

Energiekompas voor de Veenkoloniën

Voorlopige resultaten onderzoek 2007

K.H. Wijnholds, J. Groten, M.P.J. van der Voort, C.L.M. de Visser en R.D. Timmer

© 2008 Wageningen, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden veelevoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Praktijkonderzoek Plant & Omgeving.

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Dit onderzoek is financieel mede mogelijk gemaakt door:

Samenwerkingsverband Noord-Nederland (SNN)
Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV)
Maiskweekbedrijven: Syngenta, Limagrain Nederland, SWS, Innoseeds, RAGT en Caussade Semences
Productschap Akkerbouw
Praktijkonderzoek Plant & Omgeving (PPO)

Projectnummer: 3250081900

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Businessunit Akkerbouw, Groene Ruimte en Vollegrondsgroente

Adres : Edelhertweg 1, Lelystad
: Postbus 430, 8200 AK Lelystad
Tel. : 0320 – 29 11 11
Fax : 0320 – 23 04 79
E-mail : infoagv.ppo@wur.nl
Internet : www.ppo.wur.nl

Inhoudsopgave

pagina

SAMENVATTING.....	7
1 INLEIDING	9
2 OPZET EN UITVOERING ONDERZOEK 2007	11
2.1 Opzet	11
2.2 Uitvoering	11
3 UITGANGSPUNTEN BEREKENINGEN.....	13
3.1 Energiegebruik en broeikasgasemissies	13
3.2 Economische berekeningen	14
4 KWALITEITSVERBETERING BIOGASMAÏS	17
4.1 Inleiding	17
4.2 Opzet en uitvoering.....	17
4.3 Resultaten.....	19
4.3.1 Chemische samenstelling	19
4.3.2 Biogasparameters	23
4.3.3 Invloed chemische samenstelling op gasproductie.....	24
4.3.4 Organische stof en gasopbrengst per ha	26
4.3.5 Energie-, Milieu- en Economische rendement.....	27
4.4 Conclusie en discussie	28
5 TEELTOPTIMALISATIE BIOGASMAÏS.....	31
5.1 Inleiding	31
5.2 Opzet en uitvoering.....	31
5.3 Resultaten.....	32
5.3.1 Opbrengst, vroegheid en kwaliteit (chemische samenstelling).....	32
5.3.2 Biogas- en methaangas per ton os	38
5.3.3 Biogas- en methaangasopbrengst per ha	41
5.3.4 Energie-, milieu- en economische rendement.....	43
5.4 Conclusie en discussie	45
6 TEELTOPTIMALISATIE SOEDANGRAS EN SORGHUM	47
6.1 Inleiding	47
6.2 Opzet en uitvoering.....	47
6.3 Resultaten.....	47
6.3.1 Gewasopbrengst	47
6.3.2 N-opname	48
6.3.3 Gasopbrengst.....	49
6.3.4 Geproduceerde energie.....	50
6.3.5 Beperking CO2-emissie	50
6.3.6 Financiële opbrengst.....	51
6.4 Conclusies	52
7 TOEPASSING DIGESTAAT OP BIOGASMAÏS	53
7.1 Inleiding	53
7.2 Opzet en uitvoering.....	53
7.3 Resultaten.....	54
7.3.1 Gewasopbrengst, gasopbrengst en gehalten	54

7.3.2	Energie, CO2-emissie en economie	56
7.4	Conclusies	57
8	EFFECT BEREKENING OP BIOGASMAÏS, SOEDANGRAS EN SORGHUM	59
8.1	Inleiding	59
8.2	Opzet en uitvoering.....	59
8.3	Resultaten.....	60
8.3.1	Gewasopbrengst	60
8.3.2	Analyses	61
8.3.3	Gasopbrengst.....	62
8.3.4	Geproduceerde energie.....	63
8.3.5	Beperking CO2-emissie	63
8.3.6	Financiële opbrengst.....	64
8.4	Conclusies	65
9	EFFECT TEELT BIOGASMAÏS OP POPULATIE <i>PRATYLENCHUS PENETRANS</i>	67
9.1	Inleiding	67
9.2	Opzet en uitvoering.....	67
9.3	Resultaten.....	67
9.3.1	Drogestofopbrengst, analysecijfers	67
9.3.2	Gasopbrengst.....	69
9.3.3	Economische efficiëntie.....	69
9.4	Conclusies	70
10	INVLOED BIOMASSAPRODUCTIE OP BODEMVRUCHTBAARHEID.....	71
10.1	Inleiding.....	71
10.2	Gevolgen voor organische stof aanvoer, de fosfaattoestand en het stikstofoverschot.....	71
10.2.1	Uitgangspunten voor de berekeningen	71
10.2.2	Traditioneel Veenkoloniaal bouwplan	74
10.2.3	Traditioneel Veenkoloniaal bouwplan + groenbemester	75
10.2.4	Vervanging van granen door energiemais	76
10.2.5	Vervanging van granen en 50% van de aardappelen door energiemais.....	79
10.2.6	Continueelt energiemais.....	80
10.2.7	Samenvatting.....	82
10.3	Nematologische aspecten van aanpassen veenkoloniale bouwplan aan teelt energiemais.....	83
11	OVERZICHT OVERIGE ACTIVITEITEN 2007	89
11.1	Voorlichtingsmiddag	89
11.2	Begeleidingsgroep	89
11.3	Artikelen	89
11.4	Media-optreden	89
11.5	Lezingen.....	89
BIJLAGE 1.	PLATTEGROND KAVEL 71V PROEFBOERDERIJ 'T KOMPAS 2007	91
BIJLAGE 2.	OVERZICHT UITGEVOERDE TEELTMAATREGELEN.....	93
BIJLAGE 3.	SCHEMA TEELTOPTIMALISATIE BIOGASMAÏS (KP 9232)	95
BIJLAGE 4.	SCHEMA TEELTOPTIMALISATIE SOEDANGRAS EN SORGHUM (KP 9233).....	97
BIJLAGE 5.	SCHEMA KWALITEITSPROEF (KP 9231)	99
BIJLAGE 6.	SCHEMA DIGESTAATPROEF (KP 9229).....	101

BIJLAGE 7.	SCHEMA BEREGENINGSPROEF (KP 9230)	103
BIJLAGE 8.	SCHEMA PP-PROEF BIOGASMAÏS (KP 9234).....	105
BIJLAGE 9.	KENGETALLEN BEREKENINGEN ENERGIE, CO ² EN SALDO.....	107
BIJLAGE 10.	FACTSHEET T.B.V. OPEN DAG OP 25/9/2007 OP PPO-LOCATIE 'T KOMPAS	111
BIJLAGE 11.	UITNODIGING OPEN DAG OP 25/9/2007 OP PPO-LOCATIE 'T KOMPAS	113

Samenvatting

De broeikasgasemissie en de daarmee samenhangende klimaatverandering geeft grote zorgen voor de toekomst. Het toenemende gebruik van fossiele brandstoffen is in belangrijke mate de oorzaak van deze problematiek, zodat de urgentie hoog is om alternatieve energiebronnen te vinden die “hernieuwbaar” zijn en zodoende niet of minder bijdragen aan de broeikasgasemissie. Eén van die alternatieven is bio-energie. De bio-energie biedt nieuwe kansen voor de landbouw. Het project “Energiekompas voor de Veenkoloniën” wil concreet werken aan dit perspectief voor de Veenkoloniën. Het in 2007 gestarte onderzoeksproject wil een begin maken met een ontwikkeling waarbij de potenties voor de landbouwsector worden opgepakt en de vraagpunten worden geadresseerd. Hierbij staan de volgende vragen centraal:

- Welke biomassaproductie biedt kansen voor het gebied en hoe kan meervoudig gewasgebruik vorm krijgen?
- Hoe moet deze productie in de bedrijfsvoering en het bouwplan ingepast worden?
- Hoe kan de duurzaamheid zo goed mogelijk geborgd zijn?

De uiteindelijke ambitie is om teeltsystemen te ontwikkelen die economisch, ecologisch, energetisch en sociaal duurzaam zijn voor de veenkoloniale zand- en dalgronden, waarbij maximale biomassa- en energie-efficiëntie wordt gekoppeld aan minimale emissie en maximaal economisch rendement binnen de sociale kaders.

In het voorliggende rapport worden de resultaten weergegeven van de proeven die in 2007 in het kader van het project “Energiekompas voor de veenkoloniën” zijn uitgevoerd. Het betrof proeven met maïs, soedangras en sorghum waarbij de effecten zijn onderzocht van: rassen, zaaidichtheid, zaaitijdstip, oogsttijdstip, bemesting, beregening en groenbemesters. In de diverse proeven zijn de verschillen in verse opbrengst, drogestof opbrengst en biogasopbrengst bepaald.

Maïs

Rassenkeuze, plantaantal en oogsttijdstip zijn bij maïs van groot belang gebleken voor het rendement (zowel wat betreft energie, milieu en economie) van de teelt en de vergister. Een methaangasproductie van minimaal 6.000 m³ per ha lijkt realiseerbaar, maar er zijn grote verschillen per ras en teeltwijze. Veel van de gebruikte rassen blijken echter vrij laat voor een optimaal resultaat in de Veenkoloniën. Het is aan te raden in Noordoost Nederland vroege, kwalitatief hoogwaardige en hoogopbrengende rassen te gebruiken. Een oogst in de eerste helft van oktober en een plantaantal van ca. 110.000 planten per ha lijken na 1 jaar onderzoek een goede richtlijn voor een optimale teelt. Optimaal oogstmoment lijkt het tijdstip waarop het schutblad van de kolf begint te verkleuren en de plant nog groen is.

Rendement maïs

Het energie-, milieu- en economisch rendement van een vergister blijkt beïnvloed te worden door het gekozen maïsras. Dit werd met name veroorzaakt door verschillen in de methaangasproductie per ton organische stof, zowel qua hoeveelheid en als qua snelheid. Met name een hoog zetmeelgehalte (kolfaandeel) en een goede celwandafbreekbaarheid hebben een positief effect op de methaanproductie. Een maïskolf leverde ca. 375 m³ methaangas en de rest van de plant ca. 250 m³ methaangas per ton organische stof. Ook kwam het gas uit de kolf ongeveer 1.5 keer sneller beschikbaar dan uit de plant. Het methaangasgehalte in het biogas was met 58% voor de kolf en de plant gelijk.

Na het eerste jaar van onderzoek lijkt wat de kwaliteit betreft een vroeg maïstype met een zeer hoog zetmeelgehalte en een hoge celwandafbreekbaarheid het meest optimale maïstype voor Noord-Nederland. Voor een hoog rendement is het vereist dat dit gecombineerd wordt met een zo hoog mogelijke drogestof opbrengst.

Soedan en sorghum

Het perspectief van soedangras en sorghum als energiegewas lijkt op basis van de resultaten in 2007 niet erg groot. Beide gewassen bleven qua droge stof productie en biogasproductie ver achter bij maïs. De onderzochte soedangras-rassen deden het iets beter dan de onderzochte sorghumrassen.

Beregening

Het groeiseizoen in 2007 kenmerkte zich door veelal gemiddelde temperaturen en relatief veel neerslag. In juli zelfs meer dan de dubbele hoeveelheid die normaal in die maand valt. Dit heeft ertoe geleid dat de beregeningsproef niet de belangrijkste informatie waarvoor deze was aangelegd heeft kunnen opleveren: effect van beregening/ideale vochtvoorziening op de droge stof en biogasproductie van energiegewassen en de gevolgen hiervan voor duurzaamheid, economie en CO₂-productie. Wel was de proef bruikbaar voor het nagaan van de effecten van de hoogte van de N-bemesting op de drogestofproductie en biogasproductie van de verschillende gewassen.

Digestaat

Uit de bemestingsproef met digestaat bleek dat er in 2007, dankzij een voldoende hoge temperatuur en voldoende neerslag, een flinke stikstof mineralisatie op was getreden en dat er zonder stikstofbemesting al een vrij hoge opbrengst van maïs werd gerealiseerd. Door de zwakke opbrengstreactie bij hogere N-giften kon er geen werkingscoëfficiënt worden berekend voor de digestaat en de drijfmesten. Een interessant gegeven is verder dat de opbrengst met de organische meststoffen, zoals varkensdrijfmest, digestaat op basis van rundveemest en digestaat op basis van pure maïsvergisting, hoger was dan met kunstmest kon worden bereikt. Wat de verklaring wel is voor het verschil in opbrengst tussen de kunstmestgiften enerzijds en de mest- en digestaatgiften anderzijds is niet duidelijk. Afgewacht moet worden of de resultaten in 2008 ditzelfde effect zullen laten zien.

1 Inleiding

De broeikasgasemissie en de daarmee samenhangende klimaatverandering geeft grote zorgen voor de toekomst. Het toenemende gebruik van fossiele brandstoffen is in belangrijke mate de oorzaak van deze problematiek, zodat de urgentie hoog is om alternatieven te vinden die van hernieuwbare bron zijn en daarmee niet of minder bijdragen aan de broeikasgasemissie. Eén van die alternatieven is bio-energie. De bio-energie biedt nieuwe kansen voor de landbouw. Er komt immers een forse afzetmarkt bij en dat geeft perspectief voor veel ondernemingen. Het project “Energiekompas voor de Veenkoloniën” wil concreet werken aan dit perspectief voor de Veenkoloniën en borduurt daarmee voort op een project dat in 2006 door de Stuurgroep Agenda voor de Veenkoloniën is gefinancierd en in opdracht van Dienst landelijk gebied is uitgevoerd met als titel “Energieteelt in de Veenkoloniën”. Dit project behelsde een samenwerking met Duitsland en België en onderzocht de opbrengst van enkele maïsrassen, zonnebloemen en soedangras in relatie tot oogsttijdstip met als doel de droge stof opbrengst te maximaliseren. Het in 2007 gestarte onderzoeksproject wil een begin maken met een ontwikkeling waarbij de potenties voor de landbouwsector worden opgepakt en de vraagpunten worden geadresseerd. Het gaat hierbij om de volgende punten:

- Welke biomassaproductie biedt kansen voor het gebied en hoe kan meervoudig gewasgebruik vorm krijgen?
- Hoe moet deze productie in de bedrijfsvoering en het bouwplan ingepast worden?
 - Wat zijn de gevolgen voor bodemgezondheid?
 - Wat zijn de gevolgen voor de bodemkwaliteit en het organisch stofgehalte?
- Hoe kan de duurzaamheid zo goed mogelijk geborgd zijn?
 - Energie-efficiëntie (energiebalans input-output)
 - CO₂-emissie (netto CO₂-balans)
 - Economische efficiëntie (op termijn zonder subsidies)
 - Sociale duurzaamheid (landschap en maatschappelijke acceptatie), maar minder duidelijk meetbaar.

De uiteindelijke ambitie is om teeltsystemen te ontwikkelen die economisch, ecologisch, energetisch en sociaal duurzaam zijn voor de veenkoloniale zand- en dalgronden, waarbij maximale biomassa- en energie-efficiëntie wordt gekoppeld aan minimale emissie en maximaal economisch rendement binnen de sociale kaders. Op deze manier kan de landbouw een bijdrage gaan leveren aan milieudoelstellingen van de nationale overheid op terrein van broeikasgasemissie, toename van het gebruik van biotransportbrandstoffen en verhoging van het aandeel duurzame energiebronnen in Nederland. Hierbij ondersteunt het project de verhoging van de efficiëntie van het gebruik van biomassa als sleutel tot duurzame en betaalbare bio-energieproductie in Nederland zoals aangegeven door de werkgroep “Productie & Ontwikkeling van Biomassa” van het Platform Groene Grondstoffen.

Het projectvoorstel definieert op dit moment een gedetailleerd ontwikkelplan voor 2007 en geeft globale indicaties voor de jaren 2008 en 2009. Voor 2007 is gekozen voor biomassaproductie ten behoeve van covergisting. voor dit moment betreft dit voornamelijk maïs, maar in het onderzoek zal ook een alternatief opgenomen worden (in 2007 soedangras/sorghum; maar switchgras of andere gewassen kunnen ook mogelijke opties zijn).

Covergisting biedt een aantal voordelen:

- Met deze techniek kan afval omgezet worden in biogas, elektriciteit en warmte.
- Bij de langdurige opslag van mest wordt de broeikasgassen methaan en lachgas gevormd. Deze komen meestal gewoon in de atmosfeer terecht. Methaan is een gas dat als broeikasgas 21 keer sterker is dan koolstofdioxide. Via het vergisten worden deze emissies niet alleen vermeden, maar het methaan wordt daarenboven nog gebruikt om opnieuw energie uit te produceren.
- Het restproduct, digestaat, is weliswaar nog steeds een dierlijke meststof, maar heeft wel als voordeel dat de mineralen na toepassing een grotere beschikbaarheid hebben, waardoor emissies naar het grond- en oppervlaktewater verminderd kunnen worden.

- Het digestaat bevat nog steeds een zekere hoeveelheid effectieve organische stof dat kan helpen de organische stofbalans bij een grotere afvoer van organische stof als gevolg van productie van bio-energie in stand te houden.

Op basis van de resultaten uit het productieseizoen van 2007 worden vraagpunten specifiek en zal in samenhang met andere gebiedspartijen het ontwikkelpad verder voortgezet worden. Van belang is om aansluiting te hebben bij bestaande regionale netwerken rondom Biobased Economy en bio-energie (Bio-energie Noord, Energy Valley) en kennisuitwisseling tot stand te brengen met partners aan de Duitse zijde van de grens waar ontwikkelingen in de afgelopen jaren hard zijn gegaan en waaruit lering getrokken kan worden voor ontwikkelingen in Nederland.

In het voorliggende rapport worden de resultaten weergegeven van de proeven die in 2007 in het kader van het project “Energiekompas voor de veenkoloniën” zijn uitgevoerd.

2 Opzet en uitvoering onderzoek 2007

2.1 Opzet

De doelstellingen van het onderzoek in 2007 zijn geconcretiseerd tot de volgende vragen:

1. Wat zijn de meest geschikte gewassen en rassen vanuit het oogpunt van bioenergie en vanuit het oogpunt van meervoudig gewasgebruik (cascadering)?
→ In de praktijk wordt vooral maïs gebruikt als covergistingsmateriaal, maar het is nuttig de potentie van andere gewassen mee te nemen vanuit een integrale duurzaamheidsbenadering.
2. Wat is de invloed van bepaalde teeltmaatregelen op de duurzaamheid van biomassa voor bio-energie vanuit de gedachte om duurzaamheid te maximaliseren?
→ Hierbij zal tevens gedacht moeten worden aan de duurzaamheidscriteria van de commissie Cramer.
3. Wat zijn de gevolgen van inpassing van gewassen voor productie van bio-energie voor het Veenkoloniaal bouwplan? Worden met de introductie van een gewas niet andere problemen (aaltjes) geïntroduceerd dan wel verergerd?
4. Hoe kunnen de resultaten beschikbaar komen voor de praktijk en hoe kan vanuit het veld sturing worden gegeven op de aspecten die in onderzoek genomen worden?

Om op deze vragen een antwoord te geven is in 2007 aandacht besteed aan de volgende onderwerpen:

1. Geschiktheid van gewassen en rassen:
 - Teeltoptimalisatie van biogasmaïs en soedangras/sorghum
 - Invloed gewaskwaliteit op gasopbrengst waarbij gewasdelen (bijv kolf en stengel/blad bij maïs) apart benaderd worden om zodoende informatie te krijgen over de kwantitatieve potentie voor meervoudig gewasgebruik (cascadering).
 - Welke praktische mogelijkheden zijn er voor meervoudig gewasgebruik en welke ontwikkeltrajecten zijn nodig om deze potentie te benutten?
2. Invloed teeltmaatregelen op duurzaamheid:
 - Invloed van beregenen op de opbrengst en duurzaamheid van biogasmaïs.
 - Invloed van het gebruik van digestaat op de opbrengst en duurzaamheid van biogasmaïs.
 - Invloed van de biomassaproductie voor bio-energie op bodemvruchtbaarheid
3. Inpassing in het bouwplan:
 - Invloed van biogasmaïs op de populatiedynamica van *Pratylenchus spp* in het Veenkoloniale bouwplan.

2.2 Uitvoering

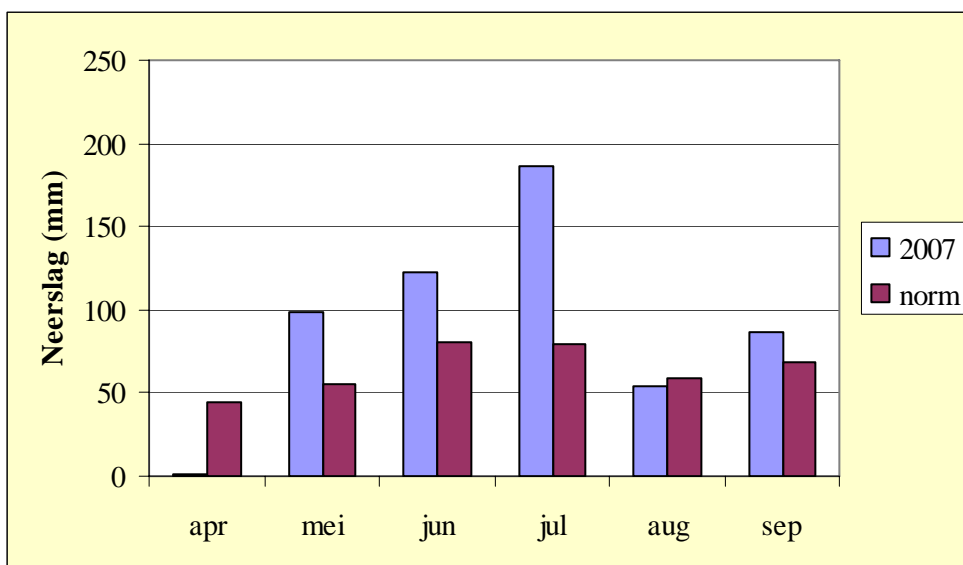
Op de PPO-onderzoekslocatie 't Kompas zijn in het voorjaar van 2007 hiervoor de onderstaande proeven aangelegd:

KP 9232	Teeltoptimalisatie biogasmaïs
KP 9233	Teeltoptimalisatie soedangras en sorghum
KP 9231	Kwaliteitsverbetering biogasmaïs
KP 9229	Toepassing digestaat op biogasmaïs
KP 9230	Berekening bij biogasmaïs, soedangras en sorghum
KP 9234	Biogasmaïs en vrijlevende aaltjes

De proeven waren gelegen op kavel 71v, met voorvrucht (zetmeel)aardappelen. Een overzicht van de proeven op kavel 71 is te vinden in bijlage 1. De meest recente bodemanalysecijfers van perceel 71v zijn te vinden in bijlage 2. In deze bijlage 2 zijn tevens de uitgevoerde teeltmaatregelen weergegeven.

Seizoenskenmerken

Het groeiseizoen 2007 kenmerkte zich door een zeer droge en warme periode die duurde van begin april tot halverwege mei. Het zaaien van de proeven in begin mei moest derhalve in zeer droge grond gebeuren. De opkomst was hierdoor wat traag. Half mei viel er echter voldoende neerslag voor een goede beginontwikkeling. Ook daarna volgde een aantal maanden waarin bovengemiddelde neerslaghoeveelheden vielen; met name juli was een zeer natte maand (figuur 2.1). De gematigde temperaturen en de ruime neerslaghoeveelheden zorgden echter voor een regelmatig groeiseizoen.



Figuur 2.1. Neerslaghoeveelheid op proefboerderij Valthermond in de periode april-september 2007.

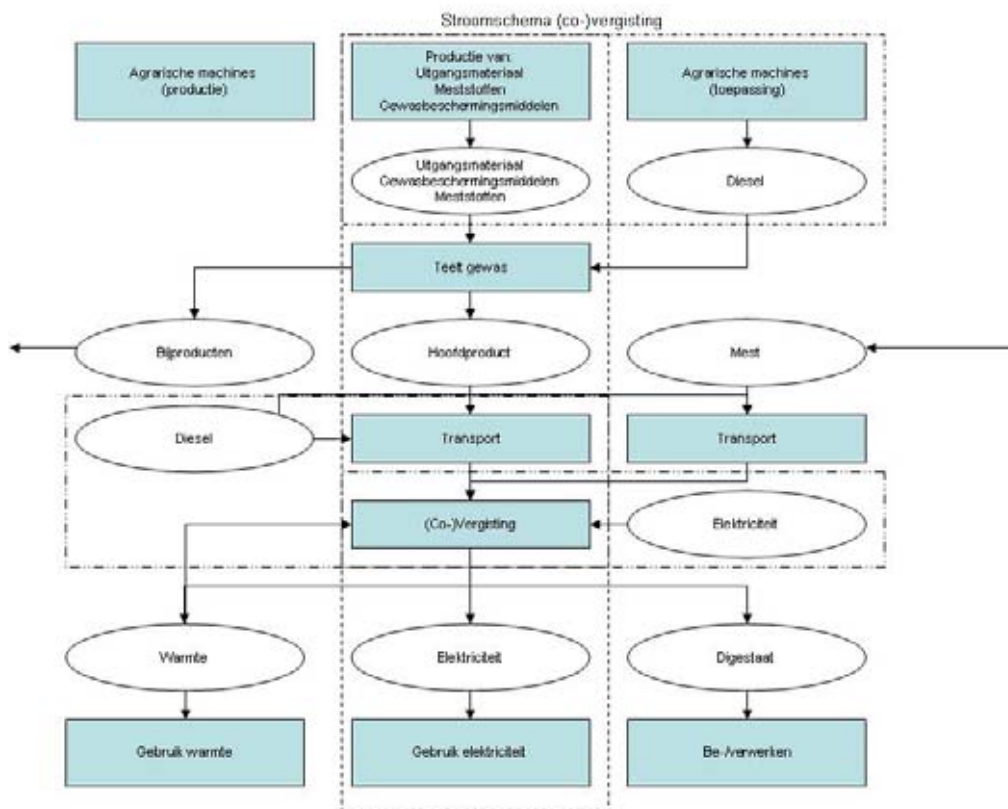
3 Uitgangspunten berekeningen

Bij de bespreking van de resultaten in de hierna volgende hoofdstukken wordt niet alleen ingegaan op de behaalde opbrengstenresultaten (droge stof en biogas) maar is ook gerekend aan de energie-efficiency en de reductie van de broeikasgasemissie van diverse rassen, teelten en teeltmaatregelen. In dit hoofdstuk wordt aangegeven wat de uitgangspunten zijn geweest bij deze berekeningen en hoe de resultaten geïnterpreteerd moeten worden.

3.1 Energiegebruik en broeikasgasemissies

In het kader van het project Energiekompas voor de Veenkoloniën zijn naast teeltonderzoek aan energiemais en soedangras ook de effecten op energieproductie, energiegebruik en broeikasgasemissies van deze gewassen bepaald. Voor het bepalen van het energiegebruik en de broeikasgasemissie en de omrekening tot een energie- en broeikasgasbalans is een eigen rekenmodel opgesteld. Hierbij zijn alle onderdelen van de teelt en de stappen in de keten van het energiegewas meegenomen. Deze stappen en de afbakening zijn te zien in het onderstaande stroomschema (figuur 3.1). De stippellijn in het schema geeft weer welke elementen in het rekenmodel zijn meegenomen. Op basis van de stappen in de teelt en in de keten zijn hieraan waarden (energie- en emissiefactoren) toegekend.

De berekening gaat uit van het energiegewas en de vergisting hiervan in een mestvergister. De effecten van het (co)vergisten van de mest zijn niet meegenomen. Dit wordt in andere studies (Zwart et al., 2006) belicht en het betreft ook in feite twee gescheiden grondstoffen voor de vergister. De berekeningen zijn opgesteld voor de activiteiten welke direct aan het energiegewas toegerekend kunnen worden.



Figuur 3.1. Stroomschema covergisting

Het schema geeft aan welke stappen in de keten voor de teelt en vergisting van het energiegewas zijn meegenomen.

Tabel 3.1 **Aspecten die zijn meegenomen in de berekeningen**

Ketenstap	Aspect
Teelt	Uitgangsmateriaal (Kunst)meststoffen Gewasbeschermingsmiddelen Diesel Loonwerk
Transport	Diesel
Vergisting	Bouwkosten Elektriciteitsverbruik
Transport	Afvoer digestaat

In de berekeningen is uitgegaan van een bestaande vergister. Daarom wordt de elektriciteitsproductie als uitgangspunt genomen. Productie van warmte en eventuele positieve effecten van het gebruik digestaat (vervanging kunstmest) zijn in de berekeningen buitenbeschouwing gelaten. Deze keuze is gebaseerd op het feit dat de bestaande vergisters in Nederland maar zeer beperkt gebruik maken van de warmte. De warmte wordt veelal niet of slechts deels nuttig gebruikt bij vergisters die onder de 'oude' MEP-subsidie zijn gebouwd. Het digestaat wordt over het algemeen afgezet als dierlijke mest. In bijlage 9 van dit rapport zijn de waarden (energie- en emissiefactoren) per stap met bron weergegeven.

Energiebalans

De energiebalans is het verschil tussen de (bruto) energieopbrengst aan elektriciteit enerzijds en het energieverbruik in de keten anderzijds. De energiebalans is in de eerste plaats afhankelijk van de (bruto) energieopbrengst, maar door de verschillen in energieverbruik tijdens de teelt en vergisting gaat de hoogste bruto energieopbrengst niet altijd samen met de hoogste netto energieopbrengst.

De energiebalans is uitgedrukt in een percentage. Het percentage is de hoeveelheid netto energie die er wordt opgewekt in verhouding tot de bruto opgewekte energie. Een percentage van bijvoorbeeld 70% geeft aan dat 70% van de opgewekte energie netto resteert en 30% aan energie is dus opgebruikt bij de teelt en vergisting van het energiegewas.

Broeikasgasbalans

Besparen van gebruik van fossiele energie leidt tot vermindering van de emissie van CO₂. Energieverbruik leidt op zijn beurt weer tot emissie van CO₂, zodat in analogie met de energiebalans een CO₂-balans opgesteld kan worden. De waarden op deze balans zijn ongeveer evenredig met de waarden op de energiebalans. Resultaten van de CO₂-berekeningen zijn weergegeven als percentage. Het percentage is de vermindering van broeikasgasemissie ten opzichte van de fossiele referentie van elektriciteit.

3.2 Economische berekeningen

Voor de verschillende energiegewassen, rassen en teeltsituaties zijn de teeltgegevens gebruikt om ook een saldoberekening per object te maken. In deze rapportage is voor de saldobepaling een afwijkende aanpak gehanteerd om een saldo te bepalen. Er is een saldo bepaald om de gewassen onderling te kunnen vergelijken op economische prestaties. Het belangrijkste verschil met 'reguliere' saldoberekeningen is de bepaling van de bruto geldopbrengst. Gebruikelijk is de opbrengst van het hoofdproduct (en evt. bijproduct) maal de marktprijs. In dit onderzoek is de prijs voor het hoofdproduct op een andere wijze bepaald. De reden hiervoor is dat de hoeveelheid product (vb. in kg) niet alles zegt voor vergisting. De biogasopbrengst (methaangas) is hiervoor belangrijker. In de berekening is de vergister niet opgenomen, hierdoor zijn de (vaste) kosten van de vergister en mechanisatie niet meegenomen. Het saldo is op de volgende wijze bepaald.

1. De hoeveelheid methaangas geeft een hoeveelheid elektriciteit per hectare. De hoeveelheid elektriciteit geeft per kWh een financiële opbrengst. Voor de berekeningen is uitgegaan van

bestaande vergisters. Deze zijn veelal gebouwd onder de MEP-subsidie regeling. De prijs per kWh ligt rond de 14,7 cent voor vergisters die onder de MEP-subsidie vallen (Kool et al., 2005). Op de financiële opbrengst aan elektriciteit worden de kosten voor het toedienen (voeren) van product aan de vergister in mindering gebracht. De kosten hiervan zijn gebaseerd op de gegevens van Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR, 2006) en berekend op basis van vers gewicht. Deze aanpak sluit aan bij eerdere onderzoeken naar mogelijke saldi voor covergistingsgewassen (Van der Voort et al., 2008).

2. In saldoberekeningen zitten geen vaste kosten verwerkt. Dit is het geval voor alle saldoberekeningen. De kosten van mechanisatie en gebouwen voor opslag maken dus nooit onderdeel uit van een saldoberekening. In de saldoberekening voor covergistingsgewassen (zoals het geval in dit onderzoek) dient, naast vaste kosten voor mechanisatie en gebouwen, rekening te worden gehouden met de vaste kosten van de vergister. Door deze andere insteek wordt daarom gesproken van een bruto saldo.
3. De berekening van het bruto saldo maakt de covergistingsgewassen onderling vergelijkbaar op financieel rendement. Wat een belangrijke vraag is in het kader van dit onderzoek.

Het saldo is door de gehanteerde uitgangspunten een theoretisch maximum haalbaar saldo. Het saldo op biogasopbrengst is bruikbaar voor bedrijven die zelf een vergister hebben en tevens covergistingsgewassen telen. Voor bedrijven met een vergister die coproduct kopen of akkerbouwers die telen voor een vergister moeten in de praktijk rekening houden met een lager saldo. Bedrijven die coproduct leveren aan vergister leveren kunnen beter een saldo bepalen op basis van marktprijs voor bijvoorbeeld een ton maïs. Voor de verschillende energiegewassen zijn de teeltgegevens gebruikt om een saldoberekening per object te maken. Voor het maken van een saldoberekening zijn, hierbij een aantal afwijkende uitgangspunten gehanteerd ten opzichte van saldoberekeningen in de KWIN 2006. De afwijkende insteek is gekozen om gewassen op financieel rendement te kunnen vergelijken. De gewassen kennen verschillen in gasopbrengst (elektriciteitsopbrengst) ten opzichte van teeltkosten.

Literatuur

- Zwart, K.B., Oudendag, D.A., Ehlert, P.A.I., Kuikman, P.J., Duurzaamheid co-vergisting van dierlijke mest, Alterra, Rapport 1437, ISSN 1556-7197, 2006
- Kool, Anton, Timmerman, Maikel, Boer, Herman de, Dooren, Hendrik-Jan van, Dun, Bas van, Tijmesen, Michiel, Kennisbundeling covergisting, CLM onderzoek en advies B.V., Culemborg, 2005
- Handreichung biogasgewinnung und -nutzung, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., Gülzow, 2006
- Voort, M.P.J. van der, Timmer, R.D., Geel, W. van, Runia, W., Corré, W.J., Economie van Energiegewassen, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V., rapport 32500608, april 2008

4 Kwaliteitsverbetering biogasmaïs

4.1 Inleiding

Voor een duurzame productie van biogas via vergisting is de economische duurzaamheid natuurlijk een belangrijke parameter. Momenteel is een productie van gas via vergisting zonder subsidies nog geen duurzame economische activiteit. Op termijn zullen we in ieder geval naar een rendabele biogasproductie zonder subsidies moeten. De productie van biogas en/of de elektriciteit hieruit zal dus efficiënter moeten. Hiertoe zijn verschillende mogelijkheden:

- Technische verbeteringen aan vergistingsinstallatie die het proces meer rendabel maken.
- Benutting van de vrijkomende warmte.
- Afzetten van biogas/methaangas richting transportbrandstof of levering op het aardgasnet.
- Verbetering van het vergistingsproces en daarmee het rendement.

Bij dit laatste punt valt te denken aan voorbewerking van het te vergisten product of aan toevoeging van enzymen. Maar ook de samenstelling (kwaliteit) van het te vergisten product zal van invloed zijn op de biogasproductie per dag.

In discussie met het Milieutechnologisch laboratorium van WUR in 2006, kwam naar voren dat vooral vet, zetmeel, suiker en eiwit bestanddelen zijn die vrij snel veel gas kunnen leveren. Ook bleek cellulose als zodanig ook snel veel gas te kunnen leveren, maar het probleem is dat deze in de celwanden zit opgesloten in verbinding met hemicellulose en lignine (houtstof). Hoewel het gehalte aan lignine in maïs laag is, kunnen deze moeilijk afbreekbare verbindingen veroorzaken. De afbreekbaarheid van stengel en blad is de vertragende factor in het vergistingsproces. De ontsluiting van koolstof wordt hierdoor vertraagd. De celwanden omsluiten ook de celinhoud, dus alvorens de celinhoud afbreekbaar is, zullen eerst deze celwanden geslecht moeten worden.

- Een hoog rendement, dus de productie van veel gas per dag uit de vergistingsinstallatie, kan mogelijk worden bevorderd door een hoge afbreekbaarheid van de celwanden. Er zijn interessante verschillen tussen rassen in celwandafbreekbaarheid.
- Uit onderzoek bij snijmaïs is daarnaast gebleken dat de celwandafbreekbaarheid gedurende het seizoen afneemt. De vraag hierbij is wat het effect van deze afname op de gasproductie is.
- De samenstelling van het geproduceerde biogas is van belang voor het rendement. Vet/olie blijkt niet alleen snel veel biogas te produceren maar ook bestaat 80% van het biogas uit methaangas, het gas waar het uiteindelijk omgaat. Biogas uit zetmeel bestaat voor slechts 50% uit methaangas. In dit kader is het interessant om te kijken wat de invloed is van het zetmeelgehalte op de biogas- en methaangasopbrengst.
- Ook zijn er specifieke high-oil maïsrassen. Rassen, die een hoger vetgehalte in de korrel hebben (12%) ten opzichte van standaard snijmaïsrassen (5-6%).
- Er is in de praktijk, maar vooral ook tussen diverse maïsveredelingsbedrijven, een discussie gaande of men zich bij de veredeling van biogasmaïs meer moet richten op droge stofopbrengst of ook op samenstelling van deze droge stof. Met andere woorden: richten op opbrengst of ook op de kwaliteit van het product? De hoogproductieve rassen zijn veelal latere rassen, die een langer groeiseizoen nodig hebben. Het drogestof- en zetmeelgehalte van deze rassen is meestal lager. De kwaliteitsrassen zijn veelal vroegere rassen, met een hoger drogestof- en zetmeelgehalte, maar veelal met een lagere droge stofopbrengst per hectare.

4.2 Opzet en uitvoering

Om meer inzicht te verkrijgen in de variatie die er bestaat in kwaliteit tussen de verschillende maïstypen, is er in 2007 een strokenproef aangelegd met 8 maïstypen en (ter vergelijking) 1 sorghumras (zie tabel 4.1). De

maïs is gezaaid op 4 mei. Om het verloop van de celwandverteerbaarheid in de tijd in relatie tot de vroegheid van het ras te kunnen beoordelen is er op 3 tijdstippen geoogst (18 september, 2 oktober, 15 oktober). De proef is in enkelvoud aangelegd, maar de oogsttijdstippen kunnen bij de analyse eventueel als herhalingen worden gezien. Het schema van de proef is weergegeven in bijlage 5.

Tabel 4.1. **Overzicht op kwaliteit onderzochte maïstypen in 2007.**

Type	Eigenschap
Biogasmaïs opbrengst	Relatief hoge opbrengst met lagere kwaliteit
Biogasmaïs kwaliteit	Relatief iets mindere opbrengst met hogere kwaliteit
Snijmaïs zetmeel	Zetmeeltype (relatief veel zetmeel en mindere celwandverteerbaarheid)
Snijmaïs celwand	Celwandtype (relatief weinig zetmeel en hogere celwandverteerbaarheid)
Highoil maïs	Relatief late maïs, met relatief hoog vetgehalte in de korrel
Maïs CWLO	Maïspopulatie met lage celwandverteerbaarheid
Maïs CWHI	Maïspopulatie met hoge celwandverteerbaarheid
Uitstoelingsmaïs	Veel zijstengels, veel gewas/weinig kolf, hoge celwandverteerbaarheid
Primsilo	sorghum (bladtype)

Het onkruid is bestreden met één bespuiting op 8 juni, wat afdoende was. De gebruikte mix bestond uit 1.0 ltr. Mikado + 0.8 ltr. Samson+ 0.35 ltr. Starane + 0.9 ltr Frontier Optima. Met name de maïspopulaties CWHI en CWLO leken meer gevoelig voor deze mix van middelen. Dit heeft met grote waarschijnlijkheid de opbrengst van deze objecten negatief beïnvloed en mogelijk daardoor ook de kwaliteit. Gemiddeld genomen waren de groeiomstandigheden in 2007 gemiddeld voor dit gebied. Rond zaai was het nog droog en warm, maar juni, juli, augustus waren overwegend nat met gemiddeld tot hoge temperaturen. Al met al was het geen heel vroeg jaar, wat ook te zien is aan de drogestofgehalten waarbij geoogst is.

De plots bestonden uit 6 rijige veldjes. Bij elke oogst zijn de 2 middelste rijen (3+4) met de proefveldhakselaar van het PPO geoogst. Hiermee zijn monsters van totaal gewas verkregen. Vervolgens zijn bij elk object de planten in rij 2 en 5 ontdaan van de kolven, waarna ook deze 2 rijen (dus stengel zonder kolf) zijn gehakseld. De kolven (korrel en spil) zijn daarna met de hand in de proefveldhakselaar ingevoerd. Alle verse opbrengsten zijn gewogen en tijdens het hakselen is er automatische een monster genomen. Dus een apart monster van gewas, kolf en plant. De monsters zijn vervolgens per oogsttijdstip door Agrarisch Laboratorium Noord Nederland (ALNN) geanalyseerd op chemische samenstelling. Ten eerste het drogestofgehalte en vervolgens hierin de gehalten aan ruweiwit, ruwe celstof, ruw as (en dus organische stofgehalte), suiker, zetmeel, NDF (celwand), ADF, ADL (lignine). Tot slot zijn de kwaliteitsparameters verteringscoëfficiënt van de organische stof (VC-os) en van de celwanden (NDFvert) bepaald. Het ruwasgehalte, het drogestofgehalte, het celwandgehalte en de celwandverteerbaarheid (van Soest) zijn klassiek bepaald. De rest is bepaald met NIRS. Uit VC-os en het ruwasgehalte is de VEM (energiewaarde voor melkkoeien) berekend.

Monsters voor gasanalyse:

Alle gewasmonsters van oogst 1, 2 en 3 zijn, nadat het drogestofgehalte bepaald is, per object opgedeeld in 2 delen. Het ene deel is gemalen, waaraan de bovengenoemde kwaliteitsparameters zijn bepaald bij ALNN. Het andere deel is niet gemalen. Dit tweede monster (gehakseld en gedroogd - niet gemalen) is bewaard bij ALNN en na afloop van alle oogsten opgestuurd naar Lettinga Associates Foundation (LeAF) te Wageningen. In duplo is hier de potentiële biogasproductie en de snelheid van gasproductie bepaald ($K^{(d-1)}$, verder aangegeven als Kd), volgens methodiek zoals omschreven in hoofdstuk 3 en bijlage 9. Ook is in duplo het percentage methaangas (CH₄) in de biogas bepaald.

Om effecten goed te kunnen beoordelen zijn zowel snelheid van gasproductie als totale gasproductie van het gewas (stengel+kolf) bepaald. De maïs is niet gemalen, omdat de snelheid van gasproductie wordt beïnvloed door de grootte van de deeltjes.

Alleen bij oogst 2 zijn ook de monsters van alleen de kolf (korrel+spil) en alleen de plant geanalyseerd op gasproductie en snelheid van gasproductie. Bij oogst 1 en 3 is de gasproductie en snelheid hiervan bepaald aan de kolven van object "highoil" en aan de plant van objecten "cwhi" en "cwlo". Omdat het gewas Primsilo geen zaad vormde hebben we hier alleen gewas met monsters en dus geen opsplitsing naar kolf en plant.

Tevens zijn de opbrengst per plantonderdeel (kolf, stengel/blad, gehele plant) bepaald. Hoewel geen hoofddoel van deze proef komt hiermee informatie beschikbaar, die gebruikt kan worden (slechts een inschatting) in het kader van cascadering en meervoudig gebruik van gewassen. De maïskolf zou gebruikt kunnen worden voor bio-ethanol, voor voer of voor zetmeelproductie (AVEBE); de rest van de plant zou verstoekt kunnen worden in elektriciteitscentrales, gebruikt worden voor bouwmaterialen, 2e generatie biobrandstof of voor de organische stofvoorziening van de bodem.

4.3 Resultaten

Voor dit onderzoek zijn met name de invloed van de chemische samenstelling van maïstypen op de kwaliteitsparameters biogasproductie per ton os, het methaangehalte en de snelheid van vergisting (kd) van belang. In paragraaf 4.3.1 zal de chemische samenstelling worden weergegeven en in 4.3.2 de biogasparameters. Vervolgens zal in paragraaf 4.3.3 de eventuele correlaties tussen deze parameters en de chemische samenstelling worden aangegeven. In 4.3.4 zal waar mogelijk, hoewel geen hoofddoel van het onderzoek in 2007, de productie per ha worden weergegeven, waarmee er mogelijk indicaties komen voor de invloed van het maïstype op kolf- en plantopbrengst, in het kader van cascadering. Hierop aansluitend zal in 4.3.5, waar mogelijk, indicatief gekeken worden naar de energetische, milieukundige en economische efficiëntie. In alle paragrafen is er zowel aandacht voor het gehele gewas (plant+kolf), voor de plant (stengel+blad) en voor de kolf (korrel+spil).

4.3.1 Chemische samenstelling

Om een idee te krijgen van de chemische samenstelling van de uiteenlopende maïstypen in 2007 wordt deze in onderstaande tabellen 4.2 tot en met 4.4 weergegeven.

