

# Het verhogen van de biogasopbrengst door middel van thermische druk- hydrolyse van de voeding van de vergister

Verwachte toename van opbrengst aan biogas t.o.v. toename  
van proceskosten

Auteurs: A. Maarten J. Kootstra & Chris de Visser



# Het verhogen van de biogasopbrengst door middel van thermische druk-hydrolyse van de voeding van de vergister

Verwachte toename van opbrengst aan biogas t.o.v. toename van proceskosten.

Auteurs: A. Maarten J. Kootstra & Chris de Visser

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 ACRRES- Wageningen UR.

ACRRES – Wageningen UR is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Projecttitel: Het verhogen van de biogasopbrengst door middel van thermische druk-hydrolyse van de voeding van de vergister; Verwachte toename van opbrengst aan biogas t.o.v. toename van proceskosten.

Projectnr: 3250276100

Dit project wordt mede mogelijk gemaakt door TKI Gas, Host, en Wageningen UR.



ACRRES – Wageningen UR

Adres : Edelhertweg 1, Lelystad  
: Postbus 430, 8200 AK Lelystad  
Tel. : 0320 - 29 11 11  
Fax : 0320 - 23 04 79

E-mail : [info@acrres.nl](mailto:info@acrres.nl)  
Internet : [www.acrres.n](http://www.acrres.n)

# Inhoudsopgave

SAMENVATTING.....	6
1 INLEIDING .....	8
2 AANPAK EN PROCESOMSCHRIJVING .....	10
2.1 Aanpak .....	10
2.2 Beschrijving 'standaard'-vergister .....	10
2.3 Beschrijving uitbreiding met TDH proces.....	10
3 OPZET KOSTEN-BATEN ANALYSE .....	12
4 RESULTATEN .....	14
4.1 Kosten van Thermische Druk-Hydrolyse .....	14
4.1.1 Kapitaalskosten.....	14
4.1.2 Operationele kosten .....	14
4.2 Verwachte verhoging gasopbrengst .....	16
4.3 Kosten en baten .....	16
5 CONCLUSIES EN SUGGESTIES .....	20
6 APPENDICES.....	22
Bijlage 1. Vergroting van de schematische weergave van de TDH uitbreiding. ....	22
Bijlage 2. Offerte voor installatie van Thermische Druk Hydrolyse....	<b>Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.</b>



## Samenvatting

Om de opbrengst aan biogas uit lignocellulose-rijke biomassa bij vergisting te verhogen, kan het materiaal behandeld worden in een Thermische Druk Hydrolyse (TDH) proces. Hierbij zorgen de verhoogde temperatuur en druk, samen met de plotselinge drukverlaging aan het eind van het proces – het 'flashen' – voor een ontsluiting van het materiaal, waardoor het beter toegankelijk wordt voor micro-organismen en enzymen in de vergister. Dit kan leiden tot een hogere opbrengst aan biogas per hoeveelheid materiaal.

Deze studie is opgezet om na te gaan of de extra opbrengst aan biogas opweegt tegen de extra kosten die moeten worden gemaakt om een dergelijk proces te koppelen aan een vergister.

Het uitgangspunt is een vergister met een 50/50 mengsel van runderdrijfmest en maïsstro, met een totaal van 35.000 ton per jaar. Er is berekend hoe hoog de te verwachten extra investeringskosten en operationele kosten zijn, en ook hoe hoog de te verwachten extra baten zijn. Bij de baten zijn verschillende scenario's doorgerekend, uitgaande van verschillende niveaus van:

- 1) extra gasopbrengst, tot +40% voor maïsstro;
- 2) waarde van het geproduceerde methaan, tot €0,70 per m<sup>3</sup>; en
- 3) warmteterugwinning, tot 60 %.

