

# Teeltoptimalisatie biogasmaïs 2006

Optimalisatieproef te Lelystad

Ing. J. Groten

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.  
Akkerbouw, Groene Ruimte en Vollegrondsgroente  
Januari 2007

PPO nr. 32500502A

© 2007 Wageningen, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, 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 projectrapport geeft de resultaten weer van onderzoek dat Praktijkonderzoek Plant & Omgeving heeft uitgevoerd in opdracht van:

Provincie Flevoland  
Ministerie LNV – project “De Smaak van Morgen”  
Hoofdproductschap Akkerbouw (HPA)  
Limagrain Advanta B.V.  
Innoseeds B.V.  
Sud West-Deutsche Saatzucht (SWS)  
Euralis Genetic

Projectnummer: 32500502

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.  
Akkerbouw, Groene Ruimte en Vollegrondsgroente  
Adres : Edelhertweg 1, 8219PH Lelystad  
: Postbus 430, 8200 AK Lelystad  
Tel. : 0320 - 291111  
Fax : 0320 - 230479  
E-mail : [info.ppo@wur.nl](mailto:info.ppo@wur.nl)  
Internet : [www.ppo.wur.nl](http://www.ppo.wur.nl)

# Inhoudsopgave

pagina

SAMENVATTING.....	5
1 INLEIDING .....	9
2 OPZET EN UITVOERING .....	13
2.1 Teeltoptimalisatieproef.....	13
2.1.1 Inleiding .....	13
2.1.2 Proefveldaanleg.....	13
2.2 Demomiddag en uitdragen kennis .....	14
3 RESULTATEN .....	15
3.1 Teeltoptimalisatieproef.....	15
3.1.1 Uitvoering proef.....	15
3.1.2 Drogestofopbrengst, asgehalte en organische stof opbrengst.....	18
3.1.3 Kwaliteit: verteringscoëfficiënt organische stof, zetmeel- en suikergehalte.....	22
3.1.4 Beginontwikkeling, plantlengte en fusariumaantasting .....	26
3.2 Demomiddag en kennisverspreiding .....	29
3.2.1 Demo- en discussiemiddag.....	30
4 CONCLUSIES .....	35
BIJLAGE I – PROEFVELDSHEMA TEELTOPTIMALISATIE PROEF	
BIJLAGE II – ANALYSE RESULTATEN TEELTOPTIMALISATIE PROEF	
BIJLAGE III – HAND-OUTS PRESENTATIES	



# Samenvatting

## *Algemeen*

Door maatschappelijke, economische en milieukundige aspecten is de tijd rijp voor groene duurzame energie. De landbouw (vooral akkerbouw) kan hierbij niet alleen een steentje bijdragen, maar hier ook van profiteren. Nieuwe inkomsten, die de landbouw mogelijk niet alleen uit het slop trekken, maar ook het imago zullen verbeteren. Tevens zal dit een positieve impuls geven aan de plattelandontwikkeling.

Bij duurzame energieproductie kan gedacht worden aan windenergie, biobrandstoffen en biogas voor elektriciteits- en warmteproductie. De productie van biogas uit mest en organisch materiaal of alleen organisch materiaal lijkt momenteel een interessante optie. Het toevoegen van organisch materiaal aan mest of het vergisten van puur organisch materiaal geven het hoogste rendement. Als organisch materiaal kunnen reststromen worden gebruikt, maar men kan er ook specifiek voor telen. Maïs lijkt hierbij het gewas met de beste perspectieven.

Kijkend naar de teelt van specifieke gewassen voor biogasproductie via (co-)vergisting lijkt maïs, vanwege een hoge methaangasproductie per kg drogestof en per ha een interessant gewas. Onder de huidige teeltomstandigheden, technieken, opbrengsten en prijzen kan het qua saldo al concurreren met de teelt van (voer)tarwe en bouwplantechnisch is het goed in te passen. Ook is het product goed te bewaren, waardoor er jaarrond een product van constante samenstelling vergist kan worden. Vooral dit laatste is zeer belangrijk voor een ongestoorde vergisting.

Vooraf vetrijke, maar ook suikerrijke of zetmeelrijke producten lijken zeer interessant. Ook dan is maïs in beeld (veel zetmeel). Mogelijk is zonnebloemen (vetrijk) wel interessanter om in vergister te stoppen, maar hoe makkelijk is dit te bewaren, te telen (ziekten, onkruidbestrijding) en de opbrengst per ha is niet gigantisch hoog. Wellicht geven specifieke voederbieten nog meer opbrengst per ha, maar dan heb je problemen met bewaring en tarra.

De huidige maïsteelt is hoofdzakelijk gericht op het teeltdoel snijmaïs. Biogasmaïs met een ander teeltdoel heeft mogelijk ook een ander optimale teeltstrategie. In dit demonstratie- en onderzoeksproject, heeft het PPO-AGV onder Flevolandse omstandigheden, gekeken naar het optimaliseren van de teelt van biogasmaïs. In deze demoproef zijn 4 rastypen geteeld bij 3 plantdichtheden en bij 2 verschillende stikstofbemestingsniveaus. Uiteindelijk is de maïs geoogst op drie verschillende tijdstippen. Hoewel slechts gedurende één jaar en op één locatie uitgevoerd, heeft deze demoproef nuttige informatie opgeleverd over de optimale teeltstrategie van biogasmaïs in Flevoland en de rest van Nederland. Het heeft informatie opgeleverd met betrekking tot de bemesting, het plantaantal, de rassenkeuze en het oogsttijdstip. Hiermee kan de methaangasproductie per m<sup>3</sup> en per hectare verhoogd worden en kan op onnodige kosten worden bespaard, waardoor de financiële opbrengst per hectare biogasmaïs wordt verhoogd. Dit heeft een positief effect op de rendement en de vergistingsinstallatie.

## *Teeltoptimalisatieproef*

In de teeltoptimalisatieproef is in 2006 op een vochthoudende kleigrond in Flevoland het effect van een aantal teeltmaatregelen bekeken. Hierbij is vooral nog gefocust op opbrengst en zijdelings op kwaliteit. Enerzijds omdat daar in de praktijk bij het opstarten van dit project de nadruk oplag en anderzijds omdat gasproductietesten te duur zijn om deze binnen het budget van dit onderzoek uit te voeren. Er is nu één proef gedurende één jaar uitgevoerd, daarom moeten de resultaten en conclusies met enige voorzichtigheid worden geïnterpreteerd. Hoewel het een zeer regelmatige en betrouwbare proef was, geven de resultaten slechts een indicatie.

De resultaten van het onderzoek laten zien, dat de optimale teelt van biogasmaïs qua zaaitijdstip, stikstofbemesting en onkruidbestrijding overeenkomt met de teelt van snijmaïs. Bij opbrengsten tot 25 ton hoeft er geen 50 kg stikstof per ha extra te worden gegeven, zoals dat wel in Duitsland wordt geadviseerd. De maximale opbrengst bedraagt rond de 24.5 ton drogestof per ha. Dit zijn echter proefveldopbrengsten. Kopkokers, randen en onregelmatigheden in praktijkvelden veroorzaken een 10-20% lagere opbrengst. Het realiseren van 20 ton drogestof per ha in de praktijk is voor Nederlandse omstandigheden al heel mooi. Er

wordt in de praktijk soms geschermd met 30 ton/ha, maar dit lijkt de eerste 10-20 jaar niet realiseerbaar. Als de rassen al beschikbaar zijn om dit te realiseren moet afgevraagd worden of de teeltomstandigheden, de bodemvruchtbaarheid en het vochtleverend vermogen van de gronden in Nederland dit wel toelaten. Vanuit de informatie van de demo- en discussiemiddag blijkt de belangrijkste focus bij de teelt van biogasmaïs de kwaliteit en vervolgens opbrengst, daarom mag op vochthoudende gronden een 10% hoger plantaantal worden aangehouden. Bij een focus puur op opbrengst zou het 20% mogen zijn. Een 20% hoger plantaantal maakt het gewas echter wel gevoeliger voor legering en stengelrot (Fusarium) en de kwaliteit neemt af, vooral bij de rassen die op de grens qua vroegheid zitten. Op droogtegevoelige gronden is dit negatieve effect op kwaliteit, fusariumgevoeligheid en in extreme gevallen zelfs op opbrengst nog sterker, daarom moet hier het snijmaïsadvis van 95.000 tot 100.000 planten per ha aangehouden worden. Voor de hoogst mogelijke organische stof opbrengst per ha is een maximale benutting van het groeiseizoen noodzakelijk. Dit betekent vanaf 20 april zo vroeg mogelijk zaaien en oogsten rond 1 oktober. Gemiddeld valt de oogst daarmee twee weken later dan de oogst van snijmaïs, waardoor er iets latere rassen kunnen worden gebruikt dan normaal in een gebied voor snijmaïs zou worden gebruikt. De maïs moet rond 1 oktober 32-36% drogestof bereiken. De 4 rassen die in dit onderzoek zijn meegenomen voldoen in 2006 aan dit criterium. De vraag is wel of dit in minder vroege jaren ook wordt gerealiseerd. De maïs moet rond 1 oktober een drogestofgehalte realiseren van 32-36%. De oogst moet zeker niet uitgesteld worden tot ná 1 oktober, want dat kost zeker al snel 1 ton drogestof per 2 weken. De verhouding dag- en nachtlengte is ná 1 oktober negatief voor maïs, hierdoor wordt er 's nachts door de plant meer assimilaten verademd dan dat er gedurende de dag worden geproduceerd. Bij groene, vitale, late rassen lijkt dit effect sterker dan bij al wat verder afgerijpte vroege rassen. Door middel van de demomiddag, verschillende excursies, regionale en landelijke (vak)bladen, de internetsites [www.syscope.nl](http://www.syscope.nl) (waarop informatie over systeeminnovatie onderzoek) en [www.kennisakker.nl](http://www.kennisakker.nl) (van HPA) is en zal er nog aandacht besteed worden aan deze demoproef en worden de resultaten en conclusies hiervan verspreid.

#### *Demonstratie- en discussiemiddag*

Om de teelt van biogasmaïs en de perspectieven hiervan beter in beeld te brengen bij de praktijk is er rond dit project een demo- en discussiemiddag georganiseerd op 24 augustus 2006. Waarmee we ook via de regionale pers de boer en burger hebben bereikt.

Deze middag kreeg als titel mee: **“Energismaïs - Maïs voer voor de vergister”**.

Na een algemene inleiding werden een drietal korte presentaties verzorgd. Waar mogelijk werden pasklare antwoorden gegeven, maar er werden ook mogelijk scenario's geschetst. Waarbij gefocust werd op literatuur, huidige ontwikkelingen en tussentijdse resultaten van dit of ander onderzoek.

Na de presentaties is de teeltoptimalisatieproef biogasmaïs bezocht en werd er verder gediscussieerd.

Samenvattend hierbij een schets van de presentaties:

Maïs is een zeer interessant product, maar de ene maïs is de andere niet. Afhankelijk van het teeltdoel moeten teeltmaatregelen en rassen aangepast worden. Het teeltdoel bij snijmaïs is gericht op een zo hoog mogelijk kwaliteit (VEM/kgds, zetmeel en celwandverteerbaarheid) gecombineerd met een hoge voederwaardeopbrengst. Bij korrelmaïs gaat het om het hoogste drogestofgehalte in de korrel gecombineerd met de hoogste droge korrelopbrengst. Bij biogasmaïs gaat het om een zo hoog mogelijke methaangasproductie per kg drogestof gecombineerd met een hoge methaangasopbrengst per ha. Hierbij speelt de afbreekbaarheid (snelheid) van het product, in het kader van een zo kort mogelijke verblijftijd in de vergister, een grotere rol dan bij de koe, waar het herkauwen het product ontsluit.

De vier te onderscheiden kostenposten bij vergisting zijn in afnemende volgorde van belangrijkheid de vergistingsinstallatie, de arbeid, het transport en bewaring en tot slot de grond (het perceel). Om de eerste drie (belangrijkste) kostenposten zo rendabel mogelijk te maken is een zeer hoge methaangasproductie per m<sup>3</sup> (ingevoerd, getransporteerd en opgeslagen) product per dag (m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>/dag) het belangrijkste. De methaangasopbrengst per kg product als ook de afbreekbaarheid (snelheid) zijn dus belangrijke parameters. Deze zijn beide afhankelijk van de samenstelling van de maïs.

Als eerste is het drogestofgehalte van de maïs hierbij een belangrijk aspect. Een m<sup>3</sup> product met een hoger

drogestofgehalte heeft meer drogestof en meer organische stof. Per m<sup>3</sup> product is er dus meer te vergisten organisch materiaal. Bij een natter product is er veel water en relatief weinig drogestof. Dit betekent veel opslagcapaciteit, veel water in de vergister en veel digestaat. Dit alles is ongunstig, water levert geen gas. Er moet dus gestreefd worden naar een hoger drogestofgehalte. Rekeninghoudend met verliezen tijdens de bewaring en de maximale gasproductie per kg drogestof (Duits onderzoek) lijkt het optimale drogestofgehalte tussen 32 en 36% te liggen.

De methaangasproductie per kg drogestof per dag is vervolgens afhankelijk van het organische stofgehalte met daaraan gekoppeld de anaërobe vergistbaarheid (biologische methaanproductie) en de hydrolysesnelheid (afbreekbaarheid). De laatste twee eigenschappen zijn per gewascomponent verschillend, waarbij celinhoud (zetmeel, suiker, vet en eiwit) interessanter is dan celwand. Lignine (onverteerbare houtstof) speelt vooral een belangrijke negatieve rol. De lignine is zelf niet verteerbaar en heeft in het algemeen een negatieve invloed op de celwandverteerbaarheid. Als het product 60 dagen of langer in de vergister blijft komt het meeste gas wel beschikbaar, maar interessant is natuurlijk om de verblijftijd in de vergister te verkorten, waardoor het rendement stijgt. Componenten die snel veel gas geven zijn dan ook het meest interessants.

Voor het rendement van de vierde kostenpost (grond) is de opbrengst per ha een belangrijk aspect. De mate van belangrijkheid hiervan is afhankelijk of er van uit de eigenaar van de vergister of vanuit de teler van de maïs wordt geredeneerd. Voor de eigenaar van de installatie gaat de opbrengst per ha pas echt een grote rol spelen in geval van schaarste. De grootste kostenpost, de vergistingsinstallatie, moet in ieder geval blijven draaien. De teler van de maïs oogst wellicht het liefst zoveel mogelijk opbrengst, omdat hij deze verkoopt. Om beide belangen te stroomlijnen zou bij aankoop van biogasmaïs de prijs afgestemd moeten worden op de kwaliteit.

Bij het uitwerken van de plannen voor het bouwen van een vergister is het zeer belangrijk, zowel de aanvoer van te vergisten producten als de afvoer van het digestaat contractueel gegarandeerd te hebben. De vergistingsinstallatie moet blijven draaien. Ook de afzet van het digestaat moet contractueel vastgelegd zijn, want je produceert nogal wat extra mest (restant van co-vergisting: digestaat is mest).

Door juiste mengverhouding van diverse vergistingsproducten en een nabewerking kan een digestaat geproduceerd, dat geschikt is voor specifieke toepassingen. Waardoor mest en digestaat niet langer een rest-/afvalproduct is, maar een waardevol product. De digestaat wordt vaak gezien als sluitpost, maar voor een rendabele vergisting moet hier correct mee omgegaan worden om de kringloop sluitend te krijgen/houden. Een optimale aanwending in tijd en plaats zorgt hierbij voor de puntjes op de i. Het opgewaardeerde product kan mogelijk zelfs buiten de landbouw afgezet worden.