Tabel 4.2 **Drogestofgehalte, Ruw asgehalte, Organische stofgehalte, Ruw eiwitgehalte en Ruwe celstof van gewas, kolf en plant. (gemiddelden oogst 1, 2, 3 zijn exclusief PRIM).**

Maïstype	Deelplant Oogstdd	Ds%			Ruw as (gr/kg)			Os% (=100-ruwas%)			RE (gr/kg)			RC (gr/kg)		
		gewas	kolf	plant	gewas	kolf	plant	gewas	kolf	plant	gewas	kolf	plant	gewas	kolf	plant
BGKW	oogst1	23.4	35.4	19.7	36	17	45	96.4	98.3	95.5	71	60	69	219	152	287
	oogst2	28.5	43.3	19.9	34	14	49	96.6	98.6	95.1	66	64	60	204	120	310
	oogst3	28.3	48	19.8	42	20	60	95.8	98	94	72	71	67	196	105	330
BGOP	oogst1	20.8	32.5	18.4	35	16	49	96.5	98.4	95.1	66	57	64	237	163	302
	oogst2	23.6	40.7	18.5	37	14	49	96.3	98.6	95.1	68	58	57	222	134	344
	oogst3	25.8	46.4	20.2	44	15	64	95.6	98.5	93.6	72	69	61	221	96	358
CWHI	oogst1	22.6	64.2	19.2	44	17	57	95.6	98.3	94.3	86	71	82	197	152	286
	oogst2	30.2	49.8	20.8	37	16	57	96.3	98.4	94.3	80	77	79	189	115	298
	oogst3	33.3	50	23.4	39	21	80	96.1	97.9	92	85	72	85	176	149	340
CWL0	oogst1	21.8	43.5	17.4	43	16	61	95.7	98.4	93.9	91	74	80	206	153	295
	oogst2	27.4	49.1	20.4	40	15	63	96	98.5	93.7	84	75	85	199	129	299
	oogst3	31.6	51.9	24.1	38	20	77	96.2	98	92.3	89	73	88	191	138	333
HO	oogst1	20	20.7	18.3	39	18	46	96.1	98.2	95.4	79	78	78	223	136	271
	oogst2	26.2	45.4	17.6	38	16	57	96.2	98.4	94.3	79	72	75	209	130	294
	oogst3	23.8	47.9	17.8	40	22	70	96	97.8	93	79	77	78	222	118	326
PRIM	oogst1	24.2	*	*	43	*	*	95.7	*	*	75	*	*	275	*	*
	oogst2	27.2	*	*	40	*	*	96	*	*	65	*	*	267	*	*
	oogst3	25.8	*	*	49	*	*	95.1	*	*	86	*	*	263	*	*
SMCW	oogst1	22.6	40.9	18.5	35	16	46	96.5	98.4	95.4	73	65	75	224	150	283
	oogst2	26.6	48.2	19	33	14	56	96.7	98.6	94.4	68	64	70	195	117	313
	oogst3	29.9	51	20.2	32	19	67	96.8	98.1	93.3	72	68	70	188	114	350
SMZM	oogst1	22.2	40.6	17.2	34	15	51	96.6	98.5	94.9	77	67	75	209	122	306
	oogst2	29.6	48.3	19.3	28	12	53	97.2	98.8	94.7	67	60	67	188	98	350
	oogst3	33.1	53.2	21.9	35	18	65	96.5	98.2	93.5	73	68	66	174	87	368
UITST	oogst1	15.6	27.2	15.1	49	19	59	95.1	98.1	94.1	83	71	77	237	159	269
	oogst2	17.7	30.7	15.9	50	16	55	95	98.4	94.5	76	66	74	237	157	291
	oogst3	17.6	33.8	16.5	58	22	72	94.2	97.8	92.8	85	69	83	240	152	308
gemiddeld	oogst1	21.1	38.1	18.0	39	17	52	96.1	98.3	94.8	78	68	75	219	148	287
gemiddeld	oogst2	26.2	44.4	18.9	37	15	55	96.3	98.5	94.5	74	67	71	205	125	312
gemiddeld	oogst3	27.9	47.8	20.5	41	20	69	95.9	98.0	93.1	78	71	75	201	120	339

PRIM: In het sorghum ras Primsilo ontwikkelde zich geen zaad, vandaar dat deze niet op te splitsen was in zaad (kolf) en plant.

Drogestofgehalte

Er zijn duidelijke verschillen tussen de maïstypen en tussen de gewasdelen (gewas, kolf, plant). Voor een goed inkuilproces is minimaal 28% drogestof in het gewas vereist. De meeste maïstypen hadden een laag ds%. Pas bij het 3^e oogsttijdstip was het gemiddelde ds% 27.9%. Dit werd ook veroorzaakt door de lage gehalten van de in Nederland niet commerciële typen Prim, HO, UITST. De commerciële maïstypen BGKW, SMCW en SMZM bereikten bij 2^e en 3^e oogst wel de 28%. BGOP lukte dit niet, dit ras is eigenlijk te laat voor de teelt in Noordoost Nederland. Het type UITST bevat weinig kolf (zie tabel 4.5 in paragraaf 4.3.2) en heeft daardoor ook een zeer laag ds% in het gewas. Wat ook duidelijk is, is het hogere ds% van de kolf en het lagere ds% van de plant. In het kader van cascadering kan dit nog wel eens een probleem opleveren. Bij het apart inkuilen van alleen de plant met een ds% van ca. 20% zijn er aanzienlijke perssapverliezen te verwachten. Bij CWHI en CWLO nam het ds% in gewas en plant ook toe door enige Fusarium aantasting.

Ruwasgehalte en organische stofgehalte

Het ruwasgehalte bij maïs is relatief laag (4%), dit betekent tegelijk dat maïs een relatief hoog organische stofgehalte heeft van rond 96%. In de kolf is het organische stofgehalte zelfs 98-99% en in de plant bijna 95%. Bij latere oogst lijkt os% met name in de plant af te nemen, wellicht door het afnemen van het suikergehalte. In de typen PRIM en UITST is organische stofgehalte in het gewas relatief laag vanwege het ontbreken van de kolf of het lage kolfaandeel.

Ruweiwitgehalte

Het eiwitgehalte in het maïsgewas ligt gemiddeld rond de 7.5% en is in de kolf iets lager dan in de plant. Over de maïstypen ligt de range tussen 6.8 en 8.8%. De variatie is dus gering.

Ruwe celstof

Het gemiddelde ruwe celstof in het maïsgewas is 21.5%. Er is een duidelijk verschil tussen maïstypen en plantendelen. Met name bij PRIM en UITST is er een hoog gehalte. In de kolf is het ruwe celstofgehalte slechts 13% en in de plant rond de 30%. Doordat er meer of minder zetmeel (kolf) geproduceerd wordt is het ruwe celstofgehalte hoger of lager. Daarom ook neemt bij latere oogsten het ruwe celstofgehalte in de kolf af en in de plant toe. Dit resulteert in een geringe afname in het gewas bij later oogsten. Wat opvalt zijn de hoge ruwe celstofgehalten in de plant van BGOP en SMZM.

NDF – celwandgehalte (klassiek)

Het celwandgehalte in het maïsgewas ligt gemiddeld rond de 45% (450 gr/kg). Tussen maïstypen, plantendelen en oogsttijdstip zijn verschillen in celwandgehalte gevonden. Met name de typen zonder of met weinig kolf hebben de hoogste celwandgehalten. Opvallend is ook het hoge gehalte van BGOP en het lage gehalte van SMZM. Door een toename van het zetmeelgehalte tijdens het groeiseizoen, neemt door verdunning het celwandgehalte af. Met name in de kolf is dit te zien. In de plant neemt het celwandgehalte toe, doordat er suikers uit de plant omgezet worden naar zetmeel in de kolf. Aan het eind van het seizoen neemt ook de productie van nieuwe suikers in de plant af. Interessant is het lage celwandgehalte in de plant van het type UITST, waarschijnlijk ligt hier een relatie met het hoge suikergehalte in de plant van dit type.

ADFgehalte (Acid detergent fibre)

In de celwanden (NDF) zitten hemi-cellulose, cellulose en lignine. Het ADFgehalte wordt gevormd door de cellulose en de lignine. Logischerwijs houdt door zetmeeltoename de ontwikkeling van het ADF-gehalte tijdens het groeiseizoen gelijke tred met het NDFgehalte. Een maïsgewas heeft gemiddeld rond de 25% ADF. In de kolf zit rond de 15% ADF en in de plant rond de 35-40% ADF. Dezelfde typen als bij de NDF hebben hier een hoog of laag gehalte.

ADL-gehalte (Ligninegehalte)

Lignine is de houtstof dat zich in maïs bevindt voor de stevigheid van de plant, maar deze is in een verterings- of vergistingsproces niet tot zeer slecht afbreekbaar. Het ligninegehalte in een maïsgewas is gemiddeld met iets meer dan 2% laag. Het gehalte in de kolf ligt rond 1% en in de plant rond 3%. Ook het ligninegehalte houdt gedurende het groeiseizoen gelijke tred met het NDF-gehalte. Wat opvalt is het relatief lage ligninegehalte in de plant van het type UITST.

Tabel 4.3. **Celwandgehalte (NDF), ADF-gehalte, ADL (lignine)-gehalte, NDF na incubatie (onverteerbare celwanden) en NDF verteerbaarheid van gewas, kolf en plant (gemiddelden oogst 1, 2, 3 zijn exclusief PRIM).**

Maistype	Deelplant Oogstdd	NDFklassiek (gr/kg)			ADF (gr/kg)			ADL (gr/kg)			NDFna- <i>incubatie</i> (gr/kg)			NDFverteerbaarheid (%)		
		gewas	kolf	plant	gewas	kolf	plant	gewas	kolf	plant	gewas	kolf	plant	gewas	kolf	plant
BGKW	oogst1	473	388	605	254	179	334	21	12	28	212	123	282	55.2	68.2	53.3
	oogst2	441	313	631	239	142	361	19	10	30	203	117	294	54	62.6	53.4
	oogst3	424	276	682	232	123	394	19	8	35	205	109	338	51.7	60.4	50.4
BGOP	oogst1	511	431	625	276	189	353	22	12	29	236	136	306	53.8	68.4	51.1
	oogst2	477	351	678	265	157	404	23	10	34	235	113	338	50.7	67.9	50.2
	oogst3	465	260	729	264	114	430	22	7	38	224	107	381	51.8	59	47.8
CWHI	oogst1	440	394	611	233	182	331	21	14	30	195	162	269	55.7	58.9	55.9
	oogst2	428	300	626	226	140	349	21	12	31	196	118	297	54.3	60.8	52.6
	oogst3	395	403	710	214	180	406	21	16	40	193	177	340	51	56.1	52.2
CWLO	oogst1	469	398	619	244	182	345	23	15	31	227	157	299	51.6	60.4	51.7
	oogst2	445	348	635	238	155	352	23	13	33	230	165	316	48.3	52.4	50.2
	oogst3	421	369	690	231	168	396	23	15	39	243	178	401	42.2	51.7	41.9
HO	oogst1	467	316	578	259	163	314	21	13	27	228	137	270	51.1	56.8	53.4
	oogst2	452	311	610	244	156	342	20	11	30	218	129	296	51.7	58.7	51.4
	oogst3	457	269	680	264	138	387	22	9	36	235	121	356	48.6	54.8	47.6
PRIM	oogst1	581	*	*	328	*	*	28	*	*	320	*	*	45	*	*
	oogst2	565	*	*	316	*	*	25	*	*	326	*	*	42.3	*	*
	oogst3	546	*	*	309	*	*	26	*	*	304	*	*	44.2	*	*
SMCW	oogst1	483	380	604	262	175	330	22	12	28	203	117	249	57.9	69.3	58.8
	oogst2	427	294	654	230	137	364	19	9	32	188	104	284	56.1	64.7	56.5
	oogst3	401	294	727	223	135	414	19	9	37	180	108	334	55.1	63.4	54
SMZM	oogst1	451	302	651	244	142	359	21	10	32	204	117	283	54.9	61.2	56.5
	oogst2	409	253	717	224	112	414	19	6	38	198	94	329	51.6	62.9	54.1
	oogst3	376	230	746	208	102	439	18	7	41	183	98	361	51.4	57.5	51.5
UITST	oogst1	546	443	556	265	179	305	21	12	23	146	85	164	73.3	80.8	70.5
	oogst2	506	430	593	266	179	329	20	11	26	145	82	179	71.4	80.9	69.8
	oogst3	517	428	657	278	177	355	23	12	30	164	85	199	68.3	80	69.7
gemiddeld	oogst1	480	382	606	255	174	334	22	13	29	206	129	265	56.7	65.5	56.4
gemiddeld	oogst2	448	325	643	242	147	364	21	10	32	202	115	292	54.8	63.9	54.8
gemiddeld	oogst3	432	316	703	239	142	403	21	10	37	203	123	339	52.5	60.4	51.9

*NDF-na-*incubatie* (onverteerbare celwanden)*

Het celwandgehalte dat overblijft nadat een hoeveelheid maïs is verteert onder invloed van pensvocht, is de NDF-na-*incubatie*. Dit is dus de onverteerbare celwand. De methode die hiervoor is gebruikt is de methode “van Soest”. In wezen bepaald deze methodiek de hoeveelheid onverteerbare celwanden voor herkauwers. Het gemiddelde onverteerbare celwandgehalte in het gewas is 204 gr/kg ds en in de kolf en plant resp. 122 en 299 gr/kg ds.

Tussen maïstypen zitten grote verschillen. Opvallend is het extreem lage gehalte aan onverteerbare celwanden in het gewas van het type UITST. Verder valt het lage gehalte van BGKW ten opzichte van BGOP, CWHI ten opzichte van CWLO en verder is SMCW iets lager dan SMZM. In de plant zijn deze verschillen nog opmerkelijker.

Gedurende het oogstseizoen is er op gewasniveau een vrij constante hoeveelheid onverteerbare celwand. Binnen de plant is er echter een toename. Op gewasniveau wordt de verdund door de toename van het zetmeelgehalte. Op plantniveau is deze verdunning er juist niet. Doordat de celwanden verouderen worden deze minder verteerbaar en daarnaast worden suikers uit de plant omgevormd naar zetmeel in de kolf. Er ontstaat dan juist een verdikking van de onverteerbare celwanden. In de kolf is er een geringe afname tijdens het oogstseizoen, maar consistent is dit niet. De veroudering van de spil zal hierin ook een rol spelen. Ook opvallend is het hoge gehalte in de sorghum (PRIM), met name veroorzaakt doordat deze geheel uit plant bestaat.

NDFverteerbaarheid

De NDF-verteerbaarheid is dat percentage van de celwanden dat na *incubatie* met pensvocht verteert is, dus afgeleid van NDFgehalte en NDFgehalte-na-*incubatie*. Gemiddeld is de celwandverteerbaarheid in het gewas rond de 55%, in de kolf rond 63% en in de plant rond 54%. Opvallend hier de hoge celwandverteerbaarheid van het type UITST. Verder zijn er duidelijke verschillen tussen CWHI en CWLO, BGKW en BGOP, SMCW en SMZM. Wat opvalt is dat de celwandverteerbaarheid gedurende het

oogstseizoen afneemt. Bij het type UITST is deze afname gering. Het lijkt haast dat de afname gedurende het oogstseizoen bij typen met een hoge celwandverteerbaarheid geringer is dan bij typen met een mindere celwandverteerbaarheid. Opvallend is de matige celwandverteerbaarheid van de sorghum (PRIM), deze bestaat alleen uit plant, maar in vergelijking tot de maisplant is de celwandverteerbaarheid hiervan geringer.

Suiker- en Zetmeelgehalte

Vanaf de bloei worden suikers vanuit de plant opgeslagen als zetmeel in de korrels. Er is dan een continu proces van productie van suikers door de groene bladeren en omzetting hiervan naar zetmeel. Rond de bloei is het suikergehalte in de plant hoog. Daarna neemt deze geleidelijk af doordat dit als zetmeel in de korrel wordt vastgelegd, maar er wordt ook continu nog suiker bij geproduceerd. In de resultaten is ook duidelijk te zien dat het zetmeelgehalte in het oogstseizoen toeneemt en het suikergehalte verder afneemt. Het suikergehalte neemt aan het eind extra af, omdat het gewas verouderd en dus minder suiker produceert en ook een eventuele stengelrot (Fusarium) aantasting geeft een versnelde afname van het suikergehalte. Dat er zowel suiker in de kolf en zetmeel in de plant worden gevonden is logisch omdat er ook tussenproducten van suiker en zetmeel zijn, die door de gebruikelijke analysemethoden niet goed te scheiden zijn.

Tabel 4.4. **Zetmeelgehalte, Suikergehalte, Verteringscoëfficiënt organische stof (VC-os) en Voedereenheden melk (VEM/kgds) van gewas, kolf en plant per maïstype, per oogsttijd en gemiddeld over de typen per oogsttijd. Gemiddelden per oogsttijdstip exclusief PRIM).**

Maïstype	Deelplant Oogstdd	Zetmeel (gr/kg)			Suiker (gr/kg)			VC-os (%)			VEM/kgds		
		gewas	kolf	plant	gewas	kolf	plant	gewas	kolf	plant	gewas	kolf	plant
BGKW	oogst1	180	354	36	147	101	172	74.9	82.5	68.9	959	1103	858
	oogst2	259	448	32	108	63	157	75.9	83.5	65.9	977	1123	809
	oogst3	286	502	43	59	35	51	75.4	83.8	62.2	961	1121	746
BGOP	oogst1	155	314	32	151	115	163	73.1	83.6	67.2	931	1123	828
	oogst2	244	411	18	98	73	130	72.6	83.7	61.6	922	1126	746
	oogst3	263	510	54	49	35	30	72.7	84.6	58.6	917	1140	690
CWHI	oogst1	244	371	49	96	80	129	75.4	79.6	68	959	1054	833
	oogst2	298	484	61	72	48	113	75.8	82.1	65.3	973	1098	794
	oogst3	350	430	53	20	22	16	75.1	78.6	58.2	960	1033	673
CWLO	oogst1	222	375	49	93	75	124	73.9	79.1	66	936	1047	801
	oogst2	283	454	71	72	47	96	73.6	80.4	64	935	1070	770
	oogst3	312	450	49	27	23	22	73.1	78.7	58.5	929	1036	680
HO	oogst1	164	390	43	143	90	175	72.8	80.8	68.9	924	1073	856
	oogst2	229	438	46	122	74	147	73.8	80.1	65.7	940	1064	800
	oogst3	231	470	43	63	43	63	70.5	80.1	59.8	887	1057	703
PRIM	oogst1	53	*	*	128	*	*	66.5	*	*	822	*	*
	oogst2	67	*	*	150	*	*	67.7	*	*	844	*	*
	oogst3	52	*	*	103	*	*	66.8	*	*	822	*	*
SMCW	oogst1	196	378	48	115	88	151	75.2	82.2	70	965	1099	874
	oogst2	290	473	34	95	60	127	76.9	83.1	66.7	995	1116	815
	oogst3	329	492	27	47	32	38	76.4	82.6	62.4	988	1102	743
SMZM	oogst1	239	434	50	100	94	114	74.7	83.6	65.6	959	1123	803
	oogst2	335	528	38	58	52	63	75.9	84.5	59.1	984	1143	707
	oogst3	387	560	44	31	27	17	76.1	84.3	56.5	979	1133	661
UITST	oogst1	67	282	15	175	117	189	77.7	85.1	75.5	990	1145	945
	oogst2	108	324	8	149	79	165	78.5	84.4	73.3	1002	1135	916
	oogst3	146	354	10	54	38	73	75.9	83.8	70.8	953	1120	861
gemiddeld	oogst1	183	362	40	128	95	152	74.7	82.1	68.8	953	1096	850
gemiddeld	oogst2	256	445	39	97	62	125	75.4	82.7	65.2	966	1109	795
gemiddeld	oogst3	288	471	40	44	32	39	74.4	82.1	60.9	947	1093	720

Opvallend te constateren dat de type UITST in het gewas relatief weinig zetmeel bevat. Dit type produceert veel plant en weinig kolf. Het type SMZM bevat zoals verwacht inderdaad veel zetmeel. Ook is waar te nemen dat BGKW een hoger zetmeelgehalte heeft dan BGOP. Vreemd is dat CWHI hoger zetmeelgehalte heeft dan CWLO. De verwachting was dat dit hetzelfde zou zijn. Mogelijk heeft de onkruidbestrijding dit type zwaardere schade toegebracht dan het CWHI type.

Verteringscoëfficiënt organische stof (VC-os) en Voederwaarde (VEM/kgds)

De voederwaarde wordt berekend uit de VC-os en het ruwe asgehalte. Vandaar dat de voederwaarde en de VC-os sterk met elkaar overeenkomen. Het zijn waarderingen voor melkproducerende herkauwers. Logisch

dat kolf een veel hogere verteringscoëfficiënt en VEM/kg ds heeft dan de plant, omdat zowel ndf-verteerbaarheid als ook het zetmeelgehalte van de kolf hoger is dan van de plant.

4.3.2 Biogasparameters

De kwaliteitparameters voor de biogasproductie uit een bepaalde biomassa zijn te herleiden tot de biogasproductie per ton organische stof (m³/ton of ltr/kg os), het methaangehalte in de biogas en de snelheid van gasproductie. De methaanproductie per kg of ton organische stof is vervolgens afgeleid van de biogasproductie en het methaangehalte. Uit kosten overweging hebben we ons hier beperkt tot alle gewas monsters van de typen en de kolf en plant monsters van het 2^e oogsttijdstip (2 oktober). Per rastype worden de parameters hieronder in tabel 4.5 weergegeven.

Tabel 4.5 **Biogasproductie per ton organische stof (m³/ton os), het methaangehalte (%), de snelheid van gasproductie (Kd) en de methaangasproductie per ton organische stof (m³/ton os) van maïstypen (gewas) per oogsttijdstip. Bij oogsttijdstip 2 ook opgespitst naar kolf en plant per maïstype. Gemiddelden per oogsttijdstip exclusief PRIM.**

Maïstype	Deelplant	Biogas m ³ /ton os			CH ₄ %			Kd (snelheid gasproductie)			CH ₄ m ³ /tonos		
		gewas	kolf	plant	gewas	kolf	plant	gewas	kolf	plant	gewas	kolf	plant
Oogstdd													
BGKW	oogst1	538	*	*	56.5	*	*	0.19	*	*	304	*	*
	oogst2	557	671	492	53.7	52.4	53.8	0.10	0.18	0.13	299	351	264
	oogst3	591	*	*	57.8	*	*	0.18	*	*	342	*	*
BGOP	oogst1	489	*	*	55.0	*	*	0.16	*	*	269	*	*
	oogst2	538	673	467	57.7	54.4	55.3	0.17	0.21	0.11	311	366	258
	oogst3	531	*	*	59.3	*	*	0.18	*	*	315	*	*
CWHI	oogst1	535	*	438	58.0	*	55.1	0.18	*	0.12	310	*	241
	oogst2	606	664	410	57.2	56.4	55.8	0.15	0.17	0.12	346	374	229
	oogst3	604	*	550	55.6	*	55.3	0.13	*	0.07	336	*	304
CWLO	oogst1	539	*	414	53.5	*	56.2	0.14	*	0.13	288	*	233
	oogst2	534	633	402	56.5	56.1	56.3	0.13	0.18	0.12	301	355	226
	oogst3	577	*	445	55.9	*	54.4	0.13	*	0.10	323	*	242
HO	oogst1	442	589	*	56.2	55.8	*	0.17	0.22	*	249	328	*
	oogst2	464	669	435	55.5	57.4	54.6	0.12	0.19	0.11	258	384	237
	oogst3	561	708	*	58.5	57.4	*	0.16	0.18	*	328	406	*
PRIM	oogst1	452	*	*	54.7	*	*	0.15	*	*	247	*	*
	oogst2	496	*	*	56.4	*	*	0.13	*	*	280	*	*
	oogst3	477	*	*	60.7	*	*	0.14	*	*	290	*	*
SMCW	oogst1	561	*	*	57.4	*	*	0.20	*	*	322	*	*
	oogst2	596	706	423	57.3	56.1	55.8	0.16	0.18	0.13	342	396	236
	oogst3	550	*	*	60.8	*	*	0.19	*	*	334	*	*
SMZM	oogst1	525	*	*	54.4	*	*	0.14	*	*	286	*	*
	oogst2	559	725	430	55.6	56.2	55.0	0.14	0.18	0.09	311	407	237
	oogst3	530	*	*	62.4	*	*	0.21	*	*	331	*	*
UITST	oogst1	547	*	*	56.7	*	*	0.16	*	*	310	*	*
	oogst2	569	677	520	55.3	54.7	54.0	0.15	0.19	0.13	315	370	281
	oogst3	522	*	*	59.8	*	*	0.19	*	*	312	*	*
gemiddeld	oogst1	522	*	*	56.0	*	*	0.17	*	*	292	*	*
gemiddeld	oogst2	553	677	447	56.1	55.5	55.1	0.14	0.18	0.12	310	376	246
gemiddeld	oogst3	558	*	*	58.8	*	*	0.17	*	*	328	*	*

(gemiddelden exclusief Prim)

Biogas m³/ton os

Gemiddeld over de maïstypen (excl. PRIM) en over de oogsttijdstippen levert maïs gemiddeld in deze proef 544 m³ biogas per ton os. Er zijn duidelijke verschillen tussen rastypen die gemiddeld over de oogsttijdstippen uiteenlopen van 489 m³ voor het HO-type tot 582 m³ voor het CWHI-type. Dat is toch bijna 100 m³ per ton organische stof.

Bij oogst 2 levert de kolf gemiddeld 677 m³ per ton organische stof, de plant 447 m³ per ton en totale gewas komt daarmee op 553 m³/ton os.

Bij latere oogst lijkt de biogasproductie per ton os toe te nemen, maar tussen oogst 2 en 3 zit weinig verschil. Ene type bij 3^e oogst lagere gasproductie dan bij 2^e oogst, andere type juist iets hogere gasproductie bij 3^e oogst. Opvallend is de hoge gasproductie uit de plant van het type UITST. Mogelijk is dit

veroorzaakt door het lagere celwandgehalte, de hogere celwandverteerbaarheid en/of het hogere suikergehalte in de plant.

Het HO-type geeft bij latere oogst meer gas uit de kolf. Dit zou te maken kunnen hebben met het hogere oliegehalte in de korrel, dat gedurende het oogstseizoen toeneemt (niet bepaald, maar uit literatuur). Dit is niet 100% zeker te stellen, omdat ook de spil in dit product zit. Hierdoor kan het ook komen door een verhoging van het korrelaandeel (zetmeel).

De biogasproductie per ton os uit de plant van het CWHI-type (gemiddeld 466) is over alle oogsttijdstippen hoger dan die uit de plant van het CWLO-type (gemiddeld 420). Dit zou kunnen betekenen dat de celwandverteerbaarheid hier een rol speelt, maar we zien ook een hoger zetmeelgehalte bij het CWHI-type.

Methaangasgehalte (CH₄%)

Per biogasanalyse is het methaangehalte in de biogas bepaald. Er zijn geringe tot geen verschillen tussen methaangehalte in de biogas van kolf en plant. Het lijkt er dus op dat het gas wat uit plant of uit kolf wordt geproduceerd een vrijwel gelijk gehalte aan methaan heeft. Er lijkt een licht hogere methaangasgehalte in gas van kolf, maar dit moet volgend jaar (2008) beter bekeken worden. Wellicht dat een opsplitsing in korrel en spil hier nieuwe inzichten geeft.

Voor als nog lijkt de biogas die geproduceerd wordt uit de verschillende onderdelen van maïs een vergelijkbaar methaangasgehalte te hebben.

Snelheid van gasproductie (Kd)

De snelheid waarmee het gas uit de biomassa wordt geproduceerd is van belang voor de passagesnelheid in de vergister. Bij een nieuw te bouwen vergister kan hiermee ingespeeld worden op de inhoud van de vergister en daarmee op de investeringskosten. De snelheid van gasproductie wordt uitgedrukt in Kd of eigenlijk $K^{(d-1)}$.

Tussen de maïstypen lijkt er niet direct een groot verschil te bestaan, hoewel deze bij het PRIM-type en het CWLO gemiddeld iets lager lijken te zijn. Vreemd is de lage waarde bij BGKW op het 2^e oogsttijdstip, rekenend vanuit de kolf en de plant is de verwachting dat deze rond de 0.15 zal liggen. Per analyse lijkt er nog wel wat schommelingen te zijn, maar kijkend naar kolf en plant zijn er wel duidelijke verschillen. De Kd waarde van kolf (0.18) ligt 1.5 keer hoger dan die van plant (0.12). Dit betekent dat de passagesnelheid omhoog kan, zodra er puur kolf (korrel+spil) wordt vergist. Bij alleen korrel dus waarschijnlijk nog hoger Kd. Bij de bouw van een nieuwe vergister zou dit betekenen dat er een kleinere vergister neergezet kan worden (2/3 capaciteit), dit betekent lagere investeringskosten.

Methaangas m³/ton os

De resultante van de biogasproductie per ton os en het methaangehalte is de methaanproductie per ton os. Omdat methaangehalte weinig verschilt zijn de tendensen hier gelijk aan die bij biogasopbrengst per ton os. Gedurende het oogstseizoen is er een stijging van de methaangasproductie per ton os waar te nemen, van ongeveer 290 m³ bij de 1^e oogst naar 310 bij de 2^e oogst tot ongeveer 330 bij de 3^e oogst. Bij oogst 2 levert de kolf gemiddeld 376 m³ en de plant 246 m³.

Conclusie die hier getrokken kan worden, de kolf is belangrijk voor een hoge methaangasproductie en een rendabele co-vergisting van maïs. Doordat er verschillen zijn in kolfaandeel tussen de maïstypen is rassenkeuze en rassenonderzoek van wezenlijk belang voor de rentabiliteit van de biovergister.

4.3.3 Invloed chemische samenstelling op gasproductie

Er worden dus duidelijke verschillen tussen maïstypen geconstateerd in chemische samenstelling en in kwaliteitsparameters voor biogasproductie. De vraag is, in hoeverre is de samenstelling van maïs van invloed op de biogasparameters. Hiervoor is de correlatie berekend tussen de diverse parameters. De correlatiematrix hiervan is te vinden in tabel 4.6, waar de correlaties tussen de biogasparameters en de chemische parameters zijn weergegeven.

Tabel 4.6. **Correlatiematrix voor biogasparameters en chemische parameters op basis van alle monsters (gewas, kolf, plant) bij oogsttijdstip 2.**

	bgm3 _tonos	CH4%	Kd	CH4m3 _tonos
bgm3_tonos	1.00			
CH4%	0.04	1.00		
Kd	0.58	0.44	1.00	
CH4m3_tonos	0.98	0.25	0.66	1.00
DS	0.80	0.07	0.41	0.80
RE	-0.28	0.18	-0.25	-0.23
RC	-0.86	-0.16	-0.72	-0.87
Ruwas	-0.79	-0.02	-0.69	-0.77
VC_OS	0.83	0.09	0.77	0.82
Suiker	-0.48	-0.29	-0.13	-0.52
Zetmeel	0.86	0.17	0.63	0.87
NDFn	-0.86	-0.19	-0.70	-0.87
ADF	-0.86	-0.15	-0.73	-0.87
ADL	-0.85	-0.13	-0.77	-0.85
NDFvs	-0.84	-0.21	-0.72	-0.86
NDFnainc	-0.83	-0.11	-0.73	-0.83
NDFvert	0.47	-0.13	0.42	0.42
VEM	0.85	0.08	0.76	0.84

Methaangehalte in de biogas

Opvallend is, dat ook hier de correlaties met het methaangehalte in de biogas zeer gering zijn. Ook dit geeft weer aan dat het weinig uitmaakt of de biogas uit maïszetmeel of maïscelwand wordt gemaakt. Het methaangehalte is (vrijwel) gelijk. Wel is er voor zetmeel en eiwit een plusje te constateren en voor de celwanden een minnetje. Mogelijk dat gas uit puur korrel wel een iets hoger CH4% heeft, maar dit zal gering zijn.

Biogas- en methaangasproductie per ton organische stof

Omdat er weinig invloed is van het methaangehalte, zijn de correlaties voor biogas- en methaangasproductie per ton organische stof gelijk. Voor de gasproductie per ton os zien we een duidelijk positieve correlatie met het zetmeelgehalte, drogestofgehalte, de VEM/kg ds, de VC-os en de celwandverteerbaarheid. Zetmeelgehalte heeft dus een grote invloed op de biogasopbrengst. Een stijging van het drogestofgehalte wordt bij groene maïs veroorzaakt door een stijging van het zetmeelgehalte, vandaar dat ds-gehalte ook een positieve correlatie laat zien. Anderzijds gaat een stijging van het zetmeelgehalte gepaard met een daling van het suikergehalte. Door de grote positieve invloed van zetmeel op de gasproductie vertoont suiker daarom een negatieve invloed op de gasproductie. Hoewel de verwachting is dat suiker ook een positieve invloed heeft.

Er wordt wel eens gezegd dat de biogasproductie per ton os komt sterk overeen met de voederwaarde voor melkvee (VEM/kg ds). De correlatiecoëfficiënt tussen beide was 0.85. Dat betekent inderdaad een grote mate van samenhang, maar het is geen 100%. Verder valt op dat alle elementen die met celwandgehalte te maken hebben (NDF,ADF,ADL, NDFnainc) een negatieve correlatie vertoonden met biogasproductie, met uitzondering van de celwandverteerbaarheid (0.47).

Snelheid van gasproductie (Kd)

De snelheid van gasproducties wordt door dezelfde chemische parameters positief en negatief beïnvloed als de biogasproductie per ton os. De correlatiecoëfficiënten zijn echter iets lager. Wel is het dus zo dat het zetmeelgehalte en de celwandverteerbaarheid een positieve invloed hebben op snelheid van gasproductie en het celwandgehalte (en aanverwante bestanddelen) een negatieve invloed op de snelheid van gasproductie. Dit verklaart ook in belangrijke mate de verschillen tussen de snelheid van gasproductie uit kolf en uit plant. De verteringscoëfficiënt van de organische stof (VC-os) beïnvloedt de snelheid van gasproductie positief (0.77). Iets dat beter verteert (afbreekt) levert sneller gas, eigenlijk niet zo verwonderlijk.

4.3.4 Organische stof en gasopbrengst per ha

Zo als reeds aangegeven is het hoofddoel van de kwaliteitsproef om de invloed van de samenstelling (kwaliteit) van het maïsgewas op de parameters van de gasproductie te ontrafelen. Op de proef zijn echter ook opbrengsten bepaald, waardoor een inschatting kan worden gemaakt van de potentiële organische stof en gasopbrengsten per maïstype per ha. De informatie in tabel 4.7 is voor de beoordeling van de invloed van de kwaliteit op de methaangasproductie dus niet van belang. Wel is deze informatie mogelijk interessant in het kader van de cascadering.

Tabel 4.7 **Verse opbrengst, droge stof opbrengst, organische stof opbrengst, biogasopbrengst en methaangasopbrengst per ha.**

Maïstype	Deelplant Oogstdd	Versopbrengst (ton/ha)			Drogestofopbrengst (ton/ha)			Os-opbrengst (ton/ha)			Biogasopbr m3/ha			CH4-gasopbr m3/ha		
		gewas	kolf	plant	gewas	kolf	plant	gewas	kolf	plant	gewas	kolf	plant	gewas	kolf	plant
BGKW	oogst1	72.4	20.2	52.7	16.94	7.16	10.38	16.9	7.2	10.4	8782	*	*	4965	*	*
	oogst2	72.6	21.7	52.2	20.68	9.4	10.38	20.7	9.4	10.4	11121	6213	4852	5967	3255	2609
	oogst3	75.0	21.6	49.5	21.22	10.39	9.8	21.2	10.4	9.8	12016	*	*	6944	*	*
BGOP	oogst1	86.0	20.9	60.3	17.88	6.81	11.1	17.9	6.8	11.1	8436	*	*	4638	*	*
	oogst2	80.2	22.7	56.8	18.92	9.25	10.51	18.9	9.3	10.5	9808	6140	4666	5660	3339	2580
	oogst3	80.0	23.3	55.0	20.64	10.83	11.11	20.6	10.8	11.1	10482	*	*	6216	*	*
CWHI	oogst1	50.1	6.8	32.9	11.33	4.38	6.32	11.3	4.4	6.3	5791	*	2611	3359	*	1438
	oogst2	41.9	12.8	25.3	12.65	6.35	5.25	12.7	6.4	5.3	7379	4145	2029	4219	2336	1132
	oogst3	37.0	13.9	24.0	12.33	6.93	5.62	12.3	6.9	5.6	7155	*	2841	3981	*	1570
CWLO	oogst1	47.1	10.4	29.6	10.28	4.54	5.14	10.3	4.5	5.1	5301	*	2002	2835	*	1125
	oogst2	37.0	11.0	25.2	10.14	5.38	5.14	10.1	5.4	5.1	5198	3349	1933	2934	1877	1089
	oogst3	37.0	11.1	20.6	11.7	5.75	4.95	11.7	5.8	5.0	6498	*	2034	3632	*	1105
HO	oogst1	66.0	15.0	45.6	13.19	3.1	8.34	13.2	3.1	8.3	5605	1792	*	3150	999	*
	oogst2	57.4	15.4	38.0	15.04	6.99	6.69	15.0	7.0	6.7	6711	4599	2744	3727	2642	1498
	oogst3	59.2	16.6	39.1	14.09	7.94	6.95	14.1	7.9	7.0	7586	5497	*	4434	3155	*
PRIM	oogst1	31.2	*	*	7.6	*	*	7.2	*	*	3267	*	*	1788	*	*
	oogst2	31.8	*	*	8.7	*	*	8.3	*	*	4126	*	*	2325	*	*
	oogst3	34.8	*	*	9	*	*	8.5	*	*	4069	*	*	2470	*	*
SMCW	oogst1	74.0	18.9	51.4	16.72	7.73	9.5	16.7	7.7	9.5	9044	*	*	5189	*	*
	oogst2	70.8	20.1	45.3	18.84	9.7	8.61	18.8	9.7	8.6	10856	6745	3438	6220	3787	1918
	oogst3	69.3	20.1	44.6	20.73	10.23	9.01	20.7	10.2	9.0	11031	*	*	6706	*	*
SMZM	oogst1	79.5	22.4	56.1	17.64	9.11	9.65	17.6	9.1	9.7	8943	*	*	4868	*	*
	oogst2	70.4	22.3	40.2	20.82	10.75	7.77	20.8	10.8	7.8	11313	7695	3161	6285	4326	1740
	oogst3	61.3	23.4	38.3	20.28	12.45	8.38	20.3	12.5	8.4	10374	*	*	6477	*	*
UITST	oogst1	73.3	11.5	55.8	11.44	3.14	8.42	11.4	3.1	8.4	5948	*	*	3374	*	*
	oogst2	64.2	12.6	50.3	11.36	3.87	7.99	11.4	3.9	8.0	6137	2577	3931	3393	1410	2123
	oogst3	67.2	9.8	48.3	11.83	3.3	7.97	11.8	3.3	8.0	5818	*	*	3478	*	*
gemiddeld	oogst1	68.5	15.8	48.0	14.4	5.7	8.6	14.4	5.7	8.6	7231	*	*	4047	*	*
gemiddeld	oogst2	61.8	17.3	41.7	16.1	7.7	7.8	16.1	7.7	7.8	8565	5183	3344	4801	2872	1836
gemiddeld	oogst3	60.8	17.5	39.9	16.6	8.5	8.0	16.6	8.5	8.0	8870	*	*	5234	*	*

De maïstypen zijn gekozen voor de diversiteit in kwaliteit. Een aantal van de gebruikte typen zijn door met name een te lage opbrengst niet interessant voor de praktijk. De typen BGKW, BGOP, SMZM en SMCW zijn de enige typen, die op dit moment in de praktijk ook geteeld (biogasmaïs en/of snijmaïs) worden en dus ook tot opbrengsten komen van rond de 20 ton droge en organische stof per ha.

Wat ook opvalt is dat het type BGOP, dat als een biogasmaïs opbrengsttype in de praktijk wordt verkocht, in de Veenkoloniën qua opbrengst niet hoger was dan het type BGKW. De totale biogasproductie kwam op ruim 10.000 m3 per ha, terwijl het kwaliteitstype 12.000 m3 per ha produceerde.

Opvallend is ook dat de typen SMZM en SMCW, die niet specifiek voor biogasmaïs worden verkocht, vroeger zijn en hogere gasopbrengsten halen dan BGOP. Dit zijn kortere typen, die daardoor een mindere plantopbrengst maar een hogere kolfopbrengst bereiken. Wellicht zijn de vroege maïstypen, met een hogere kwaliteit dan middenvroeg rassen en een hogere opbrengst dan zeer vroege rassen, in de Veenkoloniën wel veel interessanter dan de middenvroeg tot middenlate rassen, die daar nu geadviseerd worden.

Cascadering

In de discussie rond benutting van gewassen voor energie, leeft steeds de vraag welke plantendelen moet ik waar inzetten voor het hoogste rendement. Op dit moment leeft de discussie omtrent het inzetten van de maïskorrel voor bio-ethanol productie en van de maïsplant en voor de biovergister. Daarnaast kan het restproduct van de ethanolproductie ook nog weer als co-vergistingsproduct in de vergister worden

gebruikt. Welke maïstypen zijn hiervoor het meest interessant?

Zo'n dubbeldoel of meervoudig gewasgebruik (cascadering) vraagt om veel korrel voor de ethanolproductie en veel verteerbare plant voor biogasproductie. Om hier een beter idee van te krijgen is er in de kwaliteitsproef van 2008 een CCM (corn cob mix) type opgenomen dat een zeer hoge korrelopbrengst combineert met een vrij lange, massale plant. Er zijn waarschijnlijk nog specifiekere maïstypen beschikbaar, die een hoge korrelopbrengst combineren met een zeer hoge plantopbrengst en met de juiste kwaliteitsparameters in korrel en plant. Wellicht kan een van deze typen in 2009 in de proeven worden opgenomen.

Bij de massale en middenvroeg tot middenlate biogasmaïstypen werd er 9-10 ton kolf en 10-11 ton plant geproduceerd. Bij de twee kortere vroege maïstypen werd er ca. 10-12 ton kolf en 8-9.5 ton plant geproduceerd. Bij de biogastypen kwam per ha ruim 6.000 m³ gas uit de kolf en 4.500 tot 5.000 m³ gas uit de plant. Bij de snijmaïstypen was dit respectievelijk 7.000 tot 7.500 uit kolf en 3.000 tot 4.000 m³ uit de plant. Opvallend was dat met "maïstype" gestuurd lijkt te kunnen worden op meer kolf of meer plant. In het kader van cascadering is dit een interessant gegeven.

4.3.5 Energie-, Milieu- en Economische rendement

In voorgaande paragrafen was de focus met name gericht op de gasopbrengst in afhankelijkheid van de kwaliteit. Zeker zo belangrijk hierbij is te weten wat de invloed is van de diverse kwaliteitstypen op de energie-, milieu en financiële rendement.

Tabel 4.8. **Energie-, milieu en economische rendement per ha van een viertal maïstypen (gehele gewas-g). Hoeveelheid methaangas berekend uit gemiddelde organische stofopbrengst van oogst 2 en 3 (gecorrigeerd op inkuilverliezen) vermenigvuldigd met de gasopbrengst van oogst 2. Bemesting op basis van kunstmest.**

Opbrengsten coproduct	BGKWg	BGOPg	SMCWg	SMZMg
Verse opbrengst kg/ha	73800	80100	70100	65800
Methaan opbrengst m ³ /ha	5689	5484	6181	5955
Elektriciteit kWh/ha (incl. 1% lekverlies)	21851	21065	23742	22875
Bruto opgewekte energie (MJ)	78665	75833	85471	82350
Bruto reductie GHG emissie (kg CO ₂ -eq)	5459	5263	5932	5715
Bruto-geldopbrengst in €	2267	2067	2597	2525
Totaal verbruik energie keten (MJ/ha)	19511	19839	19321	19102
Netto geproduceerde energie (MJ/ha)	59154	55994	66150	63248
Energie-rendement	75.2%	73.8%	77.4%	76.8%
Totaal emissie GHG keten (CO ₂ -eq/ha)	3616	3630	3627	3600
Netto reductie GHG (CO ₂ -eq/ha)	1843	1633	2305	2115
GHG reductie percentage	33.76%	31.03%	38.85%	37.01%
Saldo (EM) op basis van biogasopbrengst in €	1564	1387	1914	1843
Saldo (LW) op basis van biogasopbrengst in €	1026	849	1376	1305

Hierbij is het inrekenen van inkuilverliezen ook wezenlijk. In tabel 4.8 is het rendement van een viertal praktijkrijpe gewastypen aangegeven. De methodiek hiervoor en parameters die hierin gebruikt worden zijn omschreven in hoofdstuk 3 en bijlage 9.

In tabel 4.8 is de energie-rendement de netto geproduceerde energie (in MJ) gedeeld door de bruto-opgewekte energie per ha. Eventueel is te rekenen met het energieefficiëntie, waarbij netto energieproductie gedeeld wordt door de hoeveelheid energie die in de keten gebruikt wordt. Bij BGKWg is het rendement dan bijvoorbeeld 303%.

De bruto reductie GHG (global heating gasses – CO₂ en lachgas) emissie is de hoeveelheid GHG dat zou worden geproduceerd, als de bruto opgewekte energie uit maïs zou worden geproduceerd vanuit fossiele brandstof.

Dit is dus de bruto vermeden GHG-emissie. Door hier de GHG-emissie die in de keten gebruikt wordt er van af te trekken, blijft de netto reductie aan (CO₂-eq/ha) over. Het milieurendement wordt dan berekend door

de netto reductie te delen door de bruto reductie.

