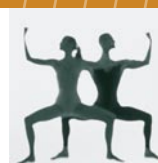




# vergisting op boerderijschaal

techniek, grondstoffen en eindproducten



Provincie  
**West-Vlaanderen**  
Door mensen gedreven

Ondernemen. Het zit in ons.



# vergisting op boerderijschaal

techniek, grondstoffen en eindproducten

# Voorwoord

Vlaanderen - en zeker ook West-Vlaanderen - is een topregio op het vlak van land- en tuinbouw. Vakkennis, ondernemerszin, werkkraft... zijn ingrediënten die onze land- en tuinbouw groot gemaakt hebben. In dit rijtje mag innovatie niet ontbreken.

Innovatie moet problemen in troeven omzetten en moet troeven weten te verzilveren. Daarom is innovatie een belangrijk actieterrein in het provinciale landbouwbeleid. De provincie West-Vlaanderen heeft een lange traditie in het ondersteunen van de land- en tuinbouwsector in zijn ontwikkeling als een dynamische en leefbare sector. Dit gebeurt in het bijzonder via het Provinciaal Onderzoeks- en Voorlichtingscentrum voor Land- en Tuinbouw te Rumbeke-Beitem. Innovatie mag hier evenmin ontbreken, willen we slagen in onze opdracht.

Hernieuwbare energie en in het bijzonder energie uit biomassa heeft heel wat potenties. Het Europese beleid ondersteunt deze ontwikkelingen ten volle. Er zijn heel wat mogelijkheden binnen de land- en tuinbouw. Wat de kansen op dit vlak zijn voor een intensieve landbouwregio als West-Vlaanderen is nog niet volledig duidelijk. Maar dat er kansen zijn staat buiten kijf.

Co-vergisting van mest met biomassa biedt mogelijkheden om energie te valoriseren uit organische afval- of reststromen en uit mest. Co-vergisting kan een extra valorisatie betekenen van de mest- en afvalstromen, aanwezig in Vlaanderen en tegelijkertijd instaan voor duurzame energieproductie (groene stroom en warmte).

Maar ook energiegewassen kunnen vergist worden. Dat hier nog heel wat onderzoekswerk te verrichten valt, blijkt duidelijk uit de eerste onderzoeksresultaten en uit de contacten met andere Europese onderzoekscentra. De pilootinstallatie te Beitem, gerealiseerd in het kader van het INTERREG IIIB project North Sea Bio Energy met de steun van Europa, de Provincie West-Vlaanderen en Vlaanderen, zal een zeer nuttige bijdrage leveren aan het onderzoek inzake biogasproductie, gekoppeld aan het onderzoek op energiegewassen. We zijn ervan overtuigd dat we deze jonge sector in (West-)Vlaanderen op deze manier kunnen ondersteunen en begeleiden in zijn ontwikkeling.

Co-vergisting lijkt een schoolvoorbeeld van hoe de problemen van mest- en afvalstromen en financieel ondergewaardeerde teelten omgezet kunnen worden tot een troef. We mogen echter niet voorbij gaan aan de knelpunten van deze jonge sector: het knelpunt van de

afzet of verwerking van het digestaat, de afhankelijkheid van de sectorondersteunende maatregelen vanwege de overheid onder vorm van groenestroom- en WKK-certificaten en het knelpunt van de soms moeizame integratie van vergistingsprojecten in agrarisch gebied.

Het is duidelijk dat hernieuwbare energie veel meer is dan co-vergisting. Daarom komen ook thema's zoals energie uit zon en wind, koolzaadolie, energie uit hout, ... aan bod in het proefcentrum te Beitem. Binnen het proefcentrum worden vandaag de fundamenteën gelegd van een heuse adviesdienst rond hernieuwbare energie. Straks dienen zich nieuwe generaties biobrandstoffen aan en dit zal een nieuwe uitdaging vormen voor het praktijkgericht onderzoek.

Toch is innovatie veel meer dan het energieverhaal. De provincie zal innovatie in de sector blijven stimuleren. Onderzoek, ontwikkeling, voorlichting zijn hierbij zeer belangrijk. Maar cruciaal is de land- en tuinbouwer, die deze zaken moet vertalen in zijn bedrijfsvoering. En daarom rekenen we vandaag nog steeds op de vakkennis, ondernemerszin, werkkraft... van onze land- en tuinbouwers. Dan pas zal innovatie werkelijk zijn intrede vinden in de sector. En dan zullen Vlaanderen en West-Vlaanderen ook in de toekomst topregio's blijven op het vlak van land- en tuinbouw!

Bart Naeyaert  
Gedeputeerde voor land- en tuinbouw

# Inhoudstafel

Voorwoord		
Inhoudstafel		
Met steun van West-Vlaanderen, Vlaanderen en Europa		
Anaerobe vergisting: een overzicht		
Het vergistingsproces		
Een lange geschiedenis		
Anaerobe vergisting vandaag		
De biogasininstallatie		
Grondstoffen voor vergisting		
Bouw in beeld		
Het concept: klein maar ....		
Feiten en cijfers		
Bouw in beeld		
Open huis		
Energiemais scoort goed als grondstof voor vergisting		
Monocultuur mais dan maar?		
Feiten en cijfers		
Besluiten		
Mais en zonnebloem op één veld?		
Sorghum heeft potentieel als energiegewas		
Korrelgierst, suikergierst en sudangras		
Rassen		
Teelttechniek		
Besluiten		
2 Biogas uit aardpeer	20	20
Energiegewas?		20
3 Rassen	20	20
Teelttechniek		20
Besluiten		21
4		
Wat met het digestaat?		22
Eigenschappen digestaat		22
5 Toepassing van digestaat binnen het mestdecreet	25	25
5 Wetgeving		27
6		
6 Met medewerking van		28
9 Colofon		

# Met steun van West-Vlaanderen, Vlaanderen en Europa

Drie projecten gaven input aan deze brochure.

- Het Europese Interreg IIIB project "North Sea Bio Energy" (NSBE) heeft tot doel de transnationale uitwisseling van kennis en ervaring rond de productie en valorisatie van bio-energie te bevorderen. Dit grensoverschrijdende project loopt van midden 2004 tot begin 2008 en wordt uitgevoerd door verschillende Europese partners: Provincie Friesland (LEAD-partner, Nederland), Animal Sciences Group/Nij Bosma Zathe (Nederland), Landwirtschaftskammer Niedersachsen (Duitsland), Forestry Commission (Schotland), Dienst Landelijk Gebied Groningen (Nederland) en de Provincie West-Vlaanderen (België).

Het West-Vlaamse consortium bestaat uit de POM - West-Vlaanderen (projectcoördinator), het Vlaams Coördinatiecentrum Mestverwerking (VCM vzw), het Provinciaal Onderzoeks- en Voorlichtingscentrum voor Land- en Tuinbouw (POVLT), het West-Vlaams Proefcentrum voor de Akkerbouw (WPA vzw), de Hogeschool West-Vlaanderen, departement PIH (HOWEST - departement PIH) en Aspiravi nv.

Het West-Vlaamse deelproject legt het accent op anaerobe vergisting, met enerzijds de kennisopbouw en -overdracht inzake het vergistingsproces zelf. Daartoe werd een demo- en proefinstallatie gebouwd op het POVLT te Beitem, onder de technische begeleiding van HOWEST - departement PIH. Anderzijds wordt onderzoek gedaan naar de teelt van energiegewassen voor vergisting en het optimaliseren van energiegewasrotaties.

Het project heeft een budget van circa 1 miljoen euro. De Provincie West-Vlaanderen en het Europees Regionaal Ontwikkelingsfonds (ERDF), via het Interreg III B Noordzee Programma, komen elk voor de helft van de middelen tussen.

Bijkomend mochten we binnen dit project rekenen op steun vanuit de Vlaamse Overheid onder vorm van een tussenkomst van 117434 € vanuit het Vlaams Energieagentschap voor de aankoop van de WKK. Op deze manier wil de Vlaamse Overheid positieve impulsen geven aan de ontwikkeling van diverse vormen van hernieuwbare energieproductie binnen Vlaanderen.

Meer info: [www.northseabioenergy.org](http://www.northseabioenergy.org)  
en [www.bioenergy-info.com](http://www.bioenergy-info.com)

- Onze kennis inzake de waarde en het gebruik van het digestaat werd hoofdzakelijk gegenereerd binnen het ADLO demonstratie project 'Digestaat als alternatief voor kunstmest', dat loopt van 1 februari 2006 tot 31 januari 2008 met steun van de Vlaamse Overheid en de Europese Unie.

Binnen dit project werden de digestaten van een reeks operationele vergistingsinstallaties geanalyseerd. Er werden ook veldproeven aangelegd rond de bemestingswaarde van het digestaat.

Dit project wordt door het West-Vlaams Proefcentrum voor de Akkerbouw (WPA vzw) uitgevoerd in samenwerking met HOWEST - departement PIH en Biogas-E vzw.

- Op 1 oktober 2005 ging aan HOWEST - departement PIH een tweejarig onderzoek van start naar de mogelijkheden van energiebouw, specifiek voor anaerobe vergisting in Vlaanderen. Dit project wordt gefinancierd door het IWT (Tetra-fonds). Het werd geïnitieerd vanuit de landbouw en mee gesteund door de bredere elektriciteitssector.

Het doel van het onderzoek is om na te gaan of en hoe energiebouw en omzetting van energiegewassen door anaerobe vergisting een rol kunnen spelen in het energievraagstuk van Vlaanderen. Parameters als schaalgrootte, type vergister, bedrijfsvoering, ... zijn hierbij van invloed.



# Anaerobe vergisting: een overzicht

De rol van de landbouwer hoeft zich niet altijd te beperken tot de productie van grondstoffen voor bio-energie. Anaerobe vergisting is een voorbeeld van een proces waarbij de landbouwer ook de bio-energie zelf kan produceren. Dit betekent een belangrijke toegevoegde waarde aan zijn producten.

Anaerobe vergisting is géén nieuw proces. Zoals uit onderstaand artikel mag blijken, is het evenwel allerm minst een eenvoudig proces.

## Het vergistingsproces

Tijdens het anaeroob vergistingsproces wordt biomassa door micro-organismen afgebroken met productie van biogas en digestaat.

Het anaerobe vergistingsproces kan beschouwd worden als een blackbox waarbinnen een serie vrij gecompliceerde metabolische processen plaatsvindt. We onderscheiden vier grote processtappen (figuur 1).

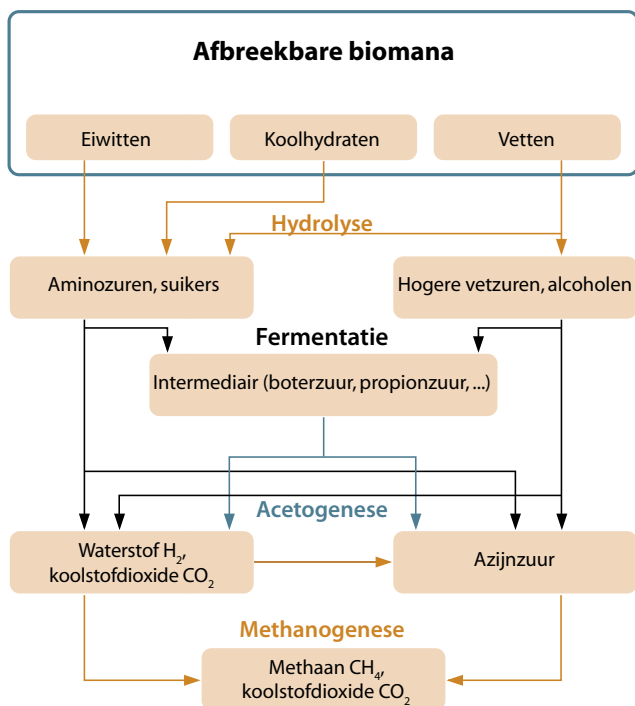


Fig 1: Anaerobe vergisting schematisch voorgesteld (Bron: Biogas-E vzw)

De eerste processtap is **hydrolyse**. Organisch materiaal wordt afgebroken in wateroplosbare componenten. Dit proces wordt vooral gestuurd door extracellulaire bacteriële enzymen. Bij de tweede stap, **fermentatie (acidogenese)**, worden de wateroplosbare componenten

verder afgebroken met de productie van intermediaire producten (kortketenige vetzuren en alcoholen). **Acetogenese** is de derde processtap. Hier worden de intermediaire producten verder omgezet naar azijnzuur,  $H_2$  en  $CO_2$  – de basisgrondstoffen voor de methaanbacteriën. De laatste stap is **methanogenese** of de finale productie van  $CH_4$  en  $CO_2$ .

Deze processen worden aangestuurd door een groot aantal populaties micro-organismen, die min of meer in symbiose samenleven.

Anaerobe vergisting resulteert in de afbraak van grote hoeveelheden organisch materiaal, met een slechts beperkte reproductie van bacteriële cellen en met zeer energierijke restproducten (alcoholen, methaan, organische zuren ...), die basisbouwstenen zijn voor heel wat door de mens ontwikkelde processen.

**Procesparameters** De methaanbacteriën zijn de gevoeligste micro-organismen in het proces, wat betekent dat in een geoptimaliseerd eenfasig vergistingsproces volledig voldaan moet worden aan de randvoorwaarden van deze bacteriën. Voor de andere betrokken micro-organismen betekent dit veelal een compromissituatie. Zo functioneren de verzurende bacteriën optimaal bij een temperatuur van  $30\text{ }^\circ\text{C}$ , terwijl de methaanbacteriën een temperatuur rond  $35\text{ }^\circ\text{C}$  (mesofiel) of  $50\text{ }^\circ\text{C}$  (thermofiel) verlangen. De optimale zuurtegraad (pH) voor hydrolyserende en fermenterende bacteriën ligt tussen 4,5 en 6,3, terwijl de methaanbacteriën een pH-neutrale omgeving verkiezen. Het globale vergistingsproces is dan ook een delicate evenwichtsoefening die gemakkelijk verstoord kan worden. Om dit op te vangen werkt men soms met tweefasige vergistingsystemen, waarbij in de eerste reactor de hydrolyse en acidogenese plaatsvinden en in de tweede reactor de acetogenese en methanogenese. Op die manier heeft men wel de vrijheid om de randvoorwaarden af te stemmen op de specifieke processtappen, wat resulteert in een optimaler en stabiel vergistingsproces.