### *Concluderende discussie*

In de teeltoptimalisatieproef was de focus sterk gericht op organische stofopbrengst per ha, wellicht logisch vanuit de teelt van biogasmaïs geredeneerd. De resultaten en conclusies van deze ene proef gedurende één jaar geven slechts een indicatie. De resultaten en conclusies van dit onderzoek wetende en daarbij gevoegd de nieuw verkregen inzichten zouden bij toekomstig onderzoek de focus waarschijnlijk iets meer naar kwaliteit en dus naar gasproductie per m<sup>3</sup> per dag laten verschuiven. Dit is een focus meer vanuit de vergistingsinstallatie geredeneerd. De richting waarin de kwaliteit zich zou moeten ontwikkelen lijkt wel duidelijk, maar de belangrijke vraag hierbij is wel, welke samenstelling van maïs is optimaal? Ook de optimalisatie van het vergistingsproces is een belangrijk item. Er vanuit gaande dat men het proces verder goed in de vingers heeft qua sturing van het rantsoen, want hier kan ook zeer veel mis gaan, is de grootste beperking in het totale proces de hydrolysefase (afbraakfase organisch materiaal). De koe gebruikt hiervoor zijn herkauwactiviteiten en enzymen, waardoor er veel energie in principe binnen 1 dag beschikbaar is. Bij de vergister zou men kunnen denken aan enzymen of een mechanische verkleining (malen) van de organische stof. Wel moet gerealiseerd worden dat dit ook een energiebehoefte heeft. Een voorbewerking van het te vergisten materiaal vindt in principe ook al plaats in de kuil, want ingekuilde maïs geeft in dezelfde tijd 15-20% meer gas dan verse maïs. Mogelijk kan door een voorbewerking de verblijftijd in de vergistingsinstallatie verkort worden en het rendement enorm toenemen. Wellicht is er dan ook geen subsidie meer nodig. Momenteel is voor de opstart en exploitatie van de vergistingsinstallatie een subsidie onontbeerlijk. Wat verder bij de opstart ook de nodige risico's uitsluit is een gegarandeerde (contract)

aanvoer van organisch materiaal en afvoer van digestaat. Be- en verwerking van het digestaat kunnen (bij aanpassing van wet- en regelgeving) het afvalproduct maken tot een waardevol product, dat mogelijk buiten de landbouw kan worden afgezet. Hier zou extra onderzoek naar moeten komen.



# 1 Inleiding

Duurzame energie staat momenteel volop in de belangstelling. Nederland streeft naar een aandeel duurzame energie in 2010 en 2020 van respectievelijk 5% en 10%.

Energie uit biomassa moet een belangrijke bijdrage gaan leveren aan vraag naar duurzame energie. Er zijn diverse toepassingen van landbouwgewassen als duurzame energie leverancier.

- Verbranding voor opwekking van elektriciteit en warmte (stook in biomassa-centrale of meestook in kolencentrale).
- Grondstof voor transportbrandstoffen (biodiesel, bio-ethanol)
- Grondstof voor co-vergisting van mest of zelfs voor vergisting van puur biomassa (zonder mest) om elektriciteit, biogas en warmte op te wekken.

(Co-) vergisting is momenteel de meest kansrijke opties om duurzame energie uit biomassa te produceren. Dit is momenteel de beste toepassing voor energiewinning uit biomassa in de agrarische sector. Het is een eenvoudig, goed integreerbaar systeem op het agrarische bedrijf.

Als (co-)vergistingsmateriaal lijken reststromen prijstechnisch in eerste instantie het meest interessant, maar met de huidige kWh-prijzen is ook de teelt van specifieke energiegewassen rendabel. Hierbij is er vanuit gegaan dat alleen de opgewekte elektriciteit ( slechts 1/3) wordt benut. Wordt ook de warmte benut of kan het biogas op het aardgasnet (hiervoor loopt er nu een drie jaar durend project bij Gasunie, waar gekeken zal worden naar oplossen van drukverschillen en problemen als verontreiniging met water en H<sub>2</sub>S) worden geleverd, dan wordt het nog meer rendabel. Ook technische ontwikkelingen met betrekking tot omzettingstechnieken (warmtekrachtpompen met 45% ipv 33% rendement) zullen het systeem meer rendabel maken.



*Uiteindelijk moet de biogasmaïs door de bovenhangende draden*

De huidige prijzen per kWh hebben een redelijke garantie. De MEP-subsidie zal afgestemd worden op de door de energiemaatschappijen te betalen prijs. De MEP-subsidie is afgestemd op de onrendabele top. Voor 2006 en 2007 is de hoogte van de MEP-subsidie alvastgelegd op 9.6 ct per kWh. Toch heeft Economische Zaken gedurende de looptijd van dit project, gemeend op 18 augustus 2006 de MEP-subsidie per direct stop te moeten zetten. Volgens dit ministerie worden de doelstellingen voor 2010 gehaald en is verdere financiële ondersteuning niet meer noodzakelijk. Werkelijk probleem zijn wellicht de geweldige belangstelling voor de regeling en de daardoor uit de pan rijzende kosten. Het wegvallen van de MEP-subsidie heeft de rem gezet op het bouwen van nieuwe vergistingsinstallaties. Wel is toegezegd dat er in de loop van 2007 een nieuwe regeling komt, zodat dit mogelijk weer een impuls geeft tot de bouw van nieuwe installaties.

Wie gaan er het meest profiteren van deze nieuwe ontwikkelingen? De akkerbouw! Hoewel de mest zich bij de veehouders bevindt, zal het meeste profijt van (co-)vergisting toch vooral bij de akkerbouwsector liggen. Met de nieuwe mestwetgeving willen veel veehouders deelnemen aan de derogatie. Hiervoor moet er minimaal 70% van het areaal uit grasland bestaan. De overige 30% is beschikbaar voor snijmaïs. Snijmaïs is naast gras een zeer belangrijke component in het rantsoen van melkvee. De koeien produceren meer melk en de stikstof uit gras wordt er beter door benut. Dus veehouders zullen de door hun geproduceerde maïs zeker als voer voor het vee gaan gebruiken. Op melkveehouderijbedrijven zal er weinig ruimte zijn voor biogasmaïs.

De biogasmaïs zal dus vooral geteeld moeten worden door akkerbouwers. Ook de meeste vergistingsinstallaties zullen in de toekomst in akkerbouwgebieden staan. Het digestaat, dat overblijft na de vergisting en voedingsmineralen bevat, kan goed benut worden door het akkerbouwbedrijf. Anders heb je tweemaal transportkosten (akkerbouwgewas heen en digestaat terug). Als je de vergister op het akkerbouwbedrijf plaatst heb je hooguit het transport van de mest. Nu wordt er ook al veel mest naar akkerbouwgebieden getransporteerd.

Ook bij droge vergisting, dus zonder mest, zullen de te vergisten producten/gewassen zich bevinden in de akkerbouwgebieden. Het is dan helemaal logisch dat de vergisters op akkerbouwbedrijven staan.

Mondiale productie van biomassa, kan een gunstige weerslag hebben op de akkerbouw in Nederland. Productie van energie uit biomassa zal in de toekomst mogelijk concurrerend gaan worden met productie van voedsel (uiteraard afhankelijk van de ontwikkelingen in prijzen van fossiele brandstoffen). Overproducties zullen dan mogelijk verdwijnen. Maïs zou de plaats in kunnen nemen van de marktverordening producten. Dit zal prijsopdrijvend werken, waardoor akkerbouwers hogere saldi kunnen realiseren voor hun gewassen. Bovendien biedt het aanwezig zijn van vergisters de mogelijkheid overschotten uit de markt te halen en via dit circuit af te zetten (bv. Uien 2004). De grootste revenuen zullen dus ten goede komen aan de akkerbouwsector. Geschetste ontwikkelingen zullen een enorme impuls geven aan het voortbestaan van een duurzame en grootschalige akkerbouwsector in Nederland en dus ook in Flevoland.

Maïs blijkt een zeer interessant (co-)vergistingsgewas. Het staat op de positieve lijst van co-vergistingsproducten van LNV. Daarnaast is zowel de biomassa-opbrengst per hectare als de biogasproductie per kg maïs hoog. Maïs is eenvoudig (biologisch) te telen, goed te bewaren (voor jaarrond constante biogasproductie) en goed te combineren met winterrogge als wintergewas, dat ook biomassa kan leveren. Massabieten hebben ook een zeer hoge biomassa-productie per hectare, maar hier zijn de bewaring en de grondtarra negatieve elementen. Met andere gewassen is deze hoge drogestofproductie per hectare niet makkelijk te evenaren. Verder is maïs vruchtwisselingstechnisch goed in te passen in het bouwplan.

Van alle gewassen heeft (biogas)maïs momenteel de beste perspectieven voor de productie van duurzame bio-energie. De huidige teeltstrategie van maïs is sterk afgestemd op het teeltdoel snijmaïs of korrelmaïs, waarbij respectievelijk een maximale voederwaarde-opbrengst en droge korrelopbrengst wordt nagestreefd. Wordt het teeltdoel biogasmaïs dan is de maximale biogasopbrengst per kg product en per hectare het streven. De verwachting is dat de gemiddelde drogestofopbrengst per hectare van 15 ton (snijmaïs) naar 20 tot zelfs 25 ton drogestof kunnen worden opgekrikt. Maïsveredelingsbedrijven praten zelfs over 30 ton drogestof per ha. Maar welke rassen zijn dan het meest geschikt en welke teelt omstandigheden dragen bij

aan een hoge en duurzame productie van biogas? Zeker nu de subsidie zal worden beperkt is het beantwoorden van deze vragen zeer belangrijk om tot een rendabele productie van biogasmaïs te komen. De resultaten van dit project moeten hier aan bijdragen.

Doel van het project is het verkrijgen en verspreiden van kennis over de beste rassen voor en de meest optimale teelt van biogasmaïs onder Flevolandse omstandigheden. Dit zal de ontwikkeling van (co-)vergisting in de agrarische sector in Nederland en in Flevoland in het bijzonder ondersteunen. Met als uiteindelijk doel het versterken van de keten van bio-energieproductie.

De verkregen kennis zal naar de praktijk geventileerd worden middels een demomiddag, artikelen en interviews in vakbladen en op internetsites. In formatie wordt verkregen onder Flevolandse omstandigheden (bodem en klimaat). Hierdoor is de verkregen kennis rechtstreeks te gebruiken door Flevolandse agrarische ondernemers. Daarnaast geeft de proef indicaties voor de teelt van biogasmaïs in heel Nederland.



## 2 Opzet en uitvoering

### 2.1 Teeltoptimalisatieproef

#### 2.1.1 Inleiding

Het teeltdoel bij biogasmaïs (maximale gasproductie per kg product en per hectare) is anders dan het teeltdoel bij snijmaïs (maximale voederwaarde per kg drogestof en per hectare) of korrelmaïs (maximale droge korrelopbrengst). De maximale gasproductie per hectare bepaalt het saldo van de teelt van een energiegewas, zoals biogasmaïs. De gasproductie per hectare is sterk afhankelijk van de organische stof opbrengst per hectare en de biogasproductie per kg organische stof. De organische stof is de drogestof minus de anorganische stof (asgehalte). Bij snijmaïs bestaat de drogestof voor 95-96% uit organische stof. Geredeneerd naar het rendement van de vergister, wat de grootste investering vraagt, is de maximale gasproductie per kg product (vers) het meest belangrijk. Dit betekent eigenlijk een hoog drogestofgehalte en een hoog organische stofgehalte. Dit is ook interessant in het kader van transport en opslag van het in te voeren product en de af te voeren digestaat.

De gasopbrengst per kg organische stof is afhankelijk van de samenstelling van de organische stof (vooral vet- / eiwit- / suiker- en zetmeelgehalte). De verschillen lijken vooralsnog minimaal, omdat het product ongeveer 6 weken in de vergister blijft, waarbij vrijwel al het materiaal wordt omgezet. Daarnaast zijn de verschillen tussen de huidige rassen (veelal afgeleid van rassen voor de snijmaïsteelt) in vet- en eiwitgehalte klein. Mogelijk dat door specifieke veredeling van rassen voor biogasmaïs deze verschillen groter maken. De productie van gas per kg organische stof is in deze proef nog niet meegenomen. Er is nog geen standaardanalyse methode en ook de kosten van een laboratorium in Duitsland (Universiteit Hohenheim) bedragen € 400,= per monster, waardoor dit onderzoek het budget van dit project te buiten gaat. Willen we in de toekomst de productie van biogas rendabeler maken, dan is de verblijftijd in de vergister (grootste investering) een belangrijk item en daarmee tevens de hoeveelheid gas per kg organische stof als ook de afbraaksnelheid van de organische stof.

De organische stof opbrengst per ha is afhankelijk van een aantal factoren, zoals het ras, het plantaantal, het oogsttijdstip en de bemesting. Ook een maximale benutting van het groeiseizoen lijkt een belangrijk punt. Snijmaïs wordt gemiddeld genomen geoogst rond half september en het maïsgroeiseizoen in Nederland eindigt pas rond half oktober. In deze proef zijn de effecten van deze factoren op de organische stof opbrengst bekeken.

#### 2.1.2 Proefveldaanleg

Maximale gasproductie is dus afhankelijk van het verdelingswerk van maïsveredelaars (rassen) en van het optimale teeltsysteem. Veredeling en teeltoptimalisatie zullen leiden tot een hoger saldo en een hoger rendement van de vergister. In dit project zijn beide aspecten meegenomen.

Er zijn 4 nieuwe biogasmaïsrassen met elkaar worden vergeleken, te weten Subito van het bedrijf Sud West Deutsche Saatzucht (SWS), Atendo van Innoseeds, Piazza van Limagrain/Advanta en ES6010 van Euralis Genetic. Deze rassen zijn niet specifiek gekozen, maar alle kweekbedrijven zijn benaderd en deze vier bedrijven hebben hun beste troef naar voren geschoven. Er is vervolgens variatie aangelegd in plantaantal (8, 10 en 12 planten per m<sup>2</sup>), oogsttijdstip (half september, 1 oktober en half oktober), stikstofbemesting (snijmaïsadvis (200 –N<sub>min</sub>) is 180 kg N/ha en 50kg extra, dus 230 kg N/ha). In Duitsland wordt geadviseerd 50 kg stikstof per ha meer te geven, omdat er hogere drogestofopbrengsten worden gerealiseerd dan bij snijmaïs. Hopelijk geeft deze proef hierover enige informatie.

De proef is aangelegd op kleigrond van PPO prof. Broekemahoeve, te Lelystad en wel op het gangbare gedeelte van het bedrijf. De proef is aangelegd volgens het spit-plot principe in 3 herhalingen. Een schema van de proef is terug te vinden in bijlage I.

## 2.2 Demomiddag en uitdragen kennis

Naast het verkrijgen van kennis is ook de verspreiding van deze kennis een doel van dit project. Middels een demomiddag, verschillende excursies (oa biologische velddag) van uit het project “De Smaak van Morgen”, regionale en landelijke (vak)bladen, de internetsites [www.syscope.nl](http://www.syscope.nl) (waarop info over systeeminnovatie onderzoek) en [www.kennisakker.nl](http://www.kennisakker.nl) (van HPA) is er aandacht besteed aan deze demoproef en zijn de resultaten hiervan verspreid.

## 3 Resultaten

De resultaten zijn onderverdeeld naar de resultaten van de teeltoptimalisatieproef (3.1) en van de demomiddag en kennisverspreiding (3.2). Bij het weergegeven van de resultaten van de proef worden volgende objecten onderscheiden:

<b>4 Rassen:</b>	ES6010 - Atendo - Subito - Piazza
<b>2 N-niveau's:</b>	N1- 180 kg N/ha; N2- 230 kg N/ha
<b>3 plantaantallen:</b>	8 - 10 - 12 pl/m <sup>2</sup>
<b>3 oogsttijdstippen:</b>	O1=14/9 - O2=2/10 - O3=16/10

In bijlage 2 worden de analyse van de gegevens van de teeltoptimalisatieproef weergegeven en in bijlage 3 zijn de presentaties van de demomiddag opgenomen.