De economische efficiëntie komt naar voren in de bruto geldopbrengst per ha, die berekend is op basis van biogasopbrengstprijs. Hierin is naast de kWh-prijs als opbrengst inclusief subsidie (MEP), onder anderen ook de vaste kosten, waaronder ook aan- en afvoerkosten, verdisconteert. Daarnaast is de efficiëntie per ha af te leiden van het saldo EM (eigen mechanisatie), waarbij de variabele teeltkosten zijn ingerekend) en het saldo LW (loonwerk), waarin naast teeltkosten ook de kosten voor loonwerk zaai en oogst zijn verwerkt). Door van de bruto geldopbrengst de oogstkosten (loonwerk) af te trekken kan berekend worden hoeveel er maximaal betaald mag worden voor de aankoop van een hectare maïs op stam. Laat duidelijk zijn dat hier echter ook de vaste kosten van de installatie ook nog van af moeten. Dus als dit maximale bedrag betaald wordt dan wordt er eigenlijk al met verlies gedraaid. Ook bij het saldo EM en LW zijn de vaste kosten van de vergister nog niet berekend. Ook als gerekend wordt met de nieuwe subsidie regeling, waarbij ongeveer 3 ct wordt ingeleverd op de kWh-prijs, dan komen de bedragen lager uit.

Opvallend is het hogere energie-rendement en reductie aan broeikasgasemissie van de types SMCW (77.4%) en SMZM (76.8%). Deze zijn beter dan van de biogasmaïsrassen (BGOP en BGKW) omdat hier minder water in zit. Water vraagt wel transport en opslag maar geeft geen gas.

Voor maïs geldt globaal dat er in de keten ongeveer 20.000 MJ/ha aan energie wordt ingestopt en na vergisting komt er (bruto) ongeveer 80.000 MJ/ha uit. Dus netto blijft er zo'n 60.000 MJ/ha over. De efficiëntie ligt hiermee rond de 300%, maar er zijn duidelijke maïstypen verschillen (282 tot 342%).

Het percentage van de bruto reductie aan GHG-emissie, dat uiteindelijk netto overblijft ligt bij de hier toegepaste teeltwijze (bemesting op basis van kunstmest) en maïstypen tussen de 30 en 40%.

De netto reductie aan GHG-emissie varieerde per maïstypen van 1633 tot 2305 CO₂-eq per ha. Ook vanuit efficiëntie overweging lijken de vroege maïstypen in Noord-Nederland interessanter voor biogasmaïs dan de middenvroeg tot middenlate typen.

Wat de financiële efficiëntie betreft kan er gesteld worden dat als je maïs aankoopt op stam je maximaal de bruto geldopbrengst minus de oogstkosten (€ 450,=) mag betalen, wil je puur op de aankoop al geen verlies draaien. Dit betekent dat voor 1 ha maïs van het type BGOP (80 ton vers) maximaal € 1.617,= mag worden betaald en voor 1 ha maïs van het type SMCW (70 ton vers) maximaal € 2147,=. Toch een verschil van ruim € 500 per ha. Wel interessant te zien dat voor het maïstypen met de mindere verse opbrengst er meer betaald mag worden.

Naar rendement van de vergister toe, is het wel goed te weten dat de vaste kosten van de installatie in bovenstaande parameters niet zijn opgenomen. Dus als er ook rekening gehouden wordt met vaste kosten, dan mag er minder per ha betaald worden.

Interessante indicatieve parameter voor efficiëntie is de hoeveelheid methaangas per ton vers geoogst product. Deze hoeveelheid moet worden geoogst, getransporteerd, opgeslagen, ingevoerd in de vergister en opgeslagen en afgevoerd als digestaat. Bekijken we deze indicatieve parameter voor bovenstaande maïstypen dan is dit voor BGKW, BGOP, SMCW en SMZM respectievelijk 77, 68, 88 en 91 m³ per ton vers. Hieruit blijkt dat er per ton te behandelen product er toch ruim 20 m³ meer of minder gas wordt geproduceerd. Verschillen die op lopen tot meer dan 30% hogere methaangasproductie per ton vers.

4.4 Conclusie en discussie

Het maïstypen is sterk bepalend voor de biogas- en methaangasproductie per ton os en daarmee ook per ha. Ook de snelheid van gasproductie is maïstypen afhankelijk. Gemiddeld levert maïs 544 m³ biogas per ton os. Uit de kolf komt meer (gemiddeld 677 m³/ton os) en 1.5 keer sneller biogas dan uit de restplant (gemiddeld 447m³/ton os). Logisch dat verschillen in kolfaandeel daardoor ook verschillen in gasproductie tussen maïstypen veroorzaakt. Het methaangehalte in de biogas wordt niet tot vrijwel niet beïnvloed door het maïstypen. Mogelijk dat het gas uit de korrel iets meer methaan bevat dan het gas uit de restplant. Doordat het methaangehalte weinig varieert zijn de conclusies voor de methaangasopbrengst per ton os overeenkomstig die van biogasopbrengst per ton os. Gemiddeld over de typen en het oogstseizoen is de methaangasproductie 310 m³ per ton os. Uit de kolf komt gemiddeld 376 m³ en uit de restplant gemiddeld 246 m³ per ton os.

Verschillen in chemische samenstelling zijn van invloed op de gasproductie en snelheid van gasproductie. Met name de factoren zetmeelgehalte (kolfaandeel) en celwandverteerbaarheid hebben een positief effect. Het celwandgehalte en alle aan het celwandgehalte gerelateerde parameters hebben een negatieve invloed. Door kwalitatief betere maïs te vergisten kan op kosten worden bespaard.

Bij de bouw van een nieuwe vergister kan, door een snellere vergisting en door meer gasproductie per m³ inhoud, de inhoud van de vergister kleiner en daarmee de investering hierin. Bij een bestaande vergister, die gebonden is aan de capaciteit van de WKK en daarmee aan een maximaal te produceren hoeveelheid methaangas, kan de eigenaar geld besparen door kwaliteitsmaïs aan te kopen. Door een hogere methaangas per ton is minder maïs nodig. In jaren waarin de maïsprijzen oplopen, zoals in 2007, geen onbelangrijke kostenpost. Eventueel kan de verblijfstijd in de vergister dan juist wat langer zijn. Eventueel kan de capaciteit van de WKK worden uitgebreid, maar dit vraagt weer een extra investering, waarvoor dan wel de nieuwe subsidieregeling, die mogelijk onvoldoende is.

Ook in energie-, milieu en economische rendement speelt het maïstype een belangrijke rol. Het energierendement ligt bij het gebruikte teeltsysteem rond de 75%, waarbij er een range is van 73.8% tot 77.4% afhankelijk van maïstype. Bij vergisting van maïs wordt dus meer energie geproduceerd dan er in de keten wordt verbruikt. Het milieurendement ligt bij dit teeltsysteem maïstype afhankelijk op 30 tot 40%. Er wordt meer GHG-emissie vermeden (vervanging fossiele brandstof) dan er wordt geproduceerd in de keten. In de duurzaamheidseisen van de commissie Cramer wordt voor elektriciteitsproductie gesproken over milieurendementen van 50-70%. In deze proef is alleen kunstmest toegepast. Bij (gedeeltelijke) toepassing van mest of nog beter digestaat zal het milieurendement sterk verbeteren.

De typen SMCW en SMZM hebben een hogere energie-efficiëntie en reductie aan broeikasgas-emissie dan de biogasmaïsrassen (BGOP en BGKW). De eerst genoemde typen zijn vroeger en hebben daardoor minder water in het product. Water vraagt wel transport en opslag maar geeft geen gas. Daarnaast hebben SMCW en SMZM ook hogere kolfaandelen en een betere celwandverteerbaarheid. Waarschijnlijk zijn de vroege maïsrassen wel het meest interessant voor biogasmaïs in Noord Nederland. Ook financieel loopt het verschil tussen maïstypen op tot ongeveer €500,= per ha ten voordele van de vroegere typen met een hoger kolfaandeel.

Een interessante parameter voor een indicatie van het rendement is de hoeveelheid methaangas per ton vers product. Voor de gebruikte maïstypen BGKW, BGOP, SMCW en SMZM is dit respectievelijk 77, 68, 88 en 91 m³ per ton vers. Hieruit blijkt dat er per ton te verhandelen product er toch ruim 20 m³ meer of minder gas wordt geproduceerd.

Er wordt wel eens gezegd dat de biogasproductie per ton os (betonnen koe) sterk overeenkomt met de voederwaardewaarde voor melkvee (VEM/kg ds). De correlatiecoëfficiënt tussen beide is 0.85. Inderdaad een grote mate van overeenkomst, maar geen 100%, er zijn dus verschillen. Waarschijnlijk ligt de verklaring hiervoor in de verschillen in samenstelling van pensvocht van de koe (gebruikt in de VEM-analyse) en van het influent uit de vergister (gebruikt in de biogasanalyse). Het pensvocht bevat enzymen, het influent niet. De enzymen versnellen de afbreekbaarheid en de omzetting van maïs. De verschillen lijken groter als de restplant veroudert. Dit zou overeenkomen met het feit dat de celwandverteerbaarheid tijdens de afrijping van de maïs afneemt.

Tijdens dit onderzoeksjaar kwam de indruk naar voren, dat gewassen die aan het eind van het seizoen aangetast worden door Fusarium (stengelrotaantasting) sterker teruglopen in biogasproductie per ton os. Een verklaring hiervoor kan zijn dat de stengelrot een versnelde veroudering veroorzaakt van het plantmateriaal en ook neemt het suikergehalte in de plant versneld af. Bij een zware stengelrotaantasting staan de planten dood op het veld.

Bij koeien doen de enzymen hun werk. Bij de vergister is dit effect er niet. Daarom ligt het optimale oogstmoment bij maïs voor de vergister waarschijnlijk ook bij een lager drogestofgehalte (32-33%) dan bij maïs voor koeien (35-36% ds). In de praktijk wordt er wel volop geëxperimenteerd met het toevoegen van enzymen aan de vergister. Deze zijn relatief duur en het lijkt daarom interessanter de maïs niet te droog te oogsten. Pas echter wel op voor een te vroege oogst, want dit gaat ten koste van de zetmeelproductie en dat moet in ieder geval worden voorkomen. Een oogst op het moment dat het schutblad van de kolf iets begint te verkleuren lijkt daarom optimaal.

Een ander verschil tussen een koe en een vergister is de grofheid van het product. Dit aspect heeft echter in dit onderzoek geen effect gehad op de resultaten, omdat er geanalyseerd is aan gemalen monsters, maar is wel voor de praktijk van belang. Gehakselde mais die door koeien wordt gevreten, wordt door herkauwen verkleind en hierdoor wordt het oppervlak groter, waardoor de mais sneller verteerd. Daarom wordt ook geadviseerd mais voor de vergister fijner te verhakselen, ter vergroting van het oppervlak. Dit om het vergistingsproces te versnellen en er in vergelijkbare doorlooptijd meer gas uit te halen.

In het kader van meervoudig gewasgebruik (cascadering) is het interessant om te constateren dat via het maïstypen de hoeveelheid (verhouding) aan plant en kolf kan worden bepaald. Elke toepassing van stengel of korrel stelt andere eisen aan het product. Het gebruik van de korrel voor ethanolproductie en het gebruik van de plant voor biogasvergisting stelt specifieke eisen aan plant en korrel, die beide vertegenwoordigd moeten zijn in 1 maïstypen. Voor meervoudig gewasgebruik moeten er optimale maïstypen ontwikkeld worden. Eventueel moet ook de teelt aangepast worden hiervoor. Een uitdaging op zich.

5 Teeltoptimalisatie biogasmaïs

5.1 Inleiding

Maïs, soedangras en sorghum zijn C4-gewassen. Dit betekent dat deze gewassen bij hogere temperaturen en voldoende vocht meer droge stof per hectare (per dag) kunnen produceren dan de 'normale' C3-gewassen. Zo werden in 2006 met maïs op de PPO-locatie te Valthermond opbrengsten bereikt tot 22 ton droge stof per hectare. Onderzoek naar teeltoptimalisatie van deze C4-gewassen zal antwoord moeten geven op vragen zoals:

- Welk gewas voldoet het best onder veenkoloniale omstandigheden?
- Wat is de optimale teeltstrategie voor deze gewassen in de veenkoloniën?
- Wat moet het doel zijn? Opbrengst of kwaliteit en welke teeltstrategie past hierbij?

Teeltmaatregelen die gewas- en rasafhankelijk van invloed kunnen zijn op opbrengst en samenstelling biomassa:

- Zaaitijdstip
- Bemesting
- Plantdichtheid
- Oogstijdstip

Het onderzoek bij maïs was in 2007 vooral gericht op rassen, plantaantal en oogstijdstip.

5.2 Opzet en uitvoering

Op 4 mei is de proef gezaaid, waarbij 12 rassen bij drie plantaantallen (8, 10, 12 pl/m²) in twee herhalingen zijn aangelegd. Er is op eindafstand gezaaid en niet geteld en gedund; hierdoor kunnen door een mindere zaai- en plantkwaliteit verschillen zijn ontstaan in plantdichtheid. Per ras is er echter een range in plantdichtheid welke de verhouding 8,10,12 zal benaderen. De objecten zijn uiteindelijk op 3 tijdstippen geoogst. Hieronder de plannings- en de uitvoeringsdatum van de drie oogsten:

- O1 = 15 september (planning) – uitvoering 18 september
- O2 = 1 oktober (planning) – uitvoering 2 oktober
- O3 = 15 oktober (planning) – uitvoering 16 oktober

De uitgevoerde teeltmaatregelen zijn te vinden in bijlage 2, het schema van de proef in bijlage 3.

Gemiddeld genomen waren de groeiomstandigheden in 2007 gemiddeld voor dit gebied. Rond zaai was het nog droog en warm, maar juni, juli, augustus waren overwegend nat met gemiddeld tot hoge temperaturen. Al met al was het geen heel vroeg jaar, wat ook te zien is aan de drogestofgehalten waarbij geoogst is. Sommige rassen hadden zelfs bij het derde oogstijdstip nog niet het, voor een goede inkuilbaarheid, minimaal vereiste drogestofgehalte van 28% drogestof bereikt.

Bij de oogst zijn monsters genomen, welke vervolgens door Agrarisch Laboratorium Noord Nederland (ALNN) zijn geanalyseerd op chemische samenstelling. Ten eerste het drogestofgehalte en vervolgens hierin de gehalten aan ruweiwit, ruwe celstof, ruw as (en dus organische stofgehalte), suiker, zetmeel, NDF (celwand), ADF, ADL (lignine). Tot slot zijn de kwaliteitsparameters verteringscoëfficiënt van de organische stof (VC-os) en van de celwanden (NDFvert) bepaald. Ruwasgehalte en ds% zijn klassiek bepaald. De rest is bepaald met NIRS. Waarbij voor de celwandverteerbaarheid het NDFgehalte voor en na incubatie van Soest is bepaald. Uit VC-os en het ruwasgehalte is de VEM (energiewaarde voor melkkoeien) berekend.

Hierna is een selectie van objecten (kostenoverweging) een gemalen mengmonster (mix van 2 herhalingen) op gestuurd naar Lettinga Associates Foundation (LeAF) te Wageningen. In enkelvoud is hier de potentiële biogasproductie bepaald, volgens methodiek zoals omschreven in hoofdstuk 3 en bijlage 9. Ook is het

percentage methaangas (CH4) in de biogas bepaald. De selectie heeft zich beperkt tot de landbouwkundig meest interessante objecten, oogsttijdstip 2 – plantaantal 10 en 12 en oogsttijdstip 3 – plantaantal 10. Dat de monsters hier gemalen zijn is niet echt relevant omdat we ons hier richten op potentiële gasproductie net als bij VEM/kgds wordt uitgevoerd. Bij de kwaliteitsproef, hoofdstuk 3, is ook gekeken naar snelheid van gasproductie, waarbij de deeltjes grootte ook een rol speelt, is gedroogd gehakseld ongemalen product gebruikt.

Doordat de opbrengstkenmerken door het proefveld heen pleksgewijs varieerden ook binnen de twee blokken, zijn de data niet verwerkt in de blokstructuur volgens de opzet van de proef, maar is er voor de opbrengst een vruchtbaarheidsverloop door het veld heen gemodelleerd met directive REML voor de analyse van de opbrengst. Ook de andere variabelen zijn op die manier verwerkt. Bij een aantal variabelen convergeerde het REML algoritme niet. In die gevallen is overgegaan op een analyse met kleine Random blokjes van 3 velden. De gasopbrengsten zijn geanalyseerd met ANOVA met toetsen voor ras en combinatie oogst/plantdichtheid. Bij de laatste is ras als herhaling is meegenomen.

5.3 Resultaten

5.3.1 Opbrengst, vroegheid en kwaliteit (chemische samenstelling)

5.3.1.1 Verse opbrengst

Bij de waardering van maïs voor het gebruik als snijmaïs is de verse opbrengst geen zeer belangrijke eigenschap. Bij het gebruik als biogasmaïs is dit toch belangrijker. Bij biogasmaïs moeten er grote hoeveelheden maïs naar de vergister moeten worden getransporteerd en opgeslagen. Ook heeft de vergister een beperkende omvang, daarom is het wel degelijk van belang dat er relatief zo min mogelijk water in de biomassa zit. Ook de hoeveelheid af te voeren digestaat wordt grotendeels bepaald door de hoeveelheid verse massa.

Tabel 5.1. **Verse opbrengst (absoluut en relatief).**

Absoluut																	
Oogst	Dichtheid	Atendo	Bredero	Kalimero	LG3276	LG3277	NKMagitop	NKZorrero	NX1775	NX2522	Seiddi	Subito	Taxxoá	Gemiddeld	oogst	dichtheid	
Oogst1	8pl/m2	83.2	76.4	55.1	75.8	73.6	73.1	75.0	73.2	78.5	82.7	75.8	72.6	74.6	80.8	67.9 (8)	
	10pl/m2	86.7	83.8	58.3	79.0	79.2	79.6	80.9	85.2	88.2	95.0	82.1	85.0	81.9			73.4 (10)
	12pl/m2	92.1	86.2	66.3	84.3	83.7	84.3	85.9	86.5	86.1	101.3	86.6	86.6	85.8			74.4 (12)
Oogst2	8pl/m2	78.1	69.1	46.0	70.6	67.6	65.3	66.6	68.4	73.0	82.5	71.1	67.6	68.8	72.7		
	10pl/m2	81.3	72.6	50.5	74.5	74.9	73.6	75.0	76.5	75.8	89.2	68.0	72.1	73.7			
	12pl/m2	87.7	73.9	53.7	74.6	81.2	77.5	73.1	76.4	74.1	85.3	75.6	75.2	75.7			
Oogst3	8pl/m2	71.0	58.6	37.7	65.6	62.5	60.6	62.0	62.2	54.5	75.5	57.8	56.5	60.4	62.3		
	10pl/m2	75.6	56.7	44.2	68.8	66.9	68.7	72.8	67.5	60.3	79.8	55.0	59.2	64.6			
	12pl/m2	73.3	54.0	43.1	66.3	64.1	66.6	68.4	63.6	58.6	73.2	52.7	57.7	61.8			
		81.0	70.1	50.5	73.3	72.6	72.2	73.3	73.3	72.1	84.9	69.4	70.3	71.9			

Fprob 0.05, lsd voor ras, oogst en dichtheid resp. 1.74; 1.98; 2.40; voor oogst*ras en dichtheid*ras resp. 3.66 en 3.95 en voor oogst*dichtheid*ras lsd is 7.4

Relatief																	
Oogst	Dichtheid	Atendo	Bredero	Kalimero	LG3276	LG3277	NKMagitop	NKZorrero	NX1775	NX2522	Seiddi	Subito	Taxxoá	Gemiddeld	oogst	dichtheid	
Oogst1	8pl/m2	116	106	77	105	102	102	104	102	109	115	105	101	104	112	94 (8)	
	10pl/m2	121	116	81	110	110	111	113	118	123	132	114	118	114			102 (10)
	12pl/m2	128	120	92	117	116	117	119	120	120	141	120	120	119			103 (12)
Oogst2	8pl/m2	109	96	64	98	94	91	93	95	102	115	99	94	96	101		
	10pl/m2	113	101	70	104	104	102	104	106	105	124	95	100	102			
	12pl/m2	122	103	75	104	113	108	102	106	103	119	105	105	105			
Oogst3	8pl/m2	99	81	52	91	87	84	86	87	76	105	80	79	84	87		
	10pl/m2	105	79	61	96	93	96	101	94	84	111	77	82	90			
	12pl/m2	102	75	60	92	89	93	95	88	82	102	73	80	86			
100=71.92		113	98	70	102	101	100	102	102	100	118	97	98	100			

oogst1=18/9; oogst2=2/10; oogst3=15/10

Dus uit zo min mogelijk verse massa moet er hier zoveel mogelijk methaangas worden geproduceerd.

Als er uit de ene biomassa in 50 ton vers product 15 ton organische stof zit, waaruit gas kan worden geproduceerd, is dat interessanter dan wanneer er in die zelfde hoeveelheid biomassa meer water zit en minder organische stof. Er vanuit gaande dat er per kg organische stof evenveel methaangas wordt gevormd. Dan is zowel milieu- als kostentechnisch de eerste biomassa het meest interessant. In de praktijk wordt wel eens gesproken over 100 ton verse maïs van een hectare, maar als hier slechts 20% drogestof in zit, dan is 60 ton verse opbrengst met 30% drogestof veel interessanter, want dit geeft dezelfde drogestofopbrengst per ha, maar veel minder massa. In de volgende paragrafen zal in het kader van efficiëntie op de hoeveelheid verse opbrengst worden teruggekomen.

In tabel 5.1 staat de verse opbrengst (absoluut en relatief) per ras, per plantdichtheid en per oogsttijdstip aangegeven. Uit de tabel blijkt dat er significante verschillen zijn in verse opbrengst tussen rassen, plantdichtheden en oogsttijdstippen. Daarnaast zijn er significante interacties tussen oogsttijdstip en ras en tussen plantdichtheid en ras.

Gedurende het seizoen neemt de gemiddelde verse opbrengst af van 80.8 ton/ha bij oogst 1 op 18 september naar vervolgens 72.7 en 62.3 ton/ha op resp. 2 oktober (oogst 2) en 15 oktober (oogst 3). Voor plantdichtheid neemt de verse opbrengst toe bij een hoger plantaantal. Het verschil tussen 10 en 12 pl/m² is niet significant, maar 8 pl/m² geeft een duidelijk lagere opbrengst.

De rasverschillen lopen gemiddeld uiteen van ruim 50 ton bij Kalimero tot bijna 85 ton bij Seiddi. Toch een verschil van 35 ton per ha. Dit verschil tussen de rassen heeft ook alles te maken met de vroegheid en plantlengte van de rassen. Kalimero een kort, zeer vroeg ras en Seiddi een lang, middenlaet ras.

5.3.1.2 Drogestofgehalte (vroegheid) en Fusarium (stengelrot)

Het drogestofgehalte (tabel 5.2) bepaald de vroegheid van het maïsgewas. Het is een belangrijke eigenschap voor de inkuilbaarheid van het product en dus voor het optreden van inkuilverliezen. Voor een goede inkuilbaarheid moet het gewas toch minimaal een drogestofgehalte van 28% realiseren. Verder geeft een hoger ds% een geconcentreerder product, dus minder massa voor dezelfde drogestofproductie.

Tabel 5.2. Drogestofgehalte (absoluut en relatief).

Absoluut																	
Oogst	Dichtheid	Atendo	Bredero	Kalimero	LG3276	LG3277	NKMagitop	NKZorrero	NX1775	NX2522	Seiddi	Subito	Taxxoa	Gemiddeld	oogst	dichtheid	
Oogst1	8pl/m ²	22.0	23.9	26.6	23.6	23.4	25.8	23.8	23.6	23.5	21.4	24.6	24.9	23.9	23.0	27.87 (8)	
	10pl/m ²	21.3	23.1	25.6	22.8	22.7	23.8	23.6	22.9	22.4	20.5	22.8	23.5	22.9			27.44 (10)
	12pl/m ²	21.0	23.1	25.0	21.7	22.4	23.0	22.7	22.3	22.1	18.9	23.3	22.3	22.3			27.47 (12)
Oogst2	8pl/m ²	24.6	27.3	32.5	26.5	27.3	28.1	28.4	27.0	27.4	24.2	28.0	29.1	27.5	27.1		
	10pl/m ²	23.8	27.0	31.9	25.9	26.3	28.5	26.2	26.6	27.1	23.3	27.9	28.1	26.9			
	12pl/m ²	24.2	28.1	32.0	26.3	25.8	27.5	27.1	27.3	26.3	23.4	27.6	28.3	27.0			
Oogst3	8pl/m ²	27.2	33.3	38.0	29.8	30.9	32.2	30.8	31.1	35.7	27.4	33.6	36.2	32.2	32.6		
	10pl/m ²	28.6	35.3	36.9	29.1	30.8	32.2	30.7	31.3	35.5	27.6	36.4	36.0	32.5			
	12pl/m ²	27.3	34.8	40.3	30.2	30.8	31.9	31.3	32.7	35.9	28.2	38.2	35.8	33.1			
		24.4	28.4	32.1	26.2	26.7	28.1	27.2	27.2	28.4	23.9	29.1	29.3	27.6			

Fprob 0.05; lsd voor ras, oogsttijdstip en dichtheid resp. 0.56; 0,40; 0.49. lsd voor Oogst*dichtheid en Oogst*ras zijn resp. 5.77 en 6.78

Relatief																	
Oogst	Dichtheid	Atendo	Bredero	Kalimero	LG3276	LG3277	NKMagitop	NKZorrero	NX1775	NX2522	Seiddi	Subito	Taxxoa	Gemiddeld	oogst	dichtheid	
Oogst1	8pl/m ²	80	87	96	85	85	93	86	85	85	78	89	90	87	84	100.9 (8)	
	10pl/m ²	77	84	93	83	82	86	86	83	81	74	82	85	83			99.4 (10)
	12pl/m ²	76	84	90	79	81	83	82	81	80	69	84	81	81			99.5 (12)
Oogst2	8pl/m ²	89	99	118	96	99	102	103	98	99	88	101	105	100	98		
	10pl/m ²	86	98	115	94	95	103	95	96	98	84	101	102	97			
	12pl/m ²	88	102	116	95	93	100	98	99	95	85	100	103	98			
Oogst3	8pl/m ²	99	121	138	108	112	117	112	113	129	99	122	131	117	118		
	10pl/m ²	103	128	134	105	112	117	111	113	129	100	132	130	118			
	12pl/m ²	99	126	146	109	112	116	113	118	130	102	138	130	120			
100 = 27.6		89	103	116	95	97	102	98	99	103	87	106	106	100			

oogst1=18/9; oogst2=2/10; oogst3=15/10

Een aantal rassen haalt pas bij de derde oogst het gewenste drogestofgehalte en zijn dus eigenlijk aan de late kant, zo niet te laat voor de teelt in de Veenkoloniën. Bij het laatste oogstmoment neemt het drogestofgehalte bij een aantal rassen extra toe, dat mede veroorzaakt wordt door een aantasting met Fusarium. Dit is een ongewenste ontwikkeling. Het is bekend dat de Fusariumdruk bij maïs rasafhankelijk (resistentie verschillen) toeneemt bij een latere oogst en ook bij een hoger plantaantal. Hierdoor neemt bij een aantal rassen met name bij oogsttijdstip 3 en bij 10 en 12 planten per m² het drogestofgehalte meer toe dan volgens normale afrijping. Gegevens over het percentage Fusarium zijn weergegeven in tabel 5.3.

Tabel 5.3. **Fusariumpercentage (in %).**

Oogst	Dichtheid	Atencb	Bredro	Kalimero	LG3276	LG3277	NKMagiq	NKZorro	NK1775	NK2522	Seiddi	Subito	Taxca	Gemiddeld	oogst	dichtheid
Oogst1	8pl/m ²	0.3	0.4	0.4	0.0	0.8	0.4	0.0	0.1	0.0	9.5	0.3	0.0	1.0	23	55(8)
	10pl/m ²	2.8	1.3	0.0	2.2	0.0	0.0	1.3	0.0	4.2	16.1	1.4	0.0	2.4		102(10)
	12pl/m ²	1.5	1.7	0.0	0.6	0.0	0.2	0.0	0.1	1.3	32.7	4.7	0.0	3.6		133(12)
Oogst2	8pl/m ²	0.0	0.8	0.1	0.0	0.0	0.1	2.4	0.0	0.0	0.1	1.6	0.5	0.5	20	
	10pl/m ²	0.0	3.6	0.0	0.1	1.1	2.7	0.0	2.8	0.0	16.8	6.6	0.0	2.8		
	12pl/m ²	1.2	5.9	1.6	0.0	0.0	0.0	2.2	0.1	6.3	7.7	6.4	0.0	2.6		
Oogst3	8pl/m ²	0.0	18.1	0.8	0.4	0.0	0.0	0.3	0.5	68.0	33.3	39.4	19.5	15.0	24.7	
	10pl/m ²	0.0	33.9	4.0	0.0	4.6	1.7	0.6	14.6	76.0	75.5	75.3	19.3	25.5		
	12pl/m ²	10.1	36.4	37.8	3.7	0.0	0.0	0.0	37.0	83.9	78.7	74.4	42.6	33.7		
		1.8	11.4	5.0	0.8	0.7	0.6	0.8	6.1	26.6	30.0	23.4	9.1	9.7		

Fprcb 0.05; lsd voor ras, oogsttijdstip en dichtheid resp. 3.4; 3.3; 3.3

Er zijn significante verschillen in Fusariumaantasting tussen rassen en plantaantallen gevonden. Verder blijkt dat er over de rassen heen er geen verschil is in Fusariumpercentage tussen oogst 1 en oogst 2. Bij oogst3 is het percentage significant hoger, maar dat er dan ook nog steeds rassen zijn die vrijwel geen Fusarium vertonen. Ook is opvallend dat het ras Seiddi bij oogst 1 en een plantdichtheid van 12 pl/m² al voor 30% door Fusarium is aangetast. Vreemd is wel dat dit bij oogst 2 weer minder is, maar het ras is in zijn geheel veel minder resistent dan de andere rassen.

Een Fusariumaantasting moet worden voorkomen. Enerzijds om dat dit sterk ten koste gaat van de oogstbaarheid en waarmee de kans op oogstverliezen wordt verhoogd en anderzijds omdat dit mogelijk effect heeft op de gasproductie.

Bij verdere analyse van het drogestofgehalte (tabel 5.2) blijkt dat er significante verschillen zijn tussen rassen. Rassen verschillen dus in vroegheid. De rassen Kalimero, 1^e oogst met een drogestofgehalte van 25/26% is wel een maand vroeger dan bijvoorbeeld het ras Seiddi, 3^e oogst met een drogestofgehalte van 27/28% en een zware fusariumaantasting. Logischerwijs zijn er significante interacties tussen oogsttijdstippen. Dit zou je ook verwachten tussen plantdichtheden. Bij een plantdichtheid van 8 wordt er een hoger ds% verwacht. Dit is er ook wel bij de 1^e en deels bij de 2^e oogst het geval, maar de Fusarium verstoort ook hier het beeld. Hierdoor wordt het drogestofgehalte bij hoger plantaantal en latere oogst hoger.

5.3.1.3 Drogestofopbrengst

Op basis van de verse opbrengst en het drogestofgehalte is de drogestofopbrengst per object te berekenen. In tabel 5.4 is de drogestofopbrengst (absoluut en relatief) weergegeven. Tussen rassen zijn duidelijke verschillen aanwezig. Het zeer vroege ras Kalimero (maximaal 17 ton/ha) blijft ver achter bij de rest, maar het ras kan eerder geoogst worden en daarmee kan eventueel een tweede teelt de opbrengst achterstand compenseren. Dit wordt in 2008 verder onderzocht. De topopbrengst in 2007 ligt rond de 22 ton drogestof per ha.

Bij de 1^e oogst ligt de opbrengst gemiddeld nog 1 tot 1.7 ton lager dan bij oogst 2 en 3. Een oogst half september was dus in 2007 te vroeg. De derde oogst lijkt de maximale opbrengst te geven.

Verder valt op dat drogestofopbrengst bij 8 pl/m² meer dan een ton achterblijft bij 10 en 12 pl/m². Tussen 10 en 12 pl/m² zit geen significant verschil. Wel is het zo dat rassen divers reageren. Het korte ras Kalimero produceert bij 12 pl/m² telkens nog bij, terwijl bij een aantal rassen 10 pl/m² het optimum is, zeker bij oogst 3. Bij oogst 2 lijkt het optimum veel meer op 12 pl/m² te liggen en bij oogst 3 veel meer op

10 pl/m². Met uitzondering van Kalimero dat duidelijk bij een hoger plantaantal geteeld moet worden. In 2008 zal dit ras ook bij 14pl/m² beoordeeld worden. Het late ras Seiddi lijkt in ieder geval bij 10 pl/m² geteeld te moeten worden.

Tabel 5.4. **Drogestofopbrengst in ton/ha (absoluut en relatief).**

Absoluut																	
Oogst	Dichtheid	Atendo	Bredero	Kalimero	LG3276	LG3277	NKMagitop	NKZorrero	NX1775	NX2522	Seiddi	Subito	Taxxa	Gemiddeld	oogst	dichtheid	
Oogst1	8pl/m ²	18.4	18.2	14.4	18.1	17.3	18.9	17.9	17.4	18.7	17.8	18.8	18.3	17.8	18.5	18.7 (8)	
	10pl/m ²	18.6	19.3	14.9	18.1	17.9	18.9	19.0	19.6	19.7	19.4	18.7	19.8	18.6			19.7 (10)
	12pl/m ²	19.2	19.6	16.4	18.3	18.7	19.3	19.6	19.2	18.9	19.3	20.0	19.2	19.0			19.8 (12)
Oogst2	8pl/m ²	19.3	19.0	14.9	18.8	18.6	18.4	19.0	18.6	19.9	20.0	19.9	19.7	18.8	19.5		
	10pl/m ²	19.4	19.6	16.1	19.3	19.7	21.0	19.5	20.4	20.5	20.9	18.8	20.2	19.6			
	12pl/m ²	21.1	20.4	17.1	19.5	20.6	21.0	19.8	20.7	19.5	19.8	20.5	20.7	20.1			
Oogst3	8pl/m ²	19.5	19.6	14.6	19.6	19.5	19.5	19.4	19.6	19.8	20.7	19.4	21.0	19.3	20.2		
	10pl/m ²	21.5	20.3	16.2	20.0	20.8	22.0	22.1	21.1	21.7	21.8	20.2	21.4	20.7			
	12pl/m ²	20.2	19.0	17.2	20.3	20.0	21.7	21.6	21.0	21.3	20.9	20.6	20.8	20.4			
		19.7	19.5	15.8	19.1	19.2	20.1	19.8	19.7	20.0	20.1	19.6	20.1	19.4			

F_{prob} 0.05, lsd voor ras, oogst en dichtheid resp. 0.42; 0.37; 0.43; voor oogst*ras en dichtheid*ras resp. 0.82 en 0.85 en voor oogst*dichtheid*ras lsd is 1.6

Relatief

Oogst	Dichtheid	Atendo	Bredero	Kalimero	LG3276	LG3277	NKMagitop	NKZorrero	NX1775	NX2522	Seiddi	Subito	Taxxa	Gemiddeld	oogst	dichtheid	
Oogst1	8pl/m ²	95	94	74	93	89	97	92	90	96	92	97	94	92	95	96.3 (8)	
	10pl/m ²	96	100	77	93	92	97	98	101	102	100	97	102	96			101.5 (10)
	12pl/m ²	99	101	85	94	97	100	101	99	98	100	103	99	98			102.2 (12)
Oogst2	8pl/m ²	99	98	77	97	96	95	98	96	103	103	102	101	97	101		
	10pl/m ²	100	101	83	99	102	108	101	105	105	108	97	104	101			
	12pl/m ²	109	105	88	101	106	109	102	107	100	102	105	107	104			
Oogst3	8pl/m ²	101	101	75	101	100	100	100	101	102	107	100	108	100	104		
	10pl/m ²	111	104	84	103	107	113	114	109	112	113	104	110	107			
	12pl/m ²	104	98	89	105	103	112	112	108	110	108	106	107	105			
100= 19.39		102	100	81	99	99	104	102	102	103	104	101	104	100			

oogst1=18/9; oogst2=2/10; oogst3=15/10

5.3.1.4 Kwaliteit (Chemische samenstelling)

Van alle gewasmonsters, dus per object, is de chemische samenstelling bepaald.

Ten eerste het drogestofgehalte en vervolgens hierin de gehalten aan ruweiwit, ruwe celstof, ruw as (en dus organische stofgehalte), suiker, zetmeel, NDF (celwand), ADF, ADL (lignine). Tot slot zijn de kwaliteitsparameters verteringscoëfficiënt van de organische stof (VC-os) en van de celwanden (NDFvert) bepaald. Ruwasgehalte en ds% zijn klassiek bepaald. De rest is bepaald met NIRS. Waarbij voor de celwandverteerbaarheid het NDFgehalte voor en na incubatie van Soest is bepaald. Uit VC-os en het ruwasgehalte is de VEM (voedereenheden melk – energiewaarde voor melkkoeien) berekend.

In eerst instantie is hier het ruwe anorganische stofgehalte van belang, hieruit is vervolgens het organische stofgehalte en dus de organische stofopbrengst bepaald. De overige parameters zijn mogelijk in paragraaf 5.3.5 van belang als de correlaties tussen de chemische parameters en de methaangasopbrengst per kg organische stof worden bekeken.

Tabel 5.5. **Organische stof percentage.**

Oogst	Dichtheid	Atendo	Bredero	Kalimero	LG3276	LG3277	NKMagitop	NKZorrero	NX1775	NX2522	Seiddi	Subito	Taxxa	Gemiddeld	oogst	dichtheid	
Oogst1	8pl/m ²	96.0	96.2	96.2	96.1	96.1	96.5	96.5	96.1	96.4	96.2	96.2	96.7	96.3	96.3	96.26 (8)	
	10pl/m ²	96.0	96.2	96.1	96.2	96.2	96.2	96.9	96.2	96.9	96.5	96.2	96.3	96.2			96.89 (10)
	12pl/m ²	96.1	96.3	96.2	95.8	96.2	96.4	96.6	96.4	96.4	96.0	96.5	96.5	96.3			96.86 (12)
Oogst2	8pl/m ²	97.1	97.4	96.9	96.2	96.7	97.3	97.1	96.8	96.8	96.8	97.0	97.2	96.9	96.9		
	10pl/m ²	96.5	96.7	96.8	96.5	96.9	96.9	96.9	96.8	97.1	96.6	97.4	96.7	96.8			
	12pl/m ²	96.4	97.6	96.8	96.8	96.5	96.6	97.3	97.0	97.4	97.0	96.5	97.0	96.9			
Oogst3	8pl/m ²	96.4	96.7	96.8	96.4	96.6	97.1	97.2	96.9	96.9	96.6	96.8	97.3	96.8	96.9		
	10pl/m ²	96.6	96.9	96.5	96.2	96.8	97.2	97.3	96.9	96.8	96.5	97.0	97.2	96.8			
	12pl/m ²	97.0	96.6	96.8	96.9	96.8	97.1	97.3	97.1	96.8	96.6	97.2	97.0	96.9			
100=96.7		96.5	96.7	96.6	96.4	96.5	96.8	97.0	96.7	96.7	96.5	96.8	96.9	96.7			

F_{prob} 0.05, lsd voor ras, oogst;dstip resp. 0.18 en 0.18; lsd voor oogst*ras is 0.38 en lsd voor oogst*dichtheid*ras is 0.75

In tabel 5.5 is het gemiddelde organische stof gehalte per object weergegeven. Wat opvalt is het hoge organische stofgehalte van maïs ten opzichte van de andere gewassen en de kleine, maar wel significante verschillen tussen rassen (96.4 tot 97%) en oogsttijdstippen (oogst 1 ten opzichte van 2 en 3). Deze organische stofgehalten en de drogestofopbrengst resulteren in de organische stofopbrengsten. Vanuit de teelt geredeneerd is dit een belangrijke parameter waar de teelt op gericht moet worden, een hoge organische stof opbrengst per ha. Daar de verschillen in organische stofgehalte gering zijn. Kunnen dezelfde conclusies getrokken worden als bij de drogestofopbrengst.

De maximale drogestofopbrengst ligt op 22.1 ton per ha (ras NKZorrero, 10 pl/m²) en oogst 3. Met een maximale organisch stofgehalte van 97.3% betekent dit dat de maximale organische stofopbrengst in 2007 uitkomt op 21.5 ton per ha. Gemiddeld over de rassen geeft 19.4 ton drogestof en 96.7% organische stofgehalte een gemiddeld maximale organische stofopbrengst van 18.75 ton/ha. Het lijkt echter beter oogst 1 en 8 pl/m² uit te sluiten, waarmee een gemiddelde drogestofopbrengst van 20.2 ton en een gemiddeld organische stofgehalte van 96.85 resulteert in 19.5 ton os per ha.

Door redenerend vanuit de drogestofopbrengst kan gesteld worden, dat bij de teelt voor biogas met zeer vroege korte rassen gericht moet worden op 12 pl/m² en bij late lange rassen op 10 pl/m² en bij de overige rassen op 11 pl/m². Het oogsttijdstip is optimaal tussen 1 en 15 oktober, maar een te hoge aantasting van Fusarium moet worden voorkomen.

Om een beeld te krijgen van de samenstelling van de verschillende rassen bij diverse dichtheden en oogsttijdstippen worden in deze paragraaf verder kort even ingegaan op de belangrijkste eigenschappen voor maïs weergegeven. Het gaat hierbij om suikergehalte, zetmeelgehalte, VC-os, Celwandgehalte (NDF), Celwandverteerbaarheid. De resultaten per eigenschap zijn te vinden in tabel 5.6

Bij het suikergehalte zijn er duidelijk rasverschillen (range 5.5-10.5%), die deels veroorzaakt worden door verschillen in vroegheid. Maar niet geheel, want het ras Seiddi zou dan een veel hoger suikergehalte moeten hebben. Het suikergehalte neemt af bij een latere oogst. Enerzijds wordt het suiker omgezet in zetmeel en opgeslagen in de kolf. Anderzijds wordt er door minder gunstige weersomstandigheden minder suiker geproduceerd en is de balans tussen productie van suiker overdag en verademing hiervan gedurende de nacht aan het achteruit hollen. Tot slot wordt het suiker op gesoupeerd door de Fusariumschimmels, waarschijnlijk de belangrijkste reden waarom Seiddi zo'n laag suikergehalte heeft. Over de gehele linie heeft een lagere plantdichtheid (8 pl/m² ten opzichte van 10 en 12 pl/m²) een hoger suikergehalte. Enerzijds waarschijnlijk omdat er per plant meer licht beschikbaar is en anderzijds omdat het fusariumpercentage bij een lagere plantdichtheid lager is.

Het zetmeelgehalte varieert gemiddeld over de rassen van 200 tot 350 gr/kgds. Dit heeft ook alles te maken met de vroegheid en de massaliteit van de rassen. Het zetmeelgehalte (kolfaandeel) neemt af bij een hogere plantdichtheid van 275 (8) naar 260 (10) tot 250 (12) gr/kgds. Gedurende het oogsttraject is er een toename van het zetmeelgehalte van 210 naar 270 tot 310 gr/kgds.

Het celwandgehalte laat logischerwijs het omgekeerde verloop zien. Bij maïs worden eerst de celwanden gevormd en later wordt de korrel gevuld met zetmeel. De toename aan organische stof is vooral suiker en zetmeel. Door meer zetmeel neemt per kg product het celwandgehalte af. Gedurende het oogsttraject neemt het celwandgehalte af van 470 naar 450 tot 430 gr/kgds. Bij een hogere plantdichtheid is er een hoger celwandgehalte van 435 (8) naar 455 (10) tot 465 (12). De rassen verschillen ook in celwandgehalte van 395 gr/kgds tot 485 gr/kg ds.

De celwandverteerbaarheid is bij melkvee naast zetmeel, een belangrijke parameter die de verteringscoëfficiënt van de organische stof bepaald. Daarnaast is er nog invloed van suiker, eiwit en vet. Celwandverteerbaarheid is een maat voor de afbreekbaarheid van celwanden en dus een maat voor de energie die hieruit beschikbaar kan komen.

Tussen de rassen zijn er significante verschillen met een range 51.5 tot 54.5%. De plantdichtheid heeft een geringe invloed op de celwandverteerbaarheid. Een lagere plantdichtheid heeft een iets lagere celwandverteerbaarheid, mogelijk dat er dikkere stengels gevormd worden, maar dit is maar een idee. Het oogsttijdstip is wel bepalend voor de celwandverteerbaarheid. Een latere oogst geeft een lagere celwandverteerbaarheid. Logisch als we weten dat de celwanden gedurende de afrijping verouderen.

Tabel 5.6. Suikergehalte, Zetmeelgehalte, VC-os, Celwandgehalte en Celwandverteerbaarheid.

