussenrapporten aan alle belangstellenden gecommuniceerd. Een vijftal prominenten hebben een column gevuld op deze website, waaronder dhr. J. Sanders (professor biobased economy – Wageningen UR), dhr. J. van Campen (voorzitter Suiker Unie).

Pers

Regelmatig tijdens het project zijn artikelen verschenen in de pers. In bijlage 2 is een overzicht gegeven van de verschenen artikelen. Het hoogtepunt vormde de groot artikel in Trouw, waarin uitgebreid is ingegaan op de goede duurzaamheidscijfers van de onderzochte energieketens.

Nieuwsbrieven

Gedurende het project zijn een achttal nieuwsbrieven verschenen, steeds gericht op de actualiteiten in het project. Ook in deze nieuwsbrieven is steeds een column geplaatst (o.a. van dhr. A. Maarsingh (voorzitter Biogas Branche Organisatie, dhr. Houben (eigenaar vergister), J. Steevens (DSM Agro/OCI Agro), P. van den Ouden (Argos Groep), P. van Kempen (suikerbietenteler).

—

Literatuuroverzicht

1. Boxtel, R. van, Alternatieve vezels ontsloten met Organosolv-proces, toegepast voor papier, mei 2012, Kenniscentrum Papier en Karton.
2. Hanse, B. en T. Huijbregts, Duurzaamheid teelt van suikerbieten voor vergisting, resultaten 2008-2010 in het project Energieboerderij, december 2011, IRS (11P05).
3. Huijbregts, T. en B. Hanse, Rapport "Suikerbieten als tussenteelt voor vergisting. Opbrengst, energierendement, broeikasgasemissiereductie en nutriëntenafvoer, december 2011, IRS (11P04).
4. Huijbregts, T. en B. Hanse, Rapport "De teelt van suikerbieten voor vergisting. Effect van oogsttijdstip, stikstofbemesting en raskeuze, maart 2012, IRS (12P02).
5. Huijbregts, A.W.M., Wevers, J.D.A. (1995): Groeiverlooponderzoek. Het verloop van de droge-stof- en suikerproductie bij enkele bietenrassen. IRS-jaarverslag, 37-39.
6. Huijbregts, A.W.M., Wevers, J.D.A. (1995): Groeiverlooponderzoek. Het verloop van de drogestof- en suikerproductie bij enkele bietenrassen. IRS-jaarverslag, 35-38.
7. Kuilenburg, A. van, C. Klaver, Mogelijkheden en beperkingen van toepassing van korrelmaïsstro voor energieproductie, februari 2010, HAS KennisTransfer.
8. Lemmens, A.E. en C.L.M. de Visser, Businessplan "Farming the Future", maart 2012, Arvalis Projecten.
9. Meuffels, G.J.H.M., Rassenonderzoek koolzaad Energieboerderij (VP 1693), december 2011, Wageningen UR (PPO-AGV).
10. Meuffels, G.J.H.M. en M.P.J. van der Voort, Onderzoek zaaidichtheden winterkoolzaad (2009-2010 en 2010-2011), december 2011, Wageningen UR (PPO-AGV), (3250034804).
11. Meuffels, G.J.H.M. en M.P.J. van der Voort, Onderzoek zaai techniek winterkoolzaad (2009-2010 en 2010-2011), oktober 2011, Wageningen UR (PPO-AGV), (3250034804).
12. Meuffels, G.J.H.M. en M.P.J. van der Voort, Onderzoek zwavelbemesting winterkoolzaad - Resultaten onderzoek 2010 en 2011, oktober 2011, Wageningen UR (PPO-AGV), (3250034804).
13. Meuffels, G.J.H.M., "Onderzoek compost in de akkerbouw op PPO locatie Vredepeel", december 2011, Wageningen UR (PPO-AGV).
14. Meuffels, G.J.H.M. en M.P.J. van der Voort, "Rassenonderzoek Camelina sativa (deder) – resultaten onderzoek in 2010 en 2011", maart 2012.
15. Mheen, H.J. van der, "Inventarisatie biomassagewassen voor project Energieboerderij", maart 2011, Wageningen UR (PPO-AGV).
16. Mheen, H.J. van der, Demo biomassagewassen binnen project Energieboerderij, december 2011, Wageningen UR (PPO-AGV).
17. Nieuwenhuizen, A. et al, Brandstofverbruik metingen gekoppeld aan RTK-GPS data, december 2011, Wageningen UR (PRI).
18. Stilma, E., et al, Sustainability of bio-energy crop production, juni 2011, Wageningen UR (PPO-AGV).
19. Voort, M.P.J. van der, L. den Hartog, Teelt en saldo van deder - *Camelina sativa* (deder) als alternatieve teelt, september 2010, Wageningen UR (PPO-AGV).
20. Voort, M.P.J. van der, E. Stilma, Beschrijving meetlat Energieboerderij, december 2011, Wageningen UR (PPO-AGV) (3250034801).
21. Voort, M.P.J. van der, Beschrijving meetlat Energieboerderij voor energiegebruik en broeikasgasemissiereductie voor groen gas productie, december 2011, Wageningen UR (PPO-AGV). (3250034801).
22. Voort, M.P.J. van der, G.J.H.M. Meuffels, Resultaten Energiemaïstelers binnen project Energieboerderij, december 2011 Wageningen UR (PPO-AGV) (3250034803).
23. Voort, M.P.J. van der, G.J.H.M. Meuffels, Resultaten Koolzaadtelers binnen project Energieboerderij, december 2011 Wageningen UR (PPO-AGV) (3250034804).
24. Voort, M.P.J. van der, Korrelmaïsstro als biomassa voor energie of grondstof, februari 2012, Wageningen UR (PPO-AGV) (3250034801).
25. Wijk, C.A.P. van, et al, Broeikasgasmetingen Energieboerderij en proef Attero, februari 2012, Wageningen UR (PPO-AGV) (3250034801).