Van de beoogde scenario's wordt alleen in het uiterste geval, met een effect van 40% meer biogas uit maïsstro, €0,70 per m<sup>3</sup> methaan, en 60 % warmteterugwinning een klein positief resultaat behaald van €43.488,-. Rekening houdend met een kapitaalsinvestering van €1.825.000,- zou dit een terugverdientijd van ruim 40 jaar betekenen. Onder deze procesomstandigheden zouden de additionele productiekosten van de THD behandeling per m<sup>3</sup> methaan €0,64 bedragen, opgebouwd uit ruim €0,42 kapitaalkosten (65%) en ruim €0,21 aan energiekosten (35%).

De conclusie is dat het THD proces onder de bestudeerde omstandigheden als niet-rendabel moet worden beoordeeld. Hoewel de hoge operationele kosten (35%) zeker niet onbelangrijk zijn, zijn met name de kapitaalskosten te hoog.





# 1 Inleiding

Om vergisting rendabel te maken is het vooral nodig om de (gestegen) grondstofkosten (vooral snijmaïs) drastisch te verlagen. De beste manier om dat te doen is om uit te gaan van laagwaardige biomassa zoals bijvoorbeeld bermgras, stro en natuurgras. Echter, de methaanopbrengsten van deze materialen is laag als gevolg van het relatief hoge gehalte aan lignocellulose dat moeilijk ontsluitbaar is voor de micro-organismen tijdens het proces van vergisting.

Een mogelijkheid om de opbrengst aan biogas uit lignocellulose-rijke biomassa bij vergisting te verhogen, is om de grondstoffen voor te behandelen met een proces dat de biomassa in eniger mate ontsluit. Ontsluiting wil zeggen dat de structuur van de lignocellulose wordt aangetast en gedesintegreerd, waardoor het materiaal (met name de cellulose en hemicellulose) beter toegankelijk wordt voor de micro-organismen en enzymen in de vergister. Idealiter is het gevolg dat de totale opbrengst aan biogas per hoeveelheid biomassa omhoog gaat, met als bijkomend voordeel dat een kleiner volume digestaat – het onverteerde deel van de biomassa – over blijft. Ook kan het zijn, gerelateerd aan het beter beschikbaar komen van de grondstof, dat de vergisting sneller gaat. Dit zou als gevolg hebben dat de verblijftijd van het materiaal in de vergister korter kan worden. Een derde voordeel, wat lastiger te voorspellen in deze studie maar de moeite waard om te noemen, is dat het gehalte methaan in het biogas wellicht kan stijgen door de voorbehandeling.

Een veel toegepaste voorbehandeling van lignocellulose houdende biomassa om enzymatische afbraak te bevorderen, is het onder druk verwarmen van de biomassa, gevolgd door een plotselinge drukafname. Deze technologie is vooral ontwikkeld voor zuiveringsslib. Als gevolg van zowel de verhitting en opgelegde druk, als van de expansie die plaats vindt bij de plotselinge drukafname, wordt hierbij de structuur van de lignocellulose geopend en beter geschikt gemaakt voor vergisting.

Uiteraard komen bij een dergelijk proces extra kosten kijken, zowel kapitaalskosten (investering) als operationele kosten (vooral voor energie). Het onderwerp van deze studie is de vraag of de te verwachten extra opbrengst meer zal zijn dan deze extra kosten.



## 2 Aanpak en procesomschrijving

### 2.1 Aanpak

De manier van aanpak bij deze haalbaarheidsstudie is om enerzijds te berekenen hoeveel de uitbreiding van een 'standaard'-vergisting met een TDH proces zou kosten – zowel voor wat betreft kapitaalinvestering als voor operationele kosten zoals energie –, en anderzijds hoeveel de extra opbrengst aan biogas aan baten met zich mee kan brengen. Belangrijke parameters bij de kosten zijn 1) de mate van terugwinning van energie in het proces van opwarmen en afkoelen van de TDH reactoren, en 2) de kapitaalskosten van de TDH installatie. Belangrijke variabelen bij de baten zijn 1) de extra hoeveelheid methaan, en 2) de marktprijs van methaan. Om inzicht te krijgen in de kosten/baten analyse, moeten waarden voor deze parameters bekend zijn. Omdat voor de meeste parameters geen goede cijfers beschikbaar zijn, is gewerkt met scenario's om te verkennen hoe de rentabiliteit van de TDH behandeling samenhangt met de variatie in de parameters. Deze studie is gelimiteerd tot de effecten en kosten van de TDH installatie en laat kosten van grondstoffen en het proces van vergisting buiten beschouwing.