*Zaai teeltoptimalisatieproef – 25 april 2006*

### 3.1 Teeltoptimalisatieproef

#### 3.1.1 Uitvoering proef

Voor een optimale benutting van het groeiseizoen is de maïs vroeg gezaaid (25 april). De maïs is dikker gezaaid en na opkomst is de maïs per plot teruggedund naar het gewenste plantaantal 8, 10 of 12 planten per m<sup>2</sup>. De onkruidbestrijding is conform praktijk maïsteelt.

In het voorjaar (eind mei/ begin juni) was het extreem koud, tegen nachtvorst aan. De maïs stond geel op het veld. Daarna heeft de maïs zich sterk hersteld en bloeide de maïs rasafhankelijk 88 tot 93 dagen na zaaien. Dit was gemiddeld een week later dan de middenvroegse snijmaïsrassen (vroegste ras bloeide 78 en

het laatste ras bloeide 86 dagen na zaai), die op een andere proef in Lelystad lagen. In juli was het extreem droog en warm. Het vochtleverend vermogen van de kleigrond was echter zeer goed, zodat er niet is beregend. Er heeft zich uiteindelijk een mooi massaal gewas ontwikkeld met een prachtig gevulde kolf. In 2006 kwam er relatief weinig fusarium voor, alleen bij het laatste oogstmoment was er een duidelijke aantasting. De maïs is uiteindelijk geoogst op de volgende 3 oogsttijdstippen: 14 september, 2 oktober en 16 oktober.

We moeten ons realiseren dat het qua groeiomstandigheden een extreem jaar was en dat de maïs dit jaar relatief lang groen bleef, doordat er weinig fusarium optrad. Een drogestofgehalte van 37-38% was dit jaar zeker geen te late oogst, maar wellicht optimaal.

Tabel 3.2 Vroegheid van bloei

Vroegheid bloei		Pl_m2			abs. rel.													
Stikstof	Oogsttijd	Ras	8	10	12			N	Nrel	O	Orel	O	Orel	Ras	Rasrel	Ras	Rasrel	100=...
N1	O1	ES6010	89.7	90.3	91.3	90.44	100	90.74	100	90.67	100	90.85	100	90.52	100	90.48	100	90.792
		Atendo	90.3	91.3	92.0	91.22	100							91.19	100	91.28	101	
		Subito	92.3	93.3	93.7	93.11	103							93.15	103	93.20	103	
		Piazza	88.3	87.7	87.7	87.89	97							88.11	97	88.20	97	
	O2	ES6010	89.7	90.3	91.3	90.44	100			90.75	100	90.79	100					
		Atendo	90.7	91.0	92.0	91.22	100											
		Subito	93.0	93.0	93.7	93.22	103											
		Piazza	88.0	88.0	88.3	88.11	97											
	O3	ES6010	90.0	90.7	91.3	90.67	100			90.81	100	90.74	100					
		Atendo	90.7	91.0	91.7	91.11	100											
		Subito	92.7	92.7	94.0	93.11	103											
		Piazza	88.0	88.7	88.3	88.33	97											
N2	O1	ES6010	90.0	90.7	91.3	90.67	100	90.84	100	91.03	100			90.44	100			
		Atendo	90.7	91.7	92.0	91.44	101							91.37	101			
		Subito	93.3	93.3	94.0	93.56	103							93.26	103			
		Piazza	88.0	88.7	88.7	88.44	97							88.30	97			
	O2	ES6010	90.3	90.3	90.7	90.44	100			90.83	100							
		Atendo	90.7	91.3	92.3	91.44	101											
		Subito	93.3	93.0	93.3	93.22	103											
		Piazza	88.0	88.0	88.7	88.22	97											
	O3	ES6010	89.0	90.7	91.0	90.22	99			90.67	100							
		Atendo	91.0	91.0	91.7	91.22	100											
		Subito	92.3	92.7	94.0	93.00	102											
		Piazza	88.0	88.3	88.3	88.22	97											
		abs.	90.3	90.7	91.3													
		rel.	99.5	99.9	100.6													
lsd 5%			0.17					0.23				0.28				0.19		

F.pr < 0.001 voor ras, Pl\_m2 en ras\*pl\_m2

Tot slot geeft, wat vanuit eerder onderzoek ook al vaker naar voren gekomen is, een hoger plantaantal een significant latere bloei, hoewel dat van 8 naar 12 planten per m2 een vertraging van 1 dag betekent. Er blijkt vervolgens een significante interactie te zijn tussen ras en plantaantal. In tabel 3.2 is te zien, dat

Tabel 3.2 Vroegheid bloei, interactie ras \* plantaantal

Ras	Pl_m2			relatief		
	8	10	12			
ES6010	89.778	90.5	91.167	99	100	100
Atendo	90.667	91.222	91.944	100	100	101
Subito	92.833	93	93.778	102	102	103
Piazza	88.056	88.222	88.333	97	97	97
lsd 5%	0.33					

Het ras Piazza niet later wordt door een hoger plantaantal en de andere rassen wel. Wellicht heeft dit te maken met de massaliteit van de rassen. Het ras Piazza is het kortst qua plantlengte, daar over meer in paragraaf 3.1.5.

Vroegheid van bloei is dus één aspect van de vroegheid, het andere aspect is het drogestofgehalte bij de oogst. In tabel 3.3 zijn de drogestofgehalten van de verschillende objecten weergegeven, wat op dat er geen significant effect is van de extra 50 kg stikstof die er per ha gegeven is, 36.66 bij N1 en 36.28 bij N2. De rassen lijken bij N2 iets later te worden.

Van de rassen is Piazza het vroegst, gevolgd door ES6010, Atendo en Subito, waarbij de laatste drie niet



veel van elkaar verschillen. Bij een later oogsttijdstip blijkt Subito relatief vroeger (hoger ds%) te worden (interactie ras \* oogsttijdstip, tabel 3.4), maar dit wordt veroorzaakt door een zwaardere fusariumaantasting (zie paragraaf 3.1.5) bij een later oogstmoment. Het plantaantal lijkt vrijwel geen invloed te hebben op het drogestofgehalte. Normaal zou je verwachten dat een hoger plantaantal een lager drogerstofgehalte zou geven, dit zie je wel terug bij oogsttijdstip 1 en 2 (interactie oogsttijdstip \* plantaantal). Invloeden die hier door heen spelen zijn de fusariumaantasting, die extremer is bij hogere plantdichtheden en het afwijkende gedrag van Piazza, dat bij een hoger plantaantal, ook zonder (weinig) fusarium een iets hoger drogestofgehalte laat zien (ras \* plantaantal interactie, tabel 3.4). Wellicht speelt hier toch weer het iets kortere gewastype een rol, waardoor ondanks het hogere plantaantal het zonlicht beter benut is en niet geleid heeft tot een lager kolfaandeel (zetmeel).



Links: Mannelijke bloei  
Rechts: Vrouwelijke bloei

Tabel 3.3 Drogestofgehalte in %

Drogestofgehalte			Pl_m2			abs.	rel.	N	Nrel	O	Orel	O	Orel	Ras	Rasrel	Ras	Rasrel	100=...				
Stikstof	Oogsttijd	Ras	8	10	12																	
N1	O1	ES6010	28.80	28.37	28.03	28.40	78	36.66	100.5	28.65	79	28.42	78	36.13	99	36.06	99	36.473				
		Atendo	28.53	28.04	27.35	27.97	77							35.94	99	35.80	98					
		Subito	26.65	26.97	26.22	26.61	73							35.62	98	35.30	97					
		Piazza	31.44	31.61	31.83	31.63	87							38.97	107	38.73	106					
	O2	ES6010	38.12	39.25	38.89	38.76	106			38.99	107	38.30	105									
		Atendo	38.51	37.96	38.30	38.26	105															
		Subito	37.75	38.28	37.64	37.89	104															
		Piazza	39.54	41.32	42.34	41.07	113															
	O3	ES6010	40.62	40.60	42.46	41.23	113			42.35	116	42.70	117									
		Atendo	41.50	42.14	41.18	41.61	114															
		Subito	40.70	42.21	44.14	42.35	116															
		Piazza	42.94	43.81	45.89	44.21	121															
N2	O1	ES6010	28.34	28.89	28.18	28.47	78	36.28	99.5	28.18	77			36.00	99							
		Atendo	27.89	27.32	27.41	27.54	76							35.66	98							
		Subito	25.42	25.40	26.92	25.91	71							34.98	96							
		Piazza	31.31	30.44	30.66	30.80	84							38.49	106							
	O2	ES6010	36.15	38.73	35.47	36.78	101			37.62	103											
		Atendo	37.16	37.83	35.25	36.74	101															
		Subito	35.52	37.76	35.77	36.35	100															
		Piazza	40.37	40.80	40.61	40.59	111															
	O3	ES6010	43.40	41.55	43.30	42.75	117			43.04	118											
		Atendo	43.64	41.82	42.62	42.69	117															
		Subito	41.73	42.48	43.81	42.67	117															
		Piazza	43.92	43.48	44.78	44.06	121															
abs.			36.25	36.54	36.63																	
rel.			99.4	100.2	100.4																	
lsd 5%			0.38					0.73		0.9			0.44									

F.pr <0.001 voor ras, oogsttijdstip, oogsttijd\*ras en oogsttijd\*pl\_m2; ras\*pl\_m2 0.005

Tabel 3.4 Drogestofgehalte: interactie oogsttijd\*ras; oogsttijd\*plantaantal; ras\*plantaantal

Oogsttijd	Ras			
	ES6010	Atendo	Subito	Piazza
O1	28.4	27.8	26.3	31.2
O2	37.8	37.5	37.1	40.8
O3	42.0	42.2	42.5	44.1
Isd 5%	1.5			

Oogsttijd	Pl_m2			
	8	10	12	
O1	28.5	28.4	28.3	28.4
O2	37.9	39.0	38.0	38.3
O3	42.3	42.3	43.5	42.7
Isd 5%	1.01			

Ras	Pl_m2		
	8	10	12
ES6010	35.9	36.2	36.1
Atendo	36.2	35.9	35.4
Subito	34.6	35.5	35.7
Piazza	38.26	38.58	39.35
Isd 5%	0.76		

Bij oogsttijd 1, 2 en 3 heeft de maïs een gemiddeld drogestofgehalte van respectievelijk 28.4, 38.3 en 42.7%. Het 2<sup>e</sup> oogsttijd is het meest optimaal. Maïs is goed in te kuilen (nog groen gewas) en geen broei problemen bij uitkuilen. Bij oogst 1 heeft Piazza al 31%, de rest is te nat, wat inkuilen bemoeilijkt en perssaver verliezen op zal leveren.

### 3.1.2 Drogestofopbrengst, asgehalte en organische stof opbrengst

Voor biogasmaïs is de organische stofopbrengst per hectare een belangrijke parameter. Dit is de resultante van de drogestofopbrengst en het organische stofgehalte (drogestofgehalte minus anorganische stofgehalte (asgehalte)). Er moet dus zoveel mogelijk drogestof worden geproduceerd met een zo hoog mogelijk organische stofgehalte. Maïs heeft een organische stofgehalte van rond de 95-96%. Rasverschillen zijn significant aanwezig en relevant, maar de invloed op de totale organische stofproductie is relatief klein.

#### Drogestofopbrengst

De conclusies voor drogestofopbrengst en organische stofopbrengst komen dan ook goed overeen. In tabel 3.5 is de drogestof opbrengst per behandeling weergegeven. Daar de conclusies gelijk zijn voor de organische stof opbrengst zijn, worden deze daar behandeld.

Tabel 3.5 Drogestofopbrengst in ton per ha

Drogestofopbrengst			Pl_m2				abs.	rel.	N	Nrel	O	Orel	O	Orel	Ras	Rasrel	Ras	Rasrel	100=...
Stikstof	Oogsttijd	Ras	8	10	12														
N1	O1	ES6010	18.89	20.17	20.80	19.95	91	21.83	99.5	20.06	91	19.97	91	21.93	100	22.16	101	21.943	
		Atendo	19.17	20.43	20.18	19.93	91							21.74	99	21.83	99		
		Subito	19.83	20.31	20.71	20.28	92							22.33	102	22.26	101		
		Piazza	18.68	20.31	21.29	20.09	92							21.33	97	21.52	98		
	O2	ES6010	22.78	23.68	24.34	23.60	108	23.28	106	23.46	107								
		Atendo	22.97	23.08	24.10	23.38	107												
		Subito	22.99	24.39	24.51	23.96	109												
		Piazza	20.90	22.57	23.05	22.17	101												
	O3	ES6010	20.80	22.00	23.91	22.24	101	22.15	101	22.40	102								
		Atendo	21.12	22.07	22.52	21.90	100												
		Subito	21.63	22.66	23.91	22.73	104												
		Piazza	20.55	21.68	22.90	21.71	99												
N2	O1	ES6010	19.47	20.88	20.92	20.42	93	22.06	100.5	19.87	91	22.39	102	21.91	100				
		Atendo	18.77	19.99	19.94	19.57	89							21.72	99				
		Subito	18.60	18.99	21.47	19.69	90												
		Piazza	19.18	19.65	20.64	19.82	90												
	O2	ES6010	22.19	24.84	23.53	23.52	107	23.63	108										
		Atendo	23.00	24.25	23.93	23.72	108												
		Subito	22.90	24.68	24.45	24.01	109												
		Piazza	22.43	23.56	23.85	23.28	106												
	O3	ES6010	22.56	23.07	24.09	23.24	106	22.66	103										
		Atendo	22.10	22.39	22.86	22.45	102												
		Subito	21.60	23.66	23.45	22.90	104												
		Piazza	21.18	22.04	22.98	22.06	101												
	abs.		21.01	22.14	22.68														
	rel.		96	101	103														
Isd 5%			0.23					0.29		0.36				0.27					

F.pr <0.001 voor ras, pl\_m2 en oogsttijd; stikstof F.pr = 0.11; oogsttijd\*ras 0.007 (rasvolgorde verandert per oogsttijd)

Er zijn significante verschillen tussen rassen, plantaantallen en oogsttijdstip. Ook is er een significante interactie tussen oogsttijdstip en ras. De maximale opbrengst bedraagt 24.5 ton per ha en wordt gerealiseerd op het 2<sup>e</sup> oogsttijdstip, dus rond 1 oktober en wel met het ras Subito bij 10 tot 12 planten per m<sup>2</sup>. Het zijn proefveldopbrengsten, naar gemiddelde praktijkopbrengsten gerekend, mag er ongeveer 10-20% af (kopakkers, minder goede percelen). Dit betekent 20 tot 22 ton. Er wordt wel eens gesproken over 30 ton drogestof per ha, dit lijkt met het huidig beschikbare rassensortiment (ook die hier niet meegenomen zijn) vooralsnog wat voorbarig. Een gemiddelde praktijkopbrengst van 20 ton per ha lijkt uitstekend. Ook realiserend, dat er zich op het proefveld geen vocht te kort heeft voorgedaan.

Er wordt in de praktijk soms geschermd met 30 ton drogestof/ha, maar dit lijkt de eerste 10-20 jaar niet realiseerbaar. Bij snijmaïs (belangrijkste selectie criterium kwaliteit) is de gemiddelde opbrengstverhoging door nieuwe rassen gemiddeld 1% per jaar, dit betekent dat het nog 50 jaar duurt alvorens de 30 ton bereikt wordt. Bij specifieke veredeling op opbrengst kan dit wel sneller gaan. Als de rassen al beschikbaar zijn om dit te realiseren moet afgevraagd worden of de teeltomstandigheden, de bodemvruchtbaarheid en het vochtleverend vermogen van de gronden in Nederland dit wel toelaten.