Bijlage 1: Betrokken partijen

Samenstelling stuurgroep De Energieboerderij

Vereniging Innovatief Platteland	J. Hermans (voorzitter)
LLTB	H. Deckers / G. Roebroek
Productschap Akkerbouw	A. Kuijstermans / T. Bouwkamp
ACRRES	C. de Visser
IRS	F.J. Tijink
DSM Agro	J. Steevens / H. Frederix
Argos Groep B.V.	P. van den Ouden
Ministerie EL&I	Mw. P. Bonnier
Attero	L. Touwen
PPO-AGV	J.A.L.M. Kamp (projectleider)
Cultus Agro	E. Kohrman (secretaris)

Samenstelling projectgroep De Energieboerderij

Vereniging Innovatief Platteland	J. Hermans (voorzitter)
PPO-AGV	J. Kamp (projectleider)
IRS	B. Hanse
ACRRES	C. de Visser
Argos Groep B.V.	P. van den Ouden
PPO-AGV	M. van der Voort
PPO-AGV (Vredepeel)	G. Meuffels
PPO-AGV (Vredepeel)	Brigitte Kroonen
Cultus Agro Advies BV	Edwin Kohrman (secretaris)

Samenstelling telergroep De Energieboerderij

Energiemaïs

Rosendaal Agri	Dhr. Claessens
Rievershof BV	Dhr. Janssen
Dhr. Van Gennip	
Houbensteyn	Dhr. Houben
Landgroep De Princepeel BV	Dhr. van Duren

Winterkoolzaad

Loonbedrijf De Boer	Dhr. de Boer
Landbouwbedrijf Roebroek	Dhr. Roebroek
Loonbedrijf Jakobs	Dhr. J. Jakobs
PPO Vredepeel	Dhr. Kroonen
Dhr. Hermans	

Suikerbieten

Landbouwbedrijf Van Els	Dhr. van Els
Landbouwbedrijf Van de Vrande	Dhr. van de Vrande
Landbouwbedrijf Van Kempen	Dhr. van Kempen
Landbouwbedrijf Botden	Dhr. Botden
PPO Vredepeel	Dhr. Kroonen

Bijlage 2: Overzicht van persuitingen

Agrarisch Dagblad (18 november 2011): een artikel over de resultaten van Energieboerderij. Interview met Joep Hermans, Chris de Visser en Jan Kamp. Energiegewassen kunnen in Nederland duurzaam worden geteeld, luidt de conclusie na vier jaar Energieboerderij. "Maar er ontbreekt een gevoel van urgentie in Nederland om het te gaan toepassen.

De Limburger (10 november 2011): artikel over Energieboerderij met als titel "Meetlat voor duurzaamheid.

Akker Magazine (maart 2011): artikel over Energieboerderij. Energieboerderij: maximale opbrengst met minimale inzet. Interview met Akkerbouwers: Piet van Kampen en Joep Hermans over respectievelijk suikerbieten en koolzaad voor energie.

Artikel Dagblad Trouw (18-1-2011): artikel getiteld "Biobrandstoffen zijn wel goed voor boer en milieu" (1,5 pag.). Op basis van een gesprek tussen Joep Hermans, Jan Kamp en Chris de Visser heeft auteur Kees de Vré een breed georiënteerd artikel geschreven over duurzaamheid van bio-energie.

Nieuwe Oogst (13 november 2010): Onderdeel van een aantal artikelen geplaatst over Groene Grondstoffen is een artikel over Energieboerderij: "Streven naar hoogst mogelijke duurzaamheid".

Nieuwe Oogst (23 oktober 2010): een kort artikel naar aanleiding van de stakeholderdag, die gehouden is op 30 september 2010.

Cosun Magazine (Juni 2010): een artikel over suikerbiet: Suikerbiet, Topper voor het leveren van bioenergie!

Nieuwe Oogst (10 oktober 2009): In bijlage GEWAS (nummer 18 pag. 8 & 9) is een verslag geplaatst van de workshop over rekenmethoden voor duurzaamheid, die gehouden is op 24 september 2009 op PPO locatie Vredepeel.

Nieuwe Oogst (12 september 2009): In bijlage GEWAS (nummer 16 pag. 14 & 15) wordt aandacht geschonken aan de Praktijkdag Suikerbieten en Energieboerderij, die op 17 september 2009 gehouden wordt op PPO Locatie Vredepeel. Het artikel is een interview met Joep Hermans, voorzitter Energieboerderij en Gerard Meuffels (PPO Vredepeel).

Boerderij (21 oktober 2008): in haar themanummer Bio-Energie aandacht aan het project Energieboerderij. Joep Hermans, aanjager van het project, legt hierin uit waarom het project nodig is en wat de beoogde resultaten zijn.

Bijlage 3: Nieuwsbrieven

- 25-02-2009 [Eerste Nieuwsbrief Energieboerderij](#)
- 20-07-2009 [Tweede Nieuwsbrief Energieboerderij](#)
- 05-11-2009 [Derde Nieuwsbrief Energieboerderij](#)
- 25-01-2010 [Vierde Nieuwsbrief Energieboerderij](#)
- 12-07-2010 [Vijfde Nieuwsbrief Energieboerderij](#)
- 14-03-2011 [Zesde Nieuwsbrief Energieboerderij](#)
- 03-10-2011 [Zevende Nieuwsbrief Energieboerderij](#)