### 2.2 Beschrijving 'standaard'-vergister

Het uitgangspunt van de verkenning is een (virtuele) vergister waarin een mengsel van 50% runderdrijfmest en 50% maisstro (op gewichtsbasis) wordt vergist. In totaal 35.000 ton per jaar, bestaande uit 17.500 ton runderdrijfmest en 17.500 ton maisstro. Zie Tabel 1 voor de beschrijving van de jaarlijks verwerkte grondstoffen in de vergister; het uitgangspunt van de verdere berekeningen. Een vergister van deze capaciteit kan een WKK van ongeveer 1 MWe voeden. Dit kan gezien worden als een praktijkschaal vergister. Maisstro is momenteel geen gangbaar materiaal voor vergisters en is hier als voorbeeld genomen van een beschikbare lignocellulose rijke grondstof, die met name in het Zuid Oosten van Nederland beschikbaar is (samenhangend met de korrelmais productie).

Tabel 1. Beschrijving van inhoud van de vergister gebruikt voor de verdere berekeningen

	Rundermest	Maisstro	Totaal/gemiddeld
Hoeveelheid (ton/jaar)	17.500	17.500	35.000 totaal
Drogestofgehalte (% van totaal)	8,0	32,0	20,0 gemiddeld
Organischestofgehalte (% van droge stof)	80	96	-