### *(an)organische stof gehalte*

De organische stof in de drogestof wordt gevormd, door de celwanden (hemicellulose, cellulose en lignine), het zetmeel, het suiker, de eiwitten, de vetten en overige zuren en bestanddelen. De rest is anorganische stof. Als er veel suiker en zetmeel wordt gevormd zal het organische stofgehalte toenemen en het anorganische stof gehalte afnemen (verdunding). In tabel 3.6 zien we een gemiddeld anorganisch stofgehalte van 41 gram per kg of te wel 4.1 %. Dit is vrij laag, waarschijnlijk heeft dit ook te maken met het relatief hoge zetmeelgehalte in 2006.

Tabel 3.6 Asgehalte in gram per kg

Asgehalte			PL_m2																	
Stikstof	Oogsttijdstip	Ras	8	10	12	abs.	rel.	N	Nrel	O	Orel	O	Orel	Ras	Rasrel	Ras	Rasrel	100=...		
N1	O1	ES6010	43	43.33	44	43.44	105		40.76	99	43.28	105	44.06	107	40.93	99	41.11	99	41.319	
		Atendo	45.67	44.67	46.33	45.56	110								42.93	104	43.06	104		
		Subito	44.33	42.67	44	43.67	106								40.93	99	41.74	101		
		Piazza	42.67	40	38.67	40.45	98								38.26	93	39.37	95		
	O2	ES6010	36.67	35.67	37	36.45	88				37.28	90	37.94	92						
		Atendo	39.33	39.33	39	39.22	95													
		Subito	38.33	37.67	38	38.00	92													
		Piazza	38	35.33	33	35.44	86													
	O3	ES6010	41	45.67	42	42.89	104				41.72	101	41.96	102						
		Atendo	43.67	44.33	44	44.00	106													
		Subito	44.33	41.33	37.67	41.11	99													
		Piazza	40.33	40	36.33	38.89	94													
N2	O1	ES6010	42.67	44.33	44	43.67	106		41.88	101	44.83	109			41.30	100				
		Atendo	45.67	46	47.33	46.33	112								43.19	105				
		Subito	47	45.33	46.67	46.33	112								42.56	103				
		Piazza	42.67	43	43.33	43.00	104								40.48	98				
	O2	ES6010	40.33	38.33	41.67	40.11	97				38.61	93								
		Atendo	40.67	37.67	39	39.11	95													
		Subito	38.67	36.33	42	39.00	94													
		Piazza	36	36	36.67	36.22	88													
	O3	ES6010	39	41.33	40	40.11	97				42.19	102								
		Atendo	42.33	45.67	44.33	44.11	107													
		Subito	42	42.33	42.67	42.33	102													
		Piazza	42.33	44.67	39.67	42.22	102													
abs.			41.53	41.29	41.14															
rel.			113.9	113.2	112.8															
lsd 5%			0.75					1.41		1.73				0.86						

F.pr <0.001 voor ras, oogsttijdstip.

Er zijn significante rasverschillen, waarbij Piazza het laagste gehalte heeft en Atendo het hoogste gehalte. Subito en ES6010 zijn gelijk aan elkaar en zitten er tussen in. Het hogere N-niveau heeft een iets hoger niet significant gehalte. Een hoger plantaantal lijkt een iets lager asgehalte tengevolge te hebben, maar ook dit is niet significant. Oogsttijdstip 2 heeft een significant lager asgehalte dan de andere twee oogsttijdstippen. Wellicht hier ook hoogste zetmeelgehalte (zie paragraaf 3.1.4). Na de bloei van de maïs neemt het zetmeelgehalte toe, vandaar dat tijdstip 2 een lager asgehalte heeft. Bij tijdstip 3 zal de afname van het suiker- en zetmeelgehalte een rol gespeeld hebben. Na 1 oktober is de verhouding tussen daglengte en

nachtlengte voor maïs negatief, zodat er met name bij nog groen planten 's nachts door verademing meer suiker en zetmeel verbruikt worden dan dat er overdag wordt geproduceerd. De drogestof- / organische stof opbrengst neemt dan ook af. Het asgehalte neemt toe.

### Organische stof opbrengst

Zoals al aangegeven is de resultante van de drogestof en het organische stof gehalte de organische stofopbrengst. De resultaten van de organische stof staan vermeld in tabel 3.7.

Door een 50 kg extra stikstof wordt de organische stof opbrengst verhoogd met 200 kg per ha en betekent een opbrengstverhoging van krap 1%. Dit verschil is niet significant (F.pr=0.172 en lsd5%=290kg), zodat ook gezien milieutechnische aspecten (stikstofuitspoeling) en kostenoverwegingen een stikstofverhoging tot een drogestofopbrengst van 25 ton geen extra stikstof boven het advies voor de teelt van snijmais hoeft te worden gegeven. Er lijkt een interactie tussen stikstof en oogsttijdstip (N1 heeft bij O1 hoogste opbrengst, N2 heeft bij O2 en O3 hoogste opbrengst), maar F.pr=0.13 en lsd5%=510kg.

Bij de factor oogsttijdstip wordt de hoogste opbrengst gerealiseerd op oogsttijdstip 2 (2 oktober). Twee en een halve week daarvoor (O1-14 september) was de opbrengst nog zo'n 3.5 ton minder en twee weken later (O3-16 oktober) was van de opbrengst al weer zo'n 1.1 ton verdwenen. Zoals al bij het (an)organische stofgehalte aangegeven is de verhouding tussen dag- en nacht lengte voor maïs negatief geworden, waardoor per saldo suiker en zetmeel worden verbruikt. Piazza loopt het minst terug, zeker bij N1, dit ras is dan ook al het verst afgerijpt en daardoor zijn zowel productie als verademing al wat vertraagde processen.

Tabel 3.7 Organische stof opbrengst

Organische stofopbrengst			Pl_m2			abs.	rel.	N	Nrel	O	Orel	O	Orel	Ras	Rasrel	Ras	Rasrel	100=...
Stikstof	Oogsttijd	Ras	8	10	12													
N1	O1	ES6010	18.07	19.29	19.88	19.08	91	20.94	100	19.20	91	19.09	91	21.04	100	21.25	101	21.041
		Atendo	18.30	19.52	19.24	19.02	90							20.81	99	20.89	99	
		Subito	18.95	19.45	19.80	19.40	92							21.42	102	21.34	101	
		Piazza	17.89	19.50	20.47	19.28	92							20.51	97	20.68	98	
	O2	ES6010	21.95	22.84	23.44	22.74	108			22.41	107	22.57	107					
		Atendo	22.07	22.18	23.16	22.47	107											
		Subito	22.11	23.47	23.58	23.05	110											
		Piazza	20.11	21.77	22.29	21.39	102											
	O3	ES6010	19.95	21.00	22.91	21.28	101			21.22	101	21.47	102					
		Atendo	20.20	21.09	21.53	20.94	100											
		Subito	20.67	21.72	23.01	21.80	104											
		Piazza	19.73	20.81	22.07	20.87	99											
N2	O1	ES6010	18.64	19.96	20.00	19.53	93	21.14	100	18.98	90			21.47	102			
		Atendo	17.91	19.07	18.99	18.66	89							20.97	100			
		Subito	17.72	18.13	20.47	18.77	89							21.26	101			
		Piazza	18.36	18.80	19.75	18.97	90							20.85	99			
	O2	ES6010	21.30	23.89	22.55	22.58	107			22.72	108							
		Atendo	22.07	23.34	22.99	22.80	108											
		Subito	22.01	23.78	23.42	23.07	110											
		Piazza	21.62	22.71	22.97	22.44	107											
	O3	ES6010	21.68	22.11	23.14	22.31	106			21.71	103							
		Atendo	21.17	21.37	21.85	21.46	102											
		Subito	20.69	22.66	22.45	21.93	104											
		Piazza	20.28	21.05	22.07	21.13	100											
abs.			20.14	21.23	21.75													
rel.			95.7	100.9	103.4													
lsd 5%			0.23			0.29			0.36			0.26						

F.pr <0.001 voor ras, pl\_m2 en oogsttijdstip; stikstof F.pr = 0.172; oogsttijd\*ras 0.008 (rasvolgorde verandert per oogsttijdstip)

Verder zijn er duidelijke rasverschillen in organische stofopbrengst. Subito en ES6010 hebben de hoogste met resp. 21.34 en 21.25 ton/ha, gevolgd door Atendo (20.89 ton/ha) en Piazza (20.68 ton/ha).

Er is wel een duidelijke ras\*oogsttijdstip interactie (F.pr.=0.008 en lsd5%=0.52). Bij O1 zijn hebben alle rassen dezelfde organische stofopbrengst, bij O2 heeft het ras Piazza een significant lagere opbrengst en bij O3 hebben ES6010 en Subito een significant hogere opbrengst dan Atendo en Piazza. Met name Atendo en Subito zakken bij het derde oogsttijdstip veel terug. Dit zal met name te maken hebben met enerzijds het groenere gewas van Atendo (minder afgerijpt, relatief meer verademing) en de zwaardere aantasting door fusarium bij Subito. Fusarium verbruikt suiker en zetmeel.

Tabel 3.8 Organische stofopbrengst – interactie ras\* oogsttijdstip

Oogsttijdstip	Ras-absoluut				Ras - relatief			
	ES6010	Atendo	Subito	Piazza	ES6010	Atendo	Subito	Piazza
O1	19.31	18.84	19.09	19.13	92	90	91	91
O2	22.66	22.63	23.06	21.91	108	108	110	104
O3	21.80	21.20	21.87	21.00	104	101	104	100

Isd 5% 0.52

Omdat de hoogste opbrengst bij oogsttijdstip 2 wordt gerealiseerd zou de opbrengstpotentie en de rasverschillen eigenlijk bij dit tijdstip moeten worden beoordeeld. Uit tabel 3.7 en 3.8 blijkt dan dat Subito de hoogste opbrengst heeft, ruim 23 ton organische stof per ha, gevolgd door ES6010 en Atendo met 22.65 ton per ha en Piazza met 21.9 ton organische stof per ha.

Uit tabel 3.7 blijkt ook dat een verhoging van het plantaantal van 8 naar 10 en vervolgens naar 12 planten per m<sup>2</sup> een significant hogere opbrengst geeft van resp. 1.1 en 0.5 ton organische stof per ha. De maximale opbrengst wordt dus gerealiseerd bij 12 planten per m<sup>2</sup>. In tabel 3.9 zijn zowel de organische als de drogestofopbrengst nogmaals bij elkaar gezet, waarbij ook de relatieve waarden bij de 3 plantaantallen zijn gegeven. Hieruit blijkt dat de maximale opbrengst wordt gerealiseerd bij oogsttijdstip 2. Bij stikstofniveau 1 is bij 12 planten per m<sup>2</sup> en bij stikstofniveau 2 is dit overwegend bij 10 planten per m<sup>2</sup>. Het ras Piazza is hier afwijkend, want ook bij N2 realiseert dit ras de maximale opbrengst bij 12 planten per m<sup>2</sup>. Piazza is duidelijk een iets vroeger en korter gewas, waardoor deze ook bij 12 planten en een hoge N-gift nog extra produceert. De overige rassen zijn later en massaler, waardoor het maximum bij een hoge N-gift al wordt gerealiseerd bij 10 planten per m<sup>2</sup>.

Bij deze maximale opbrengsten bij het hogere plantaantal moeten we ons wel realiseren, dat dit is gerealiseerd in een droog en qua temperatuur en licht instraling redelijk gunstig jaar, waarbij er op deze proef op de Lelystadse klei geen droogte is opgetreden. Onder droge omstandigheden is het optimale plantaantal eerder 9 tot 10 planten, dan 11-12 planten per m<sup>2</sup>. Hieruit blijkt ook dat een 50 kg hogere N-gift resulteert in iets meer plantmateriaal en relatief iets minder kolf, waardoor het zetmeelgehalte iets lager, het gewas iets later, as-gehalte iets hoger en de voederwaarde is lager wordt. De effecten zijn echter gering. Dit wordt mede veroorzaakt doordat Piazza iets anders reageert, dan de overige rassen.

Tabel 3.9 Organische en Drogestofopbrengst

Opbrengst	Stikstof	Oogsttijdstip	Ras	Organische stof - absoluut				Organisch stof - relatief				Drogestof-absoluut							
				8	10	12	gem.	8	10	12	gem.	8	10	12	gem.				
N1	O1	ES6010	18.07	19.29	19.88	19.08	86	92	95	91	18.89	20.17	20.80	19.95	86	92	95	91	
			Atendo	18.30	19.52	19.24	19.02	87	93	91	90	19.17	20.43	20.18	19.93	87	93	92	91
			Subito	18.95	19.45	19.80	19.40	90	92	94	92	19.83	20.31	20.71	20.28	90	93	94	92
			Piazza	17.89	19.50	20.47	19.28	85	93	97	92	18.68	20.31	21.29	20.09	85	93	97	92
	O2	ES6010	21.95	22.84	23.44	22.74	104	109	111	108	22.78	23.68	24.34	23.60	104	108	111	108	
			Atendo	22.07	22.18	23.16	22.47	105	105	110	107	22.97	23.08	24.10	23.38	105	105	110	107
			Subito	22.11	23.47	23.58	23.05	105	112	112	110	22.99	24.39	24.51	23.96	105	111	112	109
			Piazza	20.11	21.77	22.29	21.39	96	103	106	102	20.90	22.57	23.05	22.17	95	103	105	101
	O3	ES6010	19.95	21.00	22.91	21.28	95	100	109	101	20.80	22.00	23.91	22.24	95	100	109	101	
			Atendo	20.20	21.09	21.53	20.94	96	100	102	100	21.12	22.07	22.52	21.90	96	101	103	100
			Subito	20.67	21.72	23.01	21.80	98	103	109	104	21.63	22.66	23.91	22.73	99	103	109	104
			Piazza	19.73	20.81	22.07	20.87	94	99	105	99	20.55	21.68	22.90	21.71	94	99	104	99
N2	O1	ES6010	18.64	19.96	20.00	19.53	89	95	95	93	19.47	20.88	20.92	20.42	89	95	95	93	
			Atendo	17.91	19.07	18.99	18.66	85	91	90	89	18.77	19.99	19.94	19.57	86	91	91	89
			Subito	17.72	18.13	20.47	18.77	84	86	97	89	18.60	18.99	21.47	19.69	85	87	98	90
			Piazza	18.36	18.80	19.75	18.97	87	89	94	90	19.18	19.65	20.64	19.82	87	90	94	90
	O2	ES6010	21.30	23.89	22.55	22.58	101	114	107	107	22.19	24.84	23.53	23.52	101	113	107	107	
			Atendo	22.07	23.34	22.99	22.80	105	111	109	108	23.00	24.25	23.93	23.72	105	111	109	108
			Subito	22.01	23.78	23.42	23.07	105	113	111	110	22.90	24.68	24.45	24.01	104	112	111	109
			Piazza	21.62	22.71	22.97	22.44	103	108	109	107	22.43	23.56	23.85	23.28	102	107	109	106
	O3	ES6010	21.68	22.11	23.14	22.31	103	105	110	106	22.56	23.07	24.09	23.24	103	105	110	106	
			Atendo	21.17	21.37	21.85	21.46	101	102	104	102	22.10	22.39	22.86	22.45	101	102	104	102
			Subito	20.69	22.66	22.45	21.93	98	108	107	104	21.60	23.66	23.45	22.90	98	108	107	104
			Piazza	20.28	21.05	22.07	21.13	96	100	105	100	21.18	22.04	22.98	22.06	97	100	105	101
			20.14	21.23	21.75														
			95.7	100.9	103.4														

### 3.1.3 Kwaliteit: verteringscoëfficiënt organische stof, zetmeel- en suikergehalte

Bij de veevoeding is naast de opbrengst per ha ook de kwaliteit van de maïs een zeer belangrijk aspect. Belangrijke aspecten hierbij zijn de verteringscoëfficiënt van de organische stof (Vcos), het zetmeelgehalte, de verteerbaarheid van de celwanden en het suikergehalte.