**Biogas** Biogas bestaat hoofdzakelijk uit  $CH_4$  (methaan) en  $CO_2$ , met daarnaast nog enkele sporen van gassen:

	Volume-%
$CH_4$ :	50%-75%
$CO_2$ :	25%-50%
$H_2O$ :	2%-7%
$N_2$ :	0%-2%
$H_2$ :	0%-1%
$H_2S$ :	0%-2%

Het aandeel  $\text{CH}_4$  is bepalend voor de energie-inhoud van het biogas. Het gehalte  $\text{H}_2\text{S}$  is eveneens een belangrijke kwaliteitsparameter: in te hoge concentraties beschadigt dit corrosieve gas de gasmotor. De gehalten aan  $\text{CH}_4$  en  $\text{H}_2\text{S}$  kunnen voor een stuk gestuurd worden via de keuze van de inputstromen. Het biogas wordt ontzwaamd en ontwaterd vóór gebruik in de WKK.

**Digestaat** Het uitgedigste materiaal wordt digestaat genoemd. Op de fysische en chemische eigenschappen van het eindproduct wordt elders in deze brochure uitvoerig ingegaan (zie pg 22).

## Een lange geschiedenis

In de geschiedschrijving wordt sporadisch melding gemaakt van het gebruik van biogas voor het verwarmen van badwater in Assyrië en Perzië. Vanaf de zeventiende eeuw werd het proces wetenschappelijk uitgediept. Halfweg de negentiende eeuw wordt melding gemaakt van de eerste min of meer professionele biogasinstallaties.

Vanaf begin twintigste eeuw ging de aandacht vooral naar het gebruik van anaerobe processen voor de reductie van organische afvalstromen, wat in de jaren 20 en 30 resulteerde in een eerste reeks installaties voor anaerobe behandeling van afvalwaterslib. Na de Tweede Wereldoorlog werden deze technieken verdrongen door de eenvoudiger, maar sterk energieconsumerende, aerobe behandlungsprocessen. Met de stijging van de energieprijzen en het groeiende bewustzijn van de kwetsbaarheid van de leefomgeving, nam de interesse voor anaerobe vergisting als zeer energie-efficiënt en  $\text{CO}_2$ -neutraal (deel)proces ter behandeling van organische afvalstromen opnieuw toe. Begin jaren 80 werden ook in Vlaanderen de eerste biogasinstallaties op boerderijschaal gebouwd. Ze waren evenwel niet rendabel, enerzijds omdat er louter mest in vergist werd, anderzijds omdat de energieprijzen na de eerste oliecrisis weer genormaliseerd waren en er nog niet zoiets als groenestroomcertificaten bestond. Sinds medio jaren 90 staat 'hernieuwbare energie' echter weer volop in de belangstelling. Anaerobe vergisting treedt opnieuw op de voorgrond, met het accent op de productie van groene elektriciteit en warmte door co-vergisting van mest met energierijke biomassa.

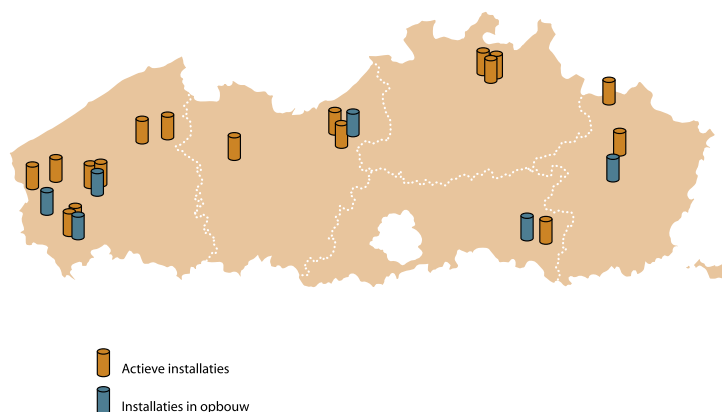


Fig 2: Anaerobe vergisting in Vlaanderen: actieve installaties en installaties in opbouw (eind 2007)

## Anaerobe vergisting vandaag

Op het Aziatisch continent staan miljoenen kleine huishoud-biogasinstallaties. De geproduceerde brandstof dient als kookbrandstof voor de gezinnen: in China alleen al gebruikten eind 2004 15 miljoen huishoudens biogas als kookbrandstof.

De grootschalige productie van elektriciteit en warmte via anaerobe vergisting is vooral een Europees verhaal. In Duitsland neemt het aantal biogasinstallaties sinds midden jaren 90 exponentieel toe: eind 2006 staat de teller op naar schatting 3500 installaties ( $\pm 550$  MWe vermogen)! Duitsland is dé koploper inzake anaerobe vergisting binnen Europa, op afstand gevolgd door Oostenrijk ( $\pm 325$  installatie waarvan  $\pm 200$  op boerderijschaal), Zweden (233 installaties waarvan 7 op boerderijschaal) en Denemarken (67 installaties, waarvan 22 grote, gecentraliseerde installaties). Het niveau en de aard van de ondersteuning vanuit de nationale overheid is veelal bepalend voor dit succes.

Hoe is de situatie in Vlaanderen? In figuur 2 zijn de operationele installaties en de installaties in opbouw weergegeven (bron: Biogas-E vzw). Eind 2007 zijn 17 vergistingsinstallaties operationeel, met een totaal vermogen van  $\pm 17,5$  MWe. 70% van de installaties in Vlaanderen gebruikt mest, naast andere biomassa-stromen. 6 installaties zijn in aanbouw, een 40-tal projecten zit in de vergunningsfase. Op vandaag wordt mestverwerking in Vlaanderen heel sterk gestimuleerd in het kader van het nieuwe Mestdecreet. Ongeveer de



helpt van de geplande mestverwerkingsinstallaties combineren de mestverwerking met een mest- of co-vergistingproject (bron: VCM vzw).

Men verwacht algemeen dat het belang van anaerobe vergisting voor de productie van groen gas of biomethaan de komende jaren zal toenemen. In dat geval wordt het biogas niet omgezet in elektriciteit en warmte, maar wordt het opgezuiverd tot 'aardgaskwaliteit'. Dit groen gas kan gebruikt worden als vervoersbrandstof of geïnjecteerd in het aardgasnet. Zweden is dé koploper op dit gebied, maar bv. ook in Rijsel rijden de stadsbussen op groen gas. In Vlaanderen ontbreken momenteel de technologische kennis en het wettelijke kader om groen gas te produceren en toe te passen.

## De biogasinstallatie

Zeg nooit zomaar 'biogasinstallatie' tegen een biogasinstallatie: men spreekt enerzijds over 'natte' en 'droge' vergisting en anderzijds over 'mesofiele' en 'thermofiele' vergistingsprocessen.

**Nat en droog** In functie van het drogestofgehalte van het substraat in de reactor maakt men onderscheid tussen droge (20 à 40 % DS) en natte (5 à 15 % DS) vergisting.

Verschillende systemen van droge vergisting werden ontwikkeld. De natte vergisting blijft evenwel op heden de meest toegepaste techniek. Dit heeft onder meer te maken met het verschil in investeringskosten én de beschikbaarheid van mest als grondstof voor vergisting. Binnen de techniek van de natte vergisting wordt in hoofdzaak gewerkt met 'conventioneel geroerde reactoren' (CSTR of conventional stirred reactor). Daarnaast zijn ook vergisters van het type 'propstroomvergister' en 'batchvergister' op de markt.

De conventioneel geroerde reactoren worden allemaal volgens hetzelfde concept gebouwd (figuur 3):

Centraal staat de reactor (1), waarin de anaerobe vergisting plaatsvindt. Zoals eerder aangegeven, kan men het vergistingsproces verdelen over twee reactoren (tweefasige systemen). Er kan ook gewerkt worden met een extra reactor voor navergisting van het digestaat. Het mengsel in de reactor, het substraat, wordt met een warmtewisselaar op de gewenste temperatuur gehouden. Een mengsysteem (2) moet laagvorming vermijden en zorgt voor een goed contact tussen de biomassa en de bacteriën.



Fig 3: Het concept van een conventioneel geroerde reactor.

De reactor wordt gevoed met biomassa. Verpompbaar materiaal wordt rechtstreeks in de reactor gepompt (3). Voor vaste biomassa wordt een doseerinrichting voorzien (4), doorgaans een eenvoudige doseerbak met invoervijzel. Zeker in kleinere installaties wordt het biogas veelal tijdelijk in de reactor (1) zelf gestoc-keerd: de reactor is overspannen met een dekzeil (5), waaronder het biogas wordt opgevangen. Met het geproduceerde biogas wordt een warmtekrachtkop-peling (WKK) aangedreven (6). Deze WKK produceert elektriciteit en warmte. Om de WKK tegen slijtage te beschermen, moet het biogas voor gebruik ontwaveld en ontwaterd worden. Het uitgegiste materiaal, het digestaat, wordt vanuit de reactor naar een opslagtank gepompt, eventueel met navergisting.

**Mesofielen thermofiel** Bij een mesofiel proces bedraagt de reactortemperatuur 35 à 38 °C; bij een thermofiel proces is dat meer dan 50 °C. Het thermofiel vergis-tingsproces is beduidend sneller en efficiënter dan de mesofiele vergisting. Het proces wordt gekenmerkt door een meer doorgedreven hygiënisering. Anderzijds heeft thermofiele vergisting een relatief hoge ener-giebehoefte en is het gevoeliger voor storingen door toxische stoffen en te hoge NH<sub>3</sub>-concentraties.

Het natte, mesofiele vergistingsproces is vandaag nog steeds de standaard, zeker in vergistingsinstallaties op boerderijschaal. De relatief beperkte warmtebehoefte, de verpompbaarheid en mengbaarheid van de input- en outputstromen en de relatieve stabiliteit van het proces zijn belangrijke troeven. Wanneer er geen mest voor-handen is, kan men ervoor opteren een nat vergistings-proces te creëren door terugvloei van proceswater naar de reactor. Dit proceswater ontstaat na scheiding van het digestaat in een dikke en dunne fractie. Een te hoog ammoniumgehalte in de dunne fractie kan evenwel toxisch zijn voor de bacteriënpopulatie in de vergister. Daarom zijn op vandaag bepaalde concepten op de markt die zorgen voor een gedeeltelijke verwijdering van dit ammonium vóórdat de dunne fractie terug in de vergistingstank wordt gebracht.

**Sturing van het proces** Anaerobe vergisting is een delicaat proces. De kunst is de biogasproductie zo constant mogelijk te houden. Immers, elke tijdelijke terugval in biogasproductie betekent een terugval in inkomsten en hypothekeert de rentabiliteit van de installatie. Het opnieuw optimaliseren van het vergis-tingsproces is een moeilijke klus.

Met het oog op een constante biogasproductie voedt men een conventioneel geroerde reactor meerdere malen per dag met een evenwichtig samengestelde biomassa, waarbij dagelijks een even groot volume digestaat afgevoerd wordt. De verblijftijd van de biomassa in de reactor bedraagt doorgaans 25 à 50 dagen, in functie van het type biomassa dat vergist wordt en de tempera-tuur in de vergistingstank. Omschakelingen in het dieet moeten zeer geleidelijk gebeuren. Vaak wordt het micro-biële leven in de reactor verstoord door een te plotse wijziging van het dieet. Een te eiwitrijke biomassa kan aanleiding geven tot toxische concentraties NH<sub>3</sub> en H<sub>2</sub>S in het substraat. Ook te hoge concentraties antibiotica of voederadditieven (zink, koper ...) kunnen het vergistings-proces ernstig verstoren. Een te plotse overschakeling naar lichtverteerbare zetmeelrijke producten werkt de verzuring van het systeem in de hand.

Door monitoring van de pH en de temperatuur, en door analyse van enerzijds de concentratie en het spectrum van de kortketenige vetzuren in het substraat en ander-zijds de biogassamenstelling (voornamelijk biogasde-biet en gehalten CH<sub>4</sub> en H<sub>2</sub>S), kan het vergistingsproces continu opgevolgd worden.

## Grondstoffen voor vergisting

**Mest** Anaerobe vergisting wordt erg vaak met mest geassocieerd. In de eerste installaties werd inderdaad enkel mest vergist, maar op vandaag heeft mest als grondstof in belangrijke mate het veld moeten ruimen voor afvalstoffen en energiegewassen. Figuur 4 leert u waarom: 1 ton verse mest brengt 7 tot 10 maal minder biogas op dan 1 ton ingekuilde maïs. Toch wordt de mest vaak niet helemaal weggelaten. Mest vormt immers een goed substraat voor de bacteriën, waardoor het bijdraagt tot de stabiliteit van het vergistingsproces.

Zowel energiegewassen als plantaardige en dierlijke afvalstromen kunnen vergist worden: globaal komt alle gemakkelijk afbreekbare biomassa in aanmerking. Voor plantaardige producten betekent dit dat de biomassa niet verhout mag zijn (dus geen stro, riet, ...).

**Afvalstoffen** Afvalstoffen zijn doorgaans goedkoper dan energiegewassen. Bepaalde afvalstoffen uit de industrie brengen evenwel ook risico's met zich mee naar afzet van het digestaat. Bij gebruik van afvalstoffen moet de kwaliteit van het digestaat dan ook systematisch opgevolgd worden (zie ook hoofdstuk digestaat pg 22).

De biogasopbrengst per ton afvalstof is sterk afhankelijk van het type afvalstof. Figuur 4 toont aan dat afvalstromen die typisch op landbouwbedrijven voorkomen (spruitstokken, prei-afval, afgestookte witloofwortels, ...) eerder een beperkte biogasopbrengst hebben. Toch kan het verwerken van deze afvalstoffen in een vergistingsinstallatie een extra valorisatie van dit afval betekenen.