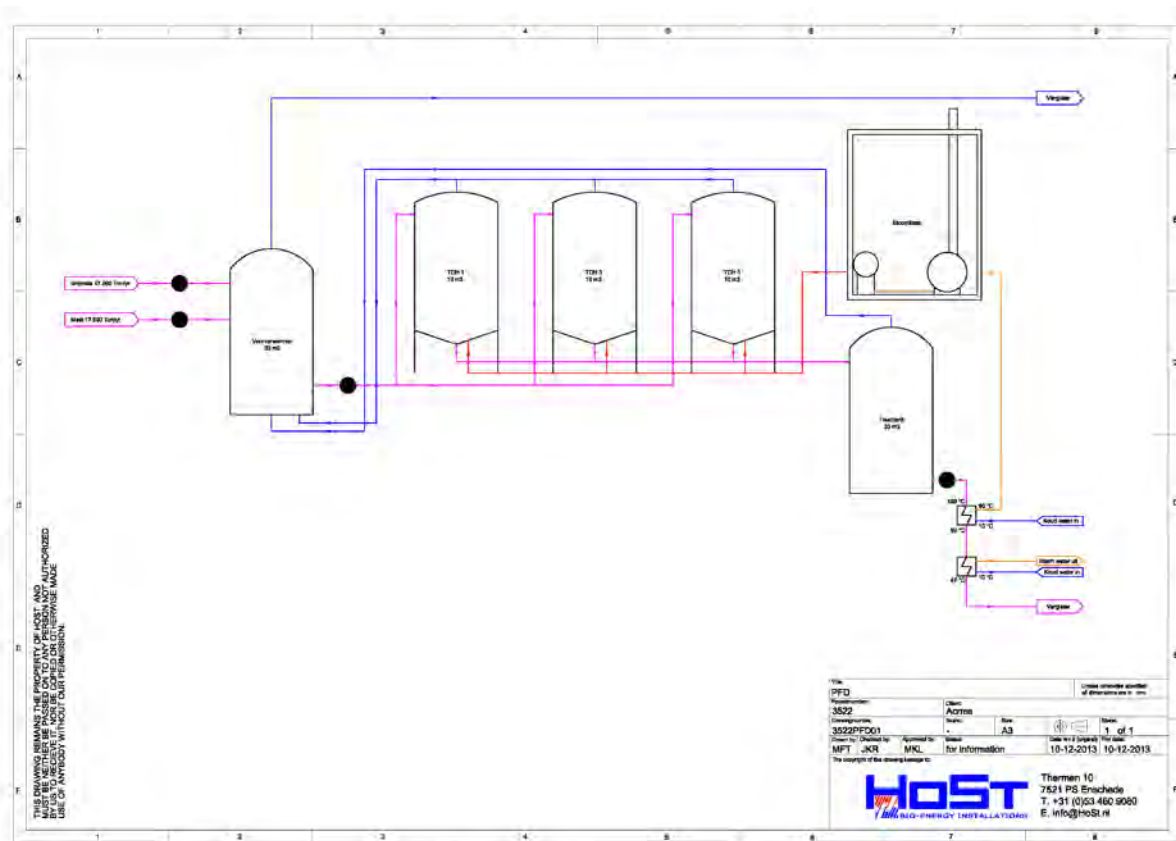
Bron: ACRRES

### 2.3 Beschrijving uitbreiding met TDH proces

In Figuur 1 is een ontwerp te zien van de voorziene uitbreiding van de vergister: de TDH reactor. Zie Bijlage 1 voor een vergroting van Figuur 1. Wat niet is afgebeeld in Figuur 1, is de voorziene verkleiningsstap die plaats moet vinden vóór de voorverwarming. Hiervoor zou een apparaat zoals een MOLARES® kunnen worden gebruikt (zie <http://www.belogroep.nl/Biomassa>) ; kosten circa 40 k€. Dit rapport gaat ervan uit dat de twee stromen ook in de MOLARES gemengd worden, zodat voor het mengen geen extra processtap hoeft te worden toegevoegd.

Het proces kan als volgt worden omschreven:

- Na de verkleining/menging komt het materiaal in de voorverwarmketel. Hier wordt het materiaal mbv vrijgekomen warmte uit de hydrolysevat en het expansievat voorverwarmd.
- Na de voorverwarming wordt het materiaal overgebracht naar een hydrolysevat voor de TDH behandeling. Hier wordt door middel van hete stoom het materiaal verwarmd tot een temperatuur van 160 °C en een druk van ~4 bar. Na een verblijftijd van 1 uur wordt het behandelde materiaal naar een expansievat overgebracht. Bij deze overbrenging wordt 'geflasht', d.w.z dat het materiaal in kleine hoeveelheden wordt overgebracht (bijvoorbeeld via een nozzle) naar het expansievat. Hierbij vindt een plotselinge drukval plaats, waardoor het materiaal expandeert. Op deze manier wordt een extra opening van de structuur beoogd.
- De vrijkomende warmte kan met hulp van warmtewisselaars worden hergebruikt bij de voorverwarming van de volgende batch onbehandeld materiaal.
- Er wordt gebruikt gemaakt van drie parallelle hydrolysevat. Zo kan er altijd een hydrolyse plaats vinden in het ene vat, terwijl de andere twee gevuld, opgewarmd, 1 uur op 160 °C gehouden, of geleegd worden. Zo ontstaat een semicontinu proces. Het voorverwarmvat voorziet dus alle hydrolysevat van materiaal.



Figuur 1. Schematische weergave van de Thermische Druk Hydrolyse uitbreiding.