Uit kostenoverweging zijn de 3 herhalingen per object samengevoegd tot mengmonsters. Van de 216 monsters bleven er zo 72 over. Deze zijn met behulp van Near Infrared Reflectie Spectroscopy (NIRS) (ook kostenoverweging) geanalyseerd op onder anderen Vcos, zetmeelgehalte en suikergehalte.

Celwandverteerbaarheid is niet bepaald, de huidige NIRSanalyse is hiervoor niet geschikt en de klassieke methode volgens van Soest is hiervoor te duur.

In hoeverre kwaliteit een rol speelt bij de biogasproductie uit maïs is wel de vraag. Enerzijds zullen de componenten (zetmeel, suiker, vet, eiwit en celwanden (cellulose, hemicellulose en lignine) verschillend afbreken. In eerste instantie in ieder geval de snelheid waarmee dit gebeurt en in tweede instantie hoe hoog is de methaanconcentratie in de biogas die vanuit elke component voortkomt. Anderzijds speelt de verblijftijd in de vergister natuurlijk een rol. Laat je het product 80 tot 100 dagen in de vergister dan komt volgens Universiteit Hohenheim al het biogas wat er in zit beschikbaar. De meeste vergisters laten het product er gemiddeld 42 dagen erin zitten. De vraag is dan hoeveel gas is er al uit. Belangrijk hierbij is (afhankelijk van de soort vergister) ook hoeveel nieuw product er dagelijks bij gegooid wordt. Specifiek naar de afzonderlijke componenten gekeken komt al het gas uit zetmeel in principe 10 dagen beschikbaar en vanuit cellulose na 20 dagen (bron Uni-Hohenheim), maar in de celwanden is de cellulose verweven met hemicellulose en lignine. De afbreekbaarheid van de celwanden (oa afhankelijk van ligninegehalte) lijkt dus wel degelijk een rol te spelen.

Volgens Grietje Zeeman van LeAf (zie 3.2) is de afbraakfase (hydrolysefase), de eerste fase die doorlopen moet worden om de diverse componenten beschikbaar te krijgen voor vergisting. Dit is de beperkende fase. Dit bepaald de verblijftijd van het product in de vergister in belangrijke mate. Als de componenten eenmaal beschikbaar zijn duurt het dus voor zetmeel maar 10 dagen en voor cellulose maar 20 dagen om het gas beschikbaar te krijgen. Als de afbreekbaarheid kan worden verbeterd kan de verblijftijd korter worden en kan de vergister op jaarbasis vaker gevuld worden. Dit lijkt dus zeer efficiency verhogend. Volgens Uni-Hohenheim is het vervolgens wel zo dat de hoeveelheid biogas uit een kg zetmeel of cellulose wel gelijk is, mogelijk wel ander methaangehalte.

Dus ook hier lijkt net als bij de veevoeding het zetmeelgehalte en de celwandverteerbaarheid (afbreekbaarheid) wel degelijk een rol te spelen.

#### Vcos

Of de Vcos die in de melkveevoeding als belangrijke parameter wordt gezien ook hier toegepast kan worden is wel de vraag, maar dit geeft wel het potentiële energieniveau aan, waarbij het gemalen product in principe 48 uur met pensvocht is weggezet. Het product zit echter ongemalen, maar wel langer in de vergister, dus hierbij deze kanttekening.

Gemiddeld is de organische stof voor bijna 75% verteerbaar. Voor Vcos is er een significant effect gevonden voor oogsttijdstip, ras en plantaantal. Niet voor stikstof en er zijn ook geen interacties tussen factoren waargenomen.

Tabel 3.10 Vcos bepaald met NIRS aan mengmonsters (niet per herhaling)

	Stikstof		Oogsttijd			Ras				Pl_m2		
	N1	N2	O1	O2	O3	ES6010	Atendo	Subito	Piazza	8	10	12
abs	74.92	74.79	74.167	76.117	74.287	75.244	74.739	72.917	76.528	75.304	74.771	74.496
rel	100.1	99.9	99.1	101.7	99.2	100.5	99.8	97.4	102.2	100.6	99.9	99.5
lsd 5%	0.33		0.41			0.47				0.41		

F.pr < 0.001 voor oogsttijdstip, ras en pl\_m2

Gemiddelde 74.857

Het stikstofniveau heeft dus geen significante invloed op de Vcos, hoewel deze iets lager lijkt bij de hogere N-gift. Dit zou passen in de veronderstelling van iets meer plantmateriaal en iets minder kolf. Bij Oogsttijdstip 2 zien we de hoogste Vcos. Dit komt overeen met de veronderstelling dat van O1 naar O2 het suikergehalte en natuurlijk vooral het zetmeelgehalte toenemen en dat deze toename de afname van de celwandverteerbaarheid compenseert. Daarbij wel realiseren dat het effect van de afname in celwandverteerbaarheid met NIRS niet volledig wordt in geschat. Van O2 naar O3 wordt er een afname van het zetmeel- en suikergehalte verondersteld en in geringe mate van de celwandverteerbaarheid, zodat het logisch is dat de Vcos hier weer afgenomen is.

De rasverschillen in Vcos zijn zeer duidelijk aanwezig, waarbij Piazza de best verteerbare organisch stof heeft, gevolgd door ES6010, Atendo en Subito.

Een hoger plantaantal betekent een significant lagere Vcos. Zeker van 8 naar 10 planten per m<sup>2</sup>. Bij 12 planten is deze nog iets verder afgenomen, maar niet significant.



*In de kolf slaat de mais het zetmeel op. Daarmee is een goede kolfontwikkeling en vulling belangrijk voor het zetmeelgehalte en de verteringscoëfficiënt van de organische stof.*

#### *Zetmeelgehalte*

Een belangrijke component in de Vcos is het zetmeelgehalte. Als het zetmeel eenmaal ontsloten is, levert snel gas. Uit Duitse literatuur (Uni-Hohenheim) blijkt dat 90% van het beschikbare biogas in zetmeel al na 7 dagen vrij komt. Waarbij per kg organische stof er gemiddeld 350 m<sup>3</sup> biogas vrij komt, met een methaangehalte van 45%.

Uit de resultaten van de proef (tabel 3.11) blijkt dat er gemiddeld 347 gram zetmeel in 1 kg drogestof zit.

Tabel 3.11 Zetmeelgehalte met NIRS aan mengmonsters (niet per herhaling)

	Stikstof		Oogsttijd			Ras				Pl_m2		
	N1	N2	O1	O2	O3	ES6010	Atendo	Subito	Piazza	8	10	12
abs	349.3	344.5	291.6	391.1	358	365.9	333.9	328.9	358.9	347.8	346.5	346.4
rel	100.7	99.3	84.1	112.7	103.2	105.5	96.3	94.8	103.5	100.3	99.9	99.9
Isd 5%	7		8.6			9.9				8.6		

F.pr < 0.001 voor oogsttijdstip en ras; voor oogsttijdstip\*ras 0.004; stikstof\*plantaantal 0.026; ras\*pl\_m2 0.023

Gemiddelde 346.9

Er zijn significante verschillen geconstateerd voor oogsttijdstip en ras. Een 50 kg hogere stikstofgift laat een iets lager niet significant zetmeelgehalte zien, dit ondersteunt weer de veronderstelling dat er iets meer plant gevormd zal zijn door de extra stikstof. Tijdens de afrijping neemt het zetmeelgehalte toe, dus van O1 naar O2. We zien zelfs een toename van 100 gr/kgds. Na 2 oktober neemt het zetmeelgehalte echter weer af. Dit wordt veroorzaakt door de al eerder aangegeven negatieve balans tussen productie en verademing (dag/nachtlenge). Er zijn ook duidelijke rasverschillen ES6010 en Piazza hebben een significant hoger zetmeelgehalte dan Atendo en Subito. Door een hoger plantaantal zou er een lager zetmeelgehalte verwacht worden. Er is wel een tendens, maar geen significante afname. Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt door het goede vochtleverende vermogen van de kleigrond en tevens door de ras\*pl/m2-interactie (tabel 3.12). Bij alle rassen neemt het zetmeelgehalte af bij een hoger plantaantal, behalve bij Piazza (minder massaal) waar we een significante toename zien. Bij ES6010 is de afname significant, bij Atendo en Subito niet.

Verder zijn er significante interacties (tabel 3.12) tussen oogsttijdstip\*ras en stikstof\*pl/m2. Bij oogsttijdstip 1 en 2 verschillen ES6010 en Piazza significant van Atendo en Subito. Bij oogsttijdstip 3 verschilt ES6010 significant van de overige 3 rassen. De interactie stikstof\*plantaantal is te verklaren, doordat een verhoging van beide factoren relatief veel plantmateriaal veroorzaakt, waardoor bij N1 het zetmeelgehalte nog wel toeneemt bij een hoger plantaantal, maar bij N2 niet meer.

Tabel 3.12 Zetmeelgehalte: interacties tussen Oogsttijdstip\*Ras; Stikstof\*Pl/m2 en Ras\*Pl/m2

Oogsttijd	Ras - absoluut				Ras - relatief			
	ES6010	Atendo	Subito	Piazza	ES6010	Atendo	Subito	Piazza
O1	310.2	270.5	264.3	321.3	89	78	76	93
O2	406.7	378.2	379.7	399.8	117	109	109	115
O3	380.8	353	342.7	355.7	110	102	99	103
Isd 5%	17.2							

Ras	Pl_m2		
	8	10	12
ES6010	378	360.7	359
Atendo	335.8	333.8	332
Subito	330.7	333.3	322.7
Piazza	346.8	358	372
Isd 5%	17.2		

Stikstof	Pl_m2		
	8	10	12
N1	344.5	348.3	355.1
N2	351.2	344.6	337.8
Isd 5%	12.2		

### Suikergehalte

Tijdens de assimilatie produceert de plant suiker, bij maïs wordt suiker vervolgens in de kolf opgeslagen als zetmeel. De opslag van zetmeel in de kolf gaat door totdat de blacklayer (kurklaagje) zich gevormd heeft op de plaats waar de korrel aan de spil verbonden zit. Tot dit moment zal het zetmeelgehalte toenemen. Als de blacklayer gevormd is en de groeiomstandigheden (dag-/nachtlenge) nog voldoende gunstig zijn zal het suikergehalte blijven stijgen in de plant. Zijn de groeiomstandigheden ongunstig (na 1 oktober) dan zal er meer suiker door de plant worden geconsumeerd dan geproduceerd, dus een afname van het suikergehalte. Ook fusarium heeft een afname van het suikergehalte tot gevolg, omdat de schimmels de suikers consumeren. Daarnaast speelt er natuurlijk nog het principe van verdunning, als er veel zetmeel wordt gevormd, neemt de drogestofopbrengst toe, waardoor bij een gelijkblijvende hoeveelheid suiker toch het suikergehalte kan verlagen.

Bij ongunstige omstandigheden (na 1 oktober) kan, als de blacklayer nog niet gevormd is, toch nog weer zetmeel terug worden omgevormd naar suiker en kan dus ook het zetmeelgehalte nog weer afnemen. Het tijdstip waarop de blacklayer wordt gevormd en het maximum aan zetmeel is gevormd, is afhankelijk van de



vroegheid van een ras. Bij late rassen is er daardoor een grotere kans op het terug vloeien van zetmeel naar de plant in de vorm van suiker.

Zetmeel- en suikergehalte zijn dus ergens aan elkaar gerelateerd, maar door allerlei invloeden is de verhouding suiker en zetmeel niet altijd even duidelijk te verklaren.

De waargenomen suikergehalten zijn terug te vinden in tabel 3.13. Het stikstofniveau heeft geen significant effect op het suikergehalte, hoewel het bij N2 iets lager is, mogelijk doordat er meer plantgevormd is (verdunding?). Bij een later oogsttijdstip zien we een significante afname van het suikergehalte. In het begin (juli/augustus) wordt er veel suiker gevormd, dat gedurende de afrijping wordt omgezet in zetmeel (omzetting en verdunding). Na oogsttijdstip 2 wordt er echter ook suiker geconsumeerd door de plant als ook door de fusarium die dan op gaat spelen. Er zijn ook significante rasverschillen. Dit is mede afhankelijk van de vroegheid van de rassen als ook de grote van de kolf (opslagplaats). Als er kleine kolfjes worden gevormd kan er ook minder zetmeel worden opgeslagen.



*Grote of kleine kolven een heel verschil*

Tabel 3.13 Suikergehalte (NIRS) aan mengmonsters

	Stikstof		Oogsttijd			Ras				Pl_m2		
	N1	N2	O1	O2	O3	ES6010	Atendo	Subito	Piazza	8	10	12
abs	50.94	49.53	56.38	50.21	44.12	47.78	57.28	43.83	52.06	53.96	49.46	47.29
rel	101.4	98.6	112.2	99.9	87.8	95.1	114.0	87.2	103.6	107.4	98.4	94.1
Isd 5%	2.2		2.7			3.1				2.7		

F.pr < 0.001 voor oogsttijdstip, ras en plantaantal; voor oogsttijdstip\*ras 0.002; ras\*pl\_m2 <0.01

Ook is er een significante afname van het suikergehalte bij een hoger plantaantal, vooral van 8 naar 10 planten per m<sup>2</sup>. Hoger plantaantal gaat gepaard met een hoger plantaandeel en daarmee mogelijk een lager suikergehalte als gevolg van verdunning of er is per plant gewoon minder licht beschikbaar, waardoor er minder suiker per plant gevormd wordt.

In tabel 3.14 is te constateren dat er een interactie is tussen Oogsttijd\**Ras* en tussen *Ras*\*Pl/m<sup>2</sup>. Bij het eerste oogstmoment heeft Atendo het hoogste suikergehalte, wellicht is er op dit moment nog een kleinere kolf waardoor er minder suiker kan worden opgeslagen. Bij oogsttijd 3 heeft Piazza het hoogste suikergehalte. Mogelijk is het gewas verder in afrijping, waardoor de verademing minder heftig gaat en daardoor het suikergehalte meer op peil blijft. Ook is het mogelijk dat de blacklayer er al is, maar gezien de afname van het suikergehalte bij O3 lijkt dit toch ook weer niet logisch. Het lage suikergehalte bij Subito zal bij O3 ook deels veroorzaakt zijn door een zwaardere fusariumaantasting (zie paragraaf 3.1.5).

Tabel 3.14 Suikergehalte; interacties tussen Oogsttijd\**Ras* en *Ras*\*Pl/m<sup>2</sup>

Oogsttijd	Ras - absoluut				Ras - relatief			
	ES6010	Atendo	Subito	Piazza	ES6010	Atendo	Subito	Piazza
O1	54.2	67.3	50.3	53.7	108	134	100	107
O2	47.7	56.8	45.5	50.8	95	113	91	101
O3	41.5	47.7	35.7	51.7	83	95	71	103
Isd 5%	5.4							

  

Ras	Pl_m2		
	8	10	12
ES6010	48.0	45.8	49.5
Atendo	63.5	55.8	52.5
Subito	44.7	43.7	43.2
Piazza	59.7	52.5	44.0
Isd 5%	5.4		

Uit tabel 3.14 blijkt dat de rasvolgorde in suikergehalte per plantaantal verschillend is. Bij 8 pl/m<sup>2</sup> hebben Atendo en Piazza een significant hoger suikergehalte dan Subito en ES6010. Bij 12 pl/m<sup>2</sup> hebben Atendo en ES6010 een significant hoger suikergehalte dan Subito en Piazza.