**Energiegewassen** Bij de keuze van een energiegewas voor vergisting, mag men zich uiteraard niet enkel laten leiden door de biogasopbrengst per ton, maar zijn ook de potentiële opbrengst per hectare en de teeltkosten van belang (zie figuur 5). Bepaalde producten, zoals bieten en aardappelen moeten na oogst behandeld

worden alvorens zij de vergistingsinstallatie in kunnen. Het betreft vooral de verwijdering van aarde en het verkleinen van het materiaal. De kosten hiervoor komen bovenop de gewone teeltkosten, weergegeven in figuur 5. In Duitsland wordt vooral maïs en raaigras gebruikt als energiegewas voor anaerobe vergisting. De cijfers in figuur 5 bevestigen inderdaad dat de biogasopbrengsten van deze gewassen vrij hoog zijn, gecombineerd met eerder matige teeltkosten. Bovendien zijn deze gewassen na oogst direct klaar voor gebruik en kunnen zij zonder problemen voor lange tijd bewaard worden in de kuil. Verder in de brochure (pg. 12) wordt uitgebreid ingegaan op het gebruik van maïs als grondstof voor vergisting en de potenties van nieuwe energiegewassen en teelttechnieken.

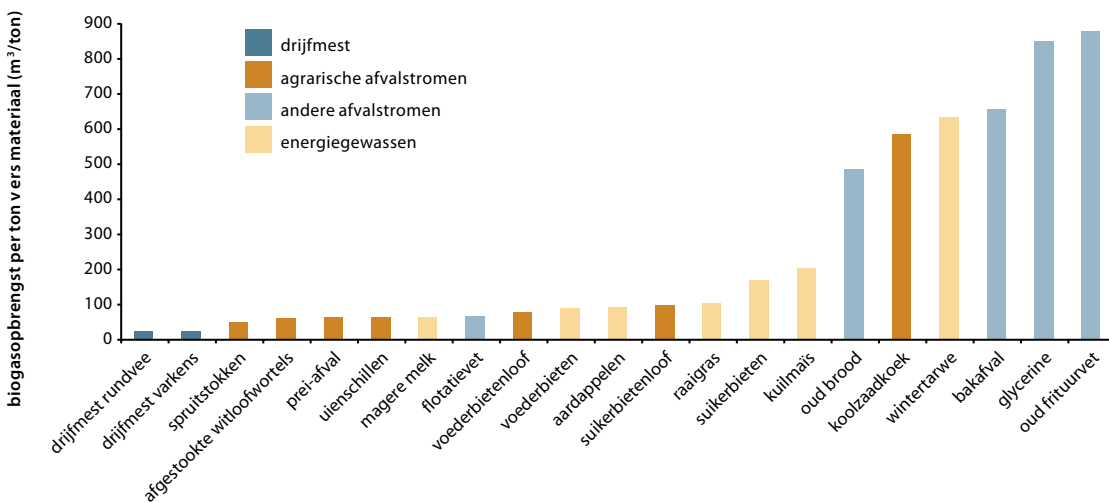


Fig 4: Biogasopbrengst van uiteenlopende types biomassa.

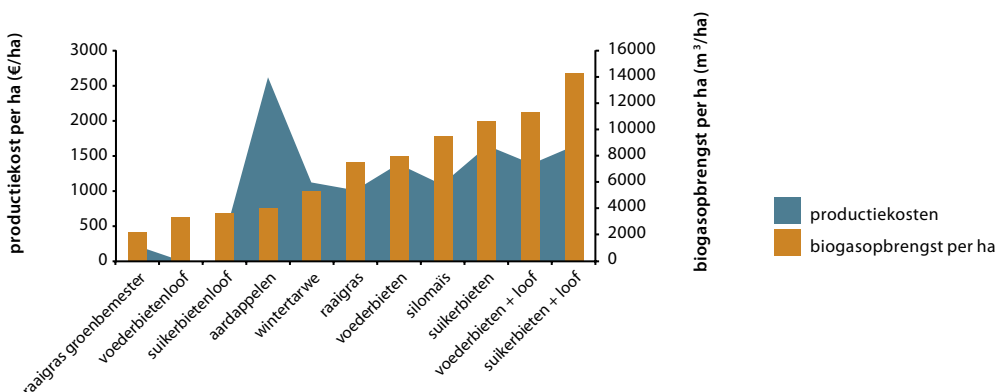


Fig 5: Biogasopbrengsten en productiekosten van conventionele akkerbouwgewassen

# Bouw in beeld

Binnen het Interreg IIB project NSBE en met steun van de Vlaamse Overheid werd op de site van het POVLT een biogasinstallatie gebouwd. De Hogeschool West-Vlaanderen, departement PIH stond in voor het ontwerp, de werfopvolging en de opstart van de installatie.

## Het concept: klein maar ....

De biogasinstallatie is gedimensioneerd op een WKK van 30 kWe. Dit is klein, té klein voor een praktijkinstallatie. Deze kleinschaligheid zorgt er evenwel voor dat de installatie vlot inzetbaar is voor onderzoek. De installatie is dan ook uitgerust met alle noodzakelijke sensoren om input en output continu te meten. Bovendien is er tijdens het ontwerp op gelet dat de installatie volledig representatief is, zodat de bekomen onderzoeksresultaten geëxtrapoleerd kunnen worden naar de praktijk.

## Feiten en cijfers

	Data	Specificaties
Start bouw	16 mei 2006	
Opstart installatie	1 mei 2007	
Opslagcapaciteit biomassa	468m <sup>3</sup> 70m <sup>3</sup>	Vaste biomassa Vloeibare biomassa
Reactor	200m <sup>3</sup> Ø 8m; hoogte 4m	Geïsoleerde betonnen reactor, voorzien van HDPE coating in de biogaszone, afgewerkt met houten planken (Epicea). De bodem van de tank bevindt zich 1 m onder het maaiveld. De reactor wordt gevuld tot ongeveer 165m <sup>3</sup> .
Biogasopslag	80m <sup>3</sup>	HDPE membraan sluit de tank gasdicht af. Dit membraan doet tevens dienst als gasbuffer.
Doseervijzel	5,5m <sup>3</sup> inhoud	Om dagelijks 1,5 m <sup>3</sup> vaste biomassa toe te dienen.
WKK	31 kW $\eta_e = 32\%$ ; $\eta_{th} = 58\%$	Motor: MAN 4-cilinder gasmotor ; 34 kW asvermogen (=45 pK) Generator: Newage Stamford inductiemachine (50 kVA)
Roerwerk	11 kW	Door-de-wand-menger; merk: Peters; type Fermento Mixer
Piping		Toevoer vloeistof: wormpomp 30m <sup>3</sup> /u; merk:Allweiler Afvoer digestaat: wormpomp 30m <sup>3</sup> /u; merk: Allweiler
Sensoren	vloeibare biomassa  vaste biomassa digestaat  biogas	Geleide microgolf niveaumeting Magnetisch-inductieve debietmeting Gewichtmeting Geleide microgolf niveaumeting Temperatuurmeting Thermische gasmassaflowmeting  merk: E+H; type: Levelflex merk: E+H; type: Promag 50 merk: Sartorius merk: E+H; type: Levelflex merk: E+H; type: Omnigrad T merk: E+H; type: Promass 65
Sturing	Volcontinu, autonoom werkende installatie voorzien van telemetriesysteem met internetlogin en waarschuwing via SMS in geval van storingen.	
Voeding	1300 ton/jaar <sup>1</sup> ± 3,5 ton/dag	Mest (42%) – energiegewassen (46%) – plantaardige afvalstoffen (12%) <sup>1</sup>
Aantal draaiuren	7750 u/jaar	Verwachte vollasturen (Totale beschikbaarheid = 365 dagen x 24 uur = 8760 uren/jaar)
Biogasproductie	128.700 Nm <sup>3</sup> /jaar 750 MWh/jaar	Energie-inhoud biogas: ± 5,83 kWh/Nm <sup>3</sup>
Elektriciteit Bruto productie	240 MWh/jaar	Het verschil tussen de bruto elektriciteitsproductie en het eigen verbruik van de WKK (ingeschat zo'n 10 MWh/jaar) en het pomphuis (ingeschat zo'n 18 MWh/jaar) levert de netto groene stroomproductie op.
Elektriciteit Netto productie	212 MWh/jaar	Een deel van de energie wordt lokaal verbruikt in de nabijgelegen conciërgewoning en de burelen, het overschot wordt in het net geïnjecteerd.
Warmte Bruto productie	434 MWh/jaar	Het gedeelte warmte nodig om de vergisting van energiegewassen op gang te houden (ingeschat zo'n 100 MWh/jaar) en om het pomphuis vorstvrij te houden (ingeschat zo'n 3 MWh/jaar) mag niet in rekening gebracht worden voor de netto warmtebenutting, evenals het gedeelte dat via de noodkoeling afgeblazen wordt (ingeschat 68 MWh/jaar).
Warmte Netto benutting	263 MWh/jaar	De warmte wordt benut in de serre van het POVLT (ongeveer 8 maanden per jaar). In de zomermaanden zal deze warmtebenutting eerder beperkt zijn.

<sup>1</sup>: richtwaarde, afhankelijk van het gevoerde onderzoek

## Bouw in beeld

Voor een dergelijke kleinschalige installatie is het moeilijk één aannemer te vinden die het gewenste totaalpakket kan aanbieden. Daarom werd ervoor geopteerd het project op te splitsen in verschillende lastenboeken. Niet minder dan 6 aannemers (reactor, grondwerken, warmtekrachtmodule, piping, elektriciteit en verhardingswerken) en 4 leveranciers (sensoren, pompen, doseervijzel en opslagtanks) werden bij het project betrokken. Niet zo eenvoudig naar werforganisatie...

## Open huis

De biogasinstallatie zal worden ingezet in het onderzoek rond anaerobe vergisting. Minstens even belangrijk is de rol die de installatie kan spelen in de voorlichting. De installatie moet een open huis worden. Enerzijds voor de landbouwers die willen nagaan of anaerobe vergisting iets is wat past binnen hun bedrijf, maar anderzijds ook voor 'de man in de straat' die zich vragen stelt bij de plannen voor de bouw van een biogasinstallatie in zijn buurt.



funderingswerken vergistingstank



plaatsen vloerinstallatie



plaatsen netwapening, wandverwarmingselementen en wanddoorvoeren



vergistingstank klaar om beton te storten



pas gegoten vergistingstank



grondwerken: plaatsen van de ondergrondse piping



grondwerken: aanleg van aanrijhelling voor doseervijzel



grondwerken: vloerplaat voor WKK, pomphuis en opslagtanks



piping: levering pomphuis



levering opslagtanks voor vloeibare biomassa



WKK-module: aansluiten luchtkanalen en noodkoeling



motor WKK: MAN 4 cilinder gasmotor



piping: aansluiten biogasleiding en sensoren



omgevingswerken: plaatsen sleufsilos voor opslag biomassa



omgevingswerken: gieten van betonverharding



doseervijzel met weegindicator



druktest biogasopvang na montage van dekzeil



overdrukindicatie in mbar (=gram) op biogasleiding en in biogasopslag. Maximale overdruk bedraagt 3,5 mbar.



vooraanzicht biogasinstallatie



achteraanzicht biogasinstallatie

# Energiemaïs scoort goed als grondstof voor vergisting

Met het toenemende aantal vergistingsinstallaties op boerderijschaal, zal het aandeel inputstromen uit energiegewassen wellicht stijgen. Hierbij wordt in eerste instantie vooral ingezet op biogas- of energiemais.

Anaerobe vergisting in het algemeen en vergisting van energiegewassen in het bijzonder is momenteel nog een kleine sector in Vlaanderen. Uit cijfers van Biogas-E vzw blijkt dat tot op vandaag nauwelijks energiegewassen werden vergist in Vlaamse vergistingsinstallaties. Heel wat landbouwers zien evenwel mogelijkheden in anaerobe vergisting, vaak in combinatie met mestverwerking. Het aantal vergistingsprojecten op boerderijschaal zit duidelijk in de lift. Conform de omzendbrief RO/2006/01 mogen vergisters met een maximum capaciteit van 60.000 ton inputmateriaal en minimaal 60% grondstoffen afkomstig uit land- en tuinbouw onder bepaalde voorwaarden in agrarisch gebied ingeplant worden. Mest komt als agrarische grondstof in aanmerking, maar gezien het grote verschil in energie-inhoud tussen mest en energiegewassen, mag men aannemen dat ook de energiegewassen doorgaans hun aandeel zullen hebben als grondstof voor boerderijvergisting.

Biogas kan gewonnen worden uit verschillende 'energiegewassen', het hoeft niet noodzakelijk (enkel) maïs te zijn. Ook grassen, andere graangewassen en zelfs bepaalde oliehoudende gewassen kunnen interessante opties zijn. Maïs neemt als mogelijke inputstroom echter een aparte plaats in: met een vrij eenvoudige teelttechniek kunnen erg hoge drogestofopbrengsten gehaald worden per hectare, onder de vorm van een goed bewaarbaar, gemakkelijk en direct te doseren (want gehakseld) product. Bovendien heeft maïs een vrij grote biogasopbrengst per ton droge stof. Tegenwoordig worden met maïs methaanopbrengsten van ongeveer 5000 m<sup>3</sup>/ha of een diesequivalent van circa 5000 l/ha gehaald. Het is belangrijk om dit te beseffen, zeker omdat het potentieel aan energiegewassen in Vlaanderen beperkt is. Voorlopige schattingen binnen het IWT-project 'Energiebouw Vlaanderen' geven een grootteorde aan van ongeveer 1 TWh (1.000.000 MWh) per jaar, wat overeenkomt met een areaal van 75335 ha of ± 15 % van het huidige Vlaamse landbouwareaal. 1 TWh stemt overeen met het jaarlijkse elektriciteitsverbruik van ongeveer 285.000 gezinnen. Door de evolutie van de landbouwproductie naar energiegewassen kan dit potentieel gevoelig toenemen. Om een zo hoog mogelijk aandeel aan groene energie te behalen op een beperkt areaal, dienen technologieën

en gewassen met een hoog energetisch rendement en een lage milieu-impact ingezet te worden. De vergisting van maïs scoort uitermate positief op deze vlakken.