### 3 Opzet kosten-baten analyse

In dit rapport wordt een inschatting gemaakt van de kosten en baten die gekoppeld zijn aan de toevoeging van een TDH proces zoals beschreven in Figuur 1 aan de vergisting van een 50/50 mengsel van runderdrijfmest en maïsstro. De kapitaalskosten en operationele kosten van de TDH installatie worden vergeleken met de baten van de extra gasopbrengst. Hierbij wordt uitgegaan van een aantal mogelijke scenario's. Zo wordt bij de operationele kosten uitgegaan van 0 %, 40 %, en 60 % warmteterugwinning over het gehele proces, en wordt bij de berekening van de extra gasbaten uitgegaan van een THD effect van 10 % tot 40 % extra gasopbrengst per volume ingaand maïsstro – de potentieel meest invloedrijke component –, terwijl het effect op runderdrijfmest – de minst invloedrijke component – eenvoudigheidshalve op 50 % extra gasopbrengst wordt gesteld.

De kapitaalskosten van de installatie zijn berekend op basis van Figuur 1. Deze installatie heeft een capaciteit (30 m<sup>3</sup> per uur) die afgestemd is op de schaalgrootte van vergisters in de Nederlandse context.

Alle berekeningen resulteren in een algemeen kosten-baten overzicht, waarin wordt weergegeven welke kosten en baten er gelieerd zijn aan het extra geproduceerde methaan op basis van de TDH technologie.



## 4 Resultaten

### 4.1 Kosten van Thermische Druk-Hydrolyse

#### 4.1.1 Kapitaalskosten

De verwachte directe investeringskosten van de uitbreiding voor het TDH proces staan weergegeven in Tabel 2.

*Tabel 2. Investeringskosten voor de uitbreiding tbv het Thermische Druk Hydrolyse proces*

Onderdeel	Investeringskosten (€)
Verkleiner/menger	40.000
Stoomketel	300.000
Pompen	100.000
Thermische drukhydrolyse	570.000
waarvan Opslagtank	114.000
3 thermische tanks (a 114.000€)	342.000
Expansievat	114.000
Warmtedistributie	185.000
Besturing	290.000
Projectkosten	340.000
Totaal	1.825.000

NB: Cijfers komen van partner Host, afgezien van 'Verkleiner/menger' die is ingeschat door ACRRES.

Indien uit wordt gegaan van een afschrijftijd van 10 jaar en een restwaarde van 10 %, komt dit neer op een jaarlijkse kostenpost van 9 % van €1.825.000,- aan kapitaalskosten, ofwel €164.250,- per jaar. Voor onderhoud, verzekering, en rente wordt respectievelijk 3 %, 0,5 %, en 3 % gerekend.

#### 4.1.2 Operationele kosten

Een groot deel van de operationele kosten zal gerelateerd zijn aan het verwarmen van het te behandelen materiaal - het 50/50 mengsel van runderdrijfmest en maïsstro – tot aan de beoogde hydrolysetemperatuur van 160 °C. Let wel: de grondstofkosten zijn in deze berekeningen niet opgenomen. Gebruik makende van de hoeveelheden en kengetallen zoals weergegeven in Tabel 1 en Tabel 3, zijn de benodigde hoeveelheden energie voor de opwarming weergegeven in Tabel 4.

Tabel 3. Kengetallen voor berekeningen benodigde energie voor verwarming van te behandelen materiaal

Parameter	Afkorting	Waarde	Eenheid
Specifieke warmtecoëfficiënt water	$C_{p,water}$	4,1813	$MJ \cdot t^{-1} \cdot K^{-1}$
Specifieke warmtecoëfficiënt droge stof*	$C_{p,droge\ stof}$	1,7	$MJ \cdot t^{-1} \cdot K^{-1}$
Lower heating value (energetische onderwaarde) van methaan	$LHV_{methaan}$	50,0	$MJ \cdot kg^{-1}$
Molgewicht van methaan	-	16,04	$g \cdot mol^{-1}$
Gasvolume ideaal gas (25 °C)	-	24,465	$L \cdot mol^{-1}$

\* = berekende waarde voor droge biomassa; bron : Kootstra, A.M.J., et al., *Optimization of the dilute maleic acid pretreatment of wheat straw*. *Biotechnology for biofuels*, 2009. 2(31).