### 3.1.4 Beginontwikkeling, plantlengte en fusariumaantasting

Gedurende het groeiseizoen zijn naast de vroegheid van bloei ook de beginontwikkeling, plantlengte en de builenbrand- en fusariumaantasting waargenomen. De builenbrandaantasting was te laag om op grond daarvan conclusies te trekken.

#### *Beginontwikkeling*

In het rassenonderzoek wordt de beginontwikkeling waargenomen als zijnde een maat voor de onkruidonderdrukking. Daarom wordt deze relatief laat waargenomen en wel op het moment dat de eerste objecten het grondoppervlak volledig bedekken. In tabel 3.15 zijn de resultaten weergegeven. Iets meer stikstof lijkt het gewas haast iets trager te maken, maar dit is niet significant. Logisch dat oogsttijd geen effect heeft op de beginontwikkeling, hoewel ook hier door de waarneming of door de variatie in het veld toch iets effect lijkt te hebben. Interessant om te zien en in dit kader is ook het verschil tussen de 2 stikstof niveaus te verklaren.

Er zijn alleen significante verschillen tussen rassen en plantaantallen. Dat er rasverschillen zijn is natuurlijk ook al vanuit het reguliere rassenonderzoek bekend. Het ras Subito is in het begin het traagst, tussen de overige rassen zijn geen significante verschillen, maar ES6010 lijkt het vlotst. Ook het plantaantal heeft een significant effect wat natuurlijk veroorzaakt wordt door de groter bladmassa, waardoor de planten eerder het veld dicht hebben en door verdringing ook sneller omhoog groeien. Een logische verklaring dus.

#### *Plantlengte*

Mais heeft een vegetatieve en een generatieve fase. De lengte groei (stengelstrekking) van de maïs gaat door tot enkele weken na de bloei. Rond half augustus heeft de maïs zijn plantlengte bereikt. De waarneming heeft plaatsgevonden in september en de resultaten zijn weergegeven in tabel 3.16. De 50 kg hogere stikstofgift heeft geen effect gehad op de plantlengte. Op basis van cijfers van de andere eigenschappen lijkt het er toch op dat er iets meer plant is bij een hogere N-gift. Als het niet in de lengte zit, dan moet het in de bladmassa zitten. Het oogsttijd laat logischer wijs geen significant effect zien omdat

alles in september gemeten is. Onderzoekstechnisch dus niet helemaal juist als je effect van oogsttijdstip op plantlengte wilt weten, maar vanuit ander onderzoek is bekend, dat mais rond half augustus de maximale lengte al bereikt heeft.

Tabel 3.15 Beginontwikkeling

Beginontwikkeling			PI_m2																
Stikstof	Oogsttijd	Ras	8	10	12	abs.	rel.	N	Nrel	O	Orel	O	Orel	Ras	Rasrel	Ras	Rasrel	100=...	
N1	O1	ES6010	6.333	7	8.167	7.17	113	6.50	102	6.78	107	6.53	103	6.72	106	6.67	105	6.3541	
		Atendo	6	6.833	7.167	6.67	105							6.72	106	6.51	102		
		Subito	5	6.667	6.833	6.17	97							5.96	94	5.73	90		
		Piazza	5.333	7.833	8.167	7.11	112							6.59	104	6.51	102		
	O2	ES6010	5.667	6	8.333	6.67	105	6.61	104	6.44	101								
		Atendo	6.833	6.667	6.833	6.78	107												
		Subito	4.833	7	7.5	6.44	101												
		Piazza	6.333	6.5	6.833	6.56	103												
	O3	ES6010	4.833	6.333	7.833	6.33	100	6.11	96	6.09	96								
		Atendo	5.167	6.667	8.333	6.72	106												
		Subito	4.5	5.333	6	5.28	83												
		Piazza	5.333	6.833	6.167	6.11	96												
N2	O1	ES6010	4.833	6.5	8	6.44	101	6.21	98	6.28	99	6.61	104						
		Atendo	4.5	7.167	7.5	6.39	101							6.30	99				
		Subito	4.167	5.333	7	5.50	87									5.50	87		
		Piazza	5.833	6.833	7.667	6.78	107											6.43	101
	O2	ES6010	5.667	7.5	7.5	6.89	108	6.28	99										
		Atendo	5.833	6.833	7	6.56	103												
		Subito	3.667	5.833	6.833	5.44	86												
		Piazza	4	7	7.667	6.22	98												
	O3	ES6010	5.667	6.333	7.5	6.50	102	6.07	96										
		Atendo	5.167	5.833	6.833	5.94	94												
		Subito	4	5.667	7	5.56	87												
		Piazza	5.5	6	7.333	6.28	99												
abs.			5.21	6.52	7.33														
rel.			82.0	102.6	115.4														
Isd 5%			0.27			0.59			0.72				0.31						

F.pr < 0.001 voor ras en PI\_m2

Wel zijn er duidelijke rasverschillen. Piazza is echt het kortste ras met 287 cm, terwijl de andere rassen met lengtes rond 305-310 cm ook nog significant van elkaar verschillen. Verder is er ook een significant verschil in plantlengte door het plantaantal. Hoe hoger het plantaantal langer de maïs. Door het hogere plantaantal staan de planten elkaar te verdringen, waardoor de planten meer gedwongen worden omhoog te groeien, hoewel het effect slechts 4 cm is tussen 8 of 12 planten per m2.

### Fusarium

Als maïs in de afrijpingsfase wordt aangetast door Fusariumschimmels dan kan dit tot gevolg hebben dat de stengelvoet door rot en planten versneld afsterven. De planten zijn gevoelig voor legering en het drogestofgehalte neemt versneld toe. Schimmels verbruiken de suikers in de plant. Dit kan het inkuilproces bemoeilijken en ook broei tot gevolg hebben bij het uitkuilen. Schimmels en toxinen die hierdoor secundair aanwezig zijn, kunnen een negatief effect hebben op de bacteriën in de vergister en daarmee op het vergistingsproces. Een zware fusariumaantasting moet voorkomen worden.

In 2006 bleven de rassen lang gevrijwaard van een fusariumaantasting. Het gewas bleef hierdoor lang groen. Pas bij het derde oogsttijdstip was er een massale aantasting. Hierdoor is er dus duidelijk een effect van oogsttijdstip, hoewel O1 en O2 niet zijn waargenomen. De resultaten zijn weergegeven in tabel 3.17. Het verhoogde stikstofniveau heeft niet geleid tot een hogere aantasting door fusarium. Er zijn wel eens effecten gevonden van een lagere fusariumaantasting bij minder stikstof, maar dat was als de N-gift drastisch werd verlaagd.

Tabel 3.16 Plantlengte

Plantlengte in cm			Pl_m2															
Stikstof	Oogsttijd	Ras	8	10	12		N	Nrel	O	Orel	O	Orel	Ras	Rasrel	Ras	Rasrel	100=...	
N1	O1	ES6010	305.0	305.0	308.3	306.1	101	302.13	100	304.44	101	301.67	100	303.89	101	304.35	101	302.2
		Atendo	313.3	310.0	311.7	311.7	103							309.63	102	309.17	102	
		Subito	308.3	310.0	311.7	310.0	103							307.78	102	307.96	102	
		Piazza	283.3	290.0	296.7	290.0	96							287.22	95	287.32	95	
	O2	ES6010	298.3	305.0	296.7	300.0	99			299.72	99	301.81	100					
		Atendo	303.3	306.7	308.3	306.1	101											
		Subito	301.7	310.0	308.3	306.7	101											
		Piazza	281.7	286.7	290.0	286.1	95											
	O3	ES6010	305.0	308.3	303.3	305.6	101			302.22	100	303.12	100					
		Atendo	308.3	308.3	316.7	311.1	103											
		Subito	308.3	306.7	305.0	306.7	101											
		Piazza	280.0	290.0	286.7	285.6	94											
N2	O1	ES6010	300.0	300.0	303.3	301.1	100	302.27	100	298.89	99			304.81	101			
		Atendo	303.3	315.0	301.7	306.7	101							308.70	102			
		Subito	301.7	308.3	300.0	303.3	100							308.15	102			
		Piazza	281.7	281.7	290.0	284.4	94							287.41	95			
	O2	ES6010	305.0	305.0	308.3	306.1	101			303.89	101							
		Atendo	305.0	310.0	313.3	309.4	102											
		Subito	306.7	313.3	313.3	311.1	103											
		Piazza	283.3	291.7	291.7	288.9	96											
	O3	ES6010	305.0	308.3	308.3	307.2	102			304.03	101							
		Atendo	306.7	311.7	311.7	310.0	103											
		Subito	308.3	313.3	308.3	310.0	103											
		Piazza	285.0	288.3	293.3	288.9	96											
			299.5	303.5	303.6													
			99.1	100.4	100.5													
Isd 5%			1.80					2.6				3.2				2.1		

F.pr &lt; 0.001 voor ras en Pl\_m2

Er zijn duidelijke rasverschillen. Het ras Subito heeft de hoogste aantasting met gemiddeld 62%, gevolgd door ES6010, Atendo en Piazza met resp. 24, 19 en 4% aantasting. Piazza heeft ondanks het hogere drogestofgehalte een veel lagere gevoeligheid voor fusarium.

Ook het plantaantal heeft een significante invloed op de fusariumaantasting. Op het derde oogststijdstip is de aantasting bij 8, 10 en 12 planten per m2 resp. ongeveer 19%, 28% en 36%. Door het hogere plantaantal wordt door het specifieke klimaat dat er dan in het gewas heerst, ontstaat een zwaardere aantasting door fusarium.

Tabel 3.17 Fusariumaantasting in % aangetaste planten – 3<sup>e</sup> oogststijdstip

Fusarium%		Pl_m2												
Stikstof	Ras	8	10	12	abs.	rel.	N	Nrel	Ras	Rasrel	100=...			
N1	ES6010	8.97	23.96	30.26	21.06	77	27.11	99	24.07	88	27.347			
	Atendo	12.82	20.83	25.22	19.62	72			18.98	69				
	Subito	53.53	62.24	73.68	63.15	231			62.48	228				
	Piazza	0.96	1.04	11.84	4.61	17			3.86	14				
N2	ES6010	16.67	29.69	34.87	27.08	99	27.58	101						
	Atendo	8.33	16.41	30.26	18.33	67								
	Subito	49.36	64.58	71.49	61.81	226								
	Piazza	0	2.08	7.24	3.11	11								
abs		18.83	27.60	35.61										
rel.		68.8	100.9	130.2										
		3.90					12.9		4.6					

F.pr &lt; 0.001 voor ras en Pl\_m2

## 3.2 Demomiddag en kennisverspreiding

Een van de doelen van dit was het verspreiden van de verkregen kennis. Hierbij is niet alleen gebruik gemaakt van de verkregen kennis, maar is er ook extra informatie (literatuur en onderzoek) van buiten bij in gebracht.

De proef lag op de Broekemahoeve te Lelystad. Op deze PPO-onderzoekslocatie draait het programma “De Smaak van Morgen”. Regelmatig waren er excursies op deze onderzoekslocaties, waar dan telkens ook aandacht besteed werd aan deze proef. Een van de ander grote activiteiten vanuit dit programma was de biologische velddag, die in samenwerking met Agrifirm is georganiseerd. Ook hier is de teeltoptimalisatieproef ruimschoots in beeld geweest (zie foto).



*Tijdens de biologische velddag op 7 juli was er ook aandacht voor biogasmais (energiemaïs)*

Ook in de pers is en wordt er het komende voorjaar aandacht besteed aan dit project. Er is al informatie over verschenen in “Het Loonbedrijf” en na afronding van dit rapport zal er binnenkort een artikel worden aangeboden aan Agrarisch Dagblad, Nieuwe Oogst, Boerderij, Veldpost, Stal & Akker, Vee & Gewas. Tevens is middels een interview meegewerkt aan het blad “Crop Sciences van Bayer”, dat een speciale bijlage “De maïskoerier” heeft uitgebracht. Ook via internet is en zal er informatie verschijnen over de resultaten van deze proef. Via een tip is er al iets over verschenen op [www.kennisakker.nl](http://www.kennisakker.nl) (van HPA) en ook dit volledige rapport met aparte samenvatting zullen binnenkort op deze site verschijnen. Een samenvatting zal ook op [www.syscope.nl](http://www.syscope.nl) verschijnen, waarop veel informatie over systeeminnovatie onderzoek is te vinden.

### 3.2.1 Demo- en discussiemiddag

Om de teelt en de perspectieven beter in beeld te brengen bij de praktijk is er rond dit project een demo- en discussiemiddag georganiseerd op 24 augustus 2006. Waarmee we ook via de regionale pers de boer en burger hebben bereikt.

Deze middag kreeg als titel mee: **“Energimaïs - Maïs voer voor de vergister”**.

Na een algemene inleiding door Jos Groten van het Praktijkonderzoek Plant & Omgeving (PPO) werden hier een drietal korte inleidingen verzorgd. Waar mogelijk werden pasklare antwoorden gegeven, maar er werden ook mogelijk scenario's geschetst. Waar bij gefocust werd op literatuur, huidige ontwikkelingen en tussentijdse resultaten van dit of ander onderzoek.

De volgende drie inleidingen werden verzorgd:

- Welke samenstelling moet maïs hebben voor een optimale vergisting?

Mevr. Dr. Ir. Grietje Zeeman – Senior Consultant - Lettinga Associates Foundation (LeAF)

- Wat is de optimale teeltstrategie voor biogasmaïs?

Dhr. Ing. Jos Groten – Teeltonderzoeker - Praktijkonderzoek Plant & Omgeving (PPO)

- Hoe digestaat duurzaam toepassen?

Dhr. Ir. Peter Dekker – Bemestingsonderzoeker - Praktijkonderzoek Plant & Omgeving (PPO)

Na deze presentaties is gedurende het laatste uur de teeltoptimalisatieproef biogasmaïs en de verschillende objecten daarin bezichtigd en werd er verder gediscussieerd.

Een zeer interessante bijeenkomst doordat slechts alleen echt geïnteresseerden aanwezig waren. Een week voor deze bijeenkomst op 18 augustus heeft Minister Wijn van Economische Zaken de MEP-subsidie met onmiddellijke ingang stopgezet. Dit heeft een negatieve stemming teweeg gebracht en tevens zal dit het bezoekers aantal aan deze middag beïnvloed hebben. Er waren uiteindelijk nog 25 zeer geïnteresseerde aanwezigen.

In bijlage 3 zijn de handouts van de presentaties opgenomen, zodat u die nog eens na kunt kijken. Hieronder worden samenvattend kort de hoofdpunten nog even op een rij gezet.

#### *Inleiding*

De omzetting van organische stof door middel van vergisting tot biogas (waarin 50-75% CH<sub>4</sub>), om hier vervolgens elektriciteit en warmte van te produceren, is één van de mogelijke vormen van duurzame energie. Als organische stof kan mest, reststromen of gewassen (maïs)gebruikt worden. Mest alleen geeft te weinig rendement.

Voor dat er een vergister gebouwd wordt is het belangrijk zowel de aanvoer van organisch materiaal als de afzet van het digestaat gegarandeerd te hebben (langjarige contracten).

De kWhprijs is 3.5 ct (voorzichtige kant) en de subsidie is 9.7 ct per kWh). Totaal 13 ct, wat het geheel rendabel maakt.