Ook in Duitsland, dat met ongeveer drieduizend vergistingsinstallaties op boerderijschaal de Europese koploper is inzake anaerobe vergisting, heeft men dit zo begrepen: in meer dan 90% van de Duitse installaties wordt maïs gebruikt, in bijna de helft van de installaties maakt maïs meer dan de helft uit van het gebruikte volume energiegewassen. Andere vrij frequent ingezette energiegewassen zijn granen, GPS (Ganse Plant Silage) van granen en grassilage.

## Monocultuur maïs dan maar?

Monocultuur en duurzaamheid zijn moeilijk verzoenbare begrippen: maximale opbrengsten met minimale input van meststoffen en pesticiden worden nog steeds enkel bekomen in een evenwichtige teeltrotatie. Het is dan ook duidelijk dat de implementatie en ontwikkeling van biogas uit energiegewassen op lange termijn gebaseerd moet zijn op een maximalisatie van de biogasopbrengst per hectare binnen een duurzame en milieuvriendelijke rotatie, eerder dan op een maximalisatie van de biogasopbrengst van één bepaalde teelt. Diverse teelten lenen zich tot dit doel. Hierbij wordt ook gepoogd de winterperiode te valoriseren door de teelt van bijvoorbeeld snijrogge. Onderzoek hierover is lopende.

## Snij-, biogas-, korrel-, suiker-, silo-, energiemais?

Gezien het grote enthousiasme van de Duitse biogasboeren voor maïs als grondstof voor hun installaties, was de interesse van de zaadhuizen voor dit nieuwe marktsegment snel gewekt. Verschillende zaadhuizen legden zich toe op de ontwikkeling van maïsrassen die meer drogestof opbrengen per hectare of meer biogas opbrengen per ton droge stof. Een aantal jaar geleden deed het begrip biogas- of energiemais dan ook zijn intrede in de landbouw. Foto's met superlange maïs deden menigeen de wenkbrauwen fronsen en ontlokten vreugdevolle reacties, als zouden de zeven vette jaren aangebroken zijn. Vandaag de dag lopen er heel wat onderzoeken, worden de eerste specifieke biogasmaïsrassen op de markt gebracht en kunnen we het product 'energiemaïs' dus aan een eerste evaluatie onderwerpen.

Niet alle zaadhuizen volgen dezelfde strategie bij de



Tabel 1: Proefveldonderzoek energiemai's POVLT 2006. Overzicht rassen in proef

Ras	Jaar van opname <sup>1</sup>	Mandataris/verdelers	FAO <sup>2</sup>
Subito	EU(2006)	Philip Seeds	235
Pollen	EU(2002)	Maisadour	250-260
Atfields	EU(2002)	Aveve	240
Anjou 290	EU(2004)	Aveve	250
Delitop	B (2003)	Syngenta Seeds	220
NX 1783	-	Syngenta Seeds	240
NK Magitop	EU(2006)	Syngenta Seeds	235-240
Atletico	EU(2006)	KWS	270
Marcello	EU(2006)	KWS	260
KWS 1393	EU(2004)	KWS	290
Francisco	EU(2005)	KWS	260
Kabanas	B(2006)	KWS	240-250
LG3320	EU(2006)	Clovis Matton	330
San Miguel	EU(2002)	Clovis Matton	270-280
Benicia	EU(1997)	Pioneer	Halfvroeg (240-245)
PR37D25	EU(2003)	Pioneer	Laat (280-300)
PR38H20	EU(2003)	Pioneer	Halfvroeg (240-250)
Gavott (referentie)	EU(2000)		250
Moncada (referentie)	B(2004)		250

<sup>1</sup> Jaar van opname op de Belgische rassenlijst. B = ras van de Belgische rassenlijst, EU = ras van de Europese rassenlijst, - = nog niet opgenomen in een rassenlijst  
<sup>2</sup> FAO: rijpheidsindex (info mandataris)

Tabel 2: Proefveldonderzoek energiemai's POVLT 2006. Drogestofopbrengst en -percentage, kolfaandeel en plantlengte

Ras	DS-opbrengst		% DS	Kolfaandeel (%) <sup>1</sup>	Plantlengte (cm) 17-07-06
	Kg/ha	% t.o.v. Gavott			
Moncada	12.573	85,4	37,85	73	227
NX Magitop	13.564	92,1	38,15	65	225
Delitop	13.619	92,5	41,30	67	220
Gavott	14.724	100,0	37,47	72	239
Kabanas	14.945	101,5	38,78	78	235
PR38H20	15.289	103,8	30,58	68	247
PR37D25	15.311	104,0	29,83	75	260
Atfields	15.690	106,6	36,03	67	236
Pollen	15.899	108,0	29,50	65	261
NX 1783	16.093	109,3	36,58	65	246
Atletico	16.269	110,5	35,40	69	268
San Miguel	16.559	112,5	35,48	64	250
Benicia	16.528	112,6	31,42	57	253
Marcello	16.377	113,3	34,92	67	236
Francisco	16.667	114,6	35,20	68	246
Subito	17.394	118,1	34,62	64	259
LG3320	17.732	120,4	29,98	55	264
Anjou 290	17.933	121,8	32,70	60	272
KWS 1393	18.238	123,9	29,08	55	285

<sup>1</sup> % kolf op droge stof

ontwikkeling van specifieke energiemai'srassen. Vaak wordt teruggegrepen naar vrij 'late' cultivars (FAO > 250). Deze rassen komen later op het seizoen in bloei, zodat zij een langere vegetatieve periode hebben waarin zij meer biomassa kunnen opbouwen. Logischerwijs is het kolfaandeel van zulke rassen eerder laag.

Keerzijde van de medaille is dat deze rassen vaak minder koudetolerant zijn en/of in het najaar erg traag afrijpen. Ook de vochtvoorziening kan bij zo'n massaal gewas een probleem vormen. Selectie moet hierop een antwoord bieden. Om tot een grotere biogasopbrengst per ton droge stof te komen, werkt men in de selectie ook op de samenstelling en de verteerbaarheid van de mai's.

## Feiten en cijfers

Bij gewone silomai's wordt gesproken over een opbrengst van gemiddeld 50 ton vers/ha, een drogestofgehalte van om en bij 30% en een drogestofopbrengst van 15 ton/ha, met een kolfaandeel van 40 tot 60% op het drogestofgehalte. In het project 'Energiebouw Vlaanderen' van HOWEST - departement PIH, werden in 2006 met de energiemai'srassen opbrengsten gehaald van gemiddeld 73 ton vers/ha. De gemiddelde drogestofopbrengst bedroeg 23 ton/ha. Het kolfaandeel was gemiddeld lager dan dat van de silomai's.

Het POVLT te Beitem bracht in 2006 negentien mai'srassen samen in één rassenproef te Helkijn, waarbij Gavott en Moncada als referentierassen fungeerden (tabel 1). De andere rassen in proef werden door de zaadhuizen aangeboden als mogelijk interessant als energiemai's. Een aantal hiervan is specifiek voor dit doel ontwikkeld. Zoals in

tabel 1 weergegeven, gaat het vaak om halflate tot late rassen (FAO > 250). De proef werd uitgezaaid op 27 april in vrij zware grond (leem met geïsoleerde kalkstip). Net als op zoveel andere plaatsen in Vlaanderen in 2006, had het gewas erg te lijden onder de moeilijke opkomstomstandigheden, gevolgd door de uitzonderlijk droge en warme omstandigheden in juli. Uiteindelijk haalden de referentierassen Gavott en Moncada bij oogst op 28 september opbrengsten van respectievelijk 14,7 en 12,6 ton DS/ha. In tabel 2 zijn de rassen gerangschikt naar stijgende opbrengsten.

In de proef kon vastgesteld worden dat heel wat van de geteste rassen effectief significant hogere drogestofopbrengsten leverden dan de referentierassen Gavott en Moncada (significante meeropbrengsten vanaf 110% drogestofopbrengst ten opzichte van Gavott). Er is een zeker verband tussen een hoge rijpheidsindex (FAO) en een hoog opbrengstpotentieel, hoewel ook bepaalde rassen met een relatief lage FAO erg goed scoren voor drogestofopbrengst (Subito, Anjou 290 ...). Wel dient



opgemerkt dat het beoordelen van de vroegheid van een ras in termen van FAO door de verschillende zaadhuizen niet op een eenduidige wijze gebeurt, zodat de opgegeven waarden eerder indicatief zijn.

Hogere drogestofopbrengsten zijn vooral het gevolg van een groter stengelaandeel, zodat het kolfaandeel daalt. Logischerwijs hebben we dan ook te maken met grotere planten.

Bij late rassen bestaat het risico dat zij op het ogenblik van oogst onvoldoende afgerijpt zijn, met risico op sapverliezen in de kuil tot gevolg. In 2006 was dit echter geen probleem: het laagste drogestofgehalte dat werd gemeten was 29,08%, wat naar inkuilbaarheid nog aanvaardbaar is. Het drogestofpercentage daalt wel bij toenemende drogestofopbrengst, zodat er in minder gunstige afrijpingsomstandigheden wel degelijk problemen kunnen zijn met de erg late variëteiten. Buitenlands onderzoek heeft overigens aangetoond dat een eerder laag drogestofgehalte (29-30%) zeker geen negatieve invloed heeft op de biogasopbrengst van de maïs, integendeel.

Van 7 rassen werd ook de biogasopbrengst bepaald (Biogaslabo HOWEST). Gemiddeld werd een opbrengst van 345 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub> per ton droge stof gemeten. De verschillen tussen de rassen naar biogaspotentieel per ton droge stof waren beperkt. Vooral onder invloed van de vrij grote verschillen in drogestofopbrengst per hectare, resulteerde dit toch in relatief grote verschillen in biogasopbrengst per hectare, gaande van 4856 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/ha tot 6621 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/ha.

## Besluiten

Maiïs is erg interessant als grondstof voor vergisting. De teelt van maïs voor vergisting verschilt niet noemenswaardig van die van gewone maïs. Gezien er meestal gewerkt wordt met late variëteiten, moet er wel extra aandacht besteed worden aan het tijdstip van zaaien en oogsten en aan het drogestofgehalte bij oogst. Voor de massale rassen kan geadviseerd worden iets dunner te zaaien (90000 zaden/ha).

Verschillende zaadhuizen werken een afzonderlijk assortiment 'biogas'-rassen uit. Specifieke selecties moeten resulteren in de optimale combinatie van hoog opbrengst- en/of biogaspotentieel en oogstzekerheid. Deze selecties staan nog in de kinderschoenen, wat ons doet hopen op een beloftevolle toekomst voor de 'biogasmaïs'.



## Maïs en zonnebloem op één veld?

Op de website van het zaadhuis Euralis ([www.euralis.de](http://www.euralis.de)) wordt de mengteelt maïs-zonnebloem gepromoot als een interessante teelt voor biogasproductie. Men gaat ervan uit dat de zonnebloemen in het veld het vetgehalte van de biomassa dermate doen toenemen dat de biogasproductie per hectare stijgt. In de mengteelt maïs-zonnebloem zouden de drogestofopbrengsten per hectare tot 25% lager liggen in vergelijking met de maïsteelt, maar dit zou ruimschoots gecompenseerd worden door een meeropbrengst van 10% biogas per hectare.

### 4 x 4 of 8 x 8

Op het veld worden telkens vier tot acht rijen zonnebloem afgewisseld met evenveel rijen maïs. Beide gewassen worden uitgezaaid aan negen korrels per vierkante meter. Het zaad van maïs en zonnebloem mengen is zeker geen optie: door de veel snellere jeugdgroei zou de zonnebloem de maïs volledig verdringen.

### Niet eenvoudig

In de praktijk blijkt het samenbrengen van zonnebloem en maïs op één veld niet zo eenvoudig. Zonnebloem verdraagt erg weinig stikstof in vergelijking met maïs. Bovendien worden de herbiciden die in zonnebloem toegepast worden doorgaans niet verdragen door maïs, en omgekeerd. Er zijn specifieke maïsrassen nodig om de inzet van bepaalde herbiciden vollevelds mogelijk te maken. Zonnebloem en maïs hebben trouwens andere ziektegevoeligheden: zo is zonnebloem doorgaans erg gevoelig voor sclerotinia. Zowel bij opkomst als tijdens de afrijping kunnen vogels veel schade aanbrengen aan de zonnebloem.

### Eerste proefresultaten niet veelbelovend

In 2005 en 2006 werd de mengteelt maïs-zonnebloem uitgetest in het proefcentrum te Beitem. In 2005 lukte de teelt in het veld vrij goed, maar in de loop van augustus werden de zonnebloemen zwaar aangetast door sclerotinia. Uiteindelijk lag de opbrengst van de mengteelt tot 38% lager dan van de soloteelt maïs. Ook de biogasopbrengst per ton droge stof was zeker niet hoger door het bijmengen

van zonnebloem. In 2006 werd de proef aangelegd op een sclerotinavrij perceel. De extreme droogte in juli zorgde voor een erg grote concurrentie tussen zonnebloem en maïs voor water, waarbij de maïs duidelijk het onderspit moest delven. De maïs in de mengteelt stond gemiddeld 45 cm kleiner dan in de soloteelt op hetzelfde veld, er was nauwelijks kolfvulling. Na de eerste regenbuien in augustus kwam daar nog een zware legering van de meeste zonnebloemrassen bovenop.

### Potentieel?

Na twee jaar proefveldwerk blijkt dat de mengteelt maïs-zonnebloem niet erg praktisch is en bijkomende teeltrisico's met zich meebrengt. Dit betekent niet dat zonnebloem eventueel geen mogelijkheden kan bieden als energiegewas voor vergisting. De rassenkeuze en teelttechniek zijn hierbij bepalend. Het beheersen van schade door duiven en sclerotinia is de belangrijkste uitdaging.

Foto: Zonnebloem overheerst maïs in droge omstandigheden (juli 2006).