Suikergehalte in gr/kg																
Oogst	Dichtheid	Atendo	Bredero	Kalimero	LG3276	LG3277	NKMagitop	NKZorrero	NX1775	NX2522	Seidd	Subito	Taxcoa	Gemiddeld	oogst	dichtheid
Oogst1	8pl/m2	146.5	124.8	82.9	137.7	133.1	130.9	134.7	120.6	117.4	124.1	108.2	119.0	123.3	120.5	90.2
	10pl/m2	141.6	119.9	78.0	132.8	128.3	133.6	129.9	115.8	107.9	120.5	103.6	113.8	118.8		
	12pl/m2	142.8	125.6	84.1	128.8	132.4	132.4	126.1	115.1	113.0	117.9	102.1	111.3	119.3		
Oogst2	8pl/m2	110.0	89.3	56.3	107.6	93.9	109.5	101.2	84.5	80.6	91.4	66.1	81.0	89.3	87.1	
	10pl/m2	107.1	86.4	53.5	104.8	91.0	114.2	98.3	81.6	73.2	89.8	63.5	81.7	87.1		
	12pl/m2	106.0	89.8	57.2	98.5	92.9	110.7	92.3	78.7	76.0	85.0	59.7	72.9	85.0		
Oogst3	8pl/m2	78.3	49.4	37.4	74.0	61.7	75.3	74.5	55.6	44.6	52.4	43.0	49.3	57.9	43.8	
	10pl/m2	60.4	31.6	19.6	56.1	43.8	65.0	56.6	37.7	22.1	39.8	25.4	31.0	40.8		
	12pl/m2	51.1	26.8	15.2	41.7	37.6	53.4	42.5	26.7	16.8	34.1	13.4	32.9	32.7		
		104.9	82.6	53.8	98.0	90.5	102.8	95.1	79.6	72.4	83.9	65.0	77.0	83.8		

Fpr0.05; lsd voor ras, oogst, dichtheid zijn resp.5.2; 5.2 en 6.0

Zetmeelgehalte in gr/kg																
Oogst	Dichtheid	Atendo	Bredero	Kalimero	LG3276	LG3277	NKMagitop	NKZorrero	NX1775	NX2522	Seidd	Subito	Taxcoa	Gemiddeld	oogst	dichtheid
Oogst1	8pl/m2	160.3	227.5	315	185.8	188.2	234.4	244	252	219.8	205.6	243.4	232.5	225.7	210.3	276.4
	10pl/m2	151.1	207.3	311.5	150.4	180.2	196.8	245	250.3	212.1	197.2	216.9	208.2	210.6		
	12pl/m2	138.3	194.6	293.5	144.6	159.5	177	232.8	237.2	194.3	163.8	213	188.4	194.8		
Oogst2	8pl/m2	220.8	277.6	371.4	227.4	263.8	272.2	288.6	310.6	299.8	268.2	292.6	294.8	282.3	269.8	250.3
	10pl/m2	197.4	273	352.4	223	242.2	252	286.6	313.5	281.4	247.3	288.3	268.9	268.8		
	12pl/m2	187.4	255.5	356.2	201.4	216.8	244.1	285.1	297	263	229.2	278.1	286.2	258.3		
Oogst3	8pl/m2	245.8	326	401.5	269	291.1	298.3	339.9	351.2	340	297	334.6	360.1	321.2	308.1	
	10pl/m2	254.5	315.2	359.2	236.5	273.2	299.2	333.1	337.3	328.1	298.4	314.7	314.1	305.3		
	12pl/m2	228.2	292.4	382.4	254.1	260	278.3	348.6	347	300	279.3	312.6	290.6	297.8		
		198.2	263.2	349.2	210.2	230.6	250.3	289.3	299.6	270.9	242.9	277.1	271.5	262.8		

Fpr0.05; lsd voor ras, oogst, dichtheid zijn resp.9.9; 4.7 en 4.7

VC-os in %																
Oogst	Dichtheid	Atendo	Bredero	Kalimero	LG3276	LG3277	NKMagitop	NKZorrero	NX1775	NX2522	Seidd	Subito	Taxcoa	Gemiddeld	oogst	dichtheid
Oogst1	8pl/m2	73.3	76.0	78.6	74.3	74.5	76.7	76.5	76.3	74.1	72.8	74.6	75.2	75.2	74.2	75.6
	10pl/m2	72.5	75.1	78.0	72.6	73.0	75.4	75.9	75.7	72.9	72.9	71.9	74.0	74.2		
	12pl/m2	71.9	74.4	77.3	71.6	73.4	73.1	75.2	74.6	72.7	69.7	71.8	72.7	73.2		
Oogst2	8pl/m2	74.1	76.5	79.2	74.9	75.2	76.6	76.4	76.1	75.9	73.9	74.2	76.2	75.8	75.0	73.6
	10pl/m2	71.9	75.6	78.5	74.0	73.8	76.3	75.8	76.3	74.6	72.8	72.9	74.5	74.8		
	12pl/m2	71.8	74.9	78.4	73.0	73.3	76.0	75.3	76.0	73.3	72.3	72.7	75.4	74.4		
Oogst3	8pl/m2	74.0	76.0	79.2	75.5	75.0	76.6	76.9	76.5	75.5	72.6	73.5	77.2	75.7	74.3	
	10pl/m2	72.6	74.6	76.5	71.8	73.1	75.4	76.0	75.0	73.4	72.2	70.8	73.8	73.8		
	12pl/m2	70.7	73.9	77.3	72.8	72.5	74.8	75.3	75.4	72.2	71.6	70.7	73.2	73.3		
		72.5	75.2	78.1	73.4	73.8	75.6	75.9	75.8	73.9	72.3	72.6	74.7	74.5		

Fpr0.05; lsd voor ras, oogst, dichtheid zijn resp.0.48; 0.24 en 0.23

Celwandgehalte in gr/kg																
Oogst	Dichtheid	Atendo	Bredero	Kalimero	LG3276	LG3277	NKMagitop	NKZorrero	NX1775	NX2522	Seidd	Subito	Taxcoa	Gemiddeld	oogst	dichtheid
Oogst1	8pl/m2	496	456.3	396.8	480.5	478.5	438.8	422.7	433.2	471.5	492.2	448.3	462.7	456.5	472.7	435.0
	10pl/m2	511.7	470	408.2	509.3	494	469	429.7	439	486.2	483.1	488.3	476.5	472.1		
	12pl/m2	521	482.1	426.7	518.2	503.7	498.3	444	459.5	502.5	528.5	488.8	502.8	489.7		
Oogst2	8pl/m2	463	440.1	377.3	464.8	444	433.1	423.7	415.2	435	452.5	439.1	435	435.2	450.0	
	10pl/m2	494.3	446.8	397.8	472.8	468	449.2	427.2	420.7	458.8	473.5	466.5	462.8	453.2		
	12pl/m2	504.3	455.8	397.5	499.3	484.5	449.6	441.2	433.3	479.3	491	461.6	443.1	461.7		
Oogst3	8pl/m2	453	419.3	358.7	430.7	425.2	411.5	384.3	392.5	420.3	447.8	423.7	392.6	413.3	431.9	
	10pl/m2	461.2	442.5	406.1	476.3	451	421.6	394.7	414	439.6	446.3	454	446.2	437.8		
	12pl/m2	480.6	453.8	390.3	461.1	468.8	436.5	398.7	410.8	463.7	461	458.6	451.7	444.6		
		487.2	451.9	395.5	479.2	468.6	445.3	418.5	424.2	461.9	475.1	458.8	452.6	451.6		

Fpr0.05; lsd voor ras, oogst, dichtheid zijn resp.8.2; 3.9 en 3.9

Celwandverteerbaarheid																
Oogst	Dichtheid	Atendo	Bredero	Kalimero	LG3276	LG3277	NKMagitop	NKZorrero	NX1775	NX2522	Seidd	Subito	Taxcoa	Gemiddeld	oogst	dichtheid
Oogst1	8pl/m2	56.1	55.7	54.0	55.9	55.5	54.8	53.1	54.0	54.3	54.8	53.6	54.8	54.7	55.1	53.0
	10pl/m2	55.8	55.8	54.5	56.3	56.3	55.8	53.4	54.2	55.1	54.9	54.1	55.5	55.1		
	12pl/m2	56.2	55.7	54.9	56.3	56.0	56.1	53.6	54.5	55.3	55.2	54.3	56.0	55.3		
Oogst2	8pl/m2	53.2	54.4	51.8	54.6	53.3	54.3	52.4	51.6	53.0	53.0	52.1	52.5	53.0	53.4	
	10pl/m2	53.9	54.2	53.1	54.4	54.1	54.1	52.1	52.9	53.8	53.4	52.1	53.6	53.5		
	12pl/m2	54.7	54.2	53.0	54.9	54.6	54.3	52.8	53.3	54.0	54.7	52.1	52.9	53.8		
Oogst3	8pl/m2	53.2	52.3	50.2	52.9	51.9	52.8	49.3	49.9	51.6	51.4	49.7	50.6	51.3	51.3	
	10pl/m2	52.3	52.4	51.5	52.6	52.0	52.1	49.3	50.4	51.8	50.5	50.2	51.8	51.4		
	12pl/m2	52.0	52.2	50.4	52.3	52.5	52.6	48.9	50.1	51.4	51.1	49.4	51.9	51.2		
		54.2	54.1	52.6	54.5	54.0	54.1	51.6	52.3	53.4	53.2	52.0	53.3	53.3		

Fpr0.05; lsd voor ras, oogst, dichtheid zijn resp.0.48; 0.39 en 0.39

Al deze hierboven benoemde parameters hebben een invloed om de verteringscoëfficiënt van de organische stof (VC-os). De een positief en de ander negatief. Dit resulteert in significante rasverschillen met een range van 72.3 tot 78.1%. Bij een hogere plantdichtheid is er een afname van de VC-os met name door een afname van het zetmeelgehalte en het suikergehalte. Bij het oogsttijdstip is er van 1^e naar 2^e tijdstip eerst nog een toename, maar daarna (oogst3) een afname. Bij het tweede tijdstip wordt de afname van de celwandverteerbaarheid nog voldoende gecompenseerd door een hoger zetmeelgehalte (+ 60 gr/kgds). Bij de 3^e oogst lukt dit niet meer en zien we een afname van de VC-os. Daarbij kan ook de fusarium een extra negatieve rol spelen, doordat deze goed verteerbare organische stof (met name suiker) op consumeert.

5.3.2 Biogas- en methaangas per ton os

Uit kostenoverweging is besloten alleen gasopbrengsten te bepalen van de landbouwkundig meest interessantste objecten en daarbij ook alleen aan de gemalen mengmonsters van de 2 herhalingen. In enkelvoud is hiervan de potentiële gasopbrengst bepaald. Tevens is het methaangehalte bepaald. In tabel 5.7 zijn de resultaten weergegeven voor de biogasopbrengst per ton organische stof, het methaangehalte en het hieruit berekende methaanopbrengst per ton os.

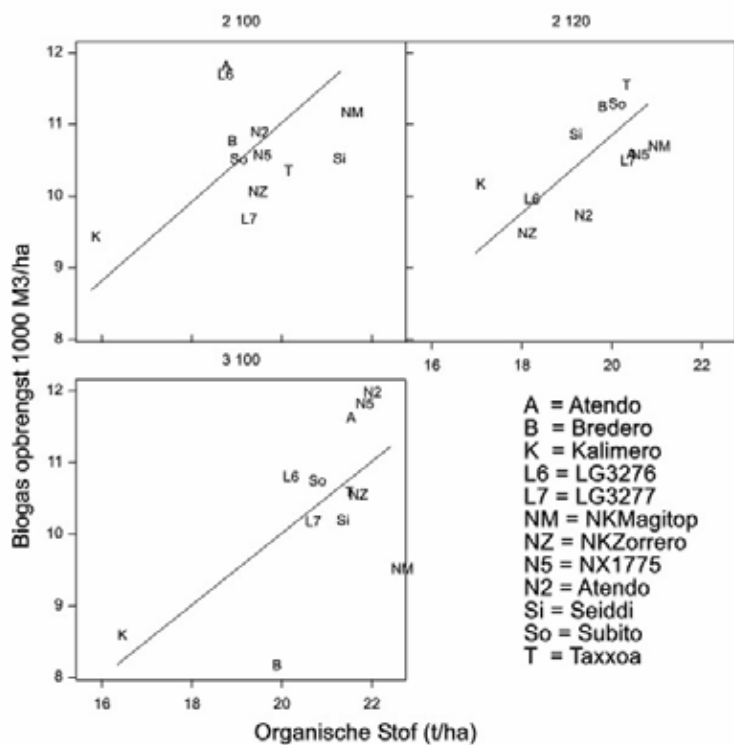
Tabel 5.7. **Biogasproductie (m³/ton os.), methaangehalte (%) en methaangasproductie (m³/ton os.) (inclusief afwijkers).**

	Biogas in m ³ per ton os				Methaangehalte in %				Methaangas in m ³ per ton os.			
	O2 D100	O2 D120	O3 D100	Gemiddeld	O2 D100	O2 D120	O3 D100	Gemiddeld	O2 D100	O2 D120	O3 D100	Gemiddeld
Atendo	632.3	519.9	541.9	564.7	64.5	60.2	62.4	62.3	407.6	312.7	337.8	352.7
Bredero	571.7	570.4	412.3	518.1	56.8	59.6	56.6	57.7	324.9	340.1	233.5	299.5
Kalimero	597.3	597.6	524.6	573.2	57.2	59.3	58.3	58.3	341.6	354.2	305.8	333.9
LG3276	629.0	550.7	538.7	572.8	58.0	59.2	56.0	57.7	364.8	325.9	301.4	330.7
LG3277	505.9	519.1	495.3	506.8	58.9	60.8	60.6	60.1	298.1	315.7	300.3	304.7
NKMagitop	523.0	513.0	423.7	486.6	57.8	62.5	56.1	58.8	302.2	320.5	237.6	286.8
NKZarrero	521.6	528.4	490.2	513.4	57.8	61.1	61.3	60.1	301.6	323	300.3	308.3
NX1775	544.9	516.9	545.6	535.8	60.3	61.5	55.5	59.1	328.6	318	302.6	316.4
NX2522 (Winn)	563.2	506.7	548.6	539.5	58.9	62.0	56.4	58.7	331.6	313.9	303.7	316.4
Seiddi	497.1	569.0	479.7	515.3	58.2	57.0	60.0	58.4	289	324.3	287.7	300.4
Subito	557.1	565.7	521.1	548.0	56.7	59.7	56.6	57.7	316.1	337.4	295.1	316.2
Taxxo	515.5	569.9	494.1	526.5	57.9	62.6	61.2	60.6	298.5	356.9	302.6	319.3
Gemiddeld	554.9	543.9	501.3	533.4	58.6	60.5	58.3	59.1	325.4	328.6	292.4	315.4
Fprob 0.05; lsd voor ras, Oogst*dichtheid, resp. 63.6 en 31.8				Fprob 0.05; lsd voor ras, oogst*dichtheid, resp. 3.4 en 1.7				Fprob 0.05; lsd voor ras, oogst*dichtheid, resp. 42.8 en 21.4				

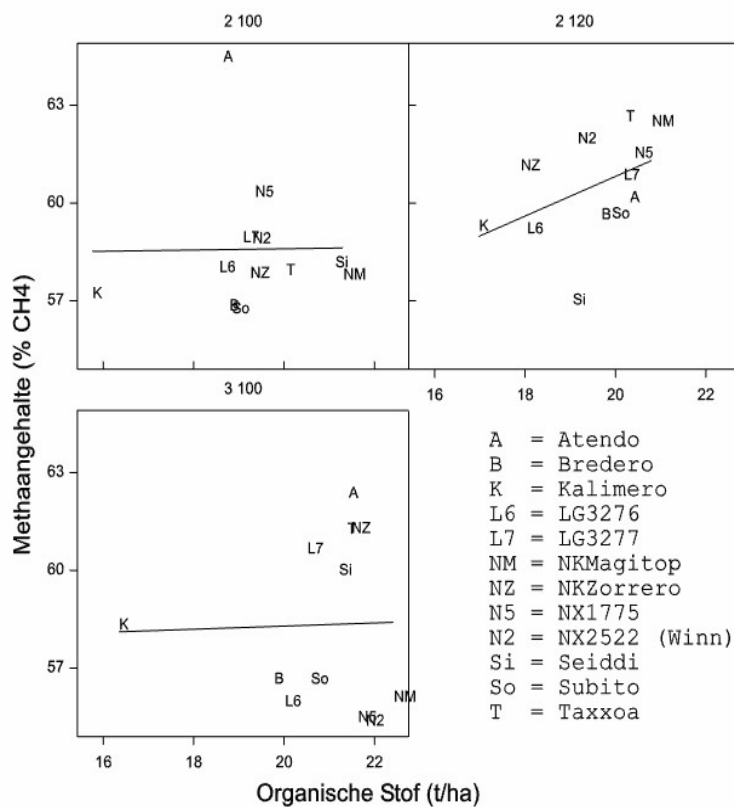
Uit de analyse kwam naar voren dat voor biogasopbrengst er geen verschil is tussen O2D100 (oogst2 100000 pl/ha) en O2D120 (oogst2 120000 pl/ha). Ook de meeste rassen laten zien dat de gasopbrengsten bij O2D100 en O2D120 vrijwel gelijk zijn. Afwijkers hierin zijn Atendo, LG3276, NX2522, Seiddi en Taxxo. Verder is er gemiddeld over de rassen een terug val te zien van O2 naar O3 van ongeveer 50 m³ per ton. Wat hierin bijzonder is, is dat Bredero en NKMagitop veel meer dan gemiddeld terugvallen. Hoewel er op basis van chemische samenstelling geen reden voor is. Ook is opvallend de sterke stijging in biogasopbrengst bij Atendo.

Als we naar het methaangehalte kijken valt op dat er verschil zit tussen Dichtheid 100 en 120, dat net significant is. Dit is eigenlijk niet te verwachten. In de kwaliteitsproef (hoofdstuk 5) waar we gekeken hebben naar verschil in methaangehalte van kolf en plant, kwam naar voren dat methaangehalte voor kolf en plant gelijk is. In deze proef zijn de analyses in duplo uitgevoerd en kunnen we daar meer waarde aan toe kennen. Het lijkt er op dat maïs hoofdzakelijk uit bestanddelen (celwand, zetmeel, suiker) bestaat, die biogas produceren met een vergelijkbaar CH₄%. In deze proef zijn de analyses in duplo uitgevoerd. Vet zou biogas produceren met iets hoger CH₄%, maar dit gehalte in maïs (totaal gewas) is vrij laag. Dat betekent dat een verandering in samenstelling door een hogere plantdichtheid eigenlijk geen invloed kan hebben op het methaangehalte in de biogas. Grote afwijkers bij het methaangehalte zijn Atendo (O2D100 en O3D100), NKMagitop (O2D120) en verder Seiddi (O2D120), Taxxo (O2D120)

Er lijken zo toch enkele vreemde analyse uitslagen in deze set met resultaten te zitten. Dit is te verklaren, doordat het uitgevoerd is in enkelvoud aan 1-2 gram monster. Naast dat er een monsterfout (meer kolf of plant of spill) kan zijn opgetreden (hoewel gemalen), heb je in de methodiek van de analyse zelf natuurlijk ook nog een fout zitten. Op basis van bovenstaande en met ondersteuning van figuren 5.1, 5.2 en 5.3 zijn de volgende analyseresultaten uit de dataset verwijderd.

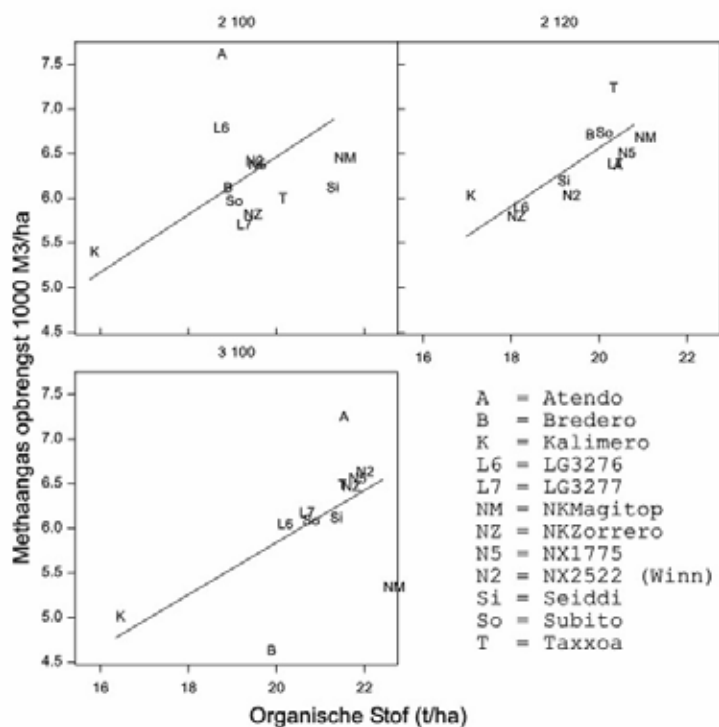


Figuur 5.1. Biogasopbrengst per ha uitgezet tegen organische stofopbrengst per ha.



Figuur 5.2. Methaangehalte in de biogas uitgezet tegen de organische stofopbrengst per ha.

Atendo O2D100 vanwege in vergelijking tot andere objecten een extreem hoge biogasproductie en een extreem hoog CH4%. LG3276 O2D100 vanwege in extreem hoge biogasopbrengst. Bredero O3D100 en NKMagitop O3D100 vanwege een extreem lage biogasopbrengst. Atendo O3D100 vanwege een extreem hoog CH4% en daardoor een te hoge methaangasopbrengst. Verder Taxxa O2D120 vanwege een relatief hoog methaanopbrengst door zowel een hoge biogasopbrengst als een hoog CH4%. En tot slot Seiddi vanwege een relatief laag CH4%.



Figuur 5.3. Methaangasopbrengst per ha uitgezet tegen organische stofopbrengst per ha.

Met de overgebleven data set is de analyse opnieuw uitgevoerd, wat geleidt heeft tot de resultaten in tabel 5.8. Hierbij zijn voor de waarden voor de ontbrekende data op basis van de overige monsters ingerekend.

Tabel 5.8. Biogasproductie (m3/ton os.), methaangehalte (%) en methaangasproductie (m3/ton os.) (exclusief afwijkers).

	Biogas in m3 per ton os				Methaangehalte in %				Methaangas in m3 per ton os.			
	O2 D100	O2 D120	O3 D100	Gemiddeld	O2 D100	O2 D120	O3 D100	Gemiddeld	O2 D100	O2 D120	O3 D100	Gemiddeld
Atendo	528.1	5199	503.1	517.0	57.1	60.2	57.5	58.3	301.2	3127	288.5	300.8
Bredero	571.7	570.4	550.3	564.1	56.8	59.6	57.1	57.9	324.9	340.1	314.0	326.3
Kalimero	597.3	597.6	524.6	573.2	57.2	59.3	58.3	58.3	341.6	354.2	305.8	333.9
LG3276	561.1	550.7	538.7	550.2	55.8	59.2	56.0	57.0	314.3	325.9	301.4	313.9
LG3277	505.9	519.1	485.3	506.8	58.9	60.8	60.6	60.1	298.1	315.7	300.3	304.7
NKMagitop	523	513	497.2	511.1	57.8	62.5	59.0	59.8	302.2	320.5	292.9	305.2
NKZorrero	521.6	528.4	490.2	513.4	57.8	61.1	61.3	60.1	301.6	323.0	300.3	308.3
NX1775	544.9	516.9	545.6	535.8	60.3	61.5	55.5	59.1	328.6	318.0	302.6	316.4
NX2522 (Winn)	563.2	506.7	548.6	539.5	58.9	62.0	55.4	58.7	331.6	313.9	303.7	316.4
Seiddi	497.1	492.8	479.7	489.9	58.2	61.9	60.0	60.0	289.0	306.3	287.7	294.3
Subito	557.1	565.7	521.1	548.0	56.7	59.7	56.6	57.7	316.1	337.4	295.1	316.2
Taxxa	515.5	509.2	494.1	506.3	57.9	62.4	61.2	60.5	298.5	318.5	302.6	306.5
Gemiddeld	540.5	532.5	515.7	529.6	57.8	60.8	58.2	58.9	312.3	323.9	299.6	311.9

F_{prob} 0.05; I_sd voor ras, oogst*²dichtheid, resp. 34.2 en 17.1

F_{prob} 0.05; I_sd voor oogst*²dichtheid is 1.5

F_{prob} 0.05; I_sd voor ras, oogst*²dichtheid, resp. 18.2 en 9.1

De gemiddelde biogasproductie over alle objecten is 530 m³ per ton organische stof. In biogasproductie is er een significant verschil tussen rassen en tussen dichtheid*oogsttijdstip. Tussen ras met hoogste en ras met laagste biogasopbrengst per ton os zit ruim 15%. Oogsttijdstip2Dichtheid100 wijkt in biogasopbrengst per ton os significant af van Oogsttijdstip3Dichtheid100. Het verschil is gemiddeld 25 m³ gas, wat neerkomt op een verschil van 5%.

Het gemiddelde methaangehalte in de biogas is met 59% relatief hoog. In literatuur wordt meestal een gehalte van rond de 55% aangegeven. Tussen de geteste rassen is er geen significant verschil, wel zou een hoger plantaantal een hoger methaangehalte in de biogas geven. Omdat het methaangasgehalte in kolf en plant gelijk is, is dit een vreemd resultaat. Vooralsnog is de conclusie dat het methaangehalte niet beïnvloed wordt door oogsttijdstip of plantaantal. Aangenomen mag worden dat het gehalte in de serie van O2D120 in de analyse is overschat. Dit doortrekkend zou het methaangehalte in de biogas hier ook rond de 58% zijn. Wat ook betekent dat de methaangasopbrengst per ton os bij O2D120 verlaagd wordt tot 309 m³. Dit zou betekenen dat het plantaantal geen significante invloed heeft op de methaangasopbrengst per ton os of dat deze voor een hoger plantaantal licht negatief is. Verder verlaagd een oogst rond 15 oktober de methaangasopbrengst met bijna 13 m³ of te wel 4%. De terugloop lijkt bij zeer vroege rassen groter dan bij middenlate rassen. Tussen de geteste rassen is gemiddeld een verschil van 40m³ CH₄/tonos. Bij oogst2dichtheid100 is het verschil zelfs 50 m³, wat neerkomt op ruim 15%.

5.3.3 Biogas- en methaangasopbrengst per ha

Op basis van de organische stofopbrengst per ha na inkuilen, de biogasproductie per ton organische stof en het methaangehalte in de biogas is in tabel 5.9 de biogasproductie en methaangasproductie per ha weergegeven. De inkuilverliezen zijn groter als het gewas wordt ingekuild bij een lager drogestofgehalte. De inkuilverliezen zijn afgeleid van, zoals deze bij het teeltdoel snijmais bekend zijn. Een aantal middenlate rassen verliest al tot 8% aan drogestof door een te laag drogestofgehalte.

De bepaling van biogasproductie per ton os en het methaangehalte is per object in enkelvoud bepaald. Daarom wordt de potentiële methaangasproductie per ha van de rassen hierin ook weergegeven als gemiddelde van de hoogste waarden. Voor de meeste rassen zijn de hoogste waarden op oogsttijdstip 2 (2 oktober) en bij 12 pl/m² en oogsttijdstip 3 (15 oktober) bij 10 pl/m². De ras die hier met name afwijken zijn Kalimero, NX2522 en NX1775. Bij de NX2522 wordt dit met name veroorzaakt door de onverklaarbaar lage drogestofstof opbrengst en biogasproductie per ton organische stof bij oogst 2 en 12 pl/m². Bij de NX1775 lijkt dit met name veroorzaakt door het lage methaangasgehalte in de biogas. Bij deze 2 rassen lijkt het meer te komen door proefveldvariatie. Bij het zeer vroege korte ras Kalimero lijkt het meer structureel. Dit ras loopt bij het derde oogsttijdstip zowel in organische stof opbrengst als in biogasproductie per ton organische stof terug. Dit ras is op het derde oogsttijdstip al over zijn optimale organische stof productie heen.

De vraag is echter of er wel gefocust moet worden op een opbrengst rond 15 oktober of later. Op het derde oogsttijdstip neemt bij veel rassen het Fusariumpercentage sterk toe en ook is er een terugloop in methaangasopbrengst per ton organische stof waar te nemen. Dit betekent elke ton drogestof die de vergister ingaat dat er minder gas wordt geproduceerd. Echter wat de vergister in gaat is natuurlijk verse (ingekulde) maïs. Als we de methaangasproductie per ton verse massa berekenen (laatste kolom tabel 5.9) dan valt op dat bij een groot aantal rassen bij de derde oogst de methaanproductie per ton vers product sterk toeneemt. Wat de vergister een stuk efficiënter maakt, want per ton product dat er ingaat komt er meer gas uit. Een zelfde efficiëntie is echter te zien bij het ras Kalimero, dat al bij oogst 2 een drogestofgehalte van 32% bereikt en dan per ton verse massa al over 100 m³ methaangas produceert. Per ton verse massa wordt er ten opzichte van latere rassen 30-40% meer methaangas geproduceerd. Tussen Kalimero en de overige meest middenvroeg tot middenlate rassen zitten echter nog veel vroege rassen met een veel hogere opbrengstpotentie dan Kalimero. Wellicht moet daar meer opgericht worden. De hogere methaangasproductie per ton verse massa moet wellicht terugkomen in energie en milieu efficiëntie. Meer hierover in paragraaf 5.3.4.

Een aantasting van Fusarium lijkt dus niet direct negatief. Fusarium droogt het gewas in waardoor er minder water verhandeld hoeft te worden. Bij een extreme aantasting vallen de planten echter om en loopt de

oogstbaarheid terug en daardoor grotere kans op oogstverliezen. Ook verbruikt de Fusariumschimmel de snel afbreekbare koolhydraten zoals de suikers. Dit is wellicht ook een van de oorzaken waardoor de methaanproductie per ton organische stof terugloopt bij de derde oogst. Verder geeft een aantasting van Fusarium een versnelde afsterving van de plant. Mogelijk dat dit ook de gasproductie uit de restplant heeft verminderd. Eigenlijk moet de maïs dus direct geoogst worden als er iets Fusarium in het gewas voorkomt of zoveel eerder als het gewas onvoldoende groene bladeren overhoudt. Uit oogsttijdenonderzoek is namelijk een verband gevonden tussen aantal groene bladeren en toename van drogestofproductie. Eerste helft september minder dan 2 bladeren voor de helft groen, tweede helft september 3 tot 4 bladeren voor minder dan de helft groen en rond 1 oktober minder dan 5 bladeren voor minder dan de helft nog groen. Is er op de genoemde tijdstippen minder groen blad aanwezig dan produceert de plant overdag minder bij, dan er 's nachts wordt verademd. De organische stofopbrengst loopt terug. Verder worden gemiddeld genomen de dagen in Nederland vanaf 2^e week oktober dusdanig kort dat er ook 's nachts meer wordt verdampt dan er overdag wordt geproduceerd. De maximale methaangasproductie na inkuilen, ruim 6400 m³ per ha wordt bereikt door het ras Bredero, een middenvroeg ras, geoogst op rond 1 oktober en bij 120.000 planten per ha.

Tabel 5.9. **Biogas- en methaangasopbrengst per ha, met in achtname van inkuilverliezen.**

Ras	oogsttijd dichtheid	versopbr ton/ha	ds%	dsopbr ton/ha	inkuil- verlies%	dsopbr/ha na inkuil	os%	osopbr ton/ha	biogas m ³ /tonos	biogas m ³ /ha	CH ₄ %	CH ₄ -gas m ³ /tonos	CH ₄ -gas m ³ /ha	gemiddelde hoogste 2	CH ₄ -gas m ³ /tonvers
Atendo	O2/10	81.3	23.8	19.4	8.0	17.9	96.5	17.26	528	9117	57	302	5206		64
Atendo	O2/12	87.7	24.2	21.1	8.0	19.4	96.4	18.7	520	9723	60	313	5848		67
Atendo	O3/10	75.6	28.6	21.5	5.5	20.3	96.6	19.6	503	9848	58	289	5665	5756.4	75
Bredero	O2/10	72.6	27.0	19.6	6.0	18.4	96.7	17.8	572	10182	57	325	5786		80
Bredero	O2/12	73.9	28.1	20.4	5.5	19.3	97.6	18.9	570	10753	60	340	6411		87
Bredero	O3/10	56.7	35.3	20.3	3.0	19.7	96.9	19.0	550	10479	57	314	5985	6197.9	106
Kalimero	O2/10	50.5	31.9	16.1	4.0	15.5	96.9	15.0	597	8963	57	342	5127		102
Kalimero	O2/12	53.7	32.0	17.1	4.0	16.4	96.8	15.9	598	9517	59	354	5641	5383.6	105
Kalimero	O3/10	44.2	36.9	16.2	2.5	15.8	96.5	15.3	525	8016	58	306	4673		106
LG3276	O2/10	74.5	25.9	19.3	6.5	18.0	96.5	17.4	561	9757	56	313	5447		73
LG3276	O2/12	74.6	26.3	19.5	6.5	18.2	96.9	17.7	551	9730	59	326	5759		77
LG3276	O3/10	68.8	29.1	20.0	5.0	19.0	96.2	18.3	539	9847	56	301	5509	5633.9	80
LG3277	O2/10	74.9	26.3	19.7	6.5	18.4	96.9	17.9	506	9041	59	298	5327		71
LG3277	O2/12	81.2	25.8	20.6	6.5	19.3	96.5	18.6	519	9648	61	316	5869		72
LG3277	O3/10	66.9	30.8	20.8	4.5	19.9	96.8	19.2	495	9518	61	300	5771	5820.1	86
NKMagitop	O2/10	73.6	28.5	21.0	5.5	19.9	96.9	19.2	523	10068	58	302	5817		79
NKMagitop	O2/12	77.5	27.5	21.0	6.0	19.8	96.6	19.1	513	9805	62	321	6126		79
NKMagitop	O3/10	68.7	32.2	22.0	4.0	21.1	97.2	20.5	497	10195	59	293	6017	6071.5	88
NKZorrero	O2/10	75.0	26.2	19.5	6.5	18.3	96.9	17.7	522	9235	58	302	5340		71
NKZorrero	O2/12	73.1	27.1	19.8	6.0	18.6	97.3	18.1	528	9587	61	323	5860		80
NKZorrero	O3/10	72.8	30.7	22.1	4.0	21.2	97.3	20.7	490	10129	61	300	6206	6032.8	85
NX1775	O2/10	76.5	26.6	20.4	6.0	19.2	96.8	18.6	545	10138	60	329	6115		80
NX1775	O2/12	76.4	27.3	20.7	6.0	19.5	97.0	18.9	517	9761	62	318	6004	6059.3	79
NX1775	O3/10	67.5	31.3	21.1	4.0	20.2	96.9	19.6	546	10694	55	303	5931		88
NX2522	O2/10	75.8	27.1	20.5	6.0	19.2	97.1	18.7	563	10510	59	332	6188		82
NX2522	O2/12	74.1	26.3	19.5	6.5	18.2	97.4	17.7	507	8986	62	314	5567		75
NX2522	O3/10	60.3	35.5	21.7	3.0	21.1	96.8	20.4	549	11194	55	304	6196	6192.2	103
Seid di	O2/10	89.2	23.3	20.9	8.0	19.3	96.6	18.6	497	9243	58	289	5375		60
Seid di	O2/12	85.3	23.4	19.8	8.0	18.2	97.0	17.7	493	8715	62	305	5395		63
Seid di	O3/10	79.8	27.6	21.8	6.0	20.5	96.5	19.8	480	9504	60	288	5700	5547.8	71
Subito	O2/10	68.0	27.9	18.8	5.5	17.7	97.4	17.3	557	9623	57	316	5460		80
Subito	O2/12	75.6	27.6	20.5	6.0	19.2	96.5	18.6	566	10498	60	337	6262		83
Subito	O3/10	55.0	36.4	20.2	2.8	19.6	97.0	19.0	521	9917	57	295	5617	5939.6	102
Taxxoa	O2/10	72.1	28.1	20.2	5.5	19.1	96.7	18.5	516	9525	58	299	5516		77
Taxxoa	O2/12	75.2	28.3	20.7	5.0	19.7	97.0	19.1	509	9735	62	318	6076		81
Taxxoa	O3/10	59.2	36.0	21.4	2.8	20.8	97.2	20.2	494	9972	61	303	6107	6091.6	103

Hetgeen hierboven is verwoord is ook nog een keer in tabel 5.10 te constateren. Over de geteste rassen heen is de hoogste methaangasopbrengst te vinden bij Oogsttijdstip 2 Plantdichtheid 12 en Oogsttijdstip 3 Plantdichtheid 10. Over significantie hiervan is te discussiëren. Zeker als hier ook in acht genomen wordt, dat het methaangehalte bij elke oogst wellicht 58% moet zijn. Dan wordt de methaanproductie per ton organische stof 314, 309 en 299 m³ bij resp. Oogst2-10pl, Oogst2-12pl en Oogst3-10pl. De methaangasproductie per ha wordt dan resp. 5578, 5629 en 5767. Het is wel goed hier bij nogmaals te realiseren dat per ras (bv. Kalimero) de optimale combinatie oogsttijdstip en plantdichtheid verschillend kan zijn. Logischerwijs is ook hier de toename van de methaangasproductie per ton verse massa bij een latere oogst waar te nemen.

Tabel 5.10. **Involed van oogsttijdstip en plantdichtheid op methaangasproductie per ha (incl. inkuilverliezen).**

oogsttijdstip	versopbr		dsopbr		inkuil- dsopbr/ha		osopbr		biogas		CH4-gas		CH4-gas m3/tonvers
	ton/ha	ds%	ton/ha	verlies%	na inkuil	os%	ton/ha	m3/tonos	m3/ha	CH4%	m3/tonos	m3/ha	
O2/10	73.67	26.9	19.6	6.17	18.4	96.8	17.8	540.5	9617	57.8	312	5559	75
O2/12	75.68	27.0	20.1	6.17	18.8	96.9	18.2	532.5	9705	60.8	324	5902	78
O3/10	64.62	32.5	20.7	3.9	19.9	96.8	19.3	515.7	9943	58.2	300	5781	89

Dichtheid en oogsttijdstip: 10=10pl/m²; 12=12pl/m²; O2=2oktober; O3=15 oktober; Fprob 0.05 lsd oogst*dichtheid = 270

5.3.4 Energie-, milieu- en economische rendement

Op basis van de opbrengsten (vers, droog, organisch) en de gasproductie (biogas en methaangas) per ton os kan er gekeken worden naar de energetische, milieukundige en economische efficiëntie van de diverse objecten. De methodiek hiervoor en parameters die hierin gebruikt worden zijn omschreven in hoofdstuk 3 en bijlage 9.

Voor de rasvergelijking zijn hiervoor per ras de resultaten van de twee objecten meegenomen met de hoogste methaangasproductie per ha na inkuilen. Dit voor een betere betrouwbaarheid en tevens om de potentie van de rassen beter in beeld te brengen. Bij de vergelijking van oogsttijdstip en plantdichtheid zijn hier dezelfde objecten meegenomen als bij de methaanopbrengst. De resultaten zijn weergegeven in tabel 5.11 en 5.12.

Bij de vergelijking van de rassen blijkt er bij de vergisting van maïs een positief energetische rendement, die rasafhankelijk uit een loopt van 74 tot 78%. Dat betekent dat ongeveer een kwart van de bruto geproduceerde energie in de keten wordt verbruikt. De rasverschillen lijken gering, maar de netto opgewekte energie varieert over de rassen van 57000 tot 67000 MJ per ha. Verschillen die op lopen tot 15%. Bij de vergisting van maïs (keten) wordt er gemiddeld ongeveer 4 keer de input aan energie teruggewonnen. Netto blijft er dan 3 keer de input over, waardoor de energie-efficiëntie rond 300% ligt.

Het milieukundige rendement varieerde tussen de geteste rassen van 31.5 tot 39.2%. Hierbij is gerekend met 100% kunstmest. De praktijk gebruikt meestal drijfmest of in een ketensituatie natuurlijk digestaat, rendementen hiervan zijn te vinden in hoofdstuk 6 en 7. Dat betekent dat bij de vergisting van maïs in de keten gemiddeld rond de 35% bruto gereduceerde emissie van CO₂ en lachgas (broeikasgassen – GHG) overblijft. De netto reductie aan CO₂- en lachgasemissie voor de geteste maïsrassen varieert van 1640 tot 2330 CO₂-eq per ha.

De economische efficiëntie is ook afhankelijk van het ras. De bruto geldopbrengst is berekend op basis van de biogasopbrengstprijs, waar bij gerekend is met de MEP-subsidie. Op basis van de nieuwe subsidieregeling (-3 ct)/kWh zullen deze bedragen lager uitvallen. Het saldo-Loonwerk (LW) varieert van ongeveer € 800,= tot ruim € 1.400,= per ha. Hierbij is er van uitgegaan dat de oogstkosten (hakselen) per ha voor alle rassen gelijk is. In de praktijk wil een loonwerker voor massa-gewassen ook nog wel eens iets extra's in rekening brengen. In de opbrengstprijs zitten ook de kosten voor het toedienen (voeren) van product aan de vergister in mindering gebracht. Door met name deze kosten is de bruto geldopbrengst voor het ras Kalimero (52 ton massa) hoger dan die van het ras Seiddi (82 ton massa).

Uit deze resultaten blijkt dat het vergisten van maïs een positieve bijdrage levert aan de reductie van CO₂ en lachgas emissie. Ook wordt er netto energie geleverd en is het saldo positief. Echter rassenkeuze is vrij essentieel voor de hoogte van deze positieve effecten. Tussen de geteste rassen bestaat in verschil van 4% in energierendement, 8% in reductie aan CO₂ en lachgas reductie en tot ruim € 600,= verschil in financiële opbrengst.

Middenvroeg rassen lijken het meest interessant. De middenlate rassen (Seiddi) juist minder, doordat er veel verse massa wordt geproduceerd met een relatief laag drogestofgehalte en dus veel water. Water moet wel verhandeld worden maar levert geen biogas. Ook het relatief lage kolfaandeel (zetmeelgehalte) geeft dat ook de biogasproductie per ton organische stof relatief laag is. Zeer vroeg rassen, zoals Kalimero, lijken qua netto energieproductie en saldo goed mee te kunnen, maar de reductie aan GHG-

emissie is relatief laag. Dit met name door een relatief lage bruto reductie aan broeikasgassen. Wel is het zo dat zeer vroege rassen wellicht de mogelijkheid geven iets er voor of er na te telen, waardoor de balans per ha wel eens wat gunstiger kan komen te liggen. In 2008 is hier ook aandacht voor binnen het onderzoek.

Uitgaande van de bruto geldopbrengst minus de oogstkosten € 450,= per ha kan worden berekend wat er maximaal voor een ha maïs op stam mag worden betaald. Wat opvalt is dat voor bv Bredero meer dan € 2.200,= (65 ton vers/ha) kan worden betaald en dat dit voor bv. Seiddi maximaal € 1.600 (83 ton vers/ha) is. Opvallend is dat er bij het ras Kalimero ruim € 1.900,= per ha mag worden betaald voor slechts 52 ton vers /ha. Bij deze maximaal te betalen prijs per ha is echter dan nog geen rekening gehouden met de vaste lasten van de vergister. In de praktijk wordt er veelal gerekend met een bedrag per ha, vrijwel onafhankelijk van het ras. Soms wordt er wel rekening gehouden met opbrengst, maar nog belangrijker is hierbij rekening te houden met de kwaliteit van de maïs. Dit gebeurt vrijwel niet.

Tabel 5.11. **Energetische, milieukundige en economische rendement per ras. Berekening gebaseerd op gemiddelde van de twee objecten met de hoogste methaangasproductie per ha na inkuilen.**

Opbrengsten coproduct	Atendo	Bredero	Kalimero	LG3276	LG3277	NK Magitop
Verse opbrengst kg/ha	81600	65300	52100	71700	74000	73100
Methaan opbrengst m3/ha	5756	6198	5384	5634	5820	6072
Elektriciteit kW h/ha (incl. 1% lekverlies)	22110	23808	20681	21641	22356	23324
Bruto opgewekte energie (MJ)	79596	85708	74452	77909	80481	83966
Bruto reductie GHG emissie (kg CO2-eq)	5524	5948	5167	5407	5585	5827
Bruto-geldopbrengst	2203	2671	2381	2264	2340	2495
Energie						
Totaal verbruik energie keten (MJ/ha)	19958	19122	18457	19453	19572	19523
Netto geproduceerde energie (MJ/ha)	59638	66586	55995	58456	60909	64442
Energie-rendement	75%	78%	75%	75%	76%	77%
Milieu						
Totaal emissie GHG keten (CO2-eq/ha)	3652	3614	3525	3610	3627	3636
Netto reductie GHG (CO2-eq/ha)	1872	2334	1642	1797	1958	2191
GHG reductie percentage	33.9%	39.2%	31.8%	33.2%	35.1%	37.6%
Economie						
Toegerekende kosten	721	701	699	699	699	700
Saldo eigen mechanisatie	1482	1969	1682	1565	1640	1795
Totaal loonwerk (incl. rente)	538	538	538	538	538	538
Saldo (LW) op basis biogasopbrengst	€944	€1,431	€1,144	€1,027	€1,102	€1,257
Opbrengsten coproduct						
	NK Zorrero	NX1775	NX2522	Seiddi	Subito	Taxxoa
Verse opbrengst kg/ha	72900	76400	68000	82600	65300	67200
Methaan opbrengst m3/ha	6033	6059	6192	5548	5940	6092
Elektriciteit kW h/ha (incl. 1% lekverlies)	23174	23274	23785	21311	22817	23401
Bruto opgewekte energie (MJ)	83426	83786	85625	76720	82140	84242
Bruto reductie GHG emissie (kg CO2-eq)	5790	5815	5942	5324	5701	5846
Bruto-geldopbrengst	2476	2444	2631	2071	2523	2585
Energie						
Totaal verbruik energie keten (MJ/ha)	19514	19692	19213	20013	19124	19223
Netto geproduceerde energie (MJ/ha)	63912	64094	66411	56707	63016	65019
Energie-rendement	77%	76%	78%	74%	77%	77%
Milieu						
Totaal emissie GHG keten (CO2-eq/ha)	3634	3648	3620	3646	3601	3616
Netto reductie GHG (CO2-eq/ha)	2156	2167	2322	1679	2099	2231
GHG reductie percentage	37.2%	37.3%	39.1%	31.5%	36.8%	38.2%
Economie						
Toegerekende kosten	723	722	706	720	723	723
Saldo eigen mechanisatie	1753	1722	1926	1350	1801	1862
Totaal loonwerk (incl. rente)	538	538	538	538	538	538
Saldo (LW) op basis biogasopbrengst	€1,215	€1,184	€1,388	€812	€1,263	€1,324

In tabel 5.12 is de invloed van de combinatie oogsttijdstip en plantdichtheid af te lezen. Een verhoging van het plantaantal bij het 2^e oogsttijdstip geeft, ondanks dat er iets meer zaad gebruikt wordt, een verhoging van de energetische, milieukundige en economische rendement. Wel is bij een hoger plantaantal de kans op een Fusarium-aantasting (stengelrot) hoger en daarmee ook de kans op oogstverliezen. De kans hierop wordt nog groter als de bij een hoger plantaantal geteelde maïs nog later wordt geoogst (O3). Een latere oogst geeft wel vermindering van de verse opbrengst en een hogere organische stof opbrengst na inkuilen en daardoor een hogere efficiëntie. Wel lijkt de methaangasproductie per ton os af te nemen bij een latere oogst. Mogelijk doordat de celwanden sterker verouderen en minder goed afbreekbaar worden, terwijl dit niet gecompenseerd wordt door de suiker- en zetmeelproductie.