Als de subsidie wegvalt (nu: aug2006 actueel) zal het rendement verhoogd moeten worden. Dit kan door de warmte ook te benutten, het gas te leveren op het gasnet, door betere WKK's, een hogere kWh-prijs.

Maar ook door een optimaal rantsoen te vergisten is het rendement te verhogen. Hierdoor kan er een hoge methaanproductie per m<sup>3</sup> product en een korte doorlooptijd van het product bewerkstellingen worden. Dit is te beïnvloeden door de optimale samenstelling van het rantsoen en de afzonderlijke producten. Dit laatste is te beïnvloeden door teeltmaatregelen en rassenkeuze, waarvoor de teeltoptimalisatieproef gegevens moet aanleveren.

Ook het afleveren van een digestaat van een bepaalde samenstelling levert mogelijk een bijdrage aan het rendement. De samenstelling is te beïnvloeden door het rantsoen en door een eventuele nabewerking.

De volgende essentiële vragen komen in het vervolg van deze presentaties aan de orde: Welk rantsoen is optimaal? Welke maïs hoort hierbij en hoe deze te telen? Hoe digestaat duurzaam toe te passen?



### *Optimale samenstelling substraat*

Mw. Zeeman geeft in de eerste presentatie aan, dat het vergistingsproces een anaëroob proces is, waarbij organische stof gedeeltelijk wordt omgezet in methaangas. Bacteriën breken de organische stof af. Grote moleculen (cellulose, zetmeel, eiwit en vet) worden omgezet in kleine moleculen. Maar voor de grote moleculen omgezet kunnen worden moeten ze eerst beschikbaar gemaakt worden. Deze totale afbraakfase, wordt de hydrolysefase genoemd. Dit is de remmende fase in het totale proces. Als de componenten eenmaal beschikbaar zijn komt er gas redelijk snel beschikbaar. In de hydrolysefase wordt eiwit omgezet in aminozuren, koolhydraten in suikers en vet in vetzuren. Deze componenten (allen celinhoud) zijn redelijk makkelijk tot snel te hydrolyseren en geven hoge tot gemiddelde gasproducties per kg organische stof. Gemiddeld over de gewassen bestaan de celwanden (lignocellulose) uit cellulose (40-50%), hemicellulose (20-30%) en lignine (15-25%) (houtstof). Hoewel bij snijmaïs slechts 5% van de celwanden uit lignine bestaat, maar snijmaïs is hierop veredeld (opmerking Groten). De hemicellulose en cellulose zijn makkelijk hydrolyseerbaar. De lignine is hierin een ongunstige component, het is anaëroob niet afbreekbaar. Het probleem is veel al dat de lignine door de hele celwand heen is gekronkeld en dat er allerlei verbindingen zijn met cellulose en hemicellulose. Bij snijmaïs is de celwandverteerbaarheid een mate voor de afbreekbaarheid van celwanden in de pens van een koe. Wellicht speelt deze eigenschap ook een belangrijke rol in de hydrolysefase van plantmateriaal. Celwanden moeten eerst worden afgebroken alvorens de celinhoud beschikbaar komt. (opmerking Groten).

Mw. Zeeman vervolgt haar presentatie met de bepalingmethode van potentiële biogasproducties. Dit is afhankelijk van de anaërobe vergistbaarheid (BMP=biologische methaanproductie) van een substraat en de hydrolysesnelheidsconstante ( $k_p$ ). Beide zijn te bepalen in Batchexperimenten. Op basis van deze 2 parameters kan de gasproductie in een volledig gemengd doorstroom systeem, bij een bepaalde temperatuur en verblijftijd worden voorspeld.

Als conclusie stelt zij, dat de totale gasproductie afhankelijk is van het organische stofgehalte van het substraat, de anaërobe vergistbaarheid (BMP) en de hydrolysesnelheid. Waarbij de laatste 2 per gewascomponent verschillend zijn, waarbij celinhoud interessanter is dan celwand. Lignine speelt met name een belangrijke negatieve rol. Als het product 60 dagen of langer in de vergister blijft komt al het gas wel beschikbaar, maar interessant is natuurlijk om de verblijftijd in de vergister te verkorten, waardoor het rendement stijgt.

### *Optimale maïsteelt*

Op basis hiervan is in de tweede presentatie door dhr. Groten aangegeven hoe maïs past in dit plaatje en wat mogelijke teeltmaatregelen zijn om het optimale product te verkrijgen. In eerste instantie wordt begonnen met het opsommen van de punten, waardoor maïs wordt beoordeeld als een interessant vergistingsgewas. Het belangrijkste: de methaanproductie per ha is hoog en het gewas is makkelijk te telen en te bewaren.

De vraag is echter zijn er rasverschillen en is met teeltmaatregelen de methaanproductie nog te beïnvloeden en ook moeten we kijken naar opbrengst per ha of naar kwaliteit (per kg organische stof).

Volgens Mw. Zeeman is de kwaliteit een zeer belangrijke parameter. Beide hoog is natuurlijk het beste, maar veelal gaat de een ten koste van de ander.

Bij deze vraag moeten we kijken naar de kosten van de productiefactoren rond vergisting en het rendement hiervan. De biogasvergister is eerste en de belangrijkste kostenpost (grote investering) en deze rendeert het best als de hoogste gasproductie per dag wordt gehaald, wat eigenlijk betekent per tijdseenheid zoveel mogelijk gas produceren per m<sup>3</sup> substraat. Hierbij speelt de kwaliteit (samenstelling product) de belangrijkste rol. De tweede kostenpost is de hectare grond, welke het best rendeert bij de hoogste gasproductie per ha. Hierbij zijn zowel opbrengst als kwaliteit belangrijk.

De derde kostenpost is transport en opslag. Ook hier is zoveel mogelijk gas per m<sup>3</sup> product een zeer belangrijk criterium voor het hoogste rendement. Dus kwaliteit belangrijk. Niet te veel water transporteren en opslaan, dus een voldoende hoog gehalte drogestof en per kg drogestof zoveel mogelijk celinhoud of een hoge celwandafbreekbaarheid. De laatste en zeker niet onbelangrijke kostenpost is arbeid. Ook hier geldt wat voor de kostenpost transport geldt, zoveel mogelijk gas per m<sup>3</sup> product dat je moet be- en verwerken.

Voor de belangrijkste kostenposten, vergister, transport/opslag en arbeid is de gasproductie per m<sup>3</sup> substraat het belangrijkste en is de opbrengst per ha van ondergeschikt belang. Is de producent van het

substraat (teler) een ander dan de eigenaar van de vergister dan kan opbrengst een rol gaan spelen, maar dit is afhankelijk van de prijswaardering van het substraat. De prijs zou eigenlijk afgestemd moeten worden op de kwaliteit van het geleverde product. Als dit gebeurt dan is opbrengst helemaal van ondergeschikt belang ten opzichte van kwaliteit. Als er per ton uit betaald gaat worden komt het voor de teler natuurlijk anders te liggen en zal deze zich meer richten op opbrengst en niet op kwaliteit, wat in het nadeel van de eigenaar van de vergister is. Waarschijnlijk betaald hij dan meer geld voor minder gas.

Opbrengst kan wel een rol gaan spelen in situaties van schaarste. In Duitsland is er plaatselijk soms een te kort aan te vergisten product. Dan gaat opbrengst wel een rol spelen, want je kunt beter iets vergisten dan niets. De grootste kostenpost moet wel aan het draaien blijven.

Nu duidelijk is, dat onder normale omstandigheden en vanuit de vergister geredeneerd de kwaliteit het belangrijkste is, of te wel de methaangasproductie per m<sup>3</sup> product, moet bekeken worden hoe deze kwaliteit bij snijmais te beïnvloeden is. Waarbij opbrengst niet uit het oog moet worden verloren. De methaangasproductie is in eerste instantie afhankelijk van het organische stof gehalte (=drogestof minus anorganische stof (as)). Dus het asgehalte moet zo laag mogelijk zijn. Vervolgens moet er in de organische stof zoveel mogelijk celinhoud (zetmeel, suiker, vet, eiwit) aanwezig zijn en de celwanden die er dan nog in zitten moeten snel afbreekbaar zijn. Een hoge celwandverteerbaarheid maakt de componenten sneller beschikbaar voor de bacteriën waardoor de verblijftijd mogelijk verkort kan worden.

Dus de teelt van mais moet gericht zijn op meer celinhoud en een betere celwandverteerbaarheid.

Teeltaspecten als plantaantal, oogsttijdstip, bemesting en rassenkeuze hebben hier invloed op. Daarnaast hebben deze aspecten ook effect op de opbrengst. De vraag blijft nog wel waar ligt het optimum. Vragen die deels al opgelost worden door de teeltoptimalisatieproef welke ook in dit rapport wordt verslagen.

#### *Duurzame digestaat*

In de derde presentatie van dhr. Dekker zijn aspecten naar voren gekomen met betrekking tot de meest duurzame toepassing van digestaat. LNV heeft een positieve lijst van covergistingsproducten opgesteld. In de mestwet is vastgelegd dat (co)vergiste mest na vergisting mest blijft. Waar we bij toepassing van (co)vergiste mest mee te maken hebben zijn dus de maximale stikstof- en fosfaatgiften per ha uit dierlijke mest, het al dan niet in aanmerking komen voor derogatie, de fosfaatgebruiksnorm, de gewasgerichte stikstofgebruiksnorm, de N-werkingscoëfficiënten van mest, het in de toekomst (2008) verplicht uitrijden en inwerken van mest in één werkgang op klei in het voorjaar. Veelal betekent dit dat de rundveehouder meer mest moet afvoeren. Bij covergisting wordt de hoeveelheid mest alleen maar meer, dus is het belangrijk langjarige contracten af te sluiten voor afvoer van digestaat.

Bij de vergisting (alleen mest) wordt er alleen organische stof afgebroken, de stikstof en fosfaat blijven achter in het digestaat, waardoor het dus geen oplossing is voor het mestprobleem (nutriëntenoverschot). Door vergisting wordt in de mest wel de direct opneembare stikstof (N<sub>min</sub>) hoger en de N<sub>e</sub>, dat het 1e jaar beschikbaar komt, wordt lager en N<sub>r</sub>, dat na 1<sup>e</sup> jaar beschikbaar komt, blijft gelijk.

Bij co-vergisting (mest + organische stof) wordt de samenstelling van het digestaat bepaald door de samenstelling van zowel de mest (mestsoort) als het toegevoegde organische product en de verhouding van beide. Hierdoor kan men het stikstof- en fosfaatgehalte in de digestaat beïnvloeden, houdt hiermee rekening bij de uit te rijden doseringen.

Door de vergisting, kan de nutriëntenverhouding anders komen te liggen, wordt de stikstof meer direct opneembaar, wordt de mest dunner of dikker, worden onkruidzaden en pathogenen uitgeschakeld en zien we een afname van de geuremissie.

Vervolgens kan de digestaat nog verder geschikt gemaakt worden voor specifieke toepassingen door bewerking hiervan. Daarbij valt te denken aan scheiding en indroging. De dikke fractie heeft een hooggehalte aan fosfaat en organische stof. Men zou dit kunnen toepassen op kleigrond in de herfst (geen uitspoeling N) en de vloeibare fractie (effluent) heeft een hoog gehalte aan N<sub>min</sub> en kali. Dit is toe te passen als N- en K-meststof in het voorjaar.

Door juiste mengverhouding van diverse producten en een nabewerking kan een digestaat geproduceerd, dat geschikt is voor specifieke toepassingen. Waardoor mest en digestaat niet langer een rest-/afvalproduct is, maar een waardevol product. De digestaat wordt vaak gezien als sluitpost, maar voor een rendabele vergisting moet hier juist mee omgegaan worden om de kringloop sluitend te krijgen/houden.

Een optimale aanwending in tijd en plaats zorgt hierbij voor de puntjes op de i. Hierbij valt te denken aan toepassen effluent ná het poten van de aardappelen, bijvoorbeeld bij de rugopbouw.



Als afronding van de inleidingensessie concludeerde dhr. Groten, dat **het duidelijk is, dat rond vergisting nog lang niet alles duidelijk is**. Met conclusies moeten we dan ook voorzichtig zijn, maar gezien hetgeen er al wel bekend is kunnen we stellen, dat:

Vanuit de vergister geredeneerd, de kwaliteit van het substraat belangrijker is dan de organische opbrengst per hectare. In situaties van schaarste of voor de teler van het product (betalingswijze) kan dit anders liggen. De vergister lijkt toch haast een betonnen koe en mogelijk dat vergelijkbare parameters (zetmeelgehalte en celwandverteerbaarheid) hier een belangrijke rol spelen. De twee grootste verschillen zijn wellicht de verblijftijd, welke wellicht wordt genivelleerd door de herkauwactiviteit van de koe. Het herkauwen ontsluit het gewas en maakt componenten directer beschikbaar, waardoor de componenten sneller kunnen worden afgebroken door bacteriën. Mw. Zeeman geeft aan dat de hydrolysefase in de vergister beperkend is. In dit licht zouden de te vergisten producten wellicht moeten voorbewerken (malen, enzymen) om het herkauwen te simuleren. Dit zal de hydrolysefase en daarmee de verblijftijd verkorten en het rendement van de vergister verhogen.

De digestaat wordt vaak gezien als rest-/afvalproduct, maar door de juiste verhouding van te vergisten producten en een nabewerking is de digestaat wellicht om te vormen tot een waardevol product, dat mogelijk zelfs buiten de landbouw afgezet kan worden.

Het afsluiten van langjarige contracten voor aanvoer van organische product en afvoer van digestaat zijn zaken die als eerste geregeld moeten worden, alvorens met de bouw van een installatie te beginnen. Daarnaast is momenteel gezien de prijs per kWh een subsidie onmisbaar om het op te starten en het tot een succes te maken.



*Oogst teeltoptimalisatieproef. Van de 6 rijen per object worden de middelste 2 rijen geoogst. Dit om concurrentie tussen rassen van verschillende plantlengte uit te schakelen.*

## 4 Conclusies

### *Algemeen*

Het is duidelijk, dat rond vergisting nog lang niet alles duidelijk is. Met het trekken van conclusies moeten we dan ook voorzichtig zijn. Wel geeft de al beschikbare informatie de kaders en de richting aan waarin het een en ander zich zal gaan ontwikkelen.

Door maatschappelijke, economische en milieukundige aspecten is de tijd rijp voor groene duurzame energie. De landbouw kan hierbij niet alleen een steentje bijdragen, maar hier ook van profiteren. Nieuwe inkomsten, die de landbouw mogelijk niet alleen uit het slop trekken, maar ook het imago zullen verbeteren. Tevens zal dit een positieve impuls geven aan de plattelandsontwikkeling.

Van alle mogelijke vormen van duurzame energie lijkt naast windenergie de productie van biogas uit mest en/of organisch materiaal een van de interessantste. Het toevoegen van organisch materiaal aan mest of het vergisten van puur organisch materiaal geven het hoogste rendement. Als organisch materiaal kunnen reststromen worden gebruikt, maar men kan er ook specifiek voor telen. Mais lijkt hierbij het gewas met de beste perspectieven.

Mais geeft een zeer hoge productie aan organische stof per ha en een hoge productie van biogas (methaangas) per kg organische stof. De teelttechniek is bekend en mais is goed te bewaren, zodat jaarrond een vergelijkbaar product in de vergister gestopt kan worden.

### *Presentaties demomiddag*

Het teeltdoel bij biogasmâis is een zo hoog mogelijke methaangasproductie per kg drogestof gecombineerd met een hoge methaangasopbrengst per ha. Hierbij speelt de afbreekbaarheid van het product, in het kader van een zo kort mogelijke verblijftijd in de vergister, een grotere rol dan bij de koe, waar het herkauwen het product ontsluit.