# Sorghum heeft potentieel als energiegewas

Omdat het vanuit het oogpunt van duurzaamheid en uit landbouwtechnische overwegingen niet wenselijk is te evolueren naar een monocultuur maïs met het oog op vergisting, is men binnen Europa hard op zoek naar andere teelten die in een rotatie met maïs kunnen worden geteeld. Een van deze teelten is sorghum.

Vanaf 2005 heeft het POVLT te Rumbeke Beitem, als eerste in Vlaanderen, sorghum in proef genomen.

## Korrelgerst, suikergerst en sudangras

Sorghum behoort net als rijst en maïs tot de grassenfamilie (Poaceae) en wordt wereldwijd voornamelijk als graangewas geteeld: *Sorghum bicolor* is na maïs, rijst, tarwe en gerst het vijfde belangrijkste graangewas (korrelgerst). De belangrijkste producenten zijn de Verenigde Staten, India, Nigeria, China en Mexico, maar ook landen als Frankrijk, Italië en Spanje hebben een zekere productie.

Sorghum omvat verschillende soorten. Enkel in de warmere klimaatgebieden is de teelt van sorghum als graangewas (*Sorghum bicolor*) mogelijk. In minder warme gebieden biedt sorghum toch nog mogelijkheden als voeder- of energiegewas. Het betreft dan de suikersorghum (*Sorghum bicolor*) of het sudangras (*Sorghum drummondii* en *Sorghum bicolor* x *drummondii*).

De suikersorghum en het sudangras zijn in het veld gemakkelijk van elkaar te onderscheiden. Suikersorghum (foto 1) lijkt sterk op maïs, maar er worden geen kolven gevormd: de zaadproductie gebeurt in de top van de plant. Sudangras (foto 2) lijkt sterk op gras. De kruising tussen suikersorghum en sudangras (*Sorghum bicolor* x *drummondii*) wordt ook sudangras genoemd, maar de bladeren zijn breder en de stengels dikker in vergelijking met het 'echte' sudangras. Ook het suikergehalte in de stengels is beduidend hoger. In tegenstelling tot suikersorghum kan sudangras in meerdere snedes geoogst worden.

Sorghum is net als maïs een C4-plant. Dit betekent dat het een subtropische plant is die in korte tijd zeer veel biomassa – en dus hoge opbrengsten per hectare – kan produceren. Met een behoefte van ongeveer 585 mm water gaat sorghum echter een stuk efficiënter om met water dan maïs. Het erg vertakte en diepe wortelstelsel zorgt voor een zeer efficiënte benutting van het water en de nutriënten in de bodem. Anderzijds heeft selectie ervoor gezorgd dat er in de loop der jaren maïsrassen

op de markt kwamen die optimaal zijn afgestemd op onze klimaatomstandigheden. Dit is niet het geval voor sorghum: de beschikbare sorghumrassen zijn bijvoorbeeld erg koudegevoelig.

## Rassen

Op de Europese rassenlijsten zijn heel wat sorghumrassen aangemeld, voornamelijk voor productie in de Zuid-Europese regio. In de proeven te Rumbeke-Beitem wordt zowel voor suikersorghum als voor sudangras een reeks van rassen uitgetest om het potentieel van de teelt zo goed mogelijk in te schatten. Onder impuls van het 'bio-energie'-verhaal is wel een zekere intensifiëring van het selectiewerk opgestart, maar vooralsnog zijn er geen rassen beschikbaar die specifiek voor onze teeltomstandigheden zijn geselecteerd.

## Teelttechniek

**Zaai** Wegens de vorstgevoeligheid van sorghum kan er pas vanaf de tweede helft van mei uitgezaaid worden, wanneer elk risico op vorst verdwenen is. Sudangras wordt gezaaid aan  $\pm 200$  korrels/m<sup>2</sup>, voor suikersorghum worden zaaidichtheden van 20 tot 50 zaden/m<sup>2</sup> geadviseerd. In de proeven te Rumbeke-Beitem werd sudangras uitgezaaid met een tussenrijafstand van 21 cm, ten opzichte van een tussenrijafstand van 42 cm in het geval van suikersorghum.

**Opkomst en jeugdgroei** Hoewel de kiemkracht van het zaad voldoende hoog is, is het opkomstpercentage van sudangras in onze teeltomstandigheden wisselvallig. In 2005 was het opkomstpercentage laag: tussen 20 en 54%, in functie van het ras. In 2006 was de opkomst zo mogelijk nog slechter: er was gezaaid op 17 mei, net voor een koude, erg vochtige periode. Onder deze weersomstandigheden was de maximale opkomst 43% en haalden sommige rassen een opkomstpercentage van niet meer dan 10%. Het uitzonderlijk warme voorjaar van 2007 was dan weer ideaal voor de opkomst van sudangras: er werden opkomstpercentages tussen 69 en 85% waargenomen. Gelukkig heeft sudangras een groot uitstoelend vermogen, zodat bij slechte opkomst de uitval in ruime mate gecompenseerd kan worden.

In het geval van suikersorghum is het opkomstpercentage in normale teeltomstandigheden goed, maar ook hier hebben de weersomstandigheden de opkomst in 2006 sterk bemoeilijkt.



Foto 1: Suikersorghum (Ras Sucro Sorgho 506, teeltjaar 2006)

Deze waarnemingen illustreren dat de beschikbare rassen niet helemaal afgestemd zijn op onze teeltomstandigheden. Er worden wel grote verschillen tussen rassen waargenomen, wat erop wijst dat er in dit opzicht verbeteringen via selectie mogelijk zijn.

De relatief koude weersomstandigheden in het voorjaar 2006 zorgden voor een erg trage jeugdgroei. Begin juli, ongeveer 45 dagen na zaai, stond het gewas gemiddeld niet hoger dan 75 cm voor sudangras en 50 cm voor suikersorghum. Zo'n trage start kan een risico voor veronkruiding van het perceel betekenen. Diverse herbiciden uit de maïsteelt kunnen ingezet worden, maar zijn op vandaag niet erkend in België voor deze toepassing.

**Biomassaopbouw** Vanaf eind juni komt de ontwikkeling van sorghum onder invloed van de stijgende temperaturen in een stroomversnelling. Zeker in zonnige en warme omstandigheden is de groei van sudangras erg explosief: tussen 12 en 24 juli 2006 werd een gemiddelde groeisnelheid van 5,7 cm per dag gemeten. Wanneer vanaf eind juli de aren zichtbaar werden, nam de groei enigszins af. Finaal werden gewashoogten gemeten

van gemiddeld 2,69 m. De rasverschillen waren relatief beperkt.

Wat suikersorghum betreft is de groeicurve meer geleidelijk en sterk rasafhankelijk. Sucro Sorgho 506 was in 2006 bijvoorbeeld een erg weelderig gewas met een finale gewashoogte van 3,41 m, dit in scherp contrast met bv. Super Sile 15. In beide proefjaren werd in suikersorghum geen legering vastgesteld. De legergevoeligheid van sudangras was voor een stuk rasafhankelijk, maar bleef globaal beperkt.

**Bloei** Sudangras bloeit vanaf ongeveer begin augustus. Er zijn behoorlijk wat rasverschillen: zo zijn Piper en Lussi vroege bloeiers, in tegenstelling tot Green grazer. De bloeiperiode van suikersorghum begint een stuk later in het seizoen. Ook daar zijn belangrijke rasverschillen: Sucro Sorgho 506 is een extreem late bloeier.

**Oogst** Zoals eerder aangegeven, kan sudangras – in tegenstelling tot suikersorghum – eventueel in twee snedes geoogst worden. In 2005 werd in Rumbeke-Beitem van vier rassen sudangras de opbrengst in twee snedes (eerste snede 3 augustus, tweede snede 13 oktober) vergeleken met de opbrengst in één snede

(8 september). Uit deze proef bleek dat de opbrengsten bij twee snedes 11 tot 41% lager lagen dan bij eenmalige oogst. In de proef was na de eerste snede een beperkte stikstofgift gegeven van 50 eenheden/ha, maar dit was ruim onvoldoende om in onze klimatologische omstandigheden een voldoende zware tweede snede te produceren.

Zowel bij sudangras als suikersorghum is het drogestofgehalte bij de oogst erg belangrijk met het oog op de bewaarbaarheid van het product. Wat sudangras betreft, situeerden de drogestofgehaltes zich tussen 20 en 28,4% bij oogst rond 10 september (2005 en 2006), zoals te zien is in tabel 3. In die tabel kan men voor suikersorghum zien hoe in 2005 het uitstellen van de oogst tot 13 oktober een significante stijging van het drogestofgehalte met zich meebracht tot 29%. In 2006 lagen de drogestofgehaltes van de verschillende rassen bij oogst rond de 22%.

Tabel 3: Drogestofgehaltes van sudangras (eenmalige oogst) en suikersorghum – POVLT 2005 en 2006

Ras	Drogestofgehalte (%) bij oogst		
	08-09-2005	12-09-2006	
<b>Sudangras</b>			
Piper	27,5	27,0	
Susu	22,6	24,1	
King 61	22,9	22,8	
Green grazer	20,0	22,7	
All time		20,4	
Lussi		28,4	
<b>Suikersorghum</b>	08-09-2005	13-10-2005	04-10-2006
Super sile 15	21,9	28,9	22,0
Sucro sorgho 506			21,7
Rona			22,5

**Opbrengsten** De in de proeven gemeten opbrengsten van sudangras zijn weergegeven in figuur 6. In beide proefjaren werd geoogst in één snede rond 10 september. Over de beide proefjaren en over alle rassen heen werd een gemiddelde opbrengst van 13,9 ton DS/ha gemeten. De figuur toont evenwel duidelijk dat, onder invloed van de slechte opkomstomstandigheden in 2006, de drogestofopbrengsten gemiddeld 2,1 ton/ha lager lagen dan in het eerste proefjaar. Enkel Green grazer hield in deze weersomstandigheden goed stand. De figuur geeft ook aan dat er een groot verschil is tussen het opbrengstpotentieel van de rassen. Green grazer (2005 en 2006) en Lussi (2006) hebben met een opbrengst van 17 ton DS/ha duidelijk het beste opbrengstpotentieel.

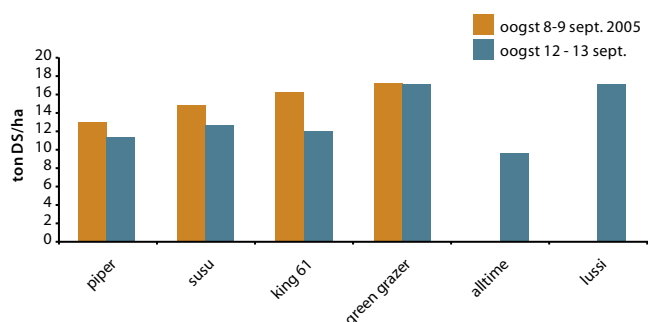


Fig 6: Opbrengsten sudangras - POVLT 2005 en 2006

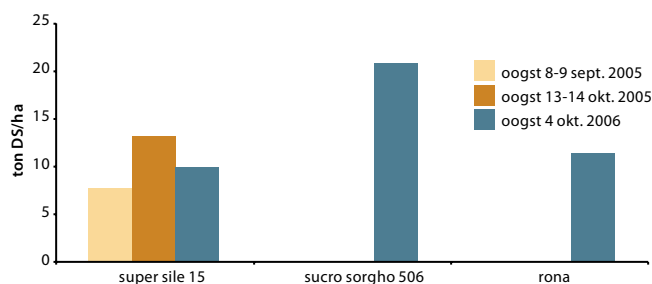


Fig 7: Opbrengsten suikersorghum - POVLT 2005 en 2006

We haalden eerder al aan hoe rasafhankelijk de groeicurve van suikersorghum is. Dit vertaalt zich in grote opbrengstverschillen tussen de rassen (figuur 7). Over de beide proefjaren heen haalde Super sile 15 een gemiddelde opbrengst van 10,7 ton DS/ha. De opbrengsten van Rona lagen in dezelfde lijn, terwijl Sucro sorgho 506 daar duidelijk boven zat met opbrengsten van meer dan 20 ton DS/ha.

**Biogaspotentieel** Voor toepassing in een biogasinstallatie is niet alleen de drogestofopbrengst per hectare belangrijk. Het product moet ook goed vergistbaar zijn, met voldoende hoge opbrengsten biogas per ton droge stof.

Bekijken we de samenstelling van de biomassa, dan vallen de relatief hoge gehalten lignine (4 à 4,5 %) in vergelijking met maïs en raaigras en de hoge gehalten hemicellulose (25%) en cellulose (32,3 %) op. De energie zit dus voor een groot stuk in de celwand. De gehalten ruw vet en ruw eiwit zijn relatief laag, gemiddeld respectievelijk 2,2 en 9 %.

De onderzoeksresultaten van 2005 en 2006 (Biogaslabo HOWEST) wijzen op een gemiddelde biogasopbrengst van 345 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub> per ton droge stof, wat volledig in de lijn ligt van de gemiddelde biogasopbrengst van maïs. Wel wordt er bij sorghum een grotere variatie in biogasopbrengst waargenomen in functie van het ras en het oogsttijdstip dan bij maïs.

**Ziekten en plagen** Tot dusver zijn er in de koudere klimaatzones weinig of geen meldingen van plagen in sorghum. Wat ziekten betreft werden in 2007 op de diverse rassen te Beitem vrij zware aantastingen door bladziekten waargenomen. In de eigenlijke productie-regio's van sorghum geven bladziekten zelden aanleiding tot ernstige minopbrengsten, zodat geen specifieke maatregelen genomen worden ter preventie of bestrijding van deze ziekten.

## Besluiten

Ondanks het feit dat de beschikbare rassen niet geoptimaliseerd zijn naar onze teeltomstandigheden, is het opbrengstpotentieel van sudangras en suikersorghum hoog, met gemeten opbrengsten tot respectievelijk 17 en 20 ton DS/ha. Het gewas kan pas laat in het voorjaar gezaaid worden, maar dat heeft op zich ook voordelen, omdat er dan voldoende tijd is om een wintergewas

te oogsten (bijvoorbeeld snede gras of winterrogge GPS). Het feit dat sorghum erg efficiënt is met water, is in dit opzicht een voordeel. Onderzocht moet worden in welke mate het uitstellen van de zaaidatum van sorghum in het voorjaar een negatieve invloed heeft op de opbrengst.