De uiteindelijke conclusie is hier, dat zowel ras, als de combinatie oogsttijdstip en plantdichtheid, invloed hebben op de efficiëntie van het vergisten van maïs.

Tabel 5.12. **Energetische, milieukundige en economische rendement per combinatie oogsttijdstip en plantdichtheid.**

Opbrengsten coproduct	O2/10	O2/12	O3/10
Verse opbrengst kg/ha	73700	75700	64600
Methaan opbrengst m3/ha	5559	5902	5781
Elektriciteit kWh/ha (incl. 1% lekverlies)	21353	22671	22206
Bruto opgewekte energie (MJ)	76872	81615	79942
Bruto reductie GHG emissie (kg CO2-eq)	5335	5664	5548
Bruto-geldopbrengst	2439	2615	2656
Energie			
Totaal verbruik energie keten (MJ/ha)	19512	19702	19046
Netto geproduceerde energie (MJ/ha)	57360	61913	60896
Energie-rendement	75%	76%	76%
Milieu			
Totaal emissie GHG keten (CO2-eq/ha)	3610	3641	3587
Netto reductie GHG (CO2-eq/ha)	1725	2023	1961
GHG reductie percentage	32.3%	35.7%	35.3%
Economie			
Toegerekende kosten	705	741	706
Saldo eigen mechanisatie	1734	1874	1950
Totaal loonwerk (incl. rente)	538	538	538
Saldo (LW) op basis biogasopbrengst	€1,196	€1,336	€1,412

5.4 Conclusie en discussie

We moeten ons goed realiseren dat we hier te maken hebben met 1 proef in 1 jaar in de Veenkoloniën. Ook zijn de gasanalyses in enkelvoud uitgevoerd. De resultaten geven dus indicaties. En ook een opmerking als een ras is te laat voor de Veenkoloniën kan betekenen dat een ras in Zuid-Nederland wel zou kunnen worden geteeld voor biogasmaïs.

Er was een groot verschil in verse opbrengst tussen rassen, die variëren van 50 tot 85 ton/ha. In de praktijk wordt een hoge verse opbrengst per ha ten onrechte vaak als positief gewaardeerd. Veel verse massa, maar een laag ds% betekent veel water, dat moet worden geoogst, getransporteerd, opgeslagen, ingevoerd in de vergister en afgevoerd (digestaat). Ook neemt water capaciteit in van de vergister zonder dat dit gas oplevert. Uit oogpunt van rendement ongewenst.

Het drogestofgehalte bepaald de vroegheid van de rassen en de inkuilbaarheid van het product. Een aantal rassen haalt nauwelijks de minimale vereiste waarde van 28% drogestof. Deze rassen zijn te laat voor de

Veenkoloniën.

De organische stof opbrengst (na inkuilen) en de hoeveelheid methaangas per kg os zijn de belangrijke parameters bij de teelt van biogasmaïs. Door geringe verschillen in anorganische stofgehalte (ruwasgehalte) tussen rassen, plantaantallen en oogsttijdstippen gering zijn, komen de conclusies voor de drogestof- en de organische stofopbrengst sterk overeen.

De maximale drogestofopbrengst ligt op 22.1 ton per ha. Met een maximale organisch stofgehalte van 97.3% betekent dit dat de maximale organische stofopbrengst in 2007 uitkomt op 21.5 ton per ha. Een oogst rond half september en ook een plantaantal van 8 pl/m² blijven sterk achter in opbrengst. Door deze objecten uit te sluiten wordt een gemiddelde drogestofopbrengst over de rassen heen, gerealiseerd van 20.2 ton en een gemiddeld organische stofgehalte van 96.85 resulteert vervolgens in 19.5 ton os per ha. De biogasopbrengst per ton organische stof is gemiddeld 530 m³. Tussen de geteste rassen zit ruim 15% verschil. Bij een oogst rond half oktober wordt 5% biogas per ton os ingeleverd ten opzichte van die bij een oogst rond 1 oktober. Het methaangasgehalte in de biogas is voor alle objecten met 58% nagenoeg gelijk. Biogas uit maïsplant of maïskolf heeft een gelijk gehalte aan methaan. Door de geringe variatie in methaangehalte komen de conclusies voor methaangasopbrengst per ton os sterk overeen met die van de biogasopbrengst per ton. Gemiddeld wordt er rond de 310 m³ methaangas per ton os geproduceerd. De range in methaangas per ton os van de geteste rassen ligt tussen 290 en 340 m³. Ten aanzien van de rasverschillen in methaangasopbrengst per ton os kan er wellicht dezelfde conclusies getrokken worden als bij de VEM/kgds (VC-os) bij melkvee. Hier van is namelijk bekend, dat een te late oogst een vermindering van de celwandverteerbaarheid veroorzaakt, zonder dat er nog een compensatie door extra suiker- en/of zetmeelproductie tegenover staat, waardoor de methaanproductie per ton os terugloopt. Mogelijk dat ook hier de hogere fusariumaantasting bij latere oogst een negatieve rol heeft net als bij de VEM/kgds. Bovengenoemde opbrengsten en gehalten resulteren in een maximale methaangasopbrengst van bijna 6.500 m³ per ha, waarbij rekening is gehouden met bewaringsverliezen. De hoogste biogas- en methaangasopbrengst per ha wordt bij de meeste rassen bereikt bij een oogst rond 1 oktober en 12 pl/m² en/of bij een oogst rond 15 oktober en 10 pl/m². Bij het zeer vroege ras Kalimero lijkt dit wat vroeger en mogelijk nog bij een hoger plantaantal te liggen.

Het vergisten van maïs levert een positieve bijdrage aan de reductie van broeikasgasemissie (CO₂- en lachgas). Het milieurendement is positief. De netto reductie aan CO₂- en lachgasemissie voor de maïsrasen varieerde van 1640 tot 2330 CO₂-eq per ha. Het milieurendement zal hoger komen te liggen als uitgangspunt kunstmest, dat in dit onderzoek is toegepast, wordt vervangen door drijfmest of digestaat. Ook wordt er netto energie geleverd en is het economische saldo positief. Rassenkeuze is vrij essentieel voor de hoogte van deze positieve effecten.

Tussen de geteste rassen bestaat in verschil van 4% (74-78%) in energierendement, 8% (31.5-39.2%) in reductie aan CO₂ en lachgas emissie en tot ruim € 600,= (€ 800 – 1.400 saldo loonwerk) verschil in financiële opbrengst uitgaande van de MEP-subsidie. De rasverschillen in energie-rendement lijken gering maar de netto opgewekte energie varieert tussen de rassen van 57000 tot 67000 MJ per ha. Bij de vergisting van maïs werd er gemiddeld ongeveer 4 keer de input aan energie gewonnen, waardoor de energie-efficiëntie rond 300% ligt.

Rassenkeuze, plantaantal en oogsttijdstip zijn van groot belang voor de rendement van de teelt en de vergister, zowel door verschillen in organische stof opbrengst als door verschillen in methaangas per ton os. Veel van de gebruikte rassen zijn vrij laat voor een optimaal resultaat in de Veenkoloniën. Wellicht is het beter hier kwalitatief hoogwaardige vroege rassen in te zetten. Of eventueel zeer vroege rassen wellicht de mogelijkheid geven iets er voor of er na te telen, waardoor de balans per ha wel eens wat gunstiger kan komen te liggen.

Een oogst rond eerste helft oktober en een plantaantal van rond de 11 pl/m² lijken een goede richtlijn voor een optimale teelt. Als er Fusarium (stengelrot) optreedt moet de oogst niet langer worden uitgesteld. Een methaangasopbrengst van 6.000 m³ per ha moet minimaal realiseerbaar zijn in dit gebied.

6 Teeltoptimalisatie soedangras en sorghum

6.1 Inleiding

Maïs, soedangras en sorghum zijn C4-gewassen. Deze C4-gewassen kunnen bij hogere temperaturen en voldoende vocht meer droge stof per hectare (per dag) produceren dan de 'normale' C3-gewassen. Naast maïs bieden ook soedangras en sorghum in Nederland perspectieven als biomassagewas. Soedangras behoort overigens ook tot het geslacht Sorghum.

In de afgelopen jaren zijn in België, Duitsland en in 2006 ook op 't Kompas al enige ervaring opgedaan met de teelt van deze beide gewassen. Zo werden in 2006 met soedangras op de PPO-locatie te Valthermond opbrengsten bereikt van gemiddeld 9.3 ton droge stof per hectare, met een spreiding van minimaal 5.1 tot maximaal 12.0 ton droge stof per hectare afhankelijk van het ras en oogsttijd.

Onderzoek naar teeltoptimalisatie van deze C4-gewassen zal antwoord moeten geven op vragen zoals:

- Welk gewas voldoet het best onder veenkoloniale omstandigheden?
- Wat is de optimale teeltstrategie voor deze gewassen in de veenkoloniën?
- Wat moet het doel zijn? Opbrengst of kwaliteit en welke teeltstrategie past hierbij?

Het onderzoek bij soedangras en sorghum was in 2007 vooral gericht op het vergelijken van een enkele rassen en het variëren van het zaaitijdstip. Doel hiervan was na te gaan of deze gewassen later gezaaid kunnen worden. Dit zou de mogelijkheid bieden om een eventueel aanwezige groenbemester gedurende het voorjaar uit te laten groeien en deze te oogsten als energiegewas.

6.2 Opzet en uitvoering

Er is gekozen voor het vergelijken van twee verschillende rassen bij soedangras (Green Grazer en Lussi) en twee sorghum typen. Sucro Sorgho is sorghum type dat vooral stengel en blad vormt en geen pluim. Het ras wordt vrij lang en laat alleen een vegetatieve groei zien. Primsilo is een zgn. graansorghum. Het ras blijft korter en vormt een pluim. Op drie tijdstippen zijn deze gewassen gezaaid, te weten begin mei, half mei en begin juni. Het schema van de proef is weergegeven in bijlage 4.

6.3 Resultaten

6.3.1 Gewasopbrengst

Gemiddeld werd de hoogste verse opbrengst behaald met Sucro Sorgho, daarna kwamen de beide soedangrassen (tabel 6.1). De graansorghum Primsilo bleef op alle zaaitijdstippen ver achter bij de andere drie. De verse opbrengst van alle onderzochte soedangrassen en sorghums nam vrij sterk af door latere zaai. Hierbij was wel enig verschil in de mate van afname. Uitstel van de zaai van 1 mei naar 15 mei had vooral bij Greengrazer een sterke afname van de verse opbrengst tot gevolg. Bij de andere drie gewassen was de afname beperkt. Bij een nog latere zaai (1 juni) ging vooral de verse opbrengst van de beide sorghumrassen sterk omlaag.

Tabel 6.1. Effect van zaaitijdstip op de verse opbrengst van soedangras en sorghum; Valthermond 2007.

Gewas	Type	1-mei	15-mei	1-jun	gem			
Soedangras	Green Grazer	59.9	49.6	38.5	49.3		Fprob	Isd(0.05)
Soedangras	Lussi	47.8	45.6	38.8	44.1	Zaaitijd	<0.001	3.4
Sorghum	Primsilo	36.5	36.9	17.4	30.3	Gewas/Ras	<0.001	3.6
Sorghum	Sucro Sorgho	67.8	64.3	38.9	57.0	interactie	0.002	5.9
	gem	53.0	49.1	33.4				

Door een latere zaai waren de gewassen op het moment van oogsten minder ver afgerijpt en was het drogestof-percentages lager (tabel 6.2). Gemiddeld was het verschil 5%: 24% bij een vroege zaai tot 19% bij een zaai op 1 juni. Lussi had op alle zaaitijdstippen het hoogste drogestofgehalte, Sucro Sorgho veruit het laagste drogestofgehalte.

Tabel 6.2. **Effect van zaaitijdstip op het droge stof percentage van soedangras en sorghum; Valthermond 2007.**

Gewas	Type	1-mei	15-mei	1-jun	gem		Fprob	Isd(0.05)
Soedangras	Green Grazer	23.1	20.7	21.0	21.6			
Soedangras	Lussi	27.7	27.3	22.4	25.8	Zaaitijd	<0.001	0.6
Sorghum	Primsilo	25.6	24.9	18.8	23.1	Gewas/Ras	<0.001	0.8
Sorghum	Sucro Sorgho	19.6	18.5	13.9	17.3	interactie	<0.001	1.2
	gem	24.0	22.9	19.0				

Hoewel Sucro Sorgho de hoogste verse opbrengst opleverde waren het toch de beide soedangrassen die de hoogste drogestof opbrengst lieten zien (tabel 6.3). Het relatief lage drogestofpercentage van Sucro Sorgho was hier de oorzaak van. Er was gemiddeld geen significant verschil in drogestof opbrengst tussen de beide soedangrassen. Bij Green Grazer liep de zaaitijd van 15 mei echter wel vrij ernstige vogelschade op waardoor het plantbestand sterk werd uitgedund. Het gewas herstelde hier later wel van en de verse opbrengst was niet opvallend lager. Het drogestofpercentage en de drogestof opbrengst zijn echter vermoedelijk wel negatief beïnvloed hierdoor.

Tabel 6.3. **Effect van zaaitijdstip op de droge stof opbrengst van soedangras en sorghum; Valthermond 2007.**

Gewas	Type	1-mei	15-mei	1-jun	gem		Fprob	Isd(0.05)
Soedangras	Green Grazer	13.8	10.3	9.1	11.1			
Soedangras	Lussi	13.3	12.5	8.8	11.5	Zaaitijd	<0.001	1.1
Sorghum	Primsilo	9.2	9.2	3.3	7.2	Gewas/Ras	<0.001	0.6
Sorghum	Sucro Sorgho	12.8	11.9	5.4	10.0	interactie	<0.001	1.3
	gem	12.3	11.0	6.6				

6.3.2 N-opname

Het N-gehalte van Green Grazer was gemiddeld hoger dan van Lussi en de beide sorghumrassen; Lussi had het laagste N-gehalte (tabel 6.4). Naarmate er later gezaaid werd, was het N-gehalte hoger. Vooral bij de beide sorghumrassen was de toename relatief sterk.

Tabel 6.4. **Effect van zaaitijdstip op N-gehalte van soedangras en sorghum; Valthermond 2007.**

Gewas	Type	1-mei	15-mei	1-jun	gem		Fprob	Isd(0.05)
Soedangras	Green Grazer	1.50	1.58	1.79	1.60			
Soedangras	Lussi	1.13	1.27	1.29	1.23	Zaaitijd	0.003	0.16
Sorghum	Primsilo	1.12	1.38	1.91	1.47	Gewas/Ras	<0.001	0.06
Sorghum	Sucro Sorgho	9.8	1.35	1.68	1.34	interactie	<0.001	0.16
	gem	1.19	1.40	1.67				

De N-opname is een product van de drogestof opbrengst en het N-gehalte en verschilde sterk tussen de vier rassen. De opname van Green Grazer was gemiddeld het hoogste, bijna 2x zo hoog als van Primsilo (tabel 6.5). Dit laatste was het gevolg van én een hogere ds-opbrengst én een hoger N-gehalte. Hoewel de drogestofopbrengst gemiddeld lager was bij een zaai op 15 mei t.o.v zaaien op 1 mei, was de N-opname op hetzelfde niveau. Dit als gevolg van een wat hoger N-gehalte. Hoewel bij een zaai op 1 juni het N-gehalte nog verder opliep was de drogestof opbrengst op dat zaaitijdstip zoveel lager dat ook de N-opname lager was.

Tabel 6.5. **Effect van zaaitijdstip op N-opname van soedangras en sorghum; Valthermond 2007.**

Gewas	Type	1-mei	15-mei	1-jun	gem		Fprob	Isd(0.05)
Soedangras	Green Grazer	208	173	167	182			
Soedangras	Lussi	150	158	114	141	Zaaitijd	0.006	20
Sorghum	Primsilo	105	127	63	98	Gewas/Ras	<0.001	8
Sorghum	Sucro Sorgho	128	161	91	127	interactie	<0.001	21
	gem	148	155	108				

6.3.3 Gasopbrengst

De biogasproductie per ton droge organische stof verschilde niet zoveel tussen de vier rassen/gewassen (tabel 6.6). Het niveau van de sorghum types, en met name van Primsilo, leek ietsje hoger te liggen dan die van de soedangrassen. Ook was er weinig verschil in biogasproductie tussen het materiaal afkomstig van de drie zaaitijdstippen. Bij het laatste zaaitijdstip leek er iets meer gas per ton geproduceerd te worden dan bij de andere twee zaaitijdstippen. Aangezien de bepalingen in enkelvoud zijn uitgevoerd aan mengmonsters is niet aan te geven of de genoemde verschillen betrouwbaar zijn.

Tabel 6.6. **Effect van zaaitijdstip op de biogasproductie (m³/ton os) van soedangras en sorghum; Valthermond 2007.**

Gewas	Type	1-mei	15-mei	1-jun	gem
Soedangras	Green Grazer	466	452	495	471
Soedangras	Lussi	458	464	497	473
Sorghum	Primsilo	506	513	510	510
Sorghum	Sucro Sorgho	476	456	554	495
	gem	477	471	514	

De biogasopbrengst is het product van de droge organischestof-opbrengst en de biogasproductie per ton. Aangezien de verschillen in gasproductie per ton niet zo groot waren zijn de verschillen in biogasopbrengst vooral een gevolg van verschillen in (drogestof)opbrengst.

De grootste biogasopbrengst werd behaald bij het vroege zaaitijdstip van de beide soedangrassen, hoewel ook Sucro Sorgho op dit zaaitijdstip niet ver achter bleef (tabel 6.7). De biogasopbrengst van Green Grazer bij het zaaitijdstip van 15 mei is (via de drogestof opbrengst) negatief beïnvloed door vogelschade.

Tabel 6.7. **Effect van zaaitijdstip op de biogasopbrengst (10³m³/ha) van soedangras en sorghum; Valthermond 2007.**

Gewas	Type	1-mei	15-mei	1-jun	gem
Soedangras	Green Grazer	5.6	3.9	3.3	4.3
Soedangras	Lussi	5.4	5.2	3.6	4.7
Sorghum	Primsilo	4.2	4.2	1.4	3.2
Sorghum	Sucro Sorgho	5.3	4.5	2.3	4.0
	gem	5.1	4.4	2.7	

Uiteindelijk is vooral de methaanopbrengst belangrijk voor het financiële saldo van de gewassen. Het methaangehalte verschilde weinig tussen de rassen en zaaitijdstippen en lag tussen de 58% en 61%. De bevindingen voor de methaanopbrengst zijn derhalve min of meer gelijk aan die voor de biogasopbrengst (tabel 6.8).

Tabel 6.8. **Effect van zaaitijdstip op de methaanopbrengt ($10^3\text{m}^3/\text{ha}$) van soedangras en sorghum; Valthermond 2007.**

Gewas	Type	1-mei	15-mei	1-jun	gem
Soedangras	Green Grazer	3.4	2.4	1.9	2.6
Soedangras	Lussi	3.2	3.0	2.2	2.8
Sorghum	Primsilo	2.4	2.5	0.8	1.9
Sorghum	Sucro Sorgho	3.1	2.7	1.3	2.4
	gem	3.0	2.6	1.6	

6.3.4 Geproduceerde energie

Voor alle objecten is uitgerekend hoeveel energie er is geproduceerd via de productie en verbranding van biogas/methaan. Deze is vermeld in tabel 6.9a.

Tabel 6.9. **Effect van zaaitijdstip op de bruto en netto geproduceerde energie (GJ/ha) en de energie-efficiëntie (%) van soedangras en sorghum; Valthermond 2007.**

a. Bruto geproduceerde energie

Gewas	Type	1-mei	15-mei	1-jun
Soedangras	Green Grazer	46.5	32.7	26.8
Soedangras	Lussi	43.5	41.1	30.1
Sorghum	Primsilo	33.7	34.5	11.6
Sorghum	Sucro Sorgho	43.3	37.2	18.5

b. Netto geproduceerde energie

Gewas	Type	1-mei	15-mei	1-jun
Soedangras	Green Grazer	30.7	17.4	12.1
Soedangras	Lussi	28.4	26.1	15.4
Sorghum	Primsilo	18.2	19.0	-2.9
Sorghum	Sucro Sorgho	26.2	20.2	2.8

c. Energie-efficiëntie

Gewas	Type	1-mei	15-mei	1-jun
Soedangras	Green Grazer	66	53	45
Soedangras	Lussi	65	63	51
Sorghum	Primsilo	54	55	-25
Sorghum	Sucro Sorgho	61	54	15

Het telen van het gewas, de aan- en afvoer van materiaal voor de vergister etc. kost ook energie. Door deze in mindering te brengen op de bruto energie is de netto energieproductie uitgerekend (tabel 6.9b). Als een gewas enerzijds veel methaan produceert in de vergister en de teelt anderzijds weinig energie kost zal deze productiewijze een hoge mate van energie-efficiëntie hebben. In tabel 6.9c is de energie-efficiëntie voor de gewassen en zaaitijdstippen weergegeven. Vooral bij een late zaai (1 juni) bleek de efficiëntie veel lager te zijn dan bij een vroegere zaai.

6.3.5 Beperking CO₂-emissie

De teelt en verwerking van een gewas tot biogas levert behalve energie ook een reductie van de CO₂-emissie. Voor soedangras en sorghum lag de CO₂ emissiereductie op ca. 2.5 tot 3 ton per ha bij een zaai op 1 mei of 15 mei (tabel 6.10a). De teelt van het gewas veroorzaakt echter ook een uitstoot van broeikasgassen (GHG). De werkelijke (netto) reductie is derhalve lager (tabel 6.10b). Bij de onderzochte soedangras- en sorghumrassen was de productie aan broeikasgassen veelal hoger dan de reductie. De CO₂ reductie-efficiëntie kwam hierdoor veelal negatief uit (tabel 6.10c).

Alleen bij de objecten met de hoogste drogestof opbrengsten (soedangrassen, zaaitijd 1 mei) was de productie aan broeikasgassen precies even hoog als de reductie.

Tabel 6.10. **Effect van zaaitijdstip op de bruto en netto reductie van broeikasgassen (GHG) en de reductie-efficiëntie (%) van soedangras en sorghum; Valthermond 2007.**

a. Bruto GHG-emissie reductie (ton CO₂-eq/ha)

Gewas	Type	1-mei	15-mei	1-jun	gem
Soedangras	Green Grazer	3.2	2.3	1.9	2.5
Soedangras	Lussi	3.0	2.9	2.1	2.7
Sorghum	Primsilo	2.3	2.4	0.8	1.8
Sorghum	Sucro Sorgho	3.0	2.6	1.3	2.3
	gem	2.9	2.6	1.5	

b. Netto GHG-emissie reductie (ton CO₂-eq/ha)

Gewas	Type	1-mei	15-mei	1-jun	gem
Soedangras	Green Grazer	0.0	-0.9	-1.2	-0.7
Soedangras	Lussi	-0.1	-0.3	-1.0	-0.5
Sorghum	Primsilo	-0.8	-0.8	-2.2	-1.3
Sorghum	Sucro Sorgho	-0.3	-0.7	-1.8	-0.9
	gem	-0.3	-0.7	-1.6	

c. Reductie-efficiëntie

Gewas	Type	1-mei	15-mei	1-jun	gem
Soedangras	Green Grazer	0	-38	-65	-34
Soedangras	Lussi	-5	-10	-47	-21
Sorghum	Primsilo	-35	-32	-273	-113
Sorghum	Sucro Sorgho	-10	-27	-143	-60
	gem	-13	-27	-132	

6.3.6 Financiële opbrengst

De teelt van energiegewassen zal alleen perspectief hebben als het saldo voldoende hoog is en kan concurreren met andere gewassen, o.a. de teelt van graan. Voor de soedangrassen en sorghums is een bruto financiële opbrengst uitgerekend op basis van de methaanopbrengst en een prijs van 0,147 cent per kWh, gebaseerd op de oude MEP-subsidie.

De hoogste bruto opbrengst (ruim €1300 per ha) werd bereikt bij het vroege zaaitijdstip van de beide soedangrassen (tabel 6.11a). De beide sorghum rassen bleven hierbij ruim achter (ruim €1000/1100 per ha). De teelkosten verschilden heel weinig tussen de verschillende objecten (tabel 6.11b). Na aftrek van deze kosten (incl. loonwerk voor zaaien en oogsten) bleef er een laag (in sommige gevallen zelfs een negatief) netto saldo over (tabel 6.11c).

Tabel 6.11. **Effect van zaaitijdstip op de bruto financiële opbrengst, de toegerekende kosten en het saldo van soedangras en sorghum; Valthermond 2007.**

a. Bruto financiële opbrengst (€/ha)

Gewas	Type	1-mei	15-mei	1-jun
Soedangras	Green Grazer	1323	855	721
Soedangras	Lussi	1321	1242	858
Sorghum	Primsilo	1028	1058	307
Sorghum	Sucro Sorgho	1114	894	375

b. Toegerekende kosten + loonkosten (€/ha)

Gewas	Type	1-mei	15-mei	1-jun
Soedangras	Green Grazer	863	862	862
Soedangras	Lussi	863	863	862
Sorghum	Primsilo	882	880	878
Sorghum	Sucro Sorgho	882	879	878

c. Saldo loonwerk (€/ha)

Gewas	Type	1-mei	15-mei	1-jun
Soedangras	Green Grazer	460	-7	-140
Soedangras	Lussi	458	379	-4
Sorghum	Primsilo	82	115	-635
Sorghum	Sucro Sorgho	168	-49	-567

6.4 Conclusies

- Soedangras bleek in 2007 in Valthermond hogere drogestof opbrengsten te produceren dan sorghum. Er was hierbij weinig verschil tussen de beide rassen.
- Het sorghumras Sucro Sorgho leverde weliswaar bij een zaaitijdstip van 1 mei de hoogste verse opbrengst, maar het drogestofgehalte was laag. Hierdoor was de drogestofopbrengst lager dan bij de beide soedangrassen.
- De hogere drogestof opbrengst bij soedangras werkte door in de methaanopbrengst en financiële opbrengst.
- Later zaaien dan 1 mei gaf bij alle gewassen een lagere opbrengst en een lager saldo; met name bij een zaai rond 1 juni was de opbrengstderving groot.
- De energie-efficiëntie van beide gewassen lag tussen de 55% en 65%.
- De CO₂-emissiereductie van de teelt en verwerking van soedangras en sorghum waren nul of (veelal) negatief.
- Het saldo (na aftrek van toegerekende kosten en loonwerk) was voor alle gewassen en zaaitijden laag. Een vroege zaai van de beide soedangrassen leverde het hoogste saldo van iets meer dan €450 per ha.
- Het perspectief van soedangras en sorghum als energiegewas lijkt op basis van de resultaten in 2007 niet erg groot. De onderzochte soedangras-rassen deden het beter dan de onderzochte sorghumrassen.

7 Toepassing digestaat op biogasmaïs

7.1 Inleiding

Een juiste bemesting die voldoet aan de eisen van de tijd (mestwetgeving) is voor gewassen altijd belangrijk, maar voor energiegewassen is bemesting des te belangrijker. Immers, ten behoeve van een zo hoog mogelijke energie-efficiëntie en de maximalisatie van de bijdrage aan verlaging van de uitstoot van broeikasgassen, moeten inputs energiezuinig zijn en niet belangrijk bijdragen aan de CO₂-emissie. Daarnaast kan via bemesting aandacht gegeven worden aan organisch stofbeheer van de bodem. Door het toepassen van digestaat i.p.v. drijfmest of kunstmest worden kringlopen meer gesloten en is emissie terug te dringen.

Digestaat is het restproduct dat overblijft na de (co)vergisting van drijfmest voor de productie van biogas. Het digestaat kan evenals drijfmest als meststof worden gebruikt. Wettelijk wordt digestaat ook gelijkgesteld aan drijfmest. Digestaat is een nog relatief onbekend product. Om tot een bredere en grotere toepassing van digestaat in de akker- en tuinbouw te komen is het belangrijk meer te weten over de bemestingswaarde ervan.

7.2 Opzet en uitvoering

In 2007 is een proef aangelegd op 't Kompas waarbij digestaat vergeleken is met drijfmest en kunstmest. De voorvrucht op het perceel was zetmeelaardappelen en de N-min in de laag 0-30cm bedroeg 35 kg N per ha. Kort voor het zaaien werden de in tabel 7.1 weergegeven hoeveelheden mest en digestaat toegepast. Omdat de werkingscoëfficiënt van digestaatsoorten nog niet bekend is, is in tabel 7.1 de N-totaal per object weergegeven en de werkzame hoeveelheid stikstof uitgaande van een werkingscoëfficiënt van 60%. Op 10 mei werd het proefveld ingezaaid met het ras NK Magitop. De hoeveelheden P en K die (naast de stikstof) met de mest en digestaat werden gegeven, zijn bij de kunstmestgiften gecompenseerd. De mestafgifte van de machine was conform de geplande hoeveelheden. Het schema van de proef is weergegeven in bijlage 6.

Tabel 7.1. **Overzicht objecten in bemestingsproef biogasmaïs; Valthermond 2007.**

Object	hoeveelheid	mestsoort	N-totaal monster (kg/ton)	P ₂ O ₅ monster (kg/ton)	K ₂ O monster (kg/ton)		N-totaal gift	geschatte werkings-coëfficiënt	geschatte werkzame N-gift
B1	25 ton/ha	varkensdrijfmest	7.15	3.02	5.3		179	60%	107
B2	50 ton/ha	varkensdrijfmest	7.15	3.02	5.3		358	60%	215
B3	30 ton/ha	digestaat mestvergister	3.97	1.58	7.0		119	70%	83
B4	60 ton/ha	digestaat mestvergister	3.97	1.58	7.0		238	70%	167
B5	35 ton/ha	digestaat maïsvergister	4.76	1.63	6.0		167	70%	117
B6	70 ton/ha	digestaat maïsvergister	4.76	1.63	6.0		333	70%	233
B0	0 kg N/ha	kunstmest					0		
N1	130 kg N/ha	kunstmest					130		
N2	180 kg N/ha	kunstmest					180		
N3	230 kg N/ha	kunstmest					230		

Gedurende het seizoen waren de verschillen in gewasstand tussen de objecten beperkt. Alleen het nulobject onderscheidde zich iets in kleur en lengte. Op 15 oktober is de proef geoogst en is de opbrengst bepaald.

Aan gewasmonsters is de kwaliteit bepaald en later ook de gasopbrengst.

Met behulp van de gewasopbrengsten en de gasopbrengsten is een bepaling van de duurzaamheid per object uitgevoerd waarbij is gekeken naar verschillen in energie-input en -output en CO₂ emissie.

7.3 Resultaten

7.3.1 Gewasopbrengst, gasopbrengst en gehalten

De verse maïsoopbrengst nam als gevolg van kunstmestgiften slechts beperkt toe. Tussen het nulobject en de N-gift van 130 kg N per ha was een opbrengstverschil van 5.4 ton per ha. Bij N-giften boven de 130 kg per ha nam de verse opbrengst niet verder toe (tabel 7.2 en figuur 7.1).

Bij de drijfmestbemestingen en de digestaatgiften lag het opbrengstniveau significant hoger dan bij een vergelijkbare hoeveelheid kunstmeststikstof. De hoeveelheid werkzame stikstof in de mest en digestaat is hierbij ingeschat op 60%. Maar ook als een hoger percentage werkzame stikstof zou worden aangehouden zou de opbrengst nog steeds hoger zijn dan van een vergelijkbare kunstmestgift.

Het drogestofpercentage van de maïs bij de kunstmestgiften was gemiddeld iets hoger dan bij de mest- en digestaatobjecten. Hierdoor waren de verschillen in drogestofopbrengst iets kleiner dan bij de verse opbrengsten (tabel 7.2 en figuur 7.2). Toch brachten de hoogste mest- en digestaatgiften een significant hogere drogestofopbrengst op dan bij een vergelijkbare kunstmestgift.

Er lijkt weinig verschil tussen het effect van de gebruikte mest- en digestaatsoorten op de drogestofopbrengst. Het was vooral de hoeveelheid gegeven stikstof die de opbrengst bepaalde; de opbrengstlijnen in figuur 2 liggen vrijwel in elkaars verlengde (uitgaande van een werkingscoëfficiënt van 60%).

Tabel 7.2. **Effect digestaat, drijfmest en kunstmest op de gewas- en gasopbrengst van energimaïs; Valthermond 2007.**

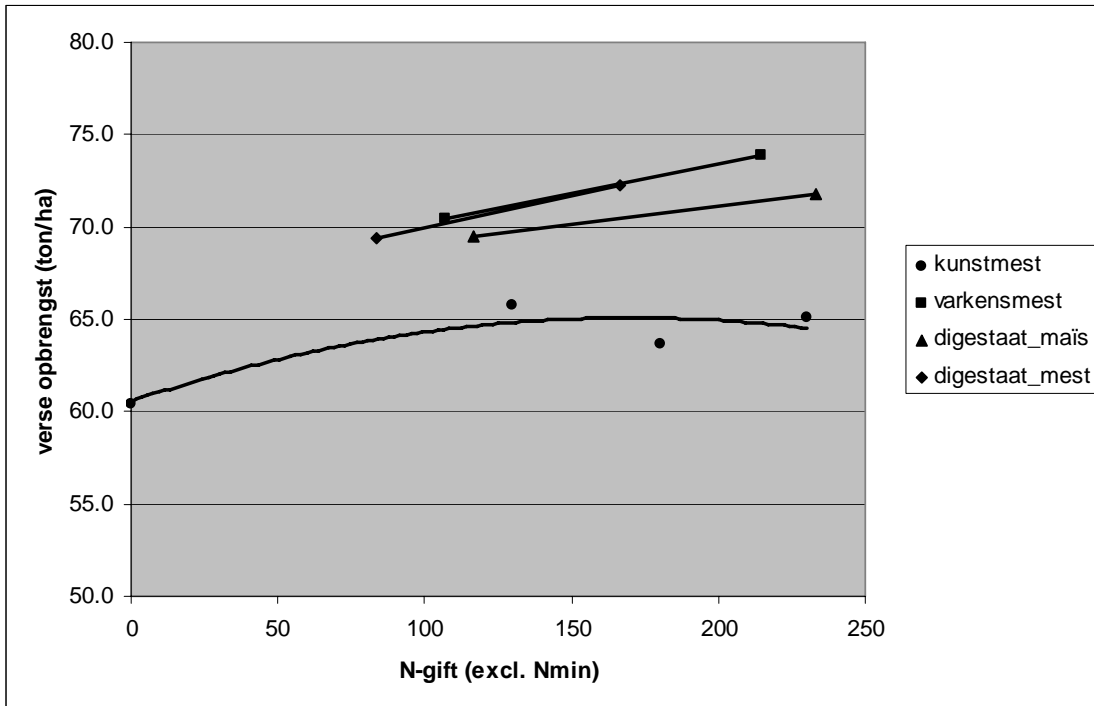
hoeveelheid	mestsoort	opbrengst t/ha, vers	ds-%	opbrengst ton/ha, d.s.	N- opname	biogas (m ³ /ton)	biogas (10 ³ m ³ /ha)	methaan (10 ³ m ³ /ha)
25 ton/ha	varkensdrijfmest	70.5	28.7	20.2	246	676	12.5	7.2
50 ton/ha	varkensdrijfmest	73.9	29.0	21.4	251	662	13.0	7.4
30 ton/ha	digestaat mestvergister	69.4	28.4	19.7	217	641	11.5	6.6
60 ton/ha	digestaat mestvergister	72.3	28.3	20.4	238	602	11.2	6.3
35 ton/ha	digestaat maïsvergister	69.5	28.9	20.1	248	713	13.1	7.5
70 ton/ha	digestaat maïsvergister	71.8	28.9	20.8	236	702	13.3	7.7
0 kg N/ha	kunstmest	60.4	28.1	16.7	175	622	9.6	5.5
130 kg N/ha	kunstmest	65.8	29.5	19.4	223	603	10.8	6.1
180 kg N/ha	kunstmest	63.7	30.7	19.6	242	638	11.5	6.5
230 kg N/ha	kunstmest	65.1	30.4	19.8	230	651	11.9	6.8
	Fprob	<0.001	0.002	<0.001	<0.001			
	lsd(0.05)	2.6	1.2	1.0	23			

Een berekening van de N-opname van het gewas laat zien dat alleen het object zonder stikstof een significant lagere N-opname heeft gehad. De meeste andere objecten laten een N-opname zien tussen de ca. 225 en 250 kg N per ha. Deze verschillen zijn veelal niet significant. Het niveau van de N-opname bij de (hogere) drijfmest en digestaatgiften is niet verschillend van die bij de kunstmestgiften. De hogere drogestofproductie bij de mest- en digestaatobjecten lijkt dus niet verklaard te kunnen worden door een hogere N-opname.

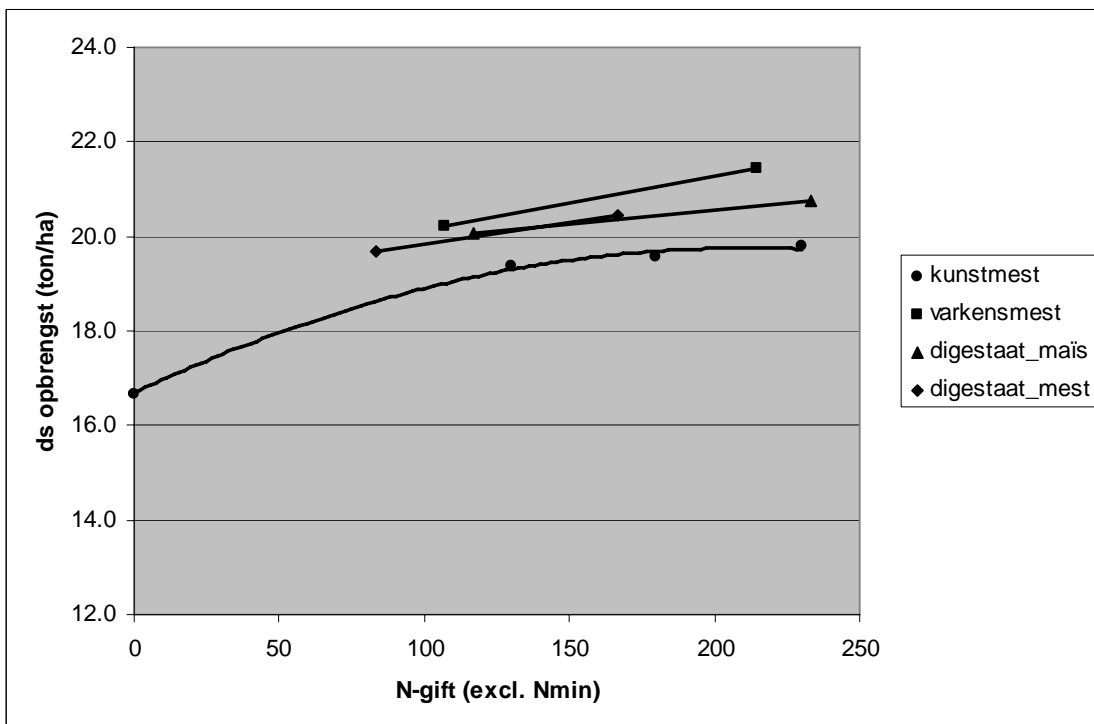
De verschillen in biogasproductie per ton droge organische stof waren beperkt en lagen tussen de 600 en 700 m³ per ton. Alleen de objecten bemest met digestaat uit een maïsvergister leken zich iets in positieve zin te onderscheiden van de rest. De bepalingen zijn echter in enkelvoud gebeurd aan mengmonsters en over de betrouwbaarheid van de verschillen kan daarom geen uitspraak worden gedaan.

Doordat de verschillen in biogasproductie per ton beperkt waren, werd de biogasopbrengst vooral bepaald door de drogestofopbrengst. De objecten met varkensdrijfmest en digestaat uit de maïsvergister gaven dan ook de hoogste biogasopbrengst. De verschillen in methaangehalte waren erg klein; het methaangehalte lag tussen de 56% en 58%. De hoogste methaanopbrengsten per ha werden behaald bij de bemestingsobjecten met digestaat uit de maïsvergister (gem. 7600 m³ per ha), op korte afstand gevolgd

door de objecten met varkensdrijfmest (gem 7300 m3 per ha) . Kunstmest en digestaat uit de mestvergister bleven hierbij iets achter. Bij de kunstmestgiften was er een tendens dat de methaanopbrengst iets toenam bij een hogere N-gift.



Figuur 7.1. Effect van de hoogte van de N-gift op de verse opbrengst van energiemaïs; Valthermond 2007.



Figuur 7. 2. Effect van de hoogte van de N-gift op de drogestof opbrengst van energiemaïs; Valthermond 2007.

7.3.2 Energie, CO₂-emissie en economie

Voor alle objecten is uitgerekend hoeveel energie er is geproduceerd via de productie en verbranding van biogas/methaan. Deze is vermeld in tabel 7.3.

De bruto energieproductie is gerelateerd aan de methaanproductie en de verschillen tussen de objecten in methaanproductie komen overeen met de verschillen in bruto geproduceerde energie. De hoogste bruto energieproductie werd bereikt bij 70 ton per ha digestaat uit de maïsvergister.

De teelt en transport van de maïs, de vergister en o.a. de afvoer van digestaat kosten ook energie. Bij de teelt zijn het vooral kunstmest, dierlijke mest en het transport ervan die een rol spelen bij het energieverbruik en de CO₂-emissie. Omdat bij dierlijke mest en digestaat de N-totaal wordt meegenomen in de berekening (en niet de N-werkzaam) ligt het energieverbruik en de CO₂-emissie bij deze objecten hoger dan bij kunstmest. Dit pakte vooral ongunstig uit bij de hogere giften van drijfmest en digestaat: enerzijds was de bruto geproduceerde energie bij deze objecten slechts weinig hoger dan bij de lagere giften en anderzijds het energieverbruik wel hoger. De hoogste netto energieproductie werd hierdoor niet behaald bij 70 ton per ha digestaat uit de maïsvergister maar bij 35 ton per ha van ditzelfde product.

Tabel 7.3. **Effect digestaat, drijfmest en kunstmest op energieproductie en broeikasgasemissie (GHG) van energiemais; Valthermond 2007.**

hoeveelheid	mestsoort	energie		productie	efficiëntie	GHG		reductie	efficiëntie
		bruto (GJ/ha)	netto (GJ/ha)			bruto (ton CO ₂ -eq/ha)	netto (ton CO ₂ -eq/ha)		
25 ton/ha	varkensdrijfmest	99.7	78.7	79	6.9	3.2	46		
50 ton/ha	varkensdrijfmest	102.5	71.9	70	7.1	1.5	21		
30 ton/ha	digestaat mestvergister	90.9	72.0	79	6.3	3.1	49		
60 ton/ha	digestaat mestvergister	86.7	60.3	70	6.0	1.5	25		
35 ton/ha	digestaat maïsvergister	104.1	83.1	80	7.2	3.5	48		
70 ton/ha	digestaat maïsvergister	106.8	76.3	72	7.4	1.9	26		
0 kg N/ha	kunstmest	76.2	64.9	85	5.3	3.4	64		
130 kg N/ha	kunstmest	84.3	67.2	80	5.9	2.7	47		
180 kg N/ha	kunstmest	90.5	71.3	79	6.3	2.7	43		
230 kg N/ha	kunstmest	94.3	73.0	77	6.6	2.5	38		

De teelt en verwerking van een gewas tot biogas levert behalve energie ook een reductie van de CO₂-emissie op. De CO₂ emissiereductie is recht evenredig met de bruto geproduceerde hoeveelheid energie. Bij de kunstmestgiften ligt de emissiereductie op ongeveer 6-6.5 ton CO₂-eq per ha. Bij de drijfmest- en digestaatgiften is dit iets hoger: 6-7.5 ton CO₂-eq per ha.

De teelt van het gewas veroorzaakt echter ook een uitstoot van broeikasgassen (GHG), voor een belangrijk deel via de bemesting. De werkelijke (netto) reductie is derhalve lager (tabel 7.3). Het gebruik van drijfmest en digestaat veroorzaakt een hogere emissie van lachgas dan kunstmest. Dit is de reden dat de netto reductie van de CO₂-emissie (en ook de reductie-efficiëntie) bij met name de hogere mest- en digestaatgiften laag was. Bij de kunstmestgiften lag de netto emissiereductie op ruim 2.5 ton CO₂-eq per ha, met een afnemende efficiëntie bij hogere giften.