Om de drie belangrijkste kostenposten (vergistingsinstallatie, arbeid en transport/bewaring) zo rendabel mogelijk te maken is een zeer hoge methaangasproductie per m<sup>3</sup> geoogst product per dag (m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>/dag) het belangrijkste.

De methaangasopbrengst per m<sup>3</sup> mâis als ook de afbreekbaarheid (ontsluiting) is afhankelijk van de samenstelling van de mâis. De gasproductie afhankelijk is van het droge en organische stofgehalte, de anaërobe vergistbaarheid (BMP - biologische methaanproductie) en de hydrolysesnelheid. De laatste twee eigenschappen zijn per gewascomponent verschillend, waarbij celinhoud (zetmeel, suiker, vet en eiwit) interessanter is dan celwand. Lignine (onverteerbare houtstof) in de celwand speelt vooral een belangrijke negatieve rol. Als het product 60 dagen of langer in de vergister blijft komt het meeste gas wel beschikbaar, maar interessant is natuurlijk om de verblijftijd in de vergister te verkorten, waardoor het rendement stijgt.

De drogestofopbrengst per ha gaat een rol spelen in geval van schaarste. De grootste kostenpost de vergistingsinstallatie moet in ieder geval blijven draaien. Bij aankoop van mâis zou de prijs afgestemd moeten worden op de kwaliteit, waardoor de teler ook teelt voor kwaliteit en niet voor opbrengst.

De drogestofopbrengst is de resultante van de verse opbrengst en het drogestofgehalte. Een zelfde drogestofopbrengst kan gerealiseerd worden door een hoge verse opbrengst en een laag drogestofgehalte of omgekeerd. Het eerste betekent veel massa met veel water en relatief weinig drogestof. Dit betekent veel opslagcapaciteit, veel water in de vergister en veel digestaat. Dit alles is ongunstig, water levert geen gas. Daarnaast is er bij mâis onder de 32% drogestof een grotere kans op verliezen bij het inkuilen (inkuil- en perssapverliezen).

Er kan dus beter gestreefd worden naar een hoger drogestofgehalte. Hoe hoog is nog wel de vraag. Uit snijmaïsonderzoek (PPO 2003-2004) blijkt dat de opbrengst jaarsafhankelijk toe kan nemen tot een drogestofgehalte van zelfs 40%, waarbij ook het zetmeelgehalte nog toeneemt, dit gaat wel ten koste van

de celwandverteerbaarheid. Daarom is het altijd belangrijk rassen te kiezen met de hoogste celwandverteerbaarheid. In hoeverre afname van de celwandverteerbaarheid een vroegere oogst wenselijk maakt, is nog niet duidelijk. Uit Duitsland blijkt dat de methaangasproductie per kg organische stof rasafhankelijk (vroegheid speelt een rol) zelfs toeneemt tot een ds% van 40%. Boven de 36% drogestof is er kans op minder goed kunnen vastrijden van de kuil en grotere kans op broei in de kuil bij het uitkuilen. Dus wellicht is toch ook hier, vergelijkbaar met snijmaïs het optimum drogestofgehalte 36%. Dus rassen die rond het 1 oktober 32-36% drogestof kunnen bereiken zijn wellicht het meest interessant.

Bij het uitwerken van de plannen voor het bouwen van een vergister is het zeer belangrijk, zowel de aanvoer van te vergisten producten als de afvoer van het digestaat contractueel gegarandeerd te hebben. De vergistingsinstallatie moet blijven draaien. Ook de afzet van het digestaat moet contractueel vastgelegd zijn, want je produceert nogal wat extra mest (restant van co-vergisting: digestaat is mest). Door juiste mengverhouding van diverse producten en een nabewerking kan een digestaat geproduceerd, dat geschikt is voor specifieke toepassingen. Waardoor mest en digestaat niet langer een rest-/afvalproduct is, maar een waardevol product. De digestaat wordt vaak gezien als sluitpost, maar voor een rendabele vergisting moet hier juist mee omgegaan worden om de kringloop sluitend te krijgen/houden. Een optimale aanwending in tijd en plaats zorgt hierbij voor de puntjes op de i. Het opgewaardeerde product kan mogelijk zelfs buiten de landbouw afgezet worden.

In de vergistingsinstallatie is de hydrolysefase (afbraakfase) beperkend voor de snelheid van de vergisting en daarmee voor het rendement. De koe gebruikt de herkauwactiviteit om het voer te ontsluiten, waarna in de pens ook nog eens enzymen een bijdrage leveren. Het herkauwen zou vervangen kunnen worden door een voorbewerking (in ieder geval heel fijn hakselen en eventueel malen (kosten wel energie)). Ook is men nu al aan het onderzoeken, welke enzymen positieve bijdragen leveren aan de vergistingssnelheid. Zover zijn we nu nog niet, waardoor het rendement nog dusdanig is, dat een subsidie momenteel onontbeerlijk is om een installatie op te starten en draaiende te houden.

#### *Proef Teeltoptimalisatie*

Door een afwijkend teeltdoel kan de teelt van biogasmaïs anders zijn dan de teelt van snijmaïs. In de teeltoptimalisatieproef is in 2006 op een vochthoudende kleigrond in Flevoland het effect van een aantal teeltmaatregelen bekeken. Hierbij is vooral nog gefocust op opbrengst en zijdelings op kwaliteit. Enerzijds omdat daar in de praktijk, bij opstarten van het onderzoek, nog steeds de nadruk op lagere en anderzijds omdat gasproductietesten te duur zijn om deze binnen het budget van dit onderzoek uit te voeren.

Op basis van PPO onderzoek in 2006 (slechts één jaar op één locatie) kan voorzichtig worden geconcludeerd dat de optimale teelt van biogasmaïs qua zaaitijdstip, bemesting en onkruidbestrijding overeenkomt met de teelt van snijmaïs. Bij opbrengsten tot 25 ton hoeft er geen 50 kg stikstof per ha extra te worden gegeven, zoals dat wel in Duitsland wordt geadviseerd. Het realiseren van 20 ton drogestof per ha is voor Nederlandse omstandigheden al heel mooi.

Bij de biogasmaïsteelt is de focus kwaliteit en vervolgens opbrengst, daarom mag op vochthoudende gronden een 10% hoger plantaantal worden aangehouden. Bij een focus puur op opbrengst zou dit 20% mogen zijn. Het maakt het gewas echter wel gevoeliger voor legering en stengelrot (Fusarium). Op droogtegevoelige gronden moet men het snijmaïsadvis aanhouden van 95.000 tot 100.000 planten per ha. Een maximale benutting van het groeiseizoen is noodzakelijk. Dit betekent vanaf 20 april zo vroeg mogelijk zaaien en oogsten rond 1 oktober. Gemiddeld valt de oogst daarmee twee weken later dan de oogst van snijmaïs, waardoor er iets latere rassen kunnen worden gebruikt dan u normaal voor snijmaïs zou gebruiken. De maïs moet rond 1 oktober 32-36% drogestof bereiken. De 4 rassen die in dit onderzoek zijn meegenomen voldoen in 2006 aan dit criterium. De uiterste oogstdatum is 1 oktober, een latere oogst kost al snel 1 ton drogestof per 2 weken.

# Bijlage 1 – Proefveldschema teeltoptimalisatie proef

Teeltoptimalisatieproef Biogasmais 2006				Broekemahoeve - Lelystad															
Objecten: 4 rassen / drie plantaantallen / twee stikstofniveaus / drie oogsttijdstippen in drie herhalingen																			
Kopvelden er in gelegd om overgang stikstofniveau N1 en N2 mogelijk te maken, N2 = + 200 kg KAS/ha aanbrengen met pneumaat																			
Lengte 60 * 4,5 = 270 mtr				Breedte 4 * 12 mtr.															
K				K				K				K							
102	N2	O1	Subito	12	108	N2	O1	Atendo	12	210	N1	O2	Subito	8	216	N1	O2	Atendo	8
101	N2	O1	ES6010	10	107	N2	O1	Atendo	8	209	N1	O2	ES6010	12	215	N1	O2	ES6010	10
100	N2	O1	Subito	8	106	N2	O1	ES6010	8	208	N1	O2	ES6010	8	214	N1	O2	Piazza	12
99	N2	O1	Piazza	10	105	N2	O1	Piazza	12	207	N1	O2	Piazza	8	213	N1	O2	Atendo	10
98	N2	O1	Piazza	8	104	N2	O1	Atendo	10	206	N1	O2	Subito	10	212	N1	O2	Atendo	12
97	N2	O1	ES6010	12	103	N2	O1	Subito	10	205	N1	O2	Subito	12	211	N1	O2	Piazza	10
90	N2	O2	Atendo	10	96	N2	O2	Subito	12	K				K					
89	N2	O2	ES6010	8	95	N2	O2	Atendo	12	198	N2	O3	Atendo	12	204	N2	O3	ES6010	10
88	N2	O2	Piazza	8	94	N2	O2	Subito	10	197	N2	O3	Subito	10	203	N2	O3	Piazza	8
87	N2	O2	Atendo	8	93	N2	O2	ES6010	10	196	N2	O3	Subito	8	202	N2	O3	Subito	12
86	N2	O2	Piazza	12	92	N2	O2	Subito	8	195	N2	O3	Atendo	10	201	N2	O3	Atendo	8
85	N2	O2	Piazza	10	91	N2	O2	ES6010	12	194	N2	O3	Piazza	12	200	N2	O3	ES6010	8
K				K				K				K							
78	N1	O3	Atendo	8	84	N1	O3	Subito	12	K				K					
77	N1	O3	Atendo	10	83	N1	O3	Piazza	10	186	N1	O1	ES6010	12	192	N1	O1	Piazza	10
76	N1	O3	ES6010	12	82	N1	O3	Piazza	12	185	N1	O1	Piazza	8	191	N1	O1	ES6010	10
75	N1	O3	Subito	8	81	N1	O3	ES6010	8	184	N1	O1	Piazza	12	190	N1	O1	Subito	10
74	N1	O3	Subito	10	80	N1	O3	ES6010	10	183	N1	O1	Subito	8	189	N1	O1	Subito	12
73	N1	O3	Piazza	8	79	N1	O3	Atendo	12	182	N1	O1	Atendo	10	188	N1	O1	ES6010	8
68	N1	O3	Atendo	10	72	N1	O3	Piazza	12	181	N1	O1	Atendo	12	187	N1	O1	Atendo	8
65	N1	O3	Subito	12	71	N1	O3	Subito	8	174	N1	O2	Subito	12	180	N1	O2	Subito	10
64	N1	O3	Atendo	8	70	N1	O3	ES6010	12	173	N1	O2	ES6010	8	179	N1	O2	Piazza	12
63	N1	O3	ES6010	10	69	N1	O3	Piazza	8	172	N1	O2	Atendo	12	178	N1	O2	Atendo	10
62	N1	O3	ES6010	8	68	N1	O3	Piazza	10	171	N1	O2	ES6010	10	177	N1	O2	Atendo	8
61	N1	O3	Subito	10	67	N1	O3	Atendo	12	170	N1	O2	Subito	8	176	N1	O2	ES6010	12
K				K				K				K							
54	N2	O2	Piazza	8	60	N2	O2	Atendo	8	162	N1	O1	Subito	12	168	N1	O1	Subito	10
53	N2	O2	Atendo	12	59	N2	O2	Atendo	10	161	N1	O1	ES6010	12	167	N1	O1	ES6010	10
52	N2	O2	ES6010	12	58	N2	O2	Piazza	10	160	N1	O1	Piazza	12	166	N1	O1	Subito	8
51	N2	O2	Subito	12	57	N2	O2	ES6010	8	159	N1	O1	Piazza	10	165	N1	O1	Atendo	8
50	N2	O2	Subito	8	56	N2	O2	Subito	10	158	N1	O1	Atendo	10	164	N1	O1	ES6010	8
49	N2	O2	ES6010	10	55	N2	O2	Piazza	12	157	N1	O1	Atendo	12	163	N1	O1	Piazza	8
42	N2	O1	Atendo	12	48	N2	O1	ES6010	12	K				K					
41	N2	O1	Subito	12	47	N2	O1	Atendo	10	150	N2	O3	Atendo	10	156	N2	O3	Atendo	8
40	N2	O1	Subito	8	46	N2	O1	ES6010	10	149	N2	O3	Subito	10	155	N2	O3	Piazza	10
39	N2	O1	Piazza	10	45	N2	O1	Subito	10	148	N2	O3	Atendo	12	154	N2	O3	Piazza	12
38	N2	O1	ES6010	8	44	N2	O1	Piazza	12	147	N2	O3	Subito	8	153	N2	O3	ES6010	8
37	N2	O1	Piazza	8	43	N2	O1	Atendo	8	146	N2	O3	Subito	12	152	N2	O3	Piazza	8
K				K				K				K							
30	N1	O1	ES6010	12	36	N1	O1	Subito	10	138	N2	O2	Piazza	8	144	N2	O2	Subito	8
29	N1	O1	Subito	12	35	N1	O1	ES6010	8	137	N2	O2	Atendo	12	143	N2	O2	Atendo	8
28	N1	O1	Atendo	10	34	N1	O1	Atendo	12	136	N2	O2	ES6010	8	142	N2	O2	ES6010	10
27	N1	O1	Atendo	8	33	N1	O1	Piazza	8	135	N2	O2	Subito	12	141	N2	O2	Atendo	10
26	N1	O1	ES6010	10	32	N1	O1	Piazza	12	134	N2	O2	Piazza	10	140	N2	O2	Subito	10
25	N1	O1	Subito	8	31	N1	O1	Piazza	10	133	N2	O2	ES6010	12	139	N2	O2	Piazza	12
K				K				K				K							
18	N2	O3	Piazza	12	24	N2	O3	ES6010	12	126	N1	O3	Atendo	12	132	N1	O3	Atendo	8
17	N2	O3	ES6010	10	23	N2	O3	Subito	12	125	N1	O3	ES6010	10	131	N1	O3	ES6010	12
16	N2	O3	Atendo	10	22	N2	O3	Piazza	8	124	N1	O3	Piazza	10	130	N1	O3	Subito	12
15	N2	O3	Piazza	10	21	N2	O3	Atendo	12	123	N1	O3	Atendo	10	129	N1	O3	Piazza	8
14	N2	O3	Subito	10	20	N2	O3	Subito	8	122	N1	O3	ES6010	8	128	N1	O3	Piazza	12
13	N2	O3	Atendo	8	19	N2	O3	ES6010	8	121	N1	O3	Subito	10	127	N1	O3	Subito	8
6	N2	O1	Atendo	8	12	N2	O1	Subito	10	114	N1	O2	Piazza	10	120	N1	O2	Subito	8
5	N2	O1	ES6010	10	11	N2	O1	Subito	8	113	N1	O2	Piazza	12	119	N1	O2	Atendo	12
4	N2	O1	Piazza	12	10	N2	O1	ES6010	8	112	N1	O2	ES6010	10	118	N1	O2	ES6010	12
3	N2	O1	ES6010	12	9	N2	O1	Atendo	10	111	N1	O2	Piazza	8	117	N1	O2	Atendo	10
2	N2	O1	Subito	12	8	N2	O1	Atendo	12	110	N1	O2	ES6010	8	116	N1	O2	Subito	10
1	N2	O1	Piazza	8	7	N2	O1	Piazza	10	109	N1	O2	Atendo	8	115	N1	O2	Subito	12
K				K				K				K							



## Bijlage II – Analyse resultaten teeltoptimalisatie proef

Statisticus: Wim van den Berg (PPO-Lelystad)





## Bijlage III – Hand-outs presentaties