Men moet niet alleen streven naar maximale drogestofopbrengsten per hectare, ook het drogestofpercentage is erg belangrijk met het oog op bewaarbaarheid. Ook hier is verder onderzoek nodig naar het optimale oogsttijdstip. De interactie tussen opbrengst en stikstofbemesting, zaaidichtheid enzomeer moet eveneens verder uitgeklaard worden.

We mogen besluiten dat sorghum duidelijk mogelijkheden heeft als energiegewas in onze regio's. Zeker wanneer er pas laat in het voorjaar gezaaid kan worden, kan sorghum een waardige vervanger zijn van maïs.

Foto 2: Sudangras (teeltjaar 2005)



# Biogas uit aardpeer

De meerjarige teelten vormen een aparte rubriek binnen het telen van energiegewassen. Zij vragen immers een specifieke plaats binnen het bedrijfsareaal. Aardpeer of topinamboer is mogelijks interessant als meerjarig energiegewas voor vergisting.

## Energiegewas?

Aardpeer verenigt twee specifieke kenmerken, waardoor het mogelijk een interessant energiegewas is voor biogasproductie. Met gewashoogtes van 1,5 tot 5 m produceert het gewas opvallend veel bovengrondse biomassa. Een hoge drogestofproductie per hectare is een basisvereiste voor een energiegewas. Bovendien zijn de knollen winterhard. Aardpeer is dan ook moeilijk te integreren in een gewone teeltrotatie, omdat niet-gerooide knollen problemen geven met opslag in het volggewas. Voor toepassing van aardpeer als energiegewas kan dit 'gebrek' echter tot een positieve eigenschap worden omgebogen. Het idee is het gewas te telen voor zijn bovengrondse biomassa en de knollen na de oogst van deze biomassa gewoon in de grond te laten zitten. Het daaropvolgende jaar leveren de knollen een nieuwe oogst aan biomassa. Op die manier bekomt men een goedkope, meerjarige energieteelt, die vooral op minder goede (braak)gronden een plaats kan hebben als permanente teelt.

## Rassen

Er bestaat geen Europese rassenlijst voor aardpeer. Er wordt erg weinig veredelingswerk verricht in dit gewas, zodat de beschikbare rassen vaak oud en niet steeds zuiver zijn. Het onderzoeksinstituut LAP Forchheim in Duitsland maakt melding van 24 rassen. Er is wel wat cijfermateriaal betreffende hun potentiële knolopbrengst, maar informatie inzake de bovengrondse bladmassa en de gevoeligheid voor ziekten en legering is nagenoeg niet voorhanden.

In het POVLT worden sinds 2005 drie rassen uitgetest: Volkenröder Spindel, Lola en Gigant. Het plantgoed werd betrokken uit Duitsland.

## Teelttechniek

**Uitplanten** Op 12 april 2005 werd het pootgoed uitgeplant in het proefveld te Rumbeke-Beitem, aan een dichtheid van 45000 knollen/ha. Dit stemt overeen met de aanbevolen plantdichtheid in de beperkte literatuur die over deze teelt voorhanden is. Er werd geplant op ruggen

met een gewone aardappelplanter. De bemesting was erg matig: in 2005 werden overeenkomstig het advies 80 eenheden stikstof toegediend, naast 45 eenheden potas en 15 eenheden magnesium. In 2006 werd de bemesting beperkt tot 45 eenheden stikstof.

**Opkomst en ontwikkeling** In het eerste jaar, 2005, verliep de opkomst na uitplanten relatief traag. Eén maand na planten werd een opkomstpercentage van gemiddeld 55% geteld. Een tweetal weken later (eind mei) lagen de opkomstpercentages gemiddeld tussen 87 en 93%. Vanaf juni kende de gewashoogte een erg steile toename. Uiteindelijk werden gewashoogtes gemeten tussen 2,5 en 3,2 m. Begin juli zorgden hevige regens voor een gedeeltelijke legering van het gewas. Na slechte weersomstandigheden in de loop van augustus, was het gewas op het ogenblik van de oogst nagenoeg volledig gelegerd. Na de oogst van de bladmassa bleven de knollen gewoon in de grond zitten.

Gezien de knollen daarna de hele winter in de grond aanwezig waren, kon de kieming in het voorjaar van 2006 een stuk eerder plaatsvinden. Hierdoor had het gewas een duidelijke voorsprong in vergelijking met het eerste teeltjaar. Door de vermeerdering van de knollen in het eerste jaar werden bovendien beduidend meer, maar fijnere stengels gevormd. De uiteindelijke gewashoogte was iets beperkter dan in het eerste jaar. Een en ander had tot gevolg dat in het tweede teeltseizoen slechts in zeer beperkte mate legering optrad, ondanks de erg regenachtige weersomstandigheden in augustus.

**Gevoeligheid ziekten en plagen** In het proefveld werd nogal wat aantasting door sclerotinia en witziekte waargenomen. De ziektegevoeligheid is voor een stuk rasafhankelijk. Meer onderzoek is nodig naar de meest geschikte behandeling van deze ziekten. Tot dusver zijn de waargenomen ziekteaantastingen wellicht van slechts beperkte invloed geweest op de opbrengsten.

**Oogst** In het eerste proefjaar werd het gewas handmatig geoogst. In het tweede jaar werd met uitstekende resultaten een maïshakselaar ingezet. Er is weinig tot niets gekend betreffende het optimale oogsttijdstip van de bovengrondse bladmassa. Het drogestofpercentage is uiteraard richtinggevend. Tabel 4 geeft een overzicht van de drogestofpercentages in het proefveld te Rumbeke-Beitem. In 2006 werden twee verschillende oogsttijdstippen in proef opgenomen. Uit de tabel blijkt opnieuw hoe het gewas in 2006 een stuk 'vroeger' was dan in 2005:





de drogestofopbrengsten op 23 augustus 2006 lagen een stuk hoger dan op 13 september 2005. Ook de verschillen in vroegheid tussen de rassen worden gereflecteerd in de drogestofpercentages. Algemeen mag men stellen dat – zeker vanaf het tweede teeltjaar – in de eerste helft van september een gewas geoogst kan worden met een, naar inkuilbaarheid, aanvaardbaar drogestofpercentage.

Tabel 4: Opbrengsten en drogestofgehaltes van aardpeer.

	Oogstdatum		
	13-09-05	23-08-06	08-09-06
<b>Drogestofgehalte (%)</b>			
Völkenroder Spindel	24,6	27,9	29,8
Lola	21,4	27,3	27,8
Gigant <sup>1</sup>	31,5	29,1	
<b>DS-opbrengst (ton/ha)</b>			
Völkenroder Spindel	17,6	17,2	19,1
Lola	14,6	14,7	16,2
Gigant <sup>1</sup>	12,0	12,7	

<sup>1</sup> Gebaseerd op slechts één herhaling

**Opbrengsten** Ook de in de proef gemeten opbrengsten van aardpeer zijn weergegeven in tabel 4. Het opbrengstpotentieel situeerde zich tussen 12 en 19 ton DS/ha, in functie van het ras. Hierbij is het opvallend hoe het oogsttijdstip van 13 september 2005 correspondeert met het oogsttijdstip van 23 augustus 2006: opnieuw wordt hier de voorsprong van het gewas in het tweede jaar na uitplanten geïllustreerd. In 2006 nam de opbrengst bij uitstel van de oogst met twee weken (tot 8 september) gemiddeld met 1,7 ton DS/ha toe.

**Biogaspotentieel** Voor toepassing in een biogasinstallatie is niet alleen de drogestofopbrengst per hectare belangrijk. Het product moet ook goed vergistbaar zijn, met voldoende hoge biogasopbrengsten per ton droge stof. De labotesten (Biogaslabo HOWEST) geven aan dat de biogasopbrengsten per ton droge stof van aardpeer toch een stuk lager liggen dan die van maïs (gemiddeld 304 Nm<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/ton DS in 2005 en 244 Nm<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/ton DS in 2006).

Aan de basis hiervan kan het relatief hoog ligninegehalte liggen (6.7%). De gehalten ruw eiwit en ruw vet zijn laag (respectievelijk 4.9 en 1.0%), de energie zit voornamelijk in de fractie 'N-vrije extractiestoffen'.

**Valorisatie van de knollen** In het concept van de meerjarige teelt kan het gedeeltelijk oogsten en gebruiken

van de knollen overwogen worden, zolang voldoende pootmateriaal op het veld achterblijft voor het volgende productiejaar. In hoeverre dit een financiële meeropbrengst zou betekenen, moet nog bekeken worden.

## Besluiten

De toepassing van aardpeer als meerjarig energiegewas voor biogasproductie is misschien wat ongewoon, maar de proefveldresultaten tonen aan dat er mogelijkheden zijn. De combinatie van drogestofopbrengsten tot 19 ton/ha, een inkuilbaar drogestofpercentage en behoorlijke biogasopbrengsten met een erg lage teeltkosten is uitermate interessant, zeker op eerder marginale gronden. Alvorens deze meerjarige teelt ingang kan vinden in de praktijk, moeten er toch nog een aantal zaken uitgeklaard worden. Hoe lang kan een dergelijke continue teelt van aardpeer in productie blijven? In welke mate zijn er moeilijkheden te verwachten met opslag na het uit productie nemen van de aardpeer? Hoe kan dit verholpen worden? Hoe wordt de ziektedruk door sclerotinia en witziekte best beheerst? En welke rassen zijn het minst legergevoelig?

## Wat is aardpeer?

Aardpeer (*Helianthus tuberosus*) is familie van de zonnebloem (*Helianthus annuus*). Het gewas is afkomstig uit Noord- en Midden-Amerika en werd in de zeventiende eeuw geïntroduceerd in Europa. De familieband met zonnebloem komt tot uiting in de gewashoogte: in functie van het ras kan aardpeer 1,5 tot zelfs 5 m hoog worden. Het gewas vormt gele, maar kleine en weinig opvallende bloemen. Niet elk ras komt in onze klimaatomstandigheden tot bloei.

Aardpeer is ook gekend onder de naam 'topinamboer'. 'Gekend' is wel een relatief begrip: het gewas wordt in binnen- en buitenland op erg beperkte schaal geteeld voor zijn knollen. De knollen, die erg grillig zijn van vorm, zijn rijk aan inuline. Ze zijn te verkrijgen in de meer gespecialiseerde handel als een 'gourmetgroente' of een soort 'zoete aardappel'. Door het hoge inulinegehalte in de knollen is in het verleden onderzoek gedaan naar de mogelijkheid om aardpeer te telen voor de productie van deze zoetstof, maar het gewas kan in dit opzicht niet concurreren met bijvoorbeeld cichorei. Plaatselijk (Frankrijk, Duitsland) wordt aardpeer gebruikt voor de productie van alcohol. Er zijn ook berichten inzake lokaal gebruik als diervoeder. Hiervoor komen zowel het bovengrondse gewas als de knollen in aanmerking.

# Wat met het digestaat?

Ondanks de groeiende interesse in Vlaanderen voor biogasproductie door middel van co-vergisting, zijn de eigenschappen van digestaat, het restproduct van de vergisting, nog onvoldoende gekend bij de landbouwers.

Na het vergistingsproces blijft een digestaat over dat als meststof kan dienen en dat in vergelijking met ruwe drijfmest meerdere voordelen kan hebben. Toch is dit digestaat een remmende factor in de ontwikkeling van anaerobe vergisting in Vlaanderen. Door vergisting verdwijnen er geen nutriënten uit de biomassa. Het digestaat moet dan ook afgezet worden conform de diverse wetgevingen.

## Eigenschappen digestaat

Er bestaat niet zoiets als 'hét digestaat': de samenstelling van digestaat varieert immers naargelang de inputstromen die vergist worden. Door het West-Vlaams Proefcentrum voor de Akkerbouw vzw binnen het POVLT werden in de periode 2006-2007 10 digestaten, afkomstig van 9 verschillende vergistingsinstallaties, geanalyseerd (Tabel 5). In wat volgt wordt op basis van de analyse-resultaten de chemische samenstelling van digestaat vergeleken met deze van ruwe drijfmest. De gegevens van de drijfmest zijn gemiddelden van de analyseresultaten van het Provinciaal laboratorium POVLT (Rumbeke-Beitem) van de jaren 2001 en 2002.

Tabel 5: Overzicht van de verschillende digestaten die door het West-Vlaams Proefcentrum voor de Akkerbouw vzw in de periode 2006-2007 werden geanalyseerd.

	Input biogasinstallatie
digestaat 1	80% GFT(1), 20% OA(2)
digestaat 2	100% VM(3)
digestaat 3	100% GFT
digestaat 4	1% VM, 99% OA
digestaat 5	94% RM(4), 6% maïs
digestaat 6	5-10% VM, 90-95% OA
digestaat 7	40% RM, 40% OA, 20% maïs
digestaat 8	1-10% RM, 90-99% OA en maïs (ongeveer 2/3 OA en 1/3 maïs)
digestaat 9	24% VM, 6% RM, 70% OA
digestaat 10	1-10% VM, 90-99% OA

- (1) GFT = groenten-, fruit- en tuinafval
- (2) OA = organisch afval
- (3) VM = varkensdrijfmest
- (4) RM = runderdrijfmest

**Algemeen** Tot voor kort maakte drijfmest doorgaans een groot aandeel uit van de grondstoffen van een biogasinstallatie. Men kon dan ook zien hoe het vergistingsproces deze drijfmest, waaraan bepaalde co-producten waren toegevoegd, omzette in een digestaat dat vloeibaarder was, met een significant hoger ammo-







niumgehalte. Door deze extra mineralisatie werd de bemestingswaarde van het bekomen digestaat hoger ingeschat dan van de oorspronkelijke drijfmest. Vandaag is het aandeel drijfmest in de anaerobe vergisting in heel wat installaties flink teruggeschoefd, zodat de andere co-producten, de energiegewassen en het afval, bepalend worden voor de eigenschappen van het digestaat. In het licht van deze nieuwe evoluties, moeten de eigenschappen van het digestaat opnieuw bekeken worden.