De teelt van energiegewassen zal alleen perspectief hebben als het saldo voldoende hoog is en kan concurreren met andere gewassen, o.a. de teelt van graan. Voor de verschillende bemestingsobjecten is een bruto financiële opbrengst uitgerekend op basis van de methaanopbrengst en een prijs van 0,147 cent per kWh, gebaseerd op de oude MEP-subsidie. Verder is er van uitgegaan dat het gebruik van digestaat en/of mest een bedrag van €10 per ton oplevert. Dit is doorgerekend in de (bemestings)kosten die daardoor minder hoog zijn.

Tabel 7.4. **Effect digestaat, drijfmest en kunstmest op de financiële opbrengst van energiemaïs; Valthermond 2007.**

hoeveelheid	mestsoort	financiële opbrengst		
		bruto (€/ha)	kosten	netto (€/ha)
25 ton/ha	varkensdrijfmest	3181	910	2271
50 ton/ha	varkensdrijfmest	3249	660	2588
30 ton/ha	digestaat mestvergister	2831	858	1973
60 ton/ha	digestaat mestvergister	2617	557	2060
35 ton/ha	digestaat maïsvergister	3375	811	2564
70 ton/ha	digestaat maïsvergister	3453	461	2992
0 kg N/ha	kunstmest	2342	1155	1187
130 kg N/ha	kunstmest	2606	1265	1341
180 kg N/ha	kunstmest	2888	1308	1580
230 kg N/ha	kunstmest	3029	1350	1679

De hoogste bruto en netto financiële opbrengst werd bereikt bij de hoogste digestaatgift uit de maïsvergister (tabel 7.4). Ook de andere digestaat- en maïsgiften leverden een hogere netto financiële opbrengst op dan de kunstmestgiften. Vooral het geld dat wordt toegegeven bij het gebruik van dierlijke mest speelde hierin een belangrijke rol. Hoewel het effect van een toenemende kunstmestgift op de drogestof opbrengst beperkt was, had dit wel een duidelijke toename van de financiële opbrengst tot gevolg.

7.4 Conclusies

- De toepassing van varkensdrijfmest en digestaat had een significant hogere verse- en drogestof opbrengst tot gevolg in vergelijking tot een vergelijkbare hoeveelheid stikstof via kunstmest.
- Aangezien ook de hoogste kunstmestgift niet tot hetzelfde opbrengstniveau kwam, en er tussen de kunstmestgiften onderling weinig verschil was in opbrengst, lijkt het erop dat een verschil in stikstofvoorziening hier niet de oorzaak van is geweest.
- Wat de verklaring wel is voor het verschil in opbrengst tussen de kunstmestgiften enerzijds en de mest- en digestaatgiften anderzijds is niet duidelijk. Afgewacht moet worden of de resultaten in 2008 ditzelfde effect zullen laten zien.
- Wel lijkt een toenemende N-gift via mest en digestaat tot een hogere drogestof opbrengst te hebben gezorgd.
- De hoogste biogasproductie per ton droge organische stof werd bereikt bij de maïs die was bemest met de digestaat uit de maïsvergister. De verklaring hiervoor is niet duidelijk.
- De hoogste biogasopbrengst werd ook bereikt bij de objecten met digestaat uit de maïsvergister, hoewel de objecten met varkensdrijfmestgift hier slechts weinig bij achter bleven.
- De hoogste bruto en netto financiële opbrengst werd wederom bereikt bij de hoogste digestaatgift uit de maïsvergister.
- Hoewel het effect van een toenemende kunstmestgift op de drogestof opbrengst beperkt was, had dit wel een duidelijke toename van de financiële opbrengst tot gevolg. Een hogere gasproductie per ton droge organische stof was hiervan de oorzaak.
- Alle mest- en digestaattoepassingen hadden een hogere financiële opbrengst dan de kunstmestobjecten. Het geld dat toe wordt gegeven bij de toepassing van dierlijke mest speelde hierbij een belangrijke rol. Anderzijds was er een positief effect op de opbrengst dat niet verklaard kon worden.

8 Effect beregening op biogasmaïs, soedangras en sorghum

8.1 Inleiding

Water is in de toekomst hoogst waarschijnlijk één van de beperkende factoren voor een optimale energieproductie per ha. Het is niet alleen belangrijk te weten of de inzet van beregening bij de teelt van energiegewassen rendabel is maar ook of het duurzaam is.

De mate van beschikbaarheid van vocht heeft ook een duidelijke invloed op de stikstofmineralisatie en stikstofopname van gewassen. Er is behoefte aan meer inzicht in de optimale N-bemesting van biogasmaïs en soedangras bij wel en niet beregenen. Is dit bij biogasmaïs hetzelfde niveau als snijmaïs, lager (omdat de meeropbrengst niet opweegt tegen de kosten van bemesting) of hoger (omdat de hoogste droge stofproductie alleen bereikt kan worden bij een hoog bemestingsniveau)?

Het onderzoek dat in 2007 gestart is zal een antwoord moeten geven op de vragen:

- welke energiegewassen presteren het beste onder droge (en natte) omstandigheden?
- hoe groot zijn de verschillen in (biogas)productie tussen maïsrassen onder “droge” en “natte” omstandigheden?
- wat is de optimale N-bemesting van biogasmaïs en soedangras in afhankelijkheid van de vochtvoorziening?
- is beregening bij biogasmaïs en soedangras rendabel?
- is beregening bij biogasmaïs en soedangras duurzaam?

8.2 Opzet en uitvoering

Om het effect van beregening op de opbrengst en de kwaliteit van energiegewassen te beoordelen is in 2007 een proef aangelegd op proefboerderij 't Kompas. Hierin zijn objecten vergeleken “met” en “zonder” beregening. Het onderzoek is in 2007 gestart met de gewassen (biogas)maïs, soedangras en sorghum. Bij maïs zijn er twee rassen (verschillende typen) vergeleken.

Op 4 mei is het proefveld ingezaaid. De beide maïsrassen en de sorghum kregen bij zaai een rijenbemesting mee van 350 kg NP(26-7) per ha. Daarop werden na het zaaien N-trappen aangelegd van 16, 66 en 116 kg N per ha. Er werden dus N-hoeveelheden gegeven van 130 - 180 - 230 kg N per ha (tabel 8.1). De soedangras kreeg dezelfde hoeveelheden stikstof kort na het zaaien toegediend via het strooien van KAS. Ook het verschil in P werd gecompenseerd.

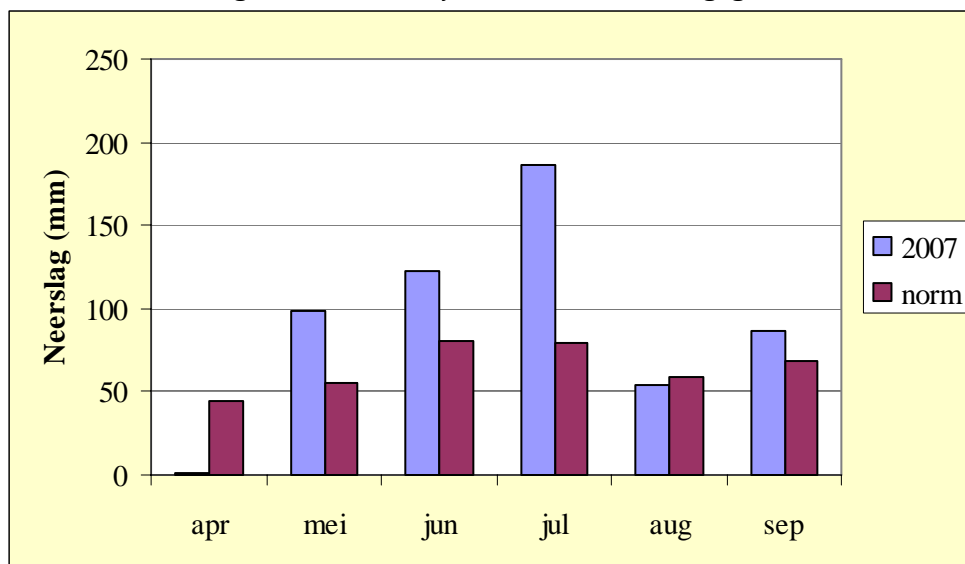
Het schema van de proef is weergegeven in bijlage 7.

Tabel 8.1. **Objecten beregeningsproef energiegewassen; Valthermond 2007.**

Gewas	Type/ras	N-giften (kg N per ha)	beregening
Maïs	Opbrengst	130 - 180 - 230	geen – optimaal vocht
Maïs	Kwaliteit	130 - 180 - 230	geen – optimaal vocht
Soedangras	Ras: Lussi	130 - 180 - 230	geen – optimaal vocht
Sorghum	Ras: Primsilo	130 - 180 - 230	geen – optimaal vocht

Het groeiseizoen in 2007 kenmerkte zich door veelal gemiddelde temperaturen en relatief veel neerslag. April was weliswaar een erg droge maand maar nadat de proeven op 4 en 5 mei waren gezaaid sloeg het weer om en vielen er in mei, juni en juli grote hoeveelheden neerslag. In juli zelfs meer dan de dubbele hoeveelheid die normaal in die maand valt (figuur 8.1). Het was dus niet erg zinvol (en soms niet eens mogelijk) om objecten in de beregeningsproef van (extra) water te voorzien. In augustus en september viel de normale hoeveelheid water verspreid over de periode en ook in die maanden was er geen gelegenheid

om zinvol verschillen aan te brengen in de vochtvoorziening. Dit heeft ertoe geleid dat de proef niet de belangrijkste informatie waarvoor deze was aangelegd heeft kunnen opleveren: effect van beregening/ideale vochtvoorziening op de droge stof en biogasproductie van energiegewassen en de gevolgen hiervan voor duurzaamheid, economie en CO₂-productie. Wel was de proef bruikbaar voor het nagaan van de effecten van de hoogte van de N-bemesting op de droge stof productie en biogasproductie van de verschillende gewassen. Deze zijn in dit hoofdstuk weergegeven.



Figuur 8.1. Neerslaghoeveelheid op proefboerderij Valthermond in de periode april-september 2007.

Op 15 oktober zijn de gewassen geoogst. Van alle objecten is zowel de drogestof productie als de biogasproductie bepaald. Tevens is op basis van deze resultaten een duurzaamheidstoets uitgevoerd voor alle onderzochte teeltsystemen.

8.3 Resultaten

8.3.1 Gewasopbrengst

Alle gewassen bereikten nagenoeg de hoogste verse opbrengst al bij een N-aanbod van 130 kg N per ha (tabel 8.2). Alleen bij het opbrengsttype van de biogasmaïs was er een tendens aanwezig dat een hogere N-gift de verse opbrengst nog iets had verhoogd. De verschillen met de gift van 130 kg waren echter niet significant.

De beide biogasmaïsrassen gaven een aanzienlijk hogere verse opbrengst dan de soedangras en sorghum, waarbij het opbrengsttype maïs nog weer ca. 10% meer opleverde dan het kwaliteitstype.

Tabel 8.2. Effect van de hoogte van de N-bemesting op de verse opbrengst van biogasmaïs (2 typen), soedangras en Sorghum; Valthermond 2007.

Gewas	Type	130 N	180 N	230 N	gem			
Maïs	Opbrengst	75.0	77.4	78.4	76.9			
Maïs	Kwaliteit	69.1	69.6	70.4	69.7	Gewas	<0.001	2.3
Soedangras	Ras: Lussi	49.8	48.8	49.9	49.5	N_gift	0.42	2.0
Sorghum	Ras: Primsilo	35.1	35.4	35.4	35.3	interactie	0.86	4.0
	gem	57.2	57.8	58.5				

Zowel het opbrengsttype van de biogasmaïs als de soedangras en de sorghum waren bij de oogst nog vrij groen en het drogestofpercentage lag rond de 26-27% (tabel 8.3). Het kwaliteitstype biogasmaïs was op dat moment al iets verder afgerijpt en had met gemiddeld ruim 30% een significant hoger d.s.-percentage.

Tabel 8.3. **Effect van de hoogte van de N-bemesting op het droge stof percentage van biogasmaïs (2 typen), soedangras en Sorghum; Valthermond 2007.**

Gewas	Type	130 N	180 N	230 N	gem			
Maïs	Opbrengst	26.5	25.7	26.6	26.3		Fprob	Isd(0.05)
Maïs	Kwaliteit	29.6	30.5	30.5	30.2	Gewas	<0.001	0.9
Soedangras	Ras: Lussi	27.7	27.5	28.0	27.7	N_gift	0.49	0.7
Sorghum	Ras: Primsilo	25.5	26.6	25.9	26.0	interactie	0.41	1.5
	gem	27.3	27.6	27.7				

Evenals bij de verse opbrengst waren er geen significante verschillen in drogestof opbrengst tussen de 3 N-bemestingstrappen aanwezig (tabel 8.4). Bij de beide maïstypen, en met name bij het opbrengsttype, was er wel een tendens van een iets hogere drogestof opbrengst bij een hogere N-gift. Hoewel het opbrengsttype de hoogste verse opbrengst gaf leverde uiteindelijk het kwaliteitstype de hoogste drogestof opbrengst. Dit was toe te schrijven aan het hogere drogestof gehalte. De drogestof opbrengsten van de soedangras en sorghum bleven ruim achter bij de beide maïstypen.

Tabel 8.4. **Effect van N-bemesting op de droge stof opbrengst van biogasmaïs (2 typen), soedangras en Sorghum; Valthermond 2007.**

Gewas	Type	130 N	180 N	230 N	gem			
Maïs	Opbrengst	19.8	19.8	20.9	20.2		Fprob	Isd(0.05)
Maïs	Kwaliteit	20.4	20.8	21.4	20.9	Gewas	<0.001	0.7
Soedangras	Ras: Lussi	13.7	13.3	13.9	13.6	N_gift	0.08	0.6
Sorghum	Ras: Primsilo	8.9	9.4	9.2	9.2	interactie	0.56	1.1
	gem	15.7	15.8	16.3				

8.3.2 Analyses

Het N-gehalte van Primsilo (sorghum) was gemiddeld hoger dan van Lussi (soedangras) en de beide maïsrassen. Het kwaliteitstype maïs leek het laagste N-gehalte te hebben, maar het verschil met het opbrengsttype was niet significant (tabel 8.5). Bij de hoogste N-gift werden ook de hoogste N-gehalten gevonden, maar de toename van het N-gehalte verliep niet evenredig met de N-gift.

Tabel 8.5. **Effect van N-bemesting op het N-gehalte van biogasmaïs (2 typen), soedangras en Sorghum; Valthermond 2007.**

Gewas	Type	130 N	180 N	230 N	gem			
Maïs	Opbrengst	1.22	1.18	1.27	1.22		Fprob	Isd(0.05)
Maïs	Kwaliteit	1.11	1.16	1.21	1.16	Gewas	0.01	0.09
Soedangras	Ras: Lussi	1.14	1.17	1.26	1.19	N_gift	0.05	0.08
Sorghum	Ras: Primsilo	1.36	1.24	1.38	1.33	interactie	0.61	0.16
	gem	1.21	1.19	1.28				

De N-opname is het product van de drogestof opbrengst en het N-gehalte en verschilde sterk tussen de vier gewassen/rassen. De opname van de beide maïsrassen was gemiddeld 2x zo hoog als van Primsilo (tabel 8.6). Tussen de beide maïsrassen was geen significant verschil in N-opname. Bij de hoogste N-gift werden ook de hoogste N-opnames gevonden, maar de toename van het N-gehalte verliep niet evenredig met de N-gift.

Tabel 8.6. **Effect van N-bemesting op de N-opname van biogasmaïs (2 typen), soedangras en Sorghum; Valthermond 2007.**

Gewas	Type	130 N	180 N	230 N	gem			
Maïs	Opbrengst	241	234	265	246			
Maïs	Kwaliteit	228	238	260	242	Gewas	<0.001	16
Soedangras	Ras: Lussi	157	158	172	162	N_gift	0.01	14
Sorghum	Ras: Primsilo	122	117	126	122	interactie	0.72	27
	gem	187	187	206				

8.3.3 Gasopbrengst

De gasbepalingen zijn in enkelvoud uitgevoerd aan mengmonsters per object. Hierdoor is geen statistische analyse mogelijk van de resultaten. De verschillen in biogasproductie tussen de gewassen en de bemestingsniveaus waren echter groot genoeg om enkele tendensen aan te geven.

De biogasproductie per ton droge stof werd niet duidelijk beïnvloed door de N-bemesting. Wel leek deze bij alle gewassen iets lager bij 180 N per ha dan bij de lagere of hogere N-gift (tabel 8.7). Aangezien de droge stof opbrengst weinig of niet toenam bij een hogere N-bemesting (tabel 8.4) werd de uiteindelijke biogasopbrengst per ha ook niet duidelijk beïnvloed door een hogere N-bemesting (tabel 8.8). De hoogste biogasopbrengst werd wel gevonden bij de hoogste N-gift.

De biogasproductie per ton droge stof van de beide maïstypen was aanzienlijk hoger dan van de soedangras en de sorghum. Aangezien de drogestof productie van de maïstypen ook al veel hoger was dan van de soedangras en de sorghum was de gasproductie per ha nog veel hoger. Het kwaliteitstype maïs leverde niet alleen een hogere droge stofopbrengst op, maar had ook een hogere biogasproductie per ton ds. De biogasopbrengst per ha was hierdoor aanzienlijk hoger dan van het opbrengsttype.

Het aandeel methaan in de biogasproductie bedroeg 56-57%. Hierbij was er geen verschil tussen de gewassen en de N-bemestingsniveaus. De verschillen in methaanopbrengst per ha komen derhalve overeen met de verschillen in biogasopbrengst (tabel 8.9).

Tabel 8.7. **Effect van N-bemesting op biogasproductie (m³/ton ds) van biogasmaïs (2 typen), soedangras en Sorghum; Valthermond 2007.**

Gewas	Type	130 N	180 N	230 N	gem
Maïs	Opbrengst	608	528	662	599
Maïs	Kwaliteit	695	674	681	683
Soedangras	Ras: Lussi	429	376	474	426
Sorghum	Ras: Primsilo	507	488	571	522
	gem	560	517	597	

Tabel 8.8. **Effect van N-bemesting op de biogasopbrengst (10³m³/ha) van biogasmaïs (2 typen), soedangras en Sorghum; Valthermond 2007.**

Gewas	Type	130 N	180 N	230 N	gem
Maïs	Opbrengst	10.9	9.4	12.5	11.0
Maïs	Kwaliteit	13.1	13.3	13.5	13.3
Soedangras	Ras: Lussi	5.3	4.5	5.9	5.3
Sorghum	Ras: Primsilo	4.0	4.1	4.7	4.3
	gem	8.3	7.8	9.2	

Tabel 8.9. **Effect van N-bemesting op de methaanopbrengst (10³m³/ha) van biogasmaïs (2 typen), soedangras en Sorghum; Valthermond 2007.**

Gewas	Type	130 N	180 N	230 N	gem
Maïs	Opbrengst	6.1	5.2	7.2	6.2
Maïs	Kwaliteit	7.5	7.5	7.6	7.5
Soedangras	Ras: Lussi	3.0	2.5	3.4	2.9
Sorghum	Ras: Primsilo	2.3	2.4	2.7	2.4
	gem	4.7	4.4	5.2	

8.3.4 Geproduceerde energie

Voor alle objecten is uitgerekend hoeveel energie er is geproduceerd via de productie en verbranding van biogas/methaan. Deze is vermeld in tabel 8.10a. De beide maïsrassen, en met name het kwaliteitstype, leverden de hoogste bruto energie op. Hoewel het effect van de N-bemesting op de bruto geproduceerde hoeveelheid energie niet duidelijk was, werd de hoogste bruto energie productie wel gevonden bij de hoogste N-gift.

Het telen van het gewas, de aan- en afvoer van materiaal voor de vergister etc. kost ook energie. Door deze in mindering te brengen op de bruto energie is de netto energieproductie uitgerekend (tabel 8.10b). Bij de berekening van de netto geproduceerde energie kwam het kwaliteitstype maïs nog iets sterker naar voren dan het opbrengsttype. De verschillen tussen de N-giften waren bij de netto energieproductie nog weer kleiner dan bij de bruto energieproductie.

Als een gewas enerzijds veel methaan produceert in de vergister en de teelt anderzijds weinig energie kost zal deze productiewijze een hoge mate van energie-efficiëntie hebben. In tabel 8.10c is de energie-efficiëntie voor de gewassen weergegeven. Daarbij bleek het kwaliteitstype maïs de hoogste efficiëntie te behalen. Door een minder hoge verse opbrengst maar wel een hogere drogestof opbrengst en ook een hogere biogasopbrengst per ton droge organische stof, was de efficiëntie van het kwaliteitstype hoger dan van het opbrengsttype.

De bruto- en netto energieproductie van soedangras en sorghum bleven ver achter bij de beide maïsrassen; ook de efficiëntie van de energieproductie was bij deze gewassen laag.

Bij alle gewassen leek een hogere N-gift de energie-efficiëntie eerder te verlagen dan te verhogen.

Tabel 8.10. **Effect van N-bemesting op de bruto en netto geproduceerde energie (GJ/ha) en de energie-efficiëntie (%) van biogasmaïs (2 typen), soedangras en Sorghum; Valthermond 2007.**

a. Bruto geproduceerde energie

Gewas	Type	130 N	180 N	230 N
Maïs	Opbrengst	84.7	72.5	99.3
Maïs	Kwaliteit	103.6	103.6	105.5
Soedangras	Ras: Lussi	41.1	34.0	47.2
Sorghum	Ras: Primsilo	31.3	32.5	37.4

b. Netto geproduceerde energie

Gewas	Type	130 N	180 N	230 N
Maïs	Opbrengst	67.1	52.6	77.3
Maïs	Kwaliteit	86.3	84.2	83.9
Soedangras	Ras: Lussi	28.0	18.8	29.8
Sorghum	Ras: Primsilo	18.0	17.1	19.8

c. Energie-efficiëntie

Gewas	Type	130 N	180 N	230 N
Maïs	Opbrengst	79	73	78
Maïs	Kwaliteit	83	81	80
Soedangras	Ras: Lussi	68	55	63
Sorghum	Ras: Primsilo	58	53	53

8.3.5 Beperking CO₂-emissie

De teelt en verwerking van een gewas tot biogas levert behalve energie ook een reductie van de CO₂-emissie op. Voor soedangras en sorghum was de bruto broeikasgas emissiereductie ca. 2 tot 3 ton CO₂-eq per ha, bij de beide maïsrassen echter zo'n 6-7 ton per ha (tabel 8.11a).

De teelt van het gewas veroorzaakt echter ook een uitstoot van broeikasgassen (GHG). De werkelijke (netto) reductie is derhalve lager (tabel 8.11b). Bij de onderzochte soedangras- en sorghumrassen was de productie aan broeikasgassen in vrijwel alle gevallen hoger dan de reductie. De CO₂ reductie-efficiëntie kwam hierdoor veelal negatief uit (tabel 8.11c). De beide maïsrassen deden het aanzienlijk beter en scoorden een reductie-efficiëntie van ca. 40% (opbrengsttype) tot 50% (kwaliteitstype).

Een hogere N-gift had over het algemeen een lagere reductie-efficiëntie tot gevolg.

Tabel 8.11. **Effect van N-bemesting op de bruto en netto broeikasgas (GHG)reductie (ton CO₂-eq/ha) en de energie-efficiëntie (%) van biogasmais (2 typen), soedangras en Sorghum; Valthermond 2007.**

a. Bruto GHG-emissie reductie

Gewas	Type	130 N	180 N	230 N
Maïs	Opbrengst	5.9	5.0	6.9
Maïs	Kwaliteit	7.1	7.2	7.3
Soedangras	Ras: Lussi	2.9	2.4	3.3
Sorghum	Ras: Primsilo	2.2	2.3	2.6

b. Netto GHG-emissie reductie

Gewas	Type	130 N	180 N	230 N
Maïs	Opbrengst	2.7	1.5	2.8
Maïs	Kwaliteit	4.0	3.5	3.2
Soedangras	Ras: Lussi	0.1	-0.8	-0.4
Sorghum	Ras: Primsilo	-0.5	-0.9	-1.0

c. Reductie-efficiëntie

Gewas	Type	130 N	180 N	230 N
Maïs	Opbrengst	46	29	40
Maïs	Kwaliteit	56	49	44
Soedangras	Ras: Lussi	5	-33	-11
Sorghum	Ras: Primsilo	-24	-40	-40

8.3.6 Financiële opbrengst

De teelt van energiegewassen zal alleen perspectief hebben als het saldo voldoende hoog is en kan concurreren met andere gewassen, o.a. de teelt van graan. Voor de geteelde gewassen is een bruto financiële opbrengst uitgerekend op basis van de methaanopbrengst en een prijs van 0,147 cent per kWh, gebaseerd op de oude MEP-subsidie.

Tabel 8.12. **Effect van N-bemesting op de bruto financiële opbrengst, de toegerekende kosten en het saldo van soedangras en sorghum; Valthermond 2007.**

a. Bruto financiële opbrengst (€/ha)

Gewas	Type	130 N	180 N	230 N
Maïs	Opbrengst	2500	1964	3057
Maïs	Kwaliteit	3357	3351	3419
Soedangras	Ras: Lussi	1200	916	1451
Sorghum	Ras: Primsilo	942	990	1189
	gem	2000	1805	2279

b. Toegerekende kosten + loonkosten (€/ha)

Gewas	Type	130 N	180 N	230 N
Maïs	Opbrengst	1264	1303	1350
Maïs	Kwaliteit	1269	1310	1352
Soedangras	Ras: Lussi	821	862	905
Sorghum	Ras: Primsilo	904	944	988
	gem	1065	1105	1149

c. Saldo loonwerk (€/ha)

Gewas	Type	130 N	180 N	230 N
Maïs	Opbrengst	1236	661	1706
Maïs	Kwaliteit	2088	2041	2066
Soedangras	Ras: Lussi	379	53	546
Sorghum	Ras: Primsilo	39	47	201
	gem	936	701	1130

De hoogste bruto opbrengst (ruim €3300 per ha) werd bereikt bij het kwaliteitstype van de maïs (tabel 8.12a). Het opbrengst type maïs bleef hier ruim bij achter met ca. €2500 per ha. De soedan en sorghum kwamen niet verder dan gemiddeld €1200 resp. ruim €1000 per ha). De N-bemesting had geen duidelijk effect op de bruto financiële opbrengst.

De teeltkosten voor de maïs waren hoger dan voor de soedan en sorghum (tabel 8.12b). Dit was een gevolg van een verschil in zaaizaadkosten, bemestingskosten en loonwerk. Een hogere N-gift had uiteraard ook hogere kosten tot gevolg. Na aftrek van deze kosten (incl. loonwerk voor zaaien en oogsten) bleef er voor de soedan en sorghum een laag netto saldo over, van enkele honderden euro's per ha. Het kwaliteitstype maïs leverde uiteindelijk de hoogste netto financiële opbrengst; het verschil met het opbrengsttype was gemiddeld ca. 800 euro per ha, maar varieerde per N-gift.

De hoogste netto financiële opbrengst werd bereikt bij de hoogste N-gift. Het verband tussen de N-gift en de opbrengst, zowel de gewasopbrengst als de gasopbrengst en de financiële opbrengst, kwam echter in deze proef niet duidelijk naar voren (tabel 8.12c).

8.4 Conclusies

- Gedurende het groeiseizoen 2007 viel zoveel neerslag dat beregening niet zinvol was en ook niet werd uitgevoerd. Het effect van beregening op de opbrengst kon derhalve niet worden onderzocht en op de vraag of beregening rendabel en duurzaam is kon geen antwoord worden gegeven.
- Beide onderzochte typen maïs (opbrengsttype en kwaliteitstype) brachten in 2007 in Valthermond aanzienlijk hogere drogestof opbrengsten op dan de uitgezaaide soedangras- en sorghum.
- De drogestof opbrengst van het kwaliteitstype maïs was hoger dan van het opbrengsttype, hoewel het opbrengsttype wel de hoogste verse opbrengst gaf.
- Een effect van de hoogte van de N-bemesting op de opbrengst (zowel vers als droog) kwam bij geen van de gewassen sterk naar voren. De hoogste opbrengst werd veelal wel bereikt bij de hoogste N-gift, maar de opbrengsten bij de twee lagere N-giften sloten hierbij niet altijd aan.
- De hogere drogestof opbrengst van het kwaliteitstype maïs werkte door in de methaanopbrengst en de financiële opbrengst van dit gewas.
- De energie-efficiëntie van de beide maïstypen (ca. 80%) lag hoger dan bij de soedangras (ca. 60%) en sorghum (ca. 55%).
- De CO₂-emissiereductie van de teelt en verwerking van soedangras en sorghum waren nul of (veelal) negatief. Bij de beide maïstypen lag dit percentage rond de 40-50%.
- Het saldo (na aftrek van toegerekende kosten en loonwerk) was voor de soedangras en sorghum laag en niet meer dan enkele honderden euro's per ha. Het kwaliteitstype maïs leverde de hoogste netto financiële opbrengst (ruim €2000 per ha); het verschil met het opbrengsttype was gemiddeld ca. €800 euro per ha, maar varieerde per N-gift.
- De hoogste netto financiële opbrengst werd bereikt bij de hoogste N-gift. Het verband tussen de N-gift en de gasopbrengst en de financiële opbrengst, kwam echter niet duidelijk naar voren.
- Het kwaliteitstype maïs lijkt een interessantere optie als energiegewas dan het opbrengsttype. Door een lagere verse opbrengst (minder product te vervoeren), een hogere drogestof opbrengst en iets hogere gasproductie per ton leverde dit type financieel het meeste op.
- Een beperkte N-gift van 130 kg N per ha was in 2007 voor dit type maïs voldoende voor de hoogste financiële opbrengst.
- Het perspectief van soedangras en sorghum als energiegewas lijkt op basis van de resultaten in 2007 niet erg groot.

9 Effect teelt biogasmaïs op populatie *Pratylenchus penetrans*

9.1 Inleiding

In het veenkoloniale gebied is een flinke uitbreiding van de teelt van biogasmaïs te verwachten als deze teelt rendabel blijkt te zijn. Als deze uitbreiding van het maisareaal ten koste gaat van het areaal zomergerst en/of wintertarwe dan heeft dat gevolgen voor de ontwikkeling van de populatie van het vrijlevende aaltje *Pratylenchus penetrans*. Maïs is namelijk een sterkere vermeerderaar van *Pratylenchus penetrans* dan zomergerst en/of wintertarwe.

Op dit moment komt *Pratylenchus penetrans* op globaal 30 % van de percelen, of delen van percelen, al op een schadelijk niveau voor. Uitbreiding van de maïsteelt kan betekenen dat het areaal met besmetting groter wordt en dat het besmettingsniveau op de percelen toeneemt tot schadelijke niveaus voor zetmeelaardappelen. Dit effect zal wellicht nog worden versterkt door de wettelijke verplichting om een groenbemester (bladkool, bladrammenas, raaigras of rogge) te telen na een maïsteelt op zandgrond. De late oogst van maïs leidt er toe dat veel boeren kiezen voor de teelt van rogge. Door de teelt van rogge kan de populatie *Pratylenchus Penetrans* extra worden verhoogd. Grote aantallen aaltjes hebben een negatief effect op de opbrengst van zetmeelaardappelen. Daar staat tegenover dat een groenbemester ook een positief effect heeft op de bodemvruchtbaarheid en op de opbrengst van een volggewas. Een goed geslaagde groenbemester kan een tot zo'n 5% hogere aardappelopbrengst leveren.

Er is behoefte aan meer inzicht in de populatieontwikkeling van *Pratylenchus penetrans* door de teelt van maïs en de verplichte nateelt van een groenbemester na de maïsteelt. Ook de gevolgen hiervan op de opbrengst van zetmeelaardappelen dienen duidelijk te worden. Enerzijds is namelijk schade te verwachten bij hogere dichtheden *Pratylenchus penetrans*, anderzijds zal de groenbemester ook voor positieve effecten op de opbrengst zorgen. Hoe dit uiteindelijk netto zal uitpakken en of dit ook afhankelijk is van de keuze van het ras zetmeelaardappelen zal eveneens duidelijk moeten worden.

9.2 Opzet en uitvoering

Op een perceel van PPO-locatie 't Kompas is in het najaar van 2006, na de teelt van aardappelen, een proef voorbereid door verschillende dichtheden *Pratylenchus penetrans* te creëren d.m.v. grondontsmetting, de teelt van bladrammenas en rogge als groenbemester en ter vergelijking zwarte braak. In voorjaar 2007 is op dit perceel per veldje een bemonstering op aaltjes uitgevoerd. Op dit proefveld is in 2007 biogasmaïs (ras NK Magitop) geteeld en kort na de oogst hiervan zijn verschillende groenbemers (rogge en bladkool) ingezaaid. Om het effect van de groenbemers in 2008 te kunnen toetsen zijn de velden opgedeeld in drie delen: geen groenbemester, rogge en bladkool. In 2008 zullen twee rassen zetmeelaardappelen op het proefveld worden getoetst. In de herfst van 2007 wordt opnieuw een proef voorbereid voor de teelt van biogasmaïs in 2008 en een aardappelteelt in 2009.

Het schema van de proef is weergegeven in bijlage 8.

9.3 Resultaten

9.3.1 Drogestofopbrengst, analysecijfers

In het voorjaar van 2007 zijn per voorvrucht/behandeling en per in de herfst van 2007 in te zaaien groenbemester drie monsters genomen (totaal 48 monsters). De monsters zijn door het HLB te Wijster geanalyseerd. De resultaten hiervan staan vermeld in tabel 9.1.

Bij de verschillende geanalyseerde aaltjessoorten kwamen verschillen in aantal voor. Bij *Pratylenchus penetrans* kwamen significante verschillen voor in aantal. Het laagste aantal werd vastgesteld na grondontsmetting, dit aantal was significant lager dan van de overige behandelingen. Het aantal na zwarte braak (362) was net niet significant lager dan na de groenbemesters bladrammenas en rogge. Bij de trichodoriden en de saprofage aaltjes was het aantal na grondontsmetting eveneens lager, het verschil was echter niet significant.

Gedurende het seizoen is regelmatig de gewasstand van de maïs beoordeeld. Op 19 juni was de gemiddelde gewaslengte \pm 50 cm. Op dat moment kwamen al significante verschillen voor in gewasontwikkeling. Grondontsmetting toonde zich significant beter dan rogge, zwarte braak en bladrammenas als voorvrucht. Ook was rogge significant beter dan bladrammenas. Op 10 juli vertoonde het object grondontsmetting significant meer gewasgroei (5 = lengte \pm 140 cm, 10 = lengte \pm 160 cm.) dan de overige objecten (zie foto 9.1. : derde strook van rechts is object grondontsmetting).



Foto 9.1. **Al in een zeer vroeg stadium was er verschil in ontwikkeling waarneembaar; 3^e veldje van rechts (midden op de foto) het object grondontsmetting.**

Ook bij de oogst op 15 oktober kwamen nog steeds significante verschillen voor in gewasgroei. Het object met grondontsmetting vertoonde een significant grotere gewasgroei dan de overige objecten. Het rogge-object scoorde eveneens significant beter dan het object met de laagste waardering, de bladrammenas.

Tabel 9.1. **Beginbesmetting met Pp, stand van het gewas maïs op aantal data, de gemeten lengte in september en de gemeten opbrengst; Valthermond 2007.**

	Beginbesmetting/100 ml			Stand gewas			Lengte 13/9	Vers ton/ha	Droge stof ton/ha
	Pp	Tricho	Sapro	19/6	10/7	15/10			
Bladrammenas	451	34	3142	7.9	6.1	6.6	277	65.4	19.9
Grondontsmetting	201	8	2382	9.9	9.0	8.9	289	72.5	21.7
Rogge doodspuiten	470	27	2930	8.4	6.7	7.5	279	67.0	20.6
Zwarte braak	362	20	3483	8.2	6.5	7.1	278	68.0	20.5
Gemiddelde	371	22	2984	8.6	7.1	7.5	281	68.2	20.7
LSD	127	31	2100	0.5	1.0	0.5	2.6	3.1	1.1

Op 13 september is de lengte gemeten. Ook hierbij kwamen significante verschillen naar voren. De grootste lengte werd bereikt na grondontsmetting; het gewas had significant meer lengte dan bij de overige objecten. Ook de verse opbrengst, de drogestof opbrengst en de VEM - opbrengst was na grondontsmetting significant hoger (tabel 9.1 en 9.2).

Tabel 9.2. **Opbrengst ruw eiwit (RE), ruwe celstof (RC), suiker en zetmeel (ton/ha), verteringscoëfficiënt van de organische stof (VC) in % en de gemeten VEM-opbrengst; Valthermond 2007.**

	RE	RC	Suiker	Zetmeel	VC	VEM*10 ³ /ha
Bladrammenas	1.43	3.9	1.3	5.3	75.5	19.4
Grondontsmetting	1.53	4.3	1.6	5.7	75.6	21.2
Rogge doodspuiten	1.46	4.0	1.4	5.6	76.1	20.3
Zwarte braak	1.43	4.1	1.5	5.4	75.7	20.0
Gemiddelde	1.46	4.1	1.4	5.5	75.7	20.2
LSD	0.08	0.2	0.3	0.4	0.7	1.2

9.3.2 Gasopbrengst

Aan deze proef zijn geen biogasanalyses uitgevoerd om de volgende redenen:

- Het is een proefveld met één ras
- Er zijn geen grote verschillen in samenstelling te verwachten.
- Alleen opbrengstverschillen zijn bepalend voor verschillen in gasopbrengst per hectare.
- Uit de andere proeven is de gasproductie per ton van het ras NK Magitop te halen.

Voor de berekening van de biogasopbrengst per hectare van deze Pp-proef is uit de bemestingproef een representatief object gekozen. Dit object had een verse opbrengst van 70,4 ton/ha met een bijbehorende methaangasopbrengst van 7979 m³/ha. Dit resultaat past goed bij het opbrengstniveau in de Pp-proef en is daarom als basis gebruikt voor het omrekenen van de verschillende verse opbrengsten naar gasopbrengsten, zie tabel 9.3.

Tabel 9.3. **Omrekening van de opbrengst (vers en droog) naar methaangasopbrengst, netto energieproductie, energie-efficiëntie en reductie van CO2 en GHG.**

	Verse opbr	Drogestof opbr	Methaan opbr	Netto energie-productie	Energie-Rendement	Totale Reductie CO2	GHG reductie
	ton/ha	ton/ha	m ³ /ha	Mj/ha	%	Eq/ha	%
Bladrammenas	65.4	19.9	7411	83070	81.1	3436	48
Grondontsmetting	72.5	21.7	8216	93840	82.6	4142	53
Rogge doodspuiten	67.0	20.6	7593	85505	81.4	3595	49
Zwarte braak	68.0	20.5	7706	87020	81.7	3695	50
Gemiddelde	68.2	20.7	7729	87360			

De significant hogere opbrengst (zowel vers als droog) van het object Grondontsmetting resulteerde ook in de hoogste netto energieproductie per hectare, in het hoogste energierendement en in de hoogste reductie van de broeikasgassen CO₂ en GHG.

9.3.3 Economische efficiëntie

Op basis van de berekeningen van het gehele proces (teelt en vergisting) kan ook een conclusie worden getrokken ten aanzien van economische haalbaarheid. Op basis van de verse opbrengst en de berekende methaangasopbrengst varieerde de waarde van het gewas van € 3360 tot € 3726, zodat het saldo varieerde van € 2045 tot € 2500. Voor meer uitleg over de berekenwijze zie hoofdstuk 3.

9.4 Conclusies

- De lengte van de maïs vertoonde significante verschillen. De grootste lengte werd bereikt na grondontsmetting.
- Ook de verse opbrengst, de drogestof opbrengst en de VEM - opbrengst was na grondontsmetting significant hoger.
- Als gevolg van de hoge verse en droge stof opbrengst na grondontsmetting was ook de berekende gasopbrengst, de energie-efficiëntie en de CO₂-reductie hoger na grondontsmetting.
- Als gevolg van de hogere opbrengst na grondontsmetting was ook het berekende saldo van dit object hoger dan van de overige objecten.
- Ten aanzien van de economische haalbaarheid van grondontsmetting zullen berekeningen in bouwplanverband gemaakt moeten worden als ook de resultaten van de maïs in proefjaar 2008 en de aardappelresultaten van 2008 en 2009 bekend zijn.

10 Invloed biomassaproductie op bodemvruchtbaarheid

10.1 Inleiding

Een belangrijk item in de discussie rondom bio-energie is bodemkwaliteit, zowel fysisch (structuur, organische stof) als biologisch (nematoden, ziekten). Een niet duurzaam bodemgebruik zal leiden tot het verarmen van de gronden qua fysische en biologische bodemvruchtbaarheid en in die zin tot een vermindering van de productiviteit van gronden.

In 2007 is een scenariostudie uitgevoerd naar de te verwachten effecten van specifieke bouwplannen, waarin aardappelen en maïs een grote rol zullen spelen, op de bodemkwaliteit. Bij de studie zijn de knelpunten van enkele potentiële bouwplannen geïnventariseerd.

10.2 Gevolgen voor organische stof aanvoer, de fosfaattoestand en het stikstofoverschot

In dit document is voor het project Energiekompas de verandering in aanvoer van effectieve organische stof weergegeven bij verandering van het Veenkoloniaal bouwplan door opname van de teelt van energiemais voor co-vergisting in een mestvergister. Ook is het te verwachten effect op de fosfaattoestand van de bodem en op het stikstofoverschot uit de meststoffen aangegeven.

Als eerste is de situatie weergegeven voor een traditioneel Veenkoloniaal bouwplan, zonder groenbemesters. Ter vergelijking is hetzelfde bouwplan weergegeven met groenbemesters na granen (bladrammenas). Vervolgens is een bouwplan weergegeven waarin de granen worden vervangen door energiemais, daarna een bouwplan waarin ook de helft van het aardappelareaal wordt vervangen door energiemais en tenslotte een bouwplan met continue teelt maïs. Na maïs wordt een verplichte groenbemester gezaaid (winterrogge).

In alle situaties is uitgegaan van een maximale inzet van dierlijke mest. In het traditionele bouwplan wordt varkensdrijfmest gebruikt en in de alternatieve bouwplannen digestaat. Dat kan digestaat zijn van co-vergiste runderdrijfmest of van co-vergiste varkensdrijfmest. Beide opties zijn opgenomen.

10.2.1 Uitgangspunten voor de berekeningen

Effectieve organische stof

Effectieve organische stof (EOS) is de hoeveelheid organische stof die een jaar na toediening nog over is in de bodem en bijdraagt aan de instandhouding of verhoging van het organische-stofgehalte van de bodem. Voor de aanvoer van EOS is uitgegaan van forfaitaire waarden per gewas. De waarden zijn ontleend aan het Handboek voor de Akkerbouw en de Groenteteelt in de Vollegrond 1989 (Bosch & De Jonge, 1989) en voor zover beschikbaar aan actuelere, interne gegevens van PPO.

Voor het schatten van de EOS-aanvoer door de teelt en onderwerken van bladrammenas na graan is uitgegaan van recente onderzoeksgegevens van PPO (Hoek et al., 2007 en Timmer et al., 2005) en van de PPO-brochure groenbemesters (Timmer et al., 2003).

Voor het schatten van de EOS-aanvoer door de teelt en onderwerken van winterrogge als groenbemester na maïs is uitgegaan van onderzoeksgegevens van Van Erp en De Jager (1992) en van de PPO-brochure groenbemesters betreffende de boven- en ondergrondse drogestofproductie van groenbemesters. Voor de berekening van de hoeveelheid organische stof (OS) is uitgegaan van 90% organische stof in de droge stof. De hoeveelheid EOS is vervolgens berekend aan de hand van de humificatiecoëfficiënten van groene plantenmassa en wortels van gewassen: respectievelijk 0,2 en 0,35 (Bosch en De Jonge, 1989). De humificatiecoëfficiënt (HC) is de fractie die een jaar na toediening van de organische stof aan de bodem nog over is: hoeveelheid EOS = hoeveelheid OS * HC.

Voor de EOS-aanvoer met organische mest is uitgegaan van de gemiddelde gehalten organische stof zoals

die zijn weergegeven in de adviesbasis bemesting (Van Dijk, 2007) en van een humificatiecoëfficiënt van 0,33 voor varkensdrijfmest en 0,70 voor runderdrijfmest.

De minimaal benodigde EOS-aanvoer om het organische-stofgehalte van de bodem te handhaven is sterk afhankelijk van de hoogte van dat gehalte en het afbraakpercentage. Het varieert daardoor per perceel. Als richtlijn wordt voor deze studie een minimaal benodigde aanvoer van 2000 kg EOS per ha aangehouden.

Bemesting

Voor de bemesting is uitgegaan van de meest recente stikstofbemestingsrichtlijnen per gewas (Van Dijk, 2007) en forfaitaire waarden voor de N_{min}-voorraad. Hieruit zijn de volgende benodigde N-giften afgeleid (kg N/ha):

- zetmeelaardappel: 240
- suikerbiet: 150
- zomergerst: 90
- wintertarwe: 190
- maïs: 175

De bemesting is getoetst aan de aanvoernormen voor stikstof en fosfaat uit organische mest en aan de stikstofgebruiksnormen van 2008 op zandgrond. Op bedrijfsniveau mag gemiddeld per ha op bouwland niet meer dan 170 kg N-totaal per ha uit dierlijke mest worden aangevoerd en niet meer dan 85 kg fosfaat per ha uit dierlijke mest en kunstmest samen. Voor de aanvoer van werkzame stikstof geldt in 2008 op zandgrond en löss een wettelijk vastgestelde werkingscoëfficiënt van 65% voor zowel varkensdrijfmest als runderdrijfmest, alsook voor vergiste varkens- en runderdrijfmest.

Voor gebruik van organische mest is uitgegaan van bouwlandinjectie in maart-april en verder van de stikstofwerking en de gemiddelde samenstelling per mestsoort zoals die is weergegeven in de adviesbasis bemesting (Van Dijk, 2007). De stikstofwerking van varkensdrijfmest bij injectie in maart-april bedraagt 70% voor graan, 75% voor aardappel en 80% voor biet en is dus hoger dan de wettelijk vastgestelde werking voor de gebruiksnormen.

Voor digestaat zijn de volgende aannames gedaan. Aan de vergister worden drijfmest en maïs toegevoegd in een gewichtsverhouding van 1:1 (op basis van versgewicht). In de vergister wordt van de organische stof (OS) in de rundermest 30% afgebroken, van de OS in varkensdrijfmest 40% en van de OS in maïs 60%. Voor maïs is uitgegaan van 33% droge stof, 90% organische stof in de droge stof en een HC van 0,25. De hoeveelheid organische stof die is overgebleven in de vergister, is stabiel (moeilijker afbreekbaar). Hoeveel EOS er precies door toepassing van (co-)vergiste mest wordt aangevoerd op het veld is niet of onvoldoende onderzocht. Voor deze studie is daarom een schatting gemaakt via een benadering die analoog is aan de afbraak van organische stof in de bodem. Na toevoeging van organische stof aan de bodem is na verloop van tijd een bepaald deel afgebroken. Ook hier geldt dat het overgebleven deel stabiel c.q. moeilijker afbreekbaar is. Naarmate de tijd vordert neemt de afbraaksnelheid van het restant steeds verder af. Daardoor verandert ook de humificatiecoëfficiënt (HC) van het resterende materiaal: deze neemt steeds verder toe. Met behulp van het afbraak model voor organische stof in de bodem van Janssen (1984) is de HC van de overgebleven organische stof in de vergister bepaald op het moment dat van de oorspronkelijke hoeveelheid OS in de rundermest 30% is afgebroken, in de varkensdrijfmest 40% en in de maïs 60% (zoals hierboven is aangegeven). Uit vermenigvuldiging van de resterende hoeveelheid OS na vergisting met de HC volgt de EOS van het vergiste materiaal.

Verder is ervan uitgegaan dat de stikstof in het deel van de organische stof dat in de vergister wordt afgebroken, volledig vrijkomt c.q. wordt omgezet in minerale stikstof. Ook geldt dat alle mineralen die de vergister ingaan, er via het digestaat weer uitkomen.

Het effect op de samenstelling van het digestaat is weergegeven in tabel 10.1, uitgesplitst naar runderdrijfmest-digestaat en varkensdrijfmest-digestaat.

Tabel 10.1. **Uitgangspunten samenstelling onvergiste en vergiste producten.**

Product	Gehalten in het onvergiste product (kg per ton)						EOS ¹ (kg/ton)	Over na vergisting van 1000 kg product
	OS	N-totaal	N-NH ₃	Norg	P ₂ O ₅	K ₂ O		
Runderdrijfmest	64	4,4	2,2	2,2	1,6	6,2	45	980 kg
Varkendrijfmest	60	7,2	4,2	3,0	4,2	7,2	20	976 kg
Maïs	300	3,8	-	3,8	1,4	4,3	75	820 kg

Product	Gehalten in het vergiste product (kg per ton)						EOS ¹ (kg/ton)
	OS	N-totaal	N-NH ₃	Norg	P ₂ O ₅	K ₂ O	
50% RDM + 50% maïs	92	4,6	2,9	1,7	1,7	5,8	48
50% VDM + 50% maïs	87	6,1	4,3	1,8	3,1	6,4	38

Noot:

1. EOS is gemakshalve weergegeven in kg per ton mest, maar strikt genomen is het geen gehalte (het is niet meetbaar in de mest i.t.t. OS) maar een uitdrukkingwijze.

De eerste ervaringen uit veldonderzoek zijn dat de stikstofwerking van digestaat wat hoger is dan van onvergiste mest. Maar met name bij (co-)vergiste varkendrijfmest is nog nader onderzoek nodig om de stikstofwerking beter vast te stellen. Verder is de hoogte van de N-werking mede afhankelijk van het type co-vergistingsmateriaal dat is toegevoegd. De (vergiste) maïs heeft een hoge C/N-verhouding in de organische stof waardoor minder stikstof mineraliseer dan bij lage C/N-verhouding. Met behulp van het mineralisatiemodel Minip (Janssen, 1996) is geschat dat de totale N-werking (minerale en organische fractie) van de vergiste maïs op eenzelfde niveau ligt als van vergiste runderdrijfmest en lager is dan van vergiste varkendrijfmest. In deze studie is voor het digestaat van co-vergiste runderdrijfmest met maïs uitgegaan van een werking van 60% in zowel aardappelen, maïs als bieten. In bieten is de werking weliswaar iets hoger dan in aardappelen en maïs, maar het verschil is gering en hier verwaarloosd. Voor het digestaat van co-vergiste varkendrijfmest met maïs is uitgegaan van 75% in aardappelen en maïs en 80% in bieten.

Nutriëntenbalansen

Verandering van het bouwplan heeft ook gevolgen voor de afvoer van nutriënten met het oogstproduct. Als dit leidt tot een hogere kali-afvoer, is dit te compenseren door een hogere kalibemesting en hoeft de kalitoestand van de bodem niet te dalen.

Voor fosfaat ligt dat anders. Op bedrijfsniveau mag niet meer dan 85 kg P₂O₅ per ha worden aangevoerd uit dierlijke mest en kunstmest samen. Een verdere verlaging van deze aanvoernorm ligt in het verschiep. LNV streeft naar een fosfaatevenwichtsbemesting in 2015 (aanvoer = afvoer). De aanvoer zal dan mogelijk teruggaan naar maximaal 60 kg P₂O₅ per ha. Een hogere fosfaatafvoer kan in geval van fosfaat niet worden gecompenseerd door een hogere aanvoer en kan tot een snellere daling van de fosfaattoestand van de bodem leiden. Om de fosfaattoestand van de bodem te handhaven, geldt als vuistregel dat de afvoer met de geoogste producten moet worden gecompenseerd plus 20 kg P₂O₅ per ha onvermijdbaar verlies (Van Dijk, 2007).

Daarnaast zijn per gewas fosfaatbemestingsadviezen opgesteld, afhankelijk van de fosfaattoestand van de bodem, voor een optimale financiële opbrengst (Van Dijk, 2007). Het fosfaat hoeft daarbij niet per se voor elk gewas te worden gegeven; er kan ook voor worden gekozen voor een bouwplanbemesting waarbij het benodigde fosfaat op bouwplanniveau voor de meest fosfaatbehoefte gewassen wordt toegediend.

In alle bouwplannen is ervan uitgegaan dat de fosfaatruimte van 85 kg P₂O₅ per ha volledig wordt benut om het te verwachten effect op de fosfaattoestand van de bodem te kunnen vergelijken bij eenzelfde fosfaataanvoer. Of die 85 kg P₂O₅ per ha daadwerkelijk nodig is, hangt af van de gewassen in het bouwplan en de fosfaattoestand van de bodem. Ter illustratie is daarom het fosfaatbemestingsadvies per gewas weergegeven bij Pw 25, Pw 35 en Pw 45.

Tot slot is in het kader van de nitraatuitspoelingsproblematiek het stikstofoverschot uit de meststoffen berekend. In geval van organische mest is hierbij uitgegaan van de aanvoer van N-totaal minus het ammoniakvervluchtigingsverlies (5% van de ammoniakfractie in de mest in geval van bouwlandinjectie). De afvoer van stikstof en fosfaat met het geoogst product is berekend op basis van een gemiddeld

genomen opbrengstniveau en gemiddelde N- en P-gehalten in het product. Voor deze gehalten is uitgegaan van Van Dijk (2007) en van interne gegevens van PPO (FARM). De uitgangspunten zijn weergegeven in tabel 10.2.

Tabel 10.2. **Uitgangspunten gewasopbrengsten en nutriëntenafvoer.**

Gewas	Opbrengst ton/ha	Gehalten (kg/ton product)		Afvoer (kg/ha)	
		N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅
Zetmeelaardappel (veldgewicht)	45	3,7	0,9	167	41
Suikerbiet (bruto wortelopbrengst)	67	1,8	0,9	121	60
Zomergerst – korrelopbrengst	6,0	15	8,0	90	48
– stro-opbrengst	3,0	5,4	2,1	16	6
Wintertarwe – korrelopbrengst	7,8	20	7,8	156	61
– stro-opbrengst	4,0	5,8	1,6	23	6
Mais (drogestofopbrengst)	17,0	11,9	4,3	202	73

10.2.2 Traditioneel Veenkoloniaal bouwplan

Als referentie is uitgegaan van een traditioneel Veenkoloniaal bouwplan met:

- 50% zetmeelaardappelen;
- 25% suikerbieten;
- 25% granen, waarvan de helft zomergerst en de andere helft wintertarwe;

De rotatie is: zetmeelaardappelen – suikerbieten – zetmeelaardappelen – granen.

Er zijn geen groenbemesters opgenomen in het bouwplan. Het graanstro wordt afgevoerd.

Bij de aardappelteelt na bieten is een N-korting van 30 kg N/ha gehanteerd voor de N-nawerking uit het bietenblad. De gemiddelde N-gift aan aardappel in het bouwplan gaat daardoor 15 kg N/ha omlaag (van 240 naar 225 kg N/ha).

De bemesting en de EOS-aanvoer zijn weergegeven in tabel 10.3. Gemiddeld wordt 1475 kg EOS per ha aangevoerd in het bouwplan. Gerelateerd aan de streefaanvoer van 2000 kg EOS per ha is dat te weinig. Indien ervoor zou worden gekozen om het stro achter te laten, stijgt de EOS-aanvoer bij zomergerst met 630 kg EOS per ha en bij wintertarwe met 990 kg per ha. Gemiddeld in het bouwplan stijgt de EOS-aanvoer daardoor met 203 kg per ha.

De fosfaatruimte voor dierlijke mest is op één kg fosfaat na geheel benut. De mest wordt ingezet voor aardappel en bieten, omdat dit de meest fosfaatbehoefte gewassen zijn in het bouwplan. In principe zou de mestgift anders kunnen worden verdeeld, bijvoorbeeld een gift aan de gerst en minder aan aardappelen en bieten, maar de totale varkensdrijfmestaanvoer op het bedrijf wordt beperkt door de fosfaataanvoernorm en blijft derhalve gelijk. De gemiddelde EOS-aanvoer per ha blijft dan ook hetzelfde.

De aanvoer van werkzame stikstof blijft op bedrijfsniveau onder de toegestane aanvoer volgens de N-gebruiksnormen. Het fosfaatoverschot bedraagt 33 kg per ha, waardoor geen daling van de fosfaattoestand is te verwachten. Bij Pw 35 of hoger kan meer dan voldoende fosfaat worden aangevoerd om volgens advies te bemesten. Bij Pw 25 niet.

Tabel 10.3. **Bemesting en aanvoer van effectieve organische stof in het traditioneel Veenkoloniaal bouwplan, zonder groenbemesters.**

Gewas	Aandeel in bouwplan	N-gift (kg N/ha)	Vleesvarkensdrijfmest		EOS (kg/ha)		
			mestgift (ton/ha)	werkzame N (kg/ha)	drijfmest	gewas-resten	totaal
zetmeelaardappel	50%	225	30	162	600	775	1375
suikerbiet, incl. blad	25%	150	20	115	400	1275	1675
zomergerst, excl. stro	12½%	90	-	-	-	1310	1310
wintertarwe, excl. stro	12½%	190	-	-	-	1640	1640
gemiddeld per ha		185	20		400	1075	1475

Gewas	Aandeel in bouwplan	Aanvoer drijfmest		Toetsing aan N-gebruiksnorm (kg N/ha)			
		N-totaal (kg/ha)	fosfaat (kg/ha)	gewas-norm	stikstofaanvoer		
					drijfmest	kunstmest	totaal
zetmeelaardappel	50%	216	126	230	140	63	203
suikerbiet	25%	144	84	145	94	35	129
zomergerst	12,5%	-	-	80	-	90	90
wintertarwe	12,5%	-	-	160	-	190	190
gemiddeld per ha		144	84	181			169

Gewas	Aandeel in bouwplan	Fosfaatadvies (kg P ₂ O ₅ /ha)			Afvoer (kg/ha)		Overschot (kg/ha)	
		Pw 25	Pw 35	Pw 45	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅
zetmeelaardappel	50%	135	105	70	167	41	106	85
suikerbiet	25%	110	75	40	121	60	54	24
zomergerst + stro	12½%	75	40	0	106	54	-16	-54
wintertarwe + stro	12½%	40	0	0	179	67	11	-67
gemiddeld per ha		109	76	45	149	51	66	33

10.2.3 Traditioneel Veenkoloniaal bouwplan + groenbemester

In tabel 10.4 zijn de bemesting en EOS-aanvoer weergegeven voor het hierboven geschetste traditionele veenkoloniale bouwplan, maar nu met opname van bladrammenas als groenbemesters na tarwe en gerst. Er is vanuit gegaan dat de bladrammenas in de tweede helft van augustus wordt gezaaid en in maart wordt ondergewerkt. Behalve dat bladrammenas extra organische stof achterlaat, kan het door zijn diepe beworteling ook de structuur en vochthuishouding van de bodem verbeteren, wat gunstig is voor de volgteelt aardappel en kan leiden tot een hogere knolopbrengst. Voor deze deskstudie is er vanuit gegaan dat de aardappelopbrengst en nutriëntenafvoer hetzelfde blijven.

Bij zaai van een niet-vlinderbloemige groenbemester vóór 1 september en onderploegen na 1 december mag 60 kg N/ha extra worden aangevoerd volgens de N-gebruiksnorm. Er is vanuit gegaan dat deze stikstof ook daadwerkelijk wordt gegeven om ervoor te zorgen dat de bladrammenas zich goed ontwikkelt. Anderzijds wordt bij de volgteelt aardappel 30 kg N/ha gekort op de gift vanwege de N-nawerking uit de bladrammenas. De gemiddelde N-gift aan aardappel in het bouwplan gaat daardoor 15 kg N/ha omlaag.

In dit bouwplan is de EOS-aanvoer gemiddeld bijna 240 kg per ha hoger dan in het traditioneel bouwplan zonder groenbemesters. De aanvoer van werkzame stikstof blijft nog steeds onder de toegestane aanvoer volgens de N-gebruiksnorm. Het N-overschot uit meststoffen neemt licht toe. Er wordt immers meer stikstof aangevoerd, maar niet meer afgevoerd, omdat de groenbemester wordt ingewerkt. Het fosfaatoverschot blijft hetzelfde.

Indien er ook in dit bouwplan voor zou worden gekozen om het stro direct na oogst in te werken, komt de EOS-aanvoer gemiddeld op 1916 kg per ha uit en wordt de streefaanvoer bijna gehaald.

Tabel 10.4. **Bemesting en aanvoer van effectieve organische stof in het traditioneel Veenkoloniaal bouwplan met bladrammenas na granen.**

Gewas	Aandeel in bouwplan	N-gift (kg N/ha)	Vleesvarkensdrijfmest		EOS (kg/ha)		
			mestgift (ton/ha)	werkzame N (kg/ha)	drijfmest	gewas-resten	totaal
zetmeelaardappel	50%	210	30	162	600	775	1375
suikerbiet, incl. blad	25%	150	20	115	400	1275	1675
zomergerst, excl. stro	12½%	90	-	-	-	1310	1310
+ bladrammenas		60	-	-	-	950	950
wintertarwe, excl. stro	12½%	190	-	-	-	1640	1640
+ bladrammenas		60	-	-	-	950	950
gemiddeld per ha		193	20		400	1313	1713

Gewas	Aandeel in bouwplan	Aanvoer drijfmest		Toetsing aan N-gebruiksnorm (kg N/ha)			
		N-totaal (kg/ha)	fosfaat (kg/ha)	gewas-norm	stikstofaanvoer		
					drijfmest	kunstmest	totaal
zetmeelaardappel	50%	216	126	230	140	48	188
suikerbiet, incl. blad	25%	144	84	145	94	35	129
zomergerst, excl. stro	12,5%	-	-	80	-	90	90
+ bladrammenas		-	-	60	-	60	60
wintertarwe, excl. stro	12,5%	-	-	160	-	190	190
+ bladrammenas		-	-	60	-	60	60
gemiddeld per ha		144	84	196			176

Gewas	Aandeel in bouwplan	Fosfaatadvies (kg P ₂ O ₅ /ha)			Afvoer (kg/ha)		Overschot (kg/ha)	
		Pw 25	Pw 35	Pw 45	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅
zetmeelaardappel	50%	135	105	70	167	41	91	85
suikerbiet	25%	110	75	40	121	60	54	24
zomergerst + stro	12½%	75	40	0	106	54	-16	-54
+ bladrammenas		-	-	-	-	-	60	0
wintertarwe + stro	12½%	40	0	0	179	67	11	-67
+ bladrammenas		-	-	-	-	-	60	0
gemiddeld per ha		109	76	45	149	51	73	33

10.2.4 Vervanging van granen door energiemais

In het eerste alternatieve bouwplan worden de granen vervangen door energiemais. De rotatie wordt dan: zetmeelaardappelen – suikerbieten – zetmeelaardappelen – maïs.

Er is vanuit gegaan dat de maïs uiterlijk 10 oktober wordt geoogst en dat de verplichte groenbemester (winterrogge) in de 2^e week van oktober wordt gezaaid en in maart wordt ondergeploegd. De gewasontwikkeling van deze groenbemester is gering. De N-opname bedraagt naar schatting <10 kg N/ha. Er wordt derhalve geen N-korting in minder gebracht op de N-bemesting van de volgteelt aardappel. De varkensdrijfmest wordt vervangen door digestaat met maïs als co-vergistingsmateriaal. Er is een scenario opgesteld met gebruik van co-vergiste runderdrijfmest of co-vergiste varkensdrijfmest. Omdat maïs een fosfaatbehoefte gewas is, wordt het digestaat nu ingezet voor zowel de aardappelen, de bieten als de maïs. Verder is er rekening mee gehouden dat bij de maïs een startgift met een NP-meststof als rijenbemesting bij zaai wordt toegediend. Bij gebruik van rundveedrijfmestdigestaat is de aanvoer van N-totaal het eerst beperkend en blijft er nog fosfaatruimte over die wordt ingevuld met kunstmest. Bij gebruik van varkensdrijfmestdigestaat is de fosfaataanvoer beperkend. De NP-startgift in de rij bij maïs wordt daarom iets verlaagd. De bemesting en EOS-aanvoer zijn weergegeven in de tabellen 10.5 en 10.6.

In dit bouwplan is de EOS-aanvoer bij gebruik van rundveedrijfmestdigestaat aanzienlijk hoger dan in het traditioneel bouwplan. Overigens zou in het traditionele bouwplan de EOS-aanvoer bij gebruik van rundveedrijfmest in plaats van varkensdrijfmest ook ca. 1335 kg EOS per ha hoger zijn. Gebruik van varkensdrijfmestdigestaat geeft ook een verhoging, maar minder sterk dan bij rundveedrijfmestdigestaat. De aanvoer blijft hier onder de streefwaarde van 2000 kg EOS per ha.

De digestaatgift kan anders worden verdeeld over de gewassen, maar de totale aanvoer op het bedrijf wordt beperkt door de aanvoernormen en blijft derhalve gelijk. De gemiddelde EOS-aanvoer per ha blijft dan ook hetzelfde.

Bij gebruik van rundveedrijfmestdigestaat wordt de N-gebruiksnorm met gemiddeld 7 kg N/ha overschreden. Er zal dus gemiddeld 7 kg N/ha minder kunstmeststikstof moeten worden gegeven. Bij langjarig gebruik van rundveedrijfmestdigestaat zal dat geen nadelig effect hebben op de gewasopbrengst. De N-werking is in het eerste jaar niet zo hoog, maar in de navolgende jaren komt ook nog een kleine hoeveelheid stikstof vrij. Bij meerjarige toediening accumuleert de mineralisatie uit de giften van de afzonderlijke jaren en stijgt het mineralisatieniveau van de bodem, waardoor met een lagere N-gift kan worden volstaan.

Bij gebruik van varkensdrijfmestdigestaat blijft men onder de N-gebruiksnorm. Dit komt omdat de actuele N-werking hoger is dan de forfaitaire norm. De N-werking in de navolgende jaren is lager dan bij gebruik van rundveedrijfmestdigestaat.

Tabel 10.5. **Bemesting en aanvoer van effectieve organische stof in het Veenkoloniaal bouwplan bij vervanging van granen door energiemais en inzet van rundveedrijfmestdigestaat.**

Gewas	Aandeel in bouwplan	N-gift (kg N/ha)	Digestaat RDM		EOS (kg/ha)		
			mestgift (ton/ha)	werkzame N (kg/ha)	digestaat	gewas-resten	totaal
zetmeelaardappel	50%	225	44	121	2112	775	2887
suikerbiet, incl. blad	25%	150	33	91	1584	1275	2859
energiemais	25%	175	27	75	1296	675	2021
+ winterrogge gbm		-	-	-	-	50	-
gemiddeld per ha		194	37		1776	888	2664

Gewas	Aandeel in bouwplan	Aanvoer digestaat			Kunstm. fosfaat (kg/ha)	Toetsing aan N-gebruiksnorm (kg N/ha)			
		N-totaal (kg/ha)	fosfaat (kg/ha)			gewas-norm	digest.	kunstmest	totaal
zetmeelaardappel	50%	202	75	30	230	132	104	235	
suikerbiet	25%	152	56	-	145	99	59	158	
energiemais	25%	124	46	30 ¹	175	81	100	181	
+ winterrogge gbm		-	-	-	0	-	-	-	
gemiddeld per ha		170	63	23	195			202	

Gewas	Aandeel in bouwplan	Fosfaatadvies (kg P ₂ O ₅ /ha)			Afvoer (kg/ha)		Overschot (kg/ha)	
		Pw 25	Pw 35	Pw 45	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅
zetmeelaardappel	50%	135	105	70	167	41	133	64
suikerbiet	25%	110	75	40	121	60	85	-4
energiemais	25%	135	105	70	202	73	19	3
+ winterrogge gbm		-	-	-	-	-	-	-
gemiddeld per ha		129	98	63	164	54	92	32

Noot:

- als rijenbemesting

Het N-overschot uit meststoffen is bij rundveedrijfmestdigestaat hoger dan in het traditionele bouwplan. Indien 7 kg N/ha minder wordt bemest, daalt het overschot ook met 7 kg N/ha naar 85 kg N/ha (bij gelijkblijvende opbrengst en N-afvoer). Bij gebruik van varkensdrijfmestdigestaat is dat N-overschot iets lager dan in het traditionele bouwplan.

Het fosfaatoverschot blijft zo goed als gelijk; er is geen daling van de fosfaattoestand te verwachten. Evenwel kan bij Pw 35 niet voldoende fosfaat worden aangevoerd om volgens advies te bemesten. In dit geval is bij de bieten gekort. Bij de maïs is er ervan uitgegaan dat bij toediening van fosfaat in de rij er 50% kan worden bespaard door een beter benutting door het gewas en dat een gift van 30 kg fosfaat per ha in de rij dus gelijk staat aan 60 kg fosfaat per ha volvelds, waardoor toch aan het advies is voldaan. Als in de situatie met varkensdrijfmestdigestaat de startgift met kunstmest wordt weggelaten, ontstaat iets meer ruimte om extra digestaat aan te voeren en stijgt de EOS-aanvoer met gemiddeld 61 kg per ha. Er is dan wel kans op een slechtere begingroei met name op percelen met een lage fosfaattoestand, koude in het voorjaar en/of natte (koude) percelen.

Tabel 10.6. **Bemesting en aanvoer van effectieve organische stof in het Veenkoloniaal bouwplan bij vervanging van granen door energimaïs en inzet van varkensdrijfmestdigestaat.**

Gewas	Aandeel in bouwplan	N-gift (kg N/ha)	Digestaat VDM		EOS (kg/ha)		
			mestgift (ton/ha)	werkzame N (kg/ha)	digestaat	gewas-resten	totaal
zetmeelaardappel	50%	225	32	146	1216	775	1991
suikerbiet, incl. blad	25%	150	18	88	684	1275	1959
energiemaïs	25%	175	21	96	798	675	1523
+ winterrogge gbm		-	-	-	-	50	-
gemiddeld per ha		194	26		979	888	1866

Gewas	Aandeel in bouwplan	Aanvoer digestaat		Kunstm. fosfaat (kg/ha)	Toetsing aan N-gebruiksnorm (kg N/ha)			
		N-totaal (kg/ha)	fosfaat (kg/ha)		gewas-norm	stikstofaanvoer		
						digest.	kunstmest	totaal
zetmeelaardappel	50%	195	99	-	230	127	79	205
suikerbiet	25%	110	56	-	145	71	62	134
energiemaïs	25%	128	65	20 ¹	175	83	79	162
+ winterrogge gbm		-	-	-	0	-	-	-
gemiddeld per ha		157	80	5	195			177

Gewas	Aandeel in bouwplan	Fosfaatadvies (kg P ₂ O ₅ /ha)			Afvoer (kg/ha)		Overschot (kg/ha)	
		Pw 25	Pw 35	Pw 45	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅
zetmeelaardappel	50%	135	105	70	167	41	100	58
suikerbiet	25%	110	75	40	121	60	47	-4
energiemaïs	25%	135	105	70	202	73	1	12
+ winterrogge gbm		-	-	-	-	-	-	-
gemiddeld per ha		129	98	63	164	54	62	31

De vervanging van granen door maïs is nadelig voor de bodemstructuur, met name van de ondergrond. Maïs doorwortelt de bodem minder intensief dan granen. Bovendien wordt maïs in het najaar geoogst met zware machines, veelal bij nattere bodemomstandigheden, waardoor bodemverdichting kan optreden. Verdichting in de bouwvoor wordt hersteld door grondbewerking, maar verdichting in de ondergrond is moeilijk op te heffen. De groenbemester na maïs zal door zijn geringe ontwikkeling en beworteling geen wezenlijk positieve bijdrage leveren aan de bodemstructuur. Door verslechtering van de bodemstructuur kunnen de gewasopbrengsten dalen.

10.2.5 Vervanging van granen en 50% van de aardappelen door energiemais

In het tweede alternatieve bouwplan worden de granen en de helft van het aardappelareaal vervangen door energiemais. De rotatie wordt dan: zetmeelaardappelen – mais – suikerbieten – mais.

Bij de maïsteelt na bieten is een N-korting van 30 kg N/ha gehanteerd voor de N-nawerking uit het bietenblad. De gemiddelde N-gift aan mais in het bouwplan gaat daardoor 15 kg N/ha omlaag (van 175 naar 160 kg N/ha).

Wederom is een scenario opgesteld met gebruik van co-vergiste runderdrijfmest en met co-vergiste varkensdrijfmest. De bemesting en EOS-aanvoer zijn weergegeven in de tabellen 10.7 en 10.8.

Ook in dit bouwplan is de EOS-aanvoer hoger dan in het traditioneel bouwplan en blijft de aanvoer bij de variant met varkensdrijfmestdigestaat onder het streefniveau. Bij deze variant wordt ten opzichte van bouwplan 2 de inzet kunstmestfosfaat in het bouwplan verdubbeld, waardoor er minder ruimte overblijft voor inzet van digestaat. Als de startgift met kunstmest wordt weggelaten, ontstaat meer ruimte om extra digestaat aan te voeren en stijgt ook de EOS-aanvoer met gemiddeld 123 kg per ha.

Tabel 10.7. **Bemesting en aanvoer van EOS in het Veenkoloniaal bouwplan bij vervanging van granen en de helft van de aardappelen door energiemais en inzet van rundveedrijfmestdigestaat.**

Gewas	Aandeel in bouwplan	N-gift (kg N/ha)	Digestaat RDM		EOS (kg/ha)		
			mestgift (ton/ha)	werkzame N (kg/ha)	digestaat	gewas-resten	totaal
zetmeelaardappel	25%	240	44	121	2112	775	2887
suikerbiet, incl. blad	25%	150	44	121	2112	1275	3387
energiemais	50%	160	30	83	1440	675	2165
+ winterrogge gbm		-	-	-	-	50	-
gemiddeld per ha		178	37		1776	875	2651

Gewas	Aandeel in bouwplan	Aanvoer digestaat			Kunstm. fosfaat (kg/ha)	Toetsing aan N-gebruiksnorm (kg N/ha)			
		N-totaal (kg/ha)	fosfaat (kg/ha)	fosfaat (kg/ha)		gewas-norm	stikstofaanvoer		
							digest.	kunstmest	totaal
zetmeelaardappel	25%	202	75	30	230	132	119	250	
suikerbiet	25%	202	75	-	145	132	29	160	
energiemais	50%	138	51	30 ¹	175	90	77	167	
+ winterrogge gbm		-	-	-	0	-	-	-	
gemiddeld per ha		170	63	23	181			186	

Gewas	Aandeel in bouwplan	Fosfaatadvies (kg P ₂ O ₅ /ha)			Afvoer (kg/ha)		Overschot (kg/ha)	
		Pw 25	Pw 35	Pw 45	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅
zetmeelaardappel	25%	135	105	70	167	41	148	64
suikerbiet	25%	110	75	40	121	60	104	15
energiemais	50%	135	105	70	202	73	9	8
+ winterrogge gbm		-	-	-	-	-	-	-
gemiddeld per ha		129	98	63	173	62	67	24

Bij gebruik van rundveedrijfmestdigestaat wordt de N-gebruiksnorm met 5 kg N/ha overschreden en moet dus 5 kg N/ha minder kunstmeststikstof worden ingezet. Dan daalt ook het N-overschot met 5 kg N/ha. Bij gebruik van varkensdrijfmestdigestaat blijft men nog ruimer onder de N-gebruiksnorm dan in bouwplan 2. Het N-overschot uit meststoffen is bij rundveedrijfmestdigestaat lager dan in bouwplan 2 en gelijk aan dat in het traditioneel bouwplan zonder groenbemesters. Bij gebruik van varkensdrijfmestdigestaat is het N-overschot ook lager dan in bouwplan 2 en zelfs lager dan in het traditioneel bouwplan.

Het fosfaatoverschot daalt echter ook, maar er is nog geen daling van de fosfaattoestand te verwachten. Bij

Pw 35 kan voldoende fosfaat worden aangevoerd om volgens advies te bemesten. Enkel bij de variant met varkensdrijfmestdigestaat krijgen de bieten 10 kg fosfaat per ha te weinig.

De vervanging van aardappel door maïs zal geen wezenlijk effect hebben op de bodemstructuur. Beide gewassen worden in het najaar geoogst met zware apparatuur. Met name bij oogst onder natte omstandigheden kan bij beide gewassen structuurschade optreden.

Tabel 10.8. **Bemesting en aanvoer van EOS in het Veenkoloniaal bouwplan bij vervanging van granen en de helft van de aardappelen door energimaïs en inzet van varkensdrijfmestdigestaat.**

Gewas	Aandeel in bouwplan	N-gift (kg N/ha)	Digestaat VDM		EOS (kg/ha)		
			mestgift (ton/ha)	werkzame N (kg/ha)	digestaat	gewasresten	totaal
zetmeelaardappel	25%	240	34	156	1292	775	2067
suikerbiet, incl. blad	25%	150	21	102	798	1275	2073
energiemaïs	50%	160	21	96	798	675	1523
+ winterrogge gbm		-	-	-	-	50	-
gemiddeld per ha		178	24		922	875	1797

Gewas	Aandeel in bouwplan	Aanvoer digestaat			Kunstm. fosfaat (kg/ha)	Toetsing aan N-gebruiksnorm (kg N/ha)			
		N-totaal (kg/ha)	fosfaat (kg/ha)	fosfaat (kg/ha)		gewasnorm	stikstofaanvoer		
							digest.	kunstmest	totaal
zetmeelaardappel	25%	207	105	-	230	135	84	219	
suikerbiet	25%	128	65	-	145	83	48	131	
energiemaïs	50%	128	65	20 ¹	175	83	64	147	
+ winterrogge gbm		-	-	-	0	-	-	-	
gemiddeld per ha		148	75	10	181			161	

Gewas	Aandeel in bouwplan	Fosfaatadvies (kg P ₂ O ₅ /ha)			Afvoer (kg/ha)		Overschot (kg/ha)	
		Pw 25	Pw 35	Pw 45	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅
zetmeelaardappel	25%	135	105	70	167	41	118	64
suikerbiet	25%	110	75	40	121	60	50	5
energiemaïs	50%	135	105	70	202	73	-14	12
+ winterrogge gbm		-	-	-	-	-	-	-
gemiddeld per ha		129	98	63	173	63	35	23

10.2.6 Continueelt energimaïs

In het laatste alternatieve bouwplan wordt uitgegaan van een continueelt energimaïs. Voor de verplichte groenbemester is bij gebrek aan goede alternatieven voorlopig nog uitgegaan van winterrogge. Deze wordt nu niet in maart ondergewerkt maar in de 2^e week van april. De maïs wordt vroeg gezaaid (vanaf 20 april). De winterrogge zal meer droge stof hebben geproduceerd dan bij onderwerken in maart en ook wat meer stikstof hebben genomen. Echter, aangezien de rogge niet met stikstof wordt bemest, zullen de drogestofproductie en N-opname lager zijn dan bij een bemeste winterrogge. Ook zal de C/N-verhouding in de organische stof hoger zijn, waardoor er na inwerken mogelijk tijdelijk immobilisatie van stikstof optreedt. Over de gehele de N-opnameperiode van de maïs zal netto weinig stikstof mineraliseren uit de rogge. Er wordt daarom geen N-korting in mindering gebracht op de N-bemesting van de maïs. Verder is uitgegaan van een scenario opgesteld met gebruik van co-vergiste runderdrijfmest en met co-vergiste varkensdrijfmest. De bemesting en EOS-aanvoer is weergegeven in tabel 10.9.

Tabel 10.9. **Bemesting en aanvoer van effectieve organische stof in het Veenkoloniaal bouwplan bij een continuteelt energiemais en inzet van digestaat.**

Gewas	N-gift maïs (kg N/ha)	Digestaat		EOS (kg/ha)		
		mestgift (ton/ha)	werkzame N (kg/ha)	dige- staat	gewas- resten	totaal
<i>Runderdrijfmestdigestaat</i>						
energiemaïs + w rogge gbm	175	37	102	1776	890 ¹	2666
<i>Varkensdrijfmestdigestaat</i>						
energiemaïs + w rogge gbm	175	21	96	798	890	1688
<i>75% RDM-dig + 25% VDM-dig</i>						
energiemaïs + w rogge gbm	175	38 + 21	101	1414	890	2304

Gewas	Aanvoer digestaat		Kunstm. fosfaat (kg/ha)	Toetsing aan N-gebruiksnorm (kg N/ha)			
	N-totaal (kg/ha)	fosfaat (kg/ha)		gewas- norm	stikstofaanvoer		
			digest.		kunstmest	totaal	
<i>Runderdrijfmestdigestaat</i>							
energiemaïs + w rogge gbm	170	63	22	175	111	73	184
<i>Varkensdrijfmestdigestaat</i>							
energiemaïs + w rogge gbm	128	65	20	175	83	79	162
<i>75% RDM-dig + 25% VDM-dig</i>							
energiemaïs + w rogge gbm	163	65	20	175	101	74	175

Gewas	Fosfaatadvies (kg P ₂ O ₅ /ha)			Afvoer (kg/ha)		Overschot (kg/ha)	
	Pw 25	Pw 35	Pw 45	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅
<i>Runderdrijfmestdigestaat</i>							
energiemaïs + w rogge gbm	135	105	70	202	73	36	12
<i>Varkensdrijfmestdigestaat</i>							
energiemaïs + w rogge gbm	135	105	70	202	73	1	12
<i>75% RDM-dig + 25% VDM-dig</i>							
energiemaïs + w rogge gbm	135	105	70	202	73	23	12

Noot:

1. 675 kg EOS uit gewasresten maïs en 215 kg EOS uit de ingewerkte winterroggegroenbemester

De EOS-aanvoer is bij gebruik van runderdrijfmestdigestaat gelijk aan die in bouwplan 2. Bij gebruik van varkensdrijfmestdigestaat is de EOS-aanvoer lager dan in de bouwplannen 2 en 3. De inzet van kunstmestfosfaat bij maïs (als startgift) betreft nu de gehele bedrijffoppervlakte. Zonder startgift kan meer digestaat worden aangevoerd en stijgt de EOS-aanvoer met 245 kg per ha.

Bij gebruik van runderdrijfmestdigestaat wordt de N-gebruiksnorm met 9 kg N/ha overschreden. Er zal dus 9 kg N/ha minder kunstmeststikstof moeten worden gegeven. Bij langjarig gebruik van rundveedrijfmestdigestaat zal dat geen nadelig effect hebben op de gewasopbrengst. Bij gebruik van varkensdrijfmestdigestaat blijft men ruim onder de N-gebruiksnorm.

Een alternatief kan zijn om 60% van het areaal met runderdrijfmestdigestaat te bemesten en 40% met varkensdrijfmestdigestaat. In dat geval wordt ook aan de gebruiksnorm voldaan, is de EOS-aanvoer lager dan bij volledig gebruik van runderdrijfmestdigestaat, maar altijd nog hoger dan in het traditioneel bouwplan (zonder achterlaten van stro en zonder groenbemesters).

Het N-overschot uit de meststoffen is bij rundveedrijfmestdigestaat lager dan in het traditioneel bouwplan. Bij gebruik van varkensdrijfmestdigestaat is het N-overschot zelfs bijna nul.

Het fosfaatoverschot is lager dan het onvermijdbaar verlies van 20 kg P₂O₅ per ha. Dit betekent dat de fosfaattoestand geleidelijk zal gaan dalen. Bij Pw 35 kan bij toepassing van 20 kg P₂O₅ per ha in de rij, net voldoende fosfaat worden aangevoerd om volgens advies te bemesten.

10.2.7 Samenvatting

In tabel 10.10 zijn de resultaten van de verschillende bouwplannen samengevat. In het traditionele Veenkoloniale bouwplan wordt te weinig EOS aangevoerd om het organische-stofgehalte van de bodem te handhaven.

Door de opname van maïs in het bouwplan zou de EOS-aanvoer in principe omlaag gaan. Echter, door vervanging van varkensdrijfmest door digestaat van co-vergiste rundveedrijfmest stijgt de EOS-aanvoer in het bouwplan tot boven de gewenste 2000 kg EOS per ha. Bij vervanging van varkensdrijfmest door onvergiste runderdrijfmest zou de de EOS-aanvoer echter ook aanmerkelijk toenemen. Bij vervanging door digestaat van co-vergiste varkensdrijfmest neemt de EOS-aanvoer ook wat toe, maar blijft onder de streefwaarde van 2000 kg EOS per ha.

Opname van energiemais in het bouwplan zal niet tot een daling van de fosfaattoestand leiden. Enkel bij continueelt van maïs zal de fosfaattoestand geleidelijk gaan dalen.

Door gebruik van varkensdrijfmestdigestaat daalt het N-overschot uit meststoffen t.o.v. het traditioneel bouwplan. Daarbij daalt het N-overschot sterker naarmate er meer maïs in het bouwplan wordt opgenomen. Bij gebruik van runderdrijfmestdigestaat is het N-overschot zo'n 30-35 kg N/ha hoger dan bij gebruik van varkensdrijfmestdigestaat. Langjarig gebruik van runderdrijfmestdigestaat zal echter leiden tot een hogere bodemmineralisatie dan langjarig gebruik van varkensdrijfmestdigestaat, waardoor de kunstmeststikstofgift wat omlaag kan.

Tabel 10.10. **Aanvoer van effectieve organische stof en stikstof- en fosfaatoverschot bij de verschillende Veenkoloniale bouwplannen (kg/ha).**

Bouwplan	Gebruikte mest	EOS	Fosfaat-overschot	Stikstof-overschot
Traditioneel	varkensdrijfmest	1475	33	66
Traditioneel + groenbemester	varkensdrijfmest	1713	33	73
Vervanging granen door energiemais	RDM-digestaat	2664	32	92 ¹
	VDM-digestaat	1866	31	62
Vervanging granen en 50% aardappelen door energiemais	RDM-digestaat	2651	24	67 ²
	VDM-digestaat	1797	23	35
Continueelt energiemais	RDM-digestaat	2666	12	36 ³
	VDM-digestaat	1688	12	1
	¾ RDM- en ¼ VDM-digestaat	2304	12	23

Noten:

1. 85 kg N/ha indien wordt voldaan aan de N-gebruiksnorm
2. 62 kg N/ha indien wordt voldaan aan de N-gebruiksnorm
3. 27 kg N/ha indien wordt voldaan aan de N-gebruiksnorm

Literatuur

- Bosch, H. & P. de Jonge (1989). Handboek voor de Akkerbouw en de Groenteteelt in de Vollegrond 1989. Publicatie nr. 47, PAGV, Lelystad, 252 p.
- Hoek, J., R.D. Timmer & G.W. Korthals (2006). Actualisatie kengetallen groenbemesters. PPO-projectrapport nr. 32520106, Lelystad, 43 p.
- Janssen, B.H. (1984). A simple method for calculating decomposition and accumulation of "young" soil organic matter. *Plant & Soil* 76, p. 297-304.
- Janssen, B.H. (1996). Nitrogen mineralization in relation to C:N ratio and decomposability of organic materials. *Plant and Soil* 181, p. 39-45.
- Timmer, R.D., J. Hoek, & G.W. Korthals (2005). Actualisatie kengetallen groenbemesters 2004. PPO-projectrapport nr. 32520106, Lelystad, 47 p.
- Timmer R.D., G.W. Korthals & L.P.G. Molendijk (2003). Groenbemesters: van teelttechniek tot ziekten en plagen. *Praktijkonderzoek Plant & Omgeving*, Lelystad. 59 p.
- Van Dijk, W. (2007). Adviesbasis voor de bemesting van akkerbouw- en vollegrondsgroentengewassen. Publicatie 307. PPO, Lelystad, 88 p. + bijlagen. *Alleen elektronisch beschikbaar op de web site Kennisakker (www.kennisakker.nl)*
- Van Erp, P.J. & K. de Jager (1992). Drogestofproductie, N-opneming en N-bemesting van winterrogge geteeld als groenbemester. *Meststoffen* 1992, p. 21-30.

10.3 Nematologische aspecten van aanpassen veenkoloniale bouwplan aan teelt energiemais

Versie: 03.022 29-nov-07	Cysteaaltjes		Wortelknobbelaaltjes		tellesieaa	Vrijlevende wortelaaltjes			Virussen		
	<i>Globodera rostochiensis</i> / <i>G. pallida</i> Aardappelcysteaaltje	<i>Heterodera schachtii</i> Witte bietencysteaaltje	<i>Meloidogyne hapla</i> Noordelijk wortelknobbelaaltje	<i>Meloidogyne chitwoodi</i> Majswortelknobbelaaltje	<i>Pratylenchus penetrans</i> Wortelteseaaltje	<i>Trichodorus primitivus</i> <i>Trichodorus primitivus</i>	<i>Trichodorus similis</i> <i>Trichodorus similis</i>	<i>Paratrichodorus pachydermus</i> <i>Paratrichodorus pachydermus</i>	<i>Paratrichodorus teres</i> <i>Paratrichodorus teres</i>	<i>Tabaksrattelvirus</i> <i>Tabaksrattelvirus</i>	
	Z D Z A K	Z D Z A K	Z D	Z D	Z D Z A	Z D	Z D	Z D	Z D	Z D Z A	
Aardappel	●●● R	-	●●●	●●●	●●●	●●	?	●●●	●	●● S	Aardappel
Suikerbiet	-	●●● R	●●●	●	●	●●	?	●●●	●●●	-	Suikerbiet
Aardappel	●●● R	-	●●●	●●●	●●●	●●	?	●●●	●	●● S	Aardappel
Zomergerst	-	-	-	●	●●	●●	?	●●●	●●	●● S	Zomergerst
Wintertarwe	-	-	-	●●	●●	●●●	?	●●●	●●	- S	Wintertarwe

Legenda Vermeerdering		Legenda Schade		Legenda Grondsoorten	
?	Onbekend		Onbekend	Z	Zand
- -	Actieve afname		niet	D	Dalgrond
-	niet		weinig	ZA	Zavel
●	weinig		matig	K	Klei
●●	matig		sterk		
●●●	sterk				
R	rasafhankelijk				
S	Serotype				

Figuur 10.1. **Traditioneel veenkoloniaal bouwplan**

Het traditionele veenkoloniale bouwplan is intensief wat aardappelen betreft. Het bouwplan is kwetsbaar op dit punt wat betreft opbrengstschade door *Pratylenchus penetrans* en schade door *Trichodoride* aaltjes welke kringerigheid veroorzaken (figuur 10.1). Op schade door kringerigheid wordt niet afgekeurd in de zetmeelteelt. Ook schade door *M. chitwoodi* kan in dit bouwplan voorkomen maar hierop wordt ook niet afgekeurd in de zetmeelteelt.

Schade door aardappelcysteaaltjes zal meevallen omdat er in de zetmeelteelt voldoende resistentie beschikbaar is om de dichtheden van dit aaltje binnen acceptabele grenzen te houden.