**Organische stof en droge stof** Tijdens het vergistingsproces wordt een deel van de organische koolstof omgezet in methaan (CH<sub>4</sub>) en koolstofdioxide (CO<sub>2</sub>). Hierdoor daalt het gehalte organische koolstof en daarmee ook het gehalte organische stof en droge stof: digestaat kan tot 80% minder organische stof bevatten dan de inputstromen (mest en biomassa). Dit betekent dat digestaat een heel stuk vloeibaarder is dan de inputstromen.

In 4 van de 10 opgevolgde digestaten, was het digestaat duidelijk vloeibaarder dan wat gemiddeld van ruwe mestvarkensdrijfmest mag verwacht worden (zie figuur 8). Van deze 4 installaties zijn er 3 met een aandeel van 40 tot 100% drijfmest in de inputstromen. Globaal zien we dat, naarmate het aandeel drijfmest afneemt, het drogestofgehalte van het digestaat stijgt. In 1 installatie werd een digestaat met een drogestofgehalte van 21% geproduceerd. Het betreft droge, thermofiele vergisting van 100% GFT.

Enkel de gemakkelijk afbreekbare organische stof wordt afgebroken. Complexe organische verbindingen (zoals lignine) worden niet afgebroken, waardoor de bodemverbeterende eigenschappen in het eindproduct, het digestaat, behouden blijven.

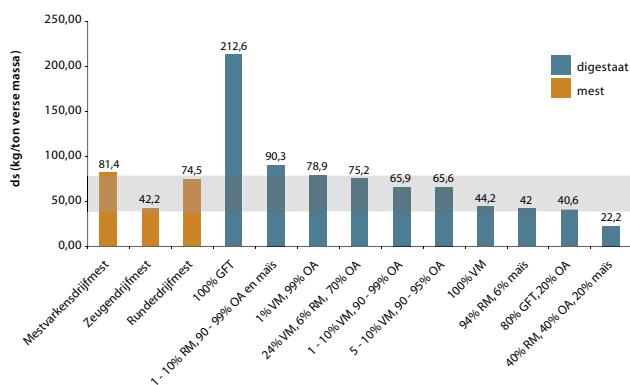


Fig 8: Analyseresultaten droge stof (kg/ton verse massa)

**Totaal Stikstofgehalte (N)** Gemiddeld bevat ruwe mestvarkensdrijfmest 6.78 kg N per ton vers materiaal. Voor zeugendrijfmest en runderdrijfmest ligt dat rond de 3.75 kg N per ton vers materiaal. Uit onze analyses blijkt dat het totale stikstofgehalte in de digestaten gemiddeld lager ligt dan in mestvarkensdrijfmest (5.51 kg / ton vers materiaal). Er zijn evenwel belangrijke verschillen tussen de digestaten naar stikstofinhoud, in functie van de inputstromen (zie figuur 9). Bij vergisting van maïs bijvoorbeeld, mag verwacht worden dat het stikstofgehalte een stuk lager ligt, omdat maïs slechts om en bij de 4 kg N per ton vers materiaal bevat.

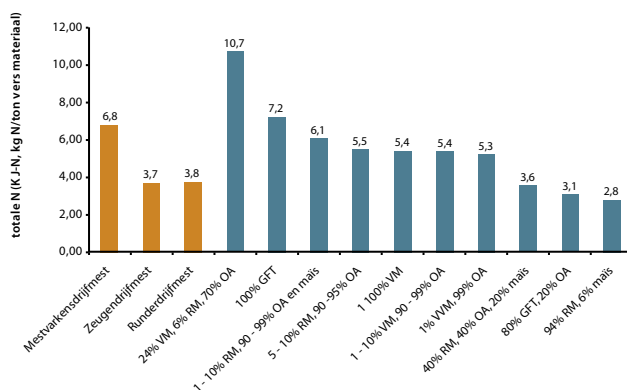


Fig 9: Analyseresultaten totale N-gehalte (KJ-N, kg N/ton vers materiaal)

**Aandeel minerale stikstof** Door de afbraak van organische stof komt ook organisch gebonden stikstof vrij onder vorm van ammoniumstikstof.

In ruwe mestvarkensdrijfmest is gemiddeld 64% van de stikstof aanwezig onder vorm van ammoniumstikstof. De ammoniumstikstof is direct beschikbaar voor de plant. Hoe hoger het aandeel ammoniumstikstof, hoe efficiënter de mest kan ingezet worden voor stikstofbemesting.

In de 10 geanalyseerde digestaten bedroeg het gemiddelde aandeel ammoniumstikstof 62.9%, wat op zich volledig in de lijn ligt van de ruwe varkensdrijfmest (zie figuur 10). Wel was er behoorlijk wat verschil tussen de digestaten onderling: in het geval zuiver varkensdrijfmest werd vergist, werd een ammoniumgehalte van 81.8% gemeten, maar bij andere digestaten was het aandeel ammonium niet hoger dan 44 à 47%. Het aandeel ammoniumstikstof in het digestaat is dus niet per definitie hoger dan in een ruwe varkensdrijfmest. Digestaten met een relatief laag ammoniumgehalte zijn vooral digestaten op basis van organisch afval (inclusief GFT). In afval is meestal weinig ammoniakale stikstof aanwezig en moet deze nog allemaal vrijgesteld worden

uit de organische stof gedurende het vergistingsproces. Indien er veel mest gebruikt wordt in de vergistingsinstallatie, zal de hoeveelheid ammoniakale stikstof in het digestaat echter wel hoger zijn dan bij ruwe drijfmest.

In welke mate er een verschil is tussen digestaat enerzijds en drijfmest anderzijds met betrekking tot efficiëntie als N-meststof (met name vooral de werking van de organisch gebonden stikstof), moet door middel van veldproeven verder worden uitgeklaard.

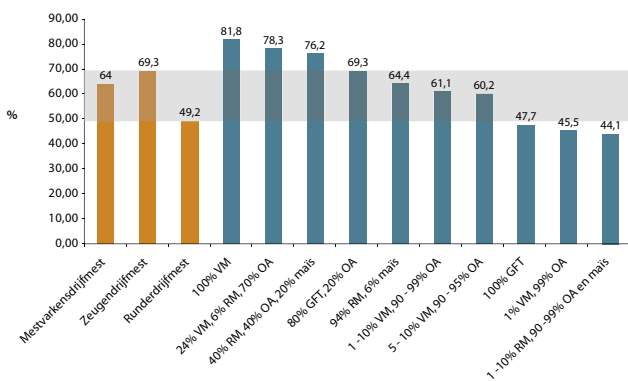


Fig 10: Analyseresultaten verhouding ammoniakale N - totale N-gehalte (%)

**pH** Door afbraak van vluchtige vetzuren tijdens het vergistingsproces kan de pH van digestaat ongeveer één eenheid hoger zijn dan van ruwe drijfmest.

In alle geanalyseerde stalen lag de pH van het digestaat hoger dan de pH van ruwe drijfmest, ongeacht de samenstelling van het digestaat (zie figuur 11). De gemiddelde pH van drijfmest bedraagt 7,1, terwijl bij de geanalyseerde digestaatstalen de pH gemiddeld 7,9 bedroeg. Bij vergisting wordt meestal meer dan 90% van de vluchtige vetzuren afgebroken. Dit zorgt ervoor dat het spreiden van digestaat op het veld minder geurhinder met zich meebrengt dan het spreiden van drijfmest.

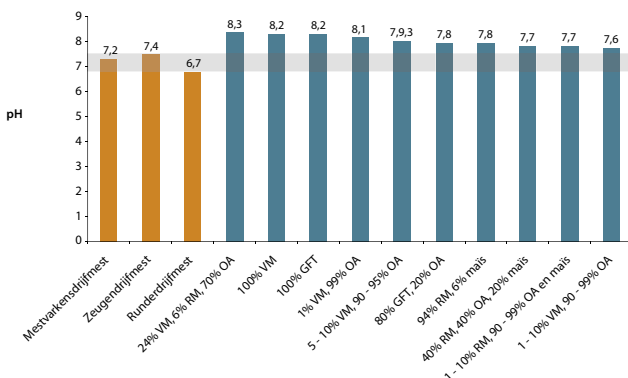


Fig 11: Analyseresultaten pH

De hogere pH zorgt echter ook voor een verhoogd risico op ammoniakvervluchtiging. Injecteren is in geval van digestaat dus zeker aangewezen.

**Fosfaat** Alle fosfaat dat in de inputstromen aanwezig is, is terug te vinden in het digestaat. Het fosfaatgehalte van het digestaat wordt dus bepaald door dat van de inputstromen (zie figuur 12). Het fosfaatgehalte van de verschillende geanalyseerde digestaten ligt bijgevolg ver uit elkaar met een minimum van 0,56 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ton vers materiaal en een maximum van 4,31 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ton vers materiaal. Door toevoeging van co-producten zal het digestaat gemiddeld een lager fosfaatgehalte hebben dan wat van mestvarkendrijfmest mag worden verwacht. Op zich is dat een erg belangrijk kenmerk. Digestaat moet immers afgezet worden conform de mestwetgeving, met een maximum gift van 80-100 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per hectare in 2007 afhankelijk van het gewas. Wanneer het fosfaatgehalte van een digestaat relatief laag is, kan het aandeel digestaat in de totale stikstofbemesting toenemen.

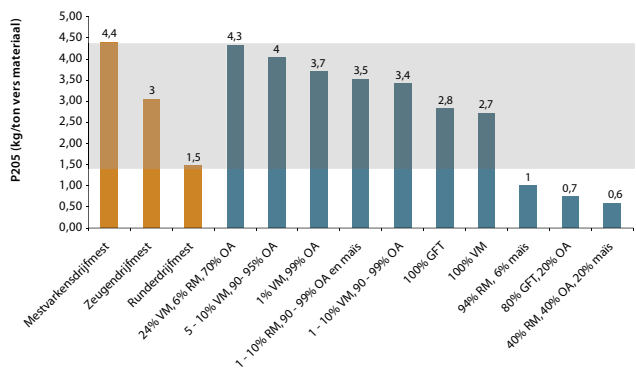


Fig 12: Analyseresultaten P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-gehalte (kg/ton vers materiaal)

**Zware metalen** De zware metalen, afkomstig van de inputstromen, blijven achter in het digestaat. In varkensmest kunnen de zink- en kopergehalten soms kritisch zijn. Indien dus veel varkensmest wordt toegevoerd aan de vergistingsinstallatie, bestaat de kans dat voor digestaat de Vlareanorm inzake het gehalte aan zware metalen wordt overschreden. Door de vergisting van enkel mest daalt namelijk het drogestofgehalte en zal bijgevolg de concentratie van de zware metalen toenemen. Uit de analyses blijkt echter dat ook voor niet-vergiste varkensdrijfmest die normen al kunnen overschreden zijn (tabel 6: zink). De aanwezigheid van andere zware metalen hangt vooral af van de samenstelling van de verschillende inputstromen. Een goede screening van de inputstromen is dus erg belangrijk.

Tabel 6: Gehalten aan zware metalen van verschillende digestaten (gegevens analyses 2006-2007)

Input	80% GFT, 20% OA	100% VM	VM <sup>1</sup>	100% GFT	1% VM, 99% OA	94% RM, 6% energiemaïs	5-10% VM, 90-95% OA	40% RM, 40% OA, 20% maïs	24% VM, 6% RM, 70% OA	1-10% VM, 90-99% OA	Vlarea-norm
arsen (mg/kg DS)	6,94	1,27	0,50	3,20	1,85	0,64	1,49	1,39	1,69	1,43	150
koper (mg/kg DS)	77,53	<b>820,40</b>	274,22	103,96	90,28	65,71	248,78	30,92	143,37	136,57	375
lood (mg/kg DS)	106,18	11,61	1,36	92,25	18,22	1,71	11,70	5,71	14,00	15,16	300
kwik (mg/kg DS)	0,32	0,19	0,01	1,21	0,14	0,02	0,06	0,05	0,08	0,05	5
cadmium (mg/kg DS)	1,24	0,74	0,53	0,74	0,38	0,21	0,40	0,26	0,53	0,49	6
chromium (mg/g DS)	17,23	<8,32	<4,67	16,89	31,06	4,05	33,71	<20,94	<5,32	42,19	250
nikkel (mg/kg DS)	20,45	20,23	10,58	14,61	18,90	7,88	27,44	18,71	14,08	22,94	50
zink (mg/kg DS)	13,66	<b>1678,70</b>	<b>1166,40</b>	58,78	26,72	6,95	38,97	2,66	35,31	497,72	900

OA = organische afvalstromen; VM = varkensdrijfmest; RM = runderdrijfmest; DS = droge stof; GFT = groente-, fruit- en tuinafval  
<sup>1</sup> Analyse van de input (verse varkensdrijfmest) van de installatie die 100% varkensmest verwerkt  
 cijfers in het vet zijn overschrijdingen van de Vlarea-norm

**Onkruidzaden en ziektekiemen** Door vergisting worden ook onkruidzaden en ziektekiemen gedood. De mate waarin dit gebeurt is afhankelijk van de temperatuur en de verblijftijd in de installatie. Uit onderzoek blijkt dat het aangeraden is om minstens veertien dagen te vergisten bij een constante temperatuur van 55 °C om een volledige vernietiging van onkruidzaden te bekomen. Een klassieke mesofiele vergisting op 38 °C biedt dus weinig garanties op doding van onkruidzaden. Bij co-vergisting moet men er bovendien rekening mee houden dat de co-producten (bijvoorbeeld bermgras) een extra bron van onkruidzaden kunnen zijn. Er is echter nog onvoldoende onderzoek verricht betreffende de doding van onkruidzaden en ziektekiemen om duidelijke conclusies te kunnen trekken.