Versie: 03.022 28-nov-07	Cysteaaltjes		Vortelknobbelaaltjes		Wortellesiea	Vrijlevende wortelaaltjes				Virussen	
	Globodera rostochiensis / G. pallida Aardappelcysteaaltje	Heterodera schachtii/ Witte bietencysteaaltje	Meloidogyne hapla Noordelijk wortelknobbelaaltje	Meloidogyne chitwoodii Majswortelknobbelaaltje	Pratylenchus penetrans Wortellesieaaltje	Trichodorus primivorus Trichodenus primivorus	Trichodorus similis Trichodenus similis	Paratrichodorus pachydermus Paratrichodorus pachydermus	Paratrichodorus laevis Paratrichodorus laevis	Tabaccoveelvirus Tabaccoveelvirus	
	Z D ZAK	Z D ZAK	Z D	Z D	Z D ZA	Z D	Z D	Z D	Z D	Z D ZA	
Aardappel	●●● R	-	●●●	●●●	●●●	●●	?	●●●	●	●● S	Aardappel
Suikerbiet	-	●●● R	●	●	●	●	?	●●●	●●●	-	Suikerbiet
Aardappel	●●● R	-	●●●	●●●	●●●	●●	?	●●●	●●●	●● S	Aardappel
Zomergerst	-	-	-	●	●●	●●	?	●●●	●●	●● S	Zomergerst
Wintertarwe	-	-	-	●●	●●	●●●	?	●●●	●●	- S	Wintertarwe
Bladrammenas in late stoppel	-	-	●●	- R	●●	●●●	●●	●●	●	-	Bladrammenas in late stoppel

Legenda Vermeerdering	
?	Onbekend
- -	Actieve afname
-	niet
●	weinig
●●	matig
●●●	sterk
R	rasafhankelijk
S	Serotype

Legenda Schade	
●	Onbekend
●	niet
●	weinig
●	matig
●	sterk

Legenda Grondsoorten	
Z	Zand
D	Dalgrond
ZA	Zavel
K	Klei

Figuur 10.2. **Traditioneel veenkoloniaal bouwplan met groenbemesters na graan.**

De toevoeging van een groenbemester aan het traditionele veenkoloniaal bouwplan zal het risico op opbrengst schade in aardappel door *P. penetrans* vergroten omdat de teelt van bladrammenas de wortellesieaaltjes nog extra in de gelegenheid stelt om te vermeerderen (figuur 10.2).

Versie: 03.022 28-nov-07	Cysteaaltjes		Wortelknobbelaaltjes		Mellesaal	Vrijlevende wortelaaltjes				Virussen	
	<i>Globodera rostochiensis</i> / <i>G. pallida</i> Aardappelcysteaaltje	<i>Heterodera schachtii</i> Witte bietencysteaaltje	<i>Meloidogyne hapla</i> Noordse / witte knobbelaaltje	<i>Meloidogyne chitwoodi</i> Maïswortelknobbelaaltje	<i>Pratylenchus penetrans</i> Wortelsteeltje	<i>Trichodorus primitivus</i> <i>Trichodorus primitivus</i>	<i>Trichodorus similis</i> <i>Trichodorus similis</i>	<i>Paratrichodorus pachydermus</i> <i>Paratrichodorus pachydermus</i>	<i>Paratrichodorus teres</i> <i>Paratrichodorus teres</i>	<i>Tabaksraketvirus</i> <i>Tabaksraketvirus</i>	
	ZD ZAK	ZD ZAK	ZD	ZD	ZD ZA	ZD	ZD	ZD	ZD	ZD ZA	
Aardappel	■■■ R	-	■■■	■■■	■■■	■	?	■■■	■	■■■ S	Aardappel
Suikerbiet	■■■ R	■■■ R	■■■	●	■	■	?	■■■	■■■	■■■ S	Suikerbiet
Aardappel	■■■ R	-	■■■	■■■	■■■	■	?	■■■	■	■■■ S	Aardappel
Mais	-	-	-	■	■	■	?	■	■	■■■	Mais
Rogge in late stoppel	-	-	-	■■■	■■■	■	?	■■■	■■■	■■■	Rogge in late stoppel
Aardappel	■■■ R	-	■■■	■■■	■■■	■	?	■■■	■	■■■ S	Aardappel

Legenda Vermeerdering	
?	Onbekend
-	Actieve afname
-	niet
●	weinig
■	matig
■■	matig
■■■	sterk
R	rasafhankelijk
S	Serotype

Legenda Schade	
	Onbekend
	niet
	weinig
	matig
	sterk

Legenda Grondsoorten	
Z	Zand
D	Dalgrond
ZA	Zavel
K	Klei

Figuur 10.3. Traditioneel veenkoloniaal bouwplan vervanging granen door maïs.

Mais is één van de gewassen waar *P. penetrans* zich het sterkst op kan vermeerderen. Het vervangen van de granen door maïs zal het risico op opbrengst schade door *P. penetrans* in de aardappelteelt na maïs vergroten (figuur 10.3).

Trichodorida aaltjes problemen zijn lastig te voorspellen omdat er voor maïs nog veel onduidelijk is over waardplantgeschiktheid en schadegevoeligheid van de veel voorkomende soort *P. pachydermus*. Zeker is wel dat de granen goede waardplanten zijn voor *P. pachydermus*, dus het is maar de vraag of maïs dit kan verergeren. Voor *T. similis* is maïs een matige waardplant, van tarwe en gerst is dit onbekend.

Versie: 03.022 28-nov-07	Cysteaaltjes		Wortelknobbelaaltjes		Vrijlevende wortelaaltjes		Vrijlevende wortelaaltjes		Virusen		
	<i>Globodera rostochiensis</i> / <i>G. pallida</i> Aardappelcysteaaltje	<i>Heterodera schachtii</i> Witte bietencysteaaltje	<i>Melicoidiopsis napae</i> Noordse witte knobbelaaltje	<i>Melicoidiopsis chinwoodii</i> Maiswortelknobbelaaltje	<i>Pratylenchus penetrans</i> Wortelsteeltje	<i>Trichodorus primitivus</i> <i>Trichodorus primitivus</i>	<i>Trichodorus similis</i> <i>Trichodorus similis</i>	<i>Paratrichodorus pachydermus</i> <i>Paratrichodorus pachydermus</i>	<i>Paratrichodorus teres</i> <i>Paratrichodorus teres</i>	<i>Tabaksraketvirus</i> <i>Tabaksraketvirus</i>	
	Z D Z A K	Z D Z A K	Z D	Z D	Z D Z A	Z D	Z D	Z D	Z D	Z D Z A	
Aardappel	●●● R	-	●●●	●●●	●●●	■	?	●●●	■	●● S	Aardappel
Mais	-	-	-	●●	●●●	?	●●	?	●●●	●●●	Mais
Rogge in late stoppel	-	-	-	●●●	●●	?	●●●	●●●	●●	●●	Rogge in late stoppel
Suikerbiet	-	●●● R	●●●	■	■	●●	?	●●●	●●●	-	Suikerbiet
Mais	-	-	-	●●	●●●	?	●●	?	●●●	●●●	Mais
Rogge in late stoppel	-	-	-	●●●	●●	?	●●●	●●●	●●●	●●	Rogge in late stoppel

Legenda Vermeerdering	
?	Onbekend
-	Actieve afname
-	niet
■	weinig
●●	matig
●●●	sterk
R	rasafhankelijk
S	Serotype

Legenda Schade	
■	Onbekend
■	niet
■	weinig
■	matig
■	sterk

Legenda Grondsoorten	
Z	Zand
D	Dalgrond
ZA	Zavel
K	Klei

Figuur 10.4. Veenkoloniaal bouwplan met mais i.p.v. granen en mais i.p.v. 50 procent van de aardappelen.

Het vervangen van de granen en 50% van de aardappelen door mais zal niet voor extra schade zorgen in vergelijking tot het vorige bouwplan. Het meest schadegevoelige gewas is de aardappel. De overgebleven aardappelteelt is wel erg kwetsbaar voor schade door *P. penetrans* in dit mais intensieve bouwplan (figuur 10.4).

Versie: 03.022 29-nov-07	Cysteaaltjes		Vortelknobbelaaltje		Wortellesieaaltjes		Vrijlevende wortelaaltjes				Virussen	
	Globodera rostochiensis / G. pallida Aardappelcysteaaltje	Heterodera schachtii Witte bietencysteaaltje	Meloidogyne Iacola Noortelijk wortelknobbelaaltje	Meloidogyne chitwoodi Malswortelknobbelaaltje	Pratylenchus penetrans Wortellesieaaltje	Pratylenchus crenatus Graanwortellesieaaltje	Trichodorus primitivus Trichodenus primitivus	Trichodorus similis Trichodenus similis	Paratrichodorus pachydermus Paratrichodorus pachydermus	Paratrichodorus neves Paratrichodorus neves	Tabaksrandsvirus Tabaksrandsvirus	
	ZD ZAK	ZD ZAK	ZD	ZD	ZD ZA	ZD ZA	ZD	ZD	ZD	ZD	ZD ZA	
Mais	-	-	-	■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	?	■ ■	?	■ ■ ■	■ ■ ■	Mais
Rogge in late stoppel	-	-	-	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	?	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	Rogge in late stoppel
Mais	-	-	-	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	?	■ ■ ■	?	■ ■ ■	■ ■ ■	Mais
Rogge in late stoppel	-	-	-	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	?	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	Rogge in late stoppel
Mais	-	-	-	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	?	■ ■ ■	?	■ ■ ■	■ ■ ■	Mais
Rogge in late stoppel	-	-	-	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	?	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	Rogge in late stoppel

Legenda Vermeerdering		Legenda Schade		Legenda Grondsoorten	
?	Onbekend		Onbekend	Z	Zand
- -	Actieve afname		niet	D	Dalgrond
-	niet		weinig	ZA	Zavel
●	weinig		matig	K	Klei
■ ■	matig		sterk		
■ ■ ■	sterk				
R	rasafhankelijk				
S	Serotype				

Figuur 10.5. **Continue maïsteelt.**

Bij een continue teelt maïs zal er bij het voorkomen van *P. penetrans* opbrengstschade in de maïs gaan optreden (figuur 10.5). De groei van het gewas blijft dan achter. Bij aantallen rond de 500 *P. penetrans* per 100ml grond is al opbrengstschade vastgesteld van 20 procent versgewicht en 12 procent drooggewicht. Het valt te verwachten dat de aantallen *P. penetrans* bij continue teelt maïs kunnen oplopen tot boven de 1000 per 100ml grond.

Er is ook schade bekend van *Trichodoride* aaltjes in maïs. Hiervan zijn nog geen schaderelaties bekend. In hoeverre maïs schadegevoelig is voor hoge aantallen *Pratylenchus crenatus* is niet bekend.

11 Overzicht overige activiteiten 2007

Behalve het uitvoeren van de hiervoor beschreven veldproeven zijn er ook nog enkele andere activiteiten uitgevoerd waarbij aandacht is gegeven aan het onderwerp bio-energie en het project Kompas voor de Veenkoloniën.

11.1 Voorlichtingsmiddag

In samenwerking met LTO-Noord, Agenda voor de Veenkoloniën en Bio-energie Noord is op 25 september een voorlichtingsmiddag georganiseerd met regionale uitstraling. Tijdens deze voorlichtingsdag zijn de achtergronden en het doel van het project uiteengezet en is er toelichting gegeven bij de in 2007 aangelegde veldproeven. Na afloop van de rondgang langs de proefvelden was er gelegenheid tot verdere discussie. De dag was bedoeld voor telers, eigenaars van vergistingsinstallaties, handel, coöperatie, beleidsmakers, beleid (regionaal en landelijk) en financiers. De landelijke en regionale pers heeft zowel vooraf als achteraf aandacht besteed aan de dag en het onderwerp bio-energie. Ook de regionale televisie heeft (in de vorm van een live interview) aandacht besteed aan het onderwerp. De voorlichtingsmiddag werd bezocht door ca. 50 mensen.

11.2 Begeleidingsgroep

Ten behoeve van een correcte inbedding in de gebiedsproblematiek en aansluiting bij gebiedspartijen is er een begeleidingsgroep opgericht. In deze begeleidingsgroep zijn vertegenwoordigd: Agenda voor de Veenkoloniën, Bio-energie Noord, 3-N Kompetenzzentrum, provincies Groningen en Drenthe, LTO Noord, NOM-agrobusiness, HPA en bedrijfsleven. Deze begeleidingsgroep is in september 2007 voor het eerst bij elkaar geweest. In deze bijeenkomst zijn de lopende proeven van 2007, de geplande open dag en de plannen voor 2008 afgestemd.

11.3 Artikelen

In 2007 zijn over het onderwerp bioenergie en het Kompas voor de Veenkoloniën de volgende artikelen in de vakpers verschenen:

- Factsheet t.b.v. Open dag op 25/9/2007 op PPO-locatie 't Kompas (bijlage 10)
- Uitnodiging open dag 25/9 (bijlage 11).

11.4 Media-optreden

- PPO-er Klaas Wijnholds in het programma "Drents Diep" op TV-Drenthe op 25/9. Korte presentatie van het project en korte discussie over potentie van energieproductie en inpassing van vergisting en bijbehorende maïsteelt in de veenkoloniën.

11.5 Lezingen

In 2007 is het onderwerp bioenergie en het project Energiekompas voor de Veenkoloniën onderdeel geweest van de volgende presentaties van Klaas Wijnholds:

- 13/12 Roswinkel: Resultaten onderzoek 2007 PPO-locaties 't Kompas en Kooijenburg
- 17/12 Wildervank: Resultaten onderzoek 2007 PPO-locaties 't Kompas en Kooijenburg

Bijlage 1. Plattegrond kavel 71v proefboerderij 't Kompas 2007

18m				18m	
49.5m		Teeltoptimalisatie Soedangras / Sorghum			49.5m
4.5m					4.5m
252m		Teeltoptimalisatie Mais			252m
4.5m					4.5m
49.5m		Kwaliteitsproef			49.5m
4.5m					4.5m
90m		Beregening			90m
4.5m					4.5m
63m		Bemestingsproef/ digestaat			63m
18m				18m	
				18m	



Noord

71 v

Bijlage 2. Overzicht uitgevoerde teeltmaatregelen

	Teelt- optimalisatie biogasmais	Teelt- optimalisatie soedangras/ sorghum	Kwaliteit biogasmais	Digestaat- proef	Beregenings proef	Pp-proef
proefcode	KP 9232	KP 9233	KP 9231	KP 9229	KP 9230	KP 9234
perceelscode	71V	71V	71V	71V	71V	62V
bodemanalyse						
datum	7-11-2006	7-11-2006	7-11-2006	7-11-2006	7-11-2006	8-2-2006
grondsoort	dalgrond	dalgrond	dalgrond	dalgrond	dalgrond	dalgrond
%-o.s.	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	8.2
pH	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.9
Pw-getal	47	47	47	47	47	46
K-getal	12	12	12	12	12	13
CaCO ₃						
voorvrucht	aardappelen	aardappelen	aardappelen	aardappelen	aardappelen	zomergerst
N-min (0-30cm)				35	29	
onkruidbestrijding						
vóór opkomst						
na opkomst	8-6: 1.0 l/ha Mikado + 0.8 l/ha Samson + 0.35 l/ha Starane + 0.9 l/ha Frontier					
Organische bemesting 27 maart						20 m ³ VDM
N-bemesting						
datum	1-5	1-5	1-5	1-5	1-5	2-5
hoeveelheid	275 KAS	335 KAS	275 KAS	Volgens proefplan	Volgens proefplan	100 KAS
datum	4-5	Bij zaai	4-5			10-5
hoeveelheid	350 kg 26-7	350 kg 26-7	350 kg 26-7			150 kg 20-20
P-bemesting						
datum	3-4		3-4			
hoeveelheid	100 kg Tripel		100 kg Tripel			
datum	4-5	Bij zaai	4-5			10-5
hoeveelheid	350 kg 26-7	350 kg 26-7	350 kg 26-7			150 kg 20-20
K-bemesting						
datum	4-4		4-4			
hoeveelheid	200 K-60		225 K-60			
zaaidatum	4-5	1-5 24-5 15-6	4-5	10-5	4-5	10-5
berekening						
datum					-	
hoeveelheid					-	
oogstdatum	17 sept 2 okt 16 okt	15 okt	17 sept 2 okt 16 okt	15 okt	15 okt	15 okt

Bijlage 3. Schema teeltoptimalisatie biogasmais (KP 9232)

213	O2	8	LG3277	214	O2	8	Seiddi	215	O2	8	Atendo	216	O2	8	Bredero
209	O2	8	NX1775	210	O2	8	NKZorrero	211	O2	8	Subito	212	O2	8	NKMagitop
205	O2	8	LG3276	206	O2	8	Taxxa	207	O2	8	Kalimero	208	O2	8	NX2522(Winn)
201	O3	8	LG3277	202	O3	8	NX1775	203	O3	8	Kalimero	204	O3	8	Bredero
197	O3	8	Atendo	198	O3	8	NX2522(Winn)	199	O3	8	Taxxa	200	O3	8	NKZorrero
193	O3	8	NKMagitop	194	O3	8	Subito	195	O3	8	LG3276	196	O3	8	Seiddi
189	O1	12	NKZorrero	190	O1	12	NX1775	191	O1	12	Taxxa	192	O1	12	Seiddi
185	O1	12	LG3276	186	O1	12	Subito	187	O1	12	Bredero	188	O1	12	NKMagitop
181	O1	12	LG3277	182	O1	12	Atendo	183	O1	12	Kalimero	184	O1	12	NX2522(Winn)
177	O3	10	Seiddi	178	O3	10	NKZorrero	179	O3	10	Subito	180	O3	10	NKMagitop
173	O3	10	Atendo	174	O3	10	Bredero	175	O3	10	LG3277	176	O3	10	LG3276
169	O3	10	NX1775	170	O3	10	Taxxa	171	O3	10	NX2522(Winn)	172	O3	10	Kalimero
165	O2	10	NKMagitop	166	O2	10	Seiddi	167	O2	10	NX1775	168	O2	10	Bredero
161	O2	10	Atendo	162	O2	10	LG3276	163	O2	10	LG3277	164	O2	10	Kalimero
157	O2	10	Subito	158	O2	10	NKZorrero	159	O2	10	Taxxa	160	O2	10	NX2522(Winn)
153	O1	8	Seiddi	154	O1	8	Bredero	155	O1	8	NKMagitop	156	O1	8	Kalimero
149	O1	8	Taxxa	150	O1	8	LG3277	151	O1	8	NX1775	152	O1	8	Subito
145	O1	8	NX2522(Winn)	146	O1	8	Atendo	147	O1	8	NKZorrero	148	O1	8	LG3276
141	O3	12	Taxxa	142	O3	12	NX1775	143	O3	12	NX2522(Winn)	144	O3	12	Seiddi
137	O3	12	NKZorrero	138	O3	12	NKMagitop	139	O3	12	LG3276	140	O3	12	Atendo
133	O3	12	Kalimero	134	O3	12	LG3277	135	O3	12	Subito	136	O3	12	Bredero
129	O1	10	NX1775	130	O1	10	Atendo	131	O1	10	LG3276	132	O1	10	Subito
125	O1	10	NKZorrero	126	O1	10	Bredero	127	O1	10	Kalimero	128	O1	10	NKMagitop
121	O1	10	NX2522(Winn)	122	O1	10	Taxxa	123	O1	10	LG3277	124	O1	10	Seiddi
117	O2	12	LG3277	118	O2	12	Bredero	119	O2	12	Subito	120	O2	12	Taxxa
113	O2	12	Atendo	114	O2	12	Kalimero	115	O2	12	NKMagitop	116	O2	12	NX1775
109	O2	12	LG3276	110	O2	12	NKZorrero	111	O2	12	Seiddi	112	O2	12	NX2522(Winn)
105	O3	12	NX2522(Winn)	106	O3	12	NKZorrero	107	O3	12	LG3276	108	O3	12	Atendo
101	O3	12	Seiddi	102	O3	12	NKMagitop	103	O3	12	Subito	104	O3	12	LG3277
97	O3	12	Kalimero	98	O3	12	Taxxa	99	O3	12	Bredero	100	O3	12	NX1775
93	O1	8	NX1775	94	O1	8	Atendo	95	O1	8	Subito	96	O1	8	NKMagitop
89	O1	8	LG3276	90	O1	8	Seiddi	91	O1	8	Taxxa	92	O1	8	NX2522(Winn)
85	O1	8	NKZorrero	86	O1	8	Kalimero	87	O1	8	LG3277	88	O1	8	Bredero
81	O1	10	NKMagitop	82	O1	10	Bredero	83	O1	10	Taxxa	84	O1	10	NX1775
77	O1	10	Atendo	78	O1	10	NX2522(Winn)	79	O1	10	NKZorrero	80	O1	10	Seiddi
73	O1	10	Kalimero	74	O1	10	LG3277	75	O1	10	Subito	76	O1	10	LG3276
69	O2	8	NX2522(Winn)	70	O2	8	Taxxa	71	O2	8	Subito	72	O2	8	Kalimero
65	O2	8	NKZorrero	66	O2	8	NX1775	67	O2	8	Seiddi	68	O2	8	LG3277
61	O2	8	LG3276	62	O2	8	Atendo	63	O2	8	Bredero	64	O2	8	NKMagitop
57	O3	8	Kalimero	58	O3	8	Seiddi	59	O3	8	Taxxa	60	O3	8	NKMagitop
53	O3	8	LG3276	54	O3	8	Bredero	55	O3	8	NX1775	56	O3	8	NX2522(Winn)
49	O3	8	Subito	50	O3	8	LG3277	51	O3	8	NKZorrero	52	O3	8	Atendo
45	O2	10	Atendo	46	O2	10	Seiddi	47	O2	10	Kalimero	48	O2	10	Taxxa
41	O2	10	NKZorrero	42	O2	10	Bredero	43	O2	10	NKMagitop	44	O2	10	LG3276
37	O2	10	NX1775	38	O2	10	LG3277	39	O2	10	NX2522(Winn)	40	O2	10	Subito
33	O1	12	Seiddi	34	O1	12	NKMagitop	35	O1	12	LG3277	36	O1	12	NKZorrero
29	O1	12	Kalimero	30	O1	12	LG3276	31	O1	12	NX1775	32	O1	12	Taxxa
25	O1	12	NX2522(Winn)	26	O1	12	Atendo	27	O1	12	Bredero	28	O1	12	Subito
21	O2	12	LG3276	22	O2	12	Seiddi	23	O2	12	NKMagitop	24	O2	12	Taxxa
17	O2	12	NKZorrero	18	O2	12	NX2522(Winn)	19	O2	12	Kalimero	20	O2	12	Bredero
13	O2	12	Atendo	14	O2	12	NX1775	15	O2	12	Subito	16	O2	12	LG3277
9	O3	10	Seiddi	10	O3	10	Subito	11	O3	10	Bredero	12	O3	10	NKMagitop
5	O3	10	NKZorrero	6	O3	10	LG3276	7	O3	10	Atendo	8	O3	10	Kalimero
1	O3	10	Taxxa	2	O3	10	LG3277	3	O3	10	NX2522(Winn)	4	O3	10	NX1775
			K				K				K				K

Bijlage 4. Schema teeltoptimalisatie soedangras en sorghum (KP 9233)

SS		bruto		bruto		SS		SS	
	33	Sucro Sorgho	34	Primsilo	35	Green Grazer	36	Lussi	Z3
	29	Lussi	30	Green Grazer	31	Sucro Sorgho	32	Primsilo	Z1
	25	Primsilo	26	Sucro Sorgho	27	Green Grazer	28	Lussi	Z2
	21	Primsilo	22	Sucro Sorgho	23	Lussi	24	Green Grazer	Z3
	17	Green Grazer	18	Lussi	19	Primsilo	20	Sucro Sorgho	Z2
	13	Sucro Sorgho	14	Primsilo	15	Green Grazer	16	Lussi	Z1
	9	Lussi	10	Green Grazer	11	Sucro Sorgho	12	Primsilo	Z2
	5	Green Grazer	6	Lussi	7	Primsilo	8	Sucro Sorgho	Z3
	1	Primsilo	2	Sucro Sorgho	3	Lussi	4	Green Grazer	Z1
4.5m	bruto		bruto		bruto		bruto		
	12m		12m		12m		12m		

Objecten

Gewas	ras	zaaimachine	rijenafstand	zaden/m2
Soedangras	Lussi	Øyord (3m); zaaien 4.5 m	25 cm	140 zaden/m2
Soedangras	Green Grazer	Øyord (3m); zaaien 4.5 m	25 cm	140 zaden/m2
Sorghum	Primsilo	maïsmachine (4.5m)	75 cm	40 zaden/m2
Sorghum	Sucro Sorgho	maïsmachine (4.5m)	75 cm	40 zaden/m2
Z1:	begin mei	(week 18)	180 N	Soedangras Sorghum
Z2:	eind mei	(week 21)	66 N	
Z3:	half juni	(week 24)		

Bijlage 5. Schema kwaliteitsproef (KP 9231)

kop		kop	
9	Primsilo	18	Primsilo
8	Biogasmais opbr	17	Biogasmais opbr
7	Biogasmais kwaliteit	16	Biogasmais kwaliteit
6	Uitstoelingsmais	15	Uitstoelingsmais
5	Snijmaïszetmeel	14	Snijmaïszetmeel
4	Snijmaïscelwand	13	Snijmaïscelwand
3	Higoil maïs	12	Higoil maïs
2	Mais CWLO	11	Mais CWLO
1	Mais CWHI	10	Mais CWHI
kop		kop	
12m		12m	

kop		kop	
27	Primsilo	36	Primsilo
26	Biogasmais opbr	35	Biogasmais opbr
25	Biogasmais kwaliteit	34	Biogasmais kwaliteit
24	Uitstoelingsmais	33	Uitstoelingsmais
23	Snijmaïszetmeel	32	Snijmaïszetmeel
22	Snijmaïscelwand	31	Snijmaïscelwand
21	Higoil maïs	30	Higoil maïs
20	Mais CWLO	29	Mais CWLO
19	Mais CWHI	28	Mais CWHI
kop		kop	
12m		12m	

Objecten

- 9 objecten: 8 maïstypen en 1 sorghum
- 1 herhaling (4 veldjes achter elkaar)
- 3 oogsttijdstippen (15 september / 1 oktober / 15 oktober)

Bijlage 6. Schema digestaatproef (KP 9229)

SS

bruto		bruto	
15	Dimaïs 35		Dimaïs 35
14	VDM 50		VDM 50
12	KM N2	13	KM N3
11	DiMest 60		DiMest 60
10	Dimaïs 70		Dimaïs 70
8	KM N3	9	KM N1
7	VDM 25		VDM 25
6	DiMest 30		DiMest 30
4	KM N1	5	KM N0
3	Dimaïs 70		Dimaïs 70
2	DiMest 30		DiMest 30
1	VDM 50		VDM 50
bruto		bruto	
12m		12m	

4.5m

SS

bruto		bruto	
30	Dimaïs 70		Dimaïs 70
29	VDM 25		VDM 25
27	KM N0	28	KM N1
26	DiMest 30		DiMest 30
25	Dimaïs 35		Dimaïs 35
23	KM N2	24	KM N0
22	VDM 50		VDM 50
21	DiMest 60		DiMest 60
19	KM N3	20	KM N2
18	Dimaïs 35		Dimaïs 35
17	DiMest 60		DiMest 60
16	VDM 25		VDM 25
bruto		bruto	
12m		12m	


SS

Objecten

Code	mestsoort	code	hoeveelheid
VDM	varkensdrijfmest	25	25ton/ha
		50	50 ton/ha
Dimest	digestaat mestvergister	30	30 ton/ha
		60	60 ton/ha
Dimaïs	digestaat maïsvergister	35	35 ton/ha
		70	70 ton/ha
KM	kunstmest	N0	0 kg N/ha
		N1	130 kg N/ha
		N2	180 kg N/ha
		N3	230 kg N/ha
	Nmin gemeten = 35 (0-30)		

Bijlage 7. Schema beregeningsproef (KP 9230)

SS						SS						SS					
bruto			bruto			bruto			bruto			bruto			bruto		
18	Primsilo	N3	36	Lussi	N2	54	Lussi	N1	72	Lussi	N3	Water					
17	Primsilo	N1	35	Primsilo	N2	53	NKMagitop	N2	71	NKMagitop	N1						
16	Ras A	N3	34	Ras A	N1	52	Ras A	N2	70	NKMagitop	N3						
15	Lussi	N2	33	Lussi	N1	51	Lussi	N3	69	Primsilo	N3						
14	NKMagitop	N2	32	NKMagitop	N3	50	Primsilo	N1	68	Primsilo	N2						
13	NKMagitop	N1	31	Ras A	N1	49	Ras A	N3	67	Ras A	N2						
12	Primsilo	N2	30	Lussi	N2	48	Lussi	N3	66	Lussi	N1						
11	Primsilo	N3	29	Primsilo	N1	47	NKMagitop	N3	65	NKMagitop	N2						
10	Ras A	N1	28	Ras A	N2	46	Ras A	N3	64	NKMagitop	N1						
9	Lussi	N1	27	Lussi	N2	45	Lussi	N3	63	Primsilo	N3						
8	Ras A	N3	26	Ras A	N1	44	Primsilo	N2	62	Primsilo	N1						
7	Ras A	N2	25	NKMagitop	N3	43	NKMagitop	N2	61	NKMagitop	N1						
6	NKMagitop	N3	24	Primsilo	N2	42	Primsilo	N3	60	Primsilo	N1						
5	NKMagitop	N1	23	NKMagitop	N2	41	Ras A	N3	59	Ras A	N1						
4	Lussi	N1	22	Lussi	N3	40	Lussi	N2	58	Ras A	N2						
3	Lussi	N2	21	Lussi	N3	39	Lussi	N1	57	Ras A	N3						
2	NKMagitop	N1	20	NKMagitop	N3	38	Ras A	N2	56	Ras A	N1						
1	NKMagitop	N2	19	Primsilo	N2	37	Primsilo	N3	55	Primsilo	N1						
bruto			bruto			bruto			bruto			Water					
12m			12m			12m			12m								

 veldje met T-tape

Gewas	ras	zaaimachine	rijenafstand	zaden/m2
Maïs	NK Magitop	maïsmachine (4.5m)	75 cm	11 zaden/m2
Maïs	Ras A	maïsmachine (4.5m)	75 cm	11 zaden/m2
Soedangras	Lussi	Øyord (3m); zaaien 4.5 m	12,5 cm	140 zaden/m2
Sorghum	Primsilo	maïsmachine (4.5m)	75 cm	40 zaden/m2

N-gift	Lussi	NK Magitop, Ras A, Primsilo
N1:	=> 130 kg N/ha	rijenbemesting
N2:	=> 180 kg N/ha	bij zaai (114 kg N/ha)
N3:	=> 230 kg N/ha	

Bijlage 9. Kengetallen berekeningen energie, CO² en saldo

Energie inhoud			
Gewicht eenheid	15 kg maïs	10 kg sorghum	
zaaizaad	14.8 MJ/kg		Gaillard, 1997
N-kunstmest	42.82 MJ/kg N	(incl. transport)	Kaltschmitt & Reinhardt, 1997
P-kunstmest	11.44 MJ/kg P ₂ O ₅	(incl. transport)	Kaltschmitt & Reinhardt, 1997
K-kunstmest	8.26 MJ/kg K ₂ O	(incl. transport)	Kaltschmitt & Reinhardt, 1997
Na-kunstmest	7 MJ/kg Na	(incl. transport)	geen bron beschikbaar
Bo-kunstmest	7 MJ/kg Bo	(incl. transport)	geen bron beschikbaar
Dierlijke mest			
- N	41.8 MJ/kg N	(excl. transport)	Kaltschmitt & Reinhardt, 1997
- P ₂ O ₅	8.07 MJ/kg P ₂ O ₅	(excl. transport)	Kaltschmitt & Reinhardt, 1997
- K ₂ O	8.08 MJ/kg K ₂ O	(excl. transport)	Kaltschmitt & Reinhardt, 1997
Pesticiden			
- herbiciden	267.5 MJ/kg		Bos et al, 2007
- fungiciden	176 MJ/kg		Bos et al, 2007
- insecticiden	217.4 MJ/kg		Bos et al, 2007
energie-inhoud diesel	42.5 MJ/kg		Bos et al, 2007
transport drijfmest	0.02 l diesel/km, m ³ mest		Bos et al, 2007
transport vaste mest	0.02 l diesel/km, m ³ mest		Bos et al, 2007
transport compost	0.0075 l diesel/km, m ³ mest		Bos et al, 2007
transport vinassekali	0.01 l diesel/km, m ³ mest		Bos et al, 2007
Loonwerk (MJ/EUR)	2.2 MJ/EUR		Mombarg et al, 2004

GHG emissie	CO2	methaan	lachgas	totaal	
	1	23	296		
zaaizaad				0.074	CO2-eq./kg (Gaillard, 1997)
N-kunstmest	1.904	0.0036	0.0147	1.904	CO2-eq./kg (Mortimer et al, 2004)
P2O5-kunstmest	0.7	0.000023	0.000042	0.7	CO2-eq./kg (Mortimer et al, 2004)
K2O-kunstmest	0.453	0.000021	0.0000094	0.453	CO2-eq./kg (Mortimer et al, 2004)
Na-kunstmest				0	CO2-eq./kg
BO-kunstmest				0	CO2-eq./kg
Dierlijke mest					
- N				1.904	CO2-eq./kg
- P2O5				0.7	CO2-eq./kg
- K2O				0.453	CO2-eq./kg
Transportafstand dierlijke mest	10 km				Zwart et al, 2006
Prijs dierlijke mest	-10 EUR/m3				
Pesticiden					
- herbiciden	4.921	0.00018	0.00151	4.921	Mortimer et al, 2004
- fungiciden	4.921	0.00018	0.00151	4.921	Mortimer et al, 2004
- insecticiden	4.921	0.00018	0.00151	4.921	Mortimer et al, 2004
Diesel (kg CO2 eq/MJ)	0.0767	0.000021	0.00000059	0.0767	Mortimer et al, 2004
Loonwerk (kg CO2-eq/MJ)				0.074	Mombarg et al, 2004
Emissie uit cosubstraat					
Emissie uit vergister	0.05				Zwart et al, 2006
Methaan emissie per cosubstraat	3.1				Zwart et al, 2006
NH3 emissie	0.043				Zwart et al, 2006
N2O emissie	0.0043				Zwart et al, 2006

Energiebehoefte vergister		
Elektriciteitsbehoefte	0.033 MJ/kg	Zwart et al, 2006
Bouw en aanleg vergister	0.013 kg CO2-eq kWh	Linke et al, 2006

Transport cosubstraat		
lading per vracht	20000 kg	Zwart et al, 2006
Afstand van aanvoer	20 km	Zwart et al, 2006
Energie	12 MJ/km	Zwart et al, 2006

Afvoer digestaat		
Transport afstand digestaat	10 km	(eigen inschatting)

Energie-opbrengst vergister		
Elektriciteit	3.6 MJ/kWh	Zwart et al, 2006
Warmte		

CO2-eq reductie vergister		
Elektriciteit	0.0694 kg CO2-eq/MJ	Zwart et al, 2006
Warmte		

Lachgas IPCC methodiek							
Watertrap	klei	klei	klei	zand GT VI	zand GT VI	zand GT VI	
Gewasresten	0	0	0	0	0	0	0 kg/ha
N gehalte	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4 g N/kg vers loof
N uit gewasresten	0	0	0	0	0	0	0 kg N/ha
N mineralisatie	75	75	75	125	125	125	
Fracleach volgens Fraters	0.36	0.36	0.36	0.58	0.58	0.58	

Bijlage 10. Factsheet t.b.v. Open dag op 25/9/2007 op PPO-locatie 't Kompas



Energiekompas voor de Veenkoloniën

bio-energie biedt landbouw nieuwe kansen

Factsheet

Bio-energie biedt nieuwe kansen voor de landbouw

Met bio-energie krijgt de landbouw er een forse afzetmarkt bij en dat geeft perspectief voor veel ondernemingen. Het project 'Energiekompas voor de Veenkoloniën' werkt concreet aan dit perspectief voor het veenkoloniaal gebied. Centraal staan de volgende vragen:

- welke biomassaproductie biedt kansen en hoe krijgt meervoudig gewasgebruik vorm?
- hoe is deze productie in de bedrijfsvoering inpasbaar?
- wat zijn de gevolgen voor bodemgezondheid?
- wat zijn de gevolgen voor de bodemkwaliteit en het organischstofgehalte?
- hoe is duurzaamheid zo goed mogelijk te borgen?
 - energie-efficiëntie (energiebalans input-output)
 - CO₂-emissie (netto CO₂-balans)
 - economische efficiency (op termijn zonder subsidies)

Bio-energie en duurzaamheid

Over de duurzaamheid van biomassa voor bio-energie bestaat veel discussie:

- biomassa-energie zou in onvoldoende mate bijdragen aan de reductie van broeikasgasemissie als gevolg van de emissieveroorzakende input tijdens de productie.
- de grote vraag naar biomassa internationaal zou tot verschuivingen gaan leiden in het landgebruik waarbij de voedselproductie en de natuur onder druk komt te staan.
- sommige studies geven aan dat er mogelijkheden zijn om de landbouwproductie te laten toenemen zonder deze schadelijke bijeffecten.

Het gebruik van bio-energie neemt wereldwijd toe. De ontwikkelingen gaan hard en de conversietechnieken worden steeds beter en efficiënter. Zeker de efficiency kan bij biomassaproductie nog fors toenemen:

- verbeteren van de teeltsystemen zodat de biomassa netto meer bijdraagt aan de emissiereductie van broeikasgas.
- meervoudig gebruik van de biomassa zodat het laagwaardiger materiaal bruikbaar is voor energieproductie (bijvoorbeeld stro). Een voorbeeld in dit verband is het cascade-ringsconcept.

De duurzaamheidscriteria van biomassaproductie zoals hierboven vermeldt, zijn niet los te zien van de duurzaamheid van de gehele bedrijfsvoering. Er is immers een verband tussen biomassaproductie in enge zin en duurzaamheid in de zin van broeikasgasemissie van het agrarische bedrijf in brede zin.

'Energiekompas voor de Veenkoloniën' als innovator voor duurzame productie bio-energie

Met een samenhangend ontwikkelplan voor praktisch experimenteel werk wil 'Energiegewas voor de Veenkoloniën' genoemde vraagpunten oppakken om zodoende praktijkinnovaties te ontwikkelen en duurzame (teelt én bedrijf) én kosteneffectieve productie van bio-energie mogelijk te maken.

'Energiekompas voor de Veenkoloniën' is dit jaar, 2007, gestart. Er is binnen het project gekozen voor biomassaproductie ten behoeve van co-vergisting. Op dit moment betreft dit voornamelijk mais, maar in het onderzoek is ook een alternatief opgenomen worden in de vorm van soedangras en sorghum.

De co-vergisting levert op dit moment elektriciteit en warmte op, maar kan via een verdere conversieslag ook biogas van aardgaskwaliteit opleveren. In Denemarken en Zweden wordt biogas bijvoorbeeld al gebruikt als transportbrandstof. Daarnaast levert de co-vergisting een bijproduct op (digestaat) dat naast mineralen ook effectieve organische stof bevat en van toegevoegde waarde is bij de duurzame productie van biomassa voor bio-energie. Ook biedt co-vergisting de mogelijkheid om een rijkere schakering aan biomassa (reststromen, bijproducten) op te waarderen.

Financiering

Het project "Energiekompas voor de Veenkoloniën" wordt gefinancierd door:

- Samenwerkingsverband Noord Nederland
- E/Z Kompas
- Ministerie van LNV
- Hoofdproductschap Akkerbouw
- Kweekbedrijven: RAGT Benelux, Caussade Semences, Innoseeds, Süd-West Saat, Limagrain Advanta, Syngenta
- Praktijkonderzoek Plant & Omgeving - Wageningen UR



Informatie

PPO-AGV locatie 't Kompas
Klaas Wijnholds
Noorderdiep 211
7876 CL Valthermond
Tel. 0599-662577
Email: klaas.wijnholds@wur.nl

De internetcommunicatie over 'Energiekompas voor de Veenkoloniën' wordt verzorgd via www.acrres.nl.



- vervolg -

Onderzoeksprogramma 2007

Het ontwikkelplan voor 2007 van Energiekompas voor de Veenkoloniën besteedt aandacht aan de volgende onderwerpen:

Teeltoptimalisatie energiemais, soedangras en sorghum

Mais, soedangras en sorghum zijn C4-gewassen. Dit betekent dat deze gewassen bij hogere temperatuur en voldoende vocht meer droge stof per hectare (per dag) kunnen produceren dan de 'normale' C3-gewassen. In 2006 werden met mais op de PPO-locatie te Valthiermond proefveldopbrengsten bereikt tot 22 ton droge stof per hectare. In hoeverre is de opbrengst en kwaliteit afhankelijk van zaaitijdstip en -dichtheid. Wat is de rol van het oogsttijdstip?

Invloed beregenen op opbrengst en duurzaamheid energiemais

Water is in de toekomst hoogst waarschijnlijk één van de beperkende factoren voor een optimale energieproductie per hectare. Het is niet alleen belangrijk te weten of de inzet van beregening bij de teelt van energiegewassen rendabel is, maar ook of het duurzaam is. Wellicht is er gewas- en/of rasafhankelijk een droogteresistentie aan te geven.

Invloed gebruik digestaat op opbrengst en duurzaamheid energiemais

Een juiste bemesting die voldoet aan de eisen van de tijd (mestwetgeving) is voor gewassen altijd belangrijk, maar voor energiegewassen is bemesting extra belangrijk. Immers, ten behoeve van een zo hoog mogelijke energie-efficiency en de maximalisatie van de bijdrage aan verlaging van de uitstoot van broeikasgassen, moeten inputs energiezuinig zijn en niet belangrijk bijdragen aan de CO₂-emissie. Daarnaast kan via bemesting aandacht gegeven worden aan organisch stofbeheer van de bodem. Door het toepassen van digestaat in de plaats van drijfmest of kunstmest, worden kringlopen meer gesloten en is emissie terug te dringen.

Invloed energiemais op populatiedynamica van *Pratylenchus* spp in veenkoloniale bouwplan

In het veenkoloniale gebied is een flinke uitbreiding van de teelt van energiemais te verwachten. Als deze areaalsuitbreiding in de plaats komt van zomergerst en/of wintertarwe in het bouwplan, dan is dat, volgens de huidige kennis van nematoden, niet gunstig voor de populatie-ontwikkeling van *Pratylenchus penetrans*. Mais is namelijk een grotere vermeerderaar van *Pratylenchus penetrans* dan zomergerst en/of wintertarwe. Op dit moment komt *Pratylenchus penetrans* op globaal 30% van de percelen, of delen van percelen, al op schadelijke niveaus voor. Uitbreiding van de maisteelt kan betekenen, dat het areaal met besmetting groter wordt en dat het besmettingsniveau op de percelen toeneemt tot schadelijke niveau's voor zetmeelaardappelen.

Invloed biomassaproductie voor bio-energie op bodemvruchtbaarheid

Een belangrijk item in de hele discussie is bodemkwaliteit, zowel fysisch (structuur, organische stof) als biologisch (nematoden, ziekten). Een niet-duurzaam bodemgebruik zal leiden tot het verarmen van de gronden qua fysische en biologische bodemvruchtbaarheid en in die zin een vermindering van de productiviteit van gronden. PPO zet haar faciliteiten in om effecten van bepaalde bouwplannen op de bodemkwaliteit in te schatten.

Invloed gewaskwaliteit op gasopbrengst

Wat is het doel? Er is in de praktijk, maar vooral ook tussen diverse maisveredelingsbedrijven, discussie gaande of men zich bij de rasveredeling meer moet richten op droge- en organische stofopbrengst of ook op samenstelling van deze droge organische stof. Met andere woorden: richten op opbrengst of ook op de kwaliteit (zetmeelgehalte en celwandverteerbaarheid) van het product?

Op basis van de resultaten uit het productie seizoen van 2007 worden vraagpunten specifiek en wordt in samenhang met andere gebiedspartijen het ontwikkelpad verder voortgezet.



Biogasinstallaties in Noord-Nederland per februari 2007

Bijlage 11. Uitnodiging open dag op 25/9/2007 op PPO-locatie 't Kompas

Uitnodiging

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving nodigt u uit voor een bezoek aan de open dag van het project

Energiekompas voor de Veenkoloniën

Datum: **dinsdag 25 september 2007**

Locatie: **PPO-AGV Proefbedrijf 't Kompas, Noorderdiep 211 te Valthermond**

Aanvang: **13.00 uur** (voor het volledige programma, zie achterzijde van deze uitnodiging)

De toegang is **gratis**. U bent van harte welkom.

Het project 'Energiekompas voor de Veenkoloniën' wordt mogelijk gemaakt door ondersteuning van het Samenwerkingsverband Noord-Nederland (SNV), het Hoofdproductschap Akkerbouw (HPA), Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) en de verschillende kweekbedrijven.



Programma

- ❖ 13.00 Ontvangst
- ❖ 13.30 Korte presentaties
 - Eisse Luitjens, N.V. NOM
Het belang van energie(teelt) voor Noord-(oost) Nederland
 - Chris de Visser, PPO-AGV
Doel en inhoud project 'Energiekompas voor de Veenkoloniën'
 - Reent Martens, 3N-Werlte
Bio-energie in Nachbarregion Niedersachsen
- ❖ 14.00 Excursie in groepen langs de verschillende proefvelden
 - Inpassing mais in het bouwplan in verband met vrijlevende aaltjes
 - Teeltoptimalisatie mais en soedangras
 - Invloed gewaskwaliteit op de gasopbrengst
 - Invloed vochtvoorziening op opbrengst en kwaliteit
 - Invloed digestaat op opbrengst en duurzaamheid
- ❖ 15.15 Verzamelen in het bedrijfsgebouw voor een drankje en een hapje.
Kleine kennismarkt met vergistingsbedrijven, zaadbedrijven en organisaties die zich o.a. bezig houden met energie(teelt).