## Toepassing van digestaat binnen het mestdecreet

**Bemestingsnormen voor digestaat** Binnen het mestdecreet wordt onderscheid gemaakt tussen digestaat afkomstig van een vergistingsproces mét mest en digestaat afkomstig van een vergistingsproces zonder mest. Zodra er mest toegevoegd wordt aan de vergistingsinstallatie, valt het digestaat onder dierlijke mest (maximaal 125-170 kg N/ha zonder derogatie en maximaal 80-100 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha afhankelijk van het gewas in 2007; tabel 7). Wordt er echter géén mest gebruikt in het vergistingsproces, dan valt het digestaat onder “andere meststoffen” (maximaal 125-170 kg N/ha en maximaal 80-100 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha in 2007 afhankelijk van het

gewas). Deze “andere meststoffen” kunnen bovenop de maximale toegediende hoeveelheid dierlijke mest worden gebracht. Er moet echter steeds voor gezorgd worden dat de norm voor totale stikstof en fosfaat niet overschreden wordt (tabel 7). Voor maïs bijvoorbeeld is het toedienen van én 170 kg N/ha uit dierlijke mest én 170 kg N/ha uit andere meststoffen dus niet mogelijk gezien dan de norm van 275 kg N/ha overschreden wordt. Bovendien zal de fosfaatgift vaak de limiterende factor zijn (zie rekenvoorbeeld). Voor digestaat gelden dezelfde voorwaarden naar tijdstip van uitrijden, emissiearme aanwending, ... als voor dierlijke mest.

**Rekenvoorbeeld** Veronderstel een vergistingsinstallatie met een WKK van 100 kW en met een input van 3000 ton varkensdrijfmest, 1200 ton maïs en 2500 organisch afval A, zoals weergegeven in tabel 8. De totale input van de installatie bedraagt 7300 ton, waarvan ongeveer 1943 ton droge stof. Na het vergistingsproces blijft er 6329 ton digestaat over, waarvan ongeveer 972 ton droge stof. De totale hoeveelheid stikstof in het digestaat bedraagt 43840 kg en de totale hoeveelheid fosfaat bedraagt 21950 kg, door vergisting verdwijnt er geen stikstof en fosfaat.

Wanneer rekening wordt gehouden met het feit dat er bijvoorbeeld voor maïs per hectare max. 170 kg N onder vorm van digestaat mag toegediend worden (dit digestaat valt in het mestdecreet onder dierlijke mest aangezien er ook mest wordt toegediend aan de

Tabel 7: Bemestingsnormen 2007 (Bron: brochure Mestbank, Normen en richtwaarden editie januari 2007)

Gewasgroep	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (1) kg/ha	Totale N kg/ha	N uit dierlijke mest (2) kg/ha	N uit andere meststoffen kg/ha	N uit kunstmest kg/ha
Grasland	100	350	170	170	250
Mais	95	275	170	170	150
Gewassen met lage stikstof-behoefte	80	125	125	125	70
Andere leguminosen dan erwten en bonen	80	0	0	0	0
Suikerbieten	80	220	170	170	150
Andere gewassen	95	275 (3)	170	170	175 (4)

- (1) P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-bemesting uit kunstmest is verboden, met uitzondering van:  
 - percelen waarvoor het landbouwkundig verantwoord is (toelating door Mestbank te verlenen)  
 - 20 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha als startfosfor om teelttechnische redenen  
 - 50 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha voor bepaalde tuinbouwteelten om teelttechnische redenen  
 - andere leguminosen dan erwten en bonen
- (2) in kader van derogatie mogelijke verhoging normering N uit dierlijke mest voor bepaalde gewassen
- (3) opeenvolging van bepaalde tuinbouwteelten: 345
- (4) bepaalde tuinbouwteelten: 275; opeenvolging van bepaalde tuinbouwteelten: 345

Tabel 8: Input vergistingsinstallatie rekenvoorbeeld

	hoeveelheid vers materiaal (ton)/jaar	kg N/ton	kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ton	totaal N	totaal P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	DS%
Varkensdrijfmest	3000	6,78	4,39	20340	13170	8,1
Mais*	1800	4	0,6	7200	1080	30
<b>Organisch afval</b>						
afval A	2500	26,6	13,9	16300	7700	46,4
afval B	1000	10,4	11,4	5200	5700	51,8

\* Bron: Tabellenboek Veevoeding 2001. Centraal Veevoederbureau, Lelystad, 110p.

vergistingsinstallatie), dan is er minstens 258 hectare landbouwgrond nodig om alle digestaat af te zetten (in de veronderstelling dat de adviezen minimum 170 kg N/ha bedragen). In dat geval wordt er op elke hectare eveneens 85 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> toegediend en blijft men dus onder de norm van 95 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per hectare voor maïs.

Veronderstel nu dat er aan de vergistingsinstallatie géén dierlijke mest wordt toegediend en naar eenzelfde energieproductie wordt gestreefd als hierboven (tabel 8), dan kan de 3000 ton varkensmest vervangen worden door 180 ton verse maïs. In dit geval bedraagt de totale input van de installatie 4480 ton, waarvan ongeveer 1754 ton droge stof. Deze input resulteert in 3603 ton digestaat, waarvan ongeveer 877 ton droge stof. In het digestaat is dan 24220 kg N aanwezig en 8888 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Dit digestaat valt volgens het nieuwe mestdecreet onder "andere meststoffen". Concreet betekent dit dat men per hectare met bijvoorbeeld maïs max. 170 kg N onder vorm van digestaat mag toedienen en dat men daarnaast ook nog max. 170 kg N onder vorm van dierlijke mest mag toedienen, wel rekening houdend met het feit dat men in totaal niet méér dan 275 kg N

en 95 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> mag toedienen voor maïs. Om dus alle N uit het digestaat af te zetten, heeft men ongeveer 142 ha land nodig (170 kg N/ha). Per hectare heeft men dan 63 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> toegediend. Op die 142 ha kan de landbouwer eveneens nog max. 105 kg N/ha en 32 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha toedienen onder vorm van dierlijke mest. Deze gronden kunnen dus gebruikt worden én voor de afzet van digestaat én voor de afzet van mest, voor zover dat in overeenstemming is met de adviezen voor N-bemesting op de betreffende percelen en gewassen.

In beide bovenstaande voorbeelden is het fosfaatgehalte van het digestaat behoorlijk laag in vergelijking met het N-gehalte en is de fosfaatnorm van 95 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha geen beperkende factor bij het toedienen van het digestaat. Veronderstel nu dat het organisch afval dat wordt toegediend aan de vergistingsinstallatie afval B is in plaats van afval A (tabel 8). Deze afvalstof bevat een relatief hoog fosfaatgehalte in vergelijking met het stikstofgehalte. De totale hoeveelheid stikstof in het digestaat bedraagt dan 32740 kg en de totale hoeveelheid P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 19950 kg. Indien men rekening houdt

met de N-norm (170 kg N/ha voor bijvoorbeeld maïs), dan heeft men 193 hectare landbouwgrond nodig. Indien men op die 193 hectare 170 kg N/ha toediend, dan heeft men echter per hectare 103 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> toegediend, wat ongeveer 8 kg boven de norm van 95 kg/ha is voor maïs. In dit geval moet men dus bij de bemesting met digestaat rekening houden met de fosfaatnorm in plaats van met de N-norm. Concreet betekent dit dat men in dit voorbeeld 210 hectare landbouwgrond nodig heeft om alle digestaat conform de mestwetgeving te kunnen afzetten. Per hectare heeft men dan 156 kg N toegediend. Door het hoge fosfaatgehalte van het organisch afval, is in dit voorbeeld het aandeel digestaat in de totale N-bemesting beperkt.

**Digestaat versus nutriëntenemissierechten en verwerkingsplichtige mest** De nutriënten afkomstig uit de co-stromen hebben geen invloed op de nutriëntenemissierechten op het bedrijf. Men moet bijvoorbeeld de veestapel niet afbouwen omdat men digestaat produceert. Ook zal de hoeveelheid verwerkingsplichtige mest op het bedrijf niet stijgen of afnemen door de opstart van een vergistingsinstallatie met vergisting van energiegewassen en/of afval, samen met mest. Wel stijgt, door co-vergisting, de hoeveelheid af te zetten nutriënten op het bedrijf. Verwerking van het digestaat met het oog op export van de nutriënten kan dan een oplossing zijn.

**Anaerobe vergisting en mestverwerking** Uit het bovenstaande mag duidelijk blijken dat anaerobe vergisting geen mestverwerking is. Integendeel, anaerobe vergisting kan het nutriëntenprobleem op een bedrijf gevoelig verhogen. Toch wordt anaerobe vergisting vaak in één adem genoemd met mestverwerking.

Op sommige bedrijven zal mestvergisting gecombineerd worden met mestverwerking. Dit om enerzijds te voldoen aan de verwerkingsplicht, anderzijds om een oplossing te vinden voor de afzet van digestaat. De energie (elektriciteit en warmte) die tijdens het vergistingsproces wordt gegenereerd, kan dan binnen het mestverwerkingsproces nuttig worden aangewend.

Onder bepaalde voorwaarden kan het eindproduct van de vergisting geëxporteerd worden. Zo moeten de dierlijke bijproducten die aan de vergistingsinstallatie werden toegediend (waaronder dierlijke mest), overeenkomstig de Europese verordening 1774/2002 o.a. een hittebehandeling van 1 uur bij 70°C (hygiënisatie) ondergaan. Deze hygiënisatiestap kan vóór of na het vergistingsproces gebeuren.

## Wetgeving

Bij de (co-)vergisting van afval, moet rekening gehouden worden met verschillende wetgevingen:

1. Alle afvalstoffen moeten voldoen aan de samenstellingsvoorwaarden voor het gebruik in of als meststof of bodemverbeterend middel (Bijlage 4.2.1.A. van Vlarea).
2. Anderzijds moet men voor het geproduceerde digestaat beschikken over een keuringsattest afgeleverd door de vzw Vlaco of moet het digestaat onderworpen zijn aan een gelijkaardige kwaliteitscontrole. Via Vlaco vzw worden normen opgelegd aan de vergiste eindproducten, bijvoorbeeld voor het maximumgehalte aan zware metalen en andere organische stoffen. Bij de toepassing van het digestaat moet men erop toezien dat de maximaal toegelaten bodemdosering van de genoemde verontreinigende stoffen niet overschreden wordt.
3. Voor de afzet van digestaat op niet-eigen gronden, moet een ontheffing aangevraagd worden bij de FOD Volksgezondheid, Veiligheid van de Voedselketen en Leefmilieu.
4. Bij het gebruik van digestaat in de landbouw moet rekening gehouden worden met het Mestdecreet (zie eerder Toepassing van digestaat binnen het mestdecreet).
5. De Europese verordening 1774/2002 omvat daarnaast vereisten voor de installaties (erkenning noodzakelijk) en voor de eindproducten van de (co-) vergisting van dierlijke bijproducten (waaronder dierlijke mest), zowel bij export als bij afzet in Vlaanderen van het digestaat.



## Met medewerking van

Het Provinciaal Onderzoeks- en Voorlichtingscentrum  
voor Land- en Tuinbouw

Greet Ghekiere, Johan Vandenbulcke, Lies Willaert,  
André Calus  
Ieperseweg 87, 8800 Rumbeke-Beitem  
T 051 27 32 00  
[www.povlt.be](http://www.povlt.be)  
[greet.ghekiere@west-vlaanderen.be](mailto:greet.ghekiere@west-vlaanderen.be)



Hogeschool West-Vlaanderen, Departement PIH

Jeroen Vanwalleghem, Wouter Platteau, Ann Dumoulin  
Graaf Karel de Goedelaan 5, 8500 Kortrijk  
T 056 24 12 17  
[www.howest.be](http://www.howest.be)  
[ann.dumoulin@howest.be](mailto:ann.dumoulin@howest.be)



VCM vzw

Bart Verstrynghe  
Abdijbekerstraat 9, 8200 Brugge (Sint-Andries)  
T 050 40 72 04  
[www.vcm-mestverwerking.be](http://www.vcm-mestverwerking.be)  
[bart.verstrynghe@vcm-mestverwerking.be](mailto:bart.verstrynghe@vcm-mestverwerking.be)



POM West-Vlaanderen

Philippe Tavernier  
Leopold III-laan 66, 8200 Sint-Andries  
T 050 40 73 58  
[www.pomwvl.be](http://www.pomwvl.be)  
[philippe.tavernier@west-vlaanderen.be](mailto:philippe.tavernier@west-vlaanderen.be)



Biogas-E vzw

Bruno Mattheeuws, Filip Velghe  
Graaf Karel de Goedelaan 5, 8500 Kortrijk  
T 056 24 12 63  
[www.biogas-e.be](http://www.biogas-e.be)  
[bruno.mattheeuws@biogas-e.be](mailto:bruno.mattheeuws@biogas-e.be)

## Colofon

### Redactie

André Calus  
Ann Dumoulin  
Greet Ghekiere  
Bruno Mattheeuws  
Wouter Platteau  
Philippe Tavernier  
Jeroen Vanwalleghem  
Filip Velghe  
Bart Verstrynghe  
Lies Willaert

### Eindredactie

Greet Ghekiere

### Met dank aan

Het redactionele werk van  
de redactie van Landbouw&Techniek (BB)

### Lay-out, Prepress & Druk

Grafische Dienst – Dienst Communicatie  
Provincie West-Vlaanderen

### Verantwoordelijke uitgever

POVLT  
André Calus, directeur  
Ieperseweg 87  
8800 Rumbeke-Beitem

### Copyright 2007

Niets uit deze uitgave mag gekopieerd of vermenigvuldigd worden zonder voorafgaande toestemming van de verantwoordelijke uitgever.

Deze brochure werd met de meeste zorg en nauwkeurigheid opgesteld. In geen geval zullen de verantwoordelijke uitgever of de auteurs aansprakelijk gesteld kunnen worden voor eventuele nadelige gevolgen die voortvloeien uit het gebruik van de via deze brochure beschikbaar gestelde informatie.