Tabel 4. Energie nodig per jaar om materiaal t.b.v. TDH-behandeling op te warmen van 20 °C naar 160 °C

	Runderdrijfmest	Maisstro	Totaal
	GJ	GJ	GJ
Droge stof	333	1333	1666
Vocht	9425	6966	16391
Materiaal 'as is'	9758	8299	18057

De benodigde 18.057 GJ komt overeen met de verbrandingswarmte (LHV) van 551 duizend m<sup>3</sup> methaan. Ofwel, voor de opwarming van al het materiaal tot de hydrolysetemperatuur van 160 °C, kost 551 duizend m<sup>3</sup> methaan, aannemende dat (1) alle verbrandingswarmte van methaan rechtstreeks over wordt gebracht (dus geen verliezen), en (2) er geen warmteterugwinning plaatsvindt.

In het geval van warmteterugwinning kan er op benodigde hoeveelheid methaan worden bespaard. Eenvoudigweg kan berekend worden dat bij 20 % warmteterugwinning nog 441 duizend m<sup>3</sup> methaan nodig is, en bij 60 % terugwinning de benodigde hoeveelheid methaan daalt tot 220 duizend m<sup>3</sup>.

Uiteindelijk zal ook rekening moeten worden gehouden met de wijze van verwarmen van het materiaal. In het voorziene proces wordt hiervoor stoom gebruikt van 180 °C en de stoomgeneratie zal een rendementsverlies met zich meebrengen. Ofwel, dit zal betekenen dat in totaal meer methaan nodig is. Ook hier kan weer warmteterugwinning worden toegepast, wat de extra benodigde hoeveelheid methaan weer wat kleiner maakt. Dit rapport laat de stoomgeneratie buiten beschouwing en gaat uit van een 'best case' scenario, met 100 % rendement in de opwarming van het materiaal. Dit met het idee dat opname van de stoomgeneratie in de energiebalans, per definitie zal leiden tot een grotere methaanbehoefte voor de verwarming van het materiaal tot 160 °C, ten opzichte van ideale en directe overbrenging, ook in geval van warmteterugwinning bij de stoomgeneratie.



## 4.2 Verwachte verhoging gasopbrengst

In Tabel 5 staat weergegeven hoeveel methaan er in de vergister kan worden geproduceerd, enerzijds zonder het TDH proces, en anderzijds wat de productie zou zijn met een toenemend effect van het TDH proces.

Tabel 5. Weergave van de te verwachten extra gasopbrengst na Thermische Druk Hydrolyse

	Runderdrijfmest	Maïsstro	Totaal
Massa as is (ton)	17500	17500	
DS-gehalte (% w/w)	8%	32%	
OS-gehalte van ds (% w/w)	80%	96%	
CH <sub>4</sub> per OS (m <sup>3</sup> /kg)	0,17	0,275	
CH <sub>4</sub> production (m <sup>3</sup> )	190400	1478400	1668800
Increase CH <sub>4</sub> per OS due to TDH	50%	10%	
CH <sub>4</sub> per OS (m <sup>3</sup> /kg)	0,255	0,3025	
Total CH <sub>4</sub> production (m <sup>3</sup> )	285600	1626240	1911840
Extra CH <sub>4</sub> production (m <sup>3</sup> )	95200	147840	243040
Increase CH <sub>4</sub> per OS due to TDH	50%	20%	
CH <sub>4</sub> per OS (m <sup>3</sup> /kg)	0,255	0,33	
Total CH <sub>4</sub> production (m <sup>3</sup> )	285600	1774080	2059680
Extra CH <sub>4</sub> production (m <sup>3</sup> )	95200	295680	390880
Increase CH <sub>4</sub> per OS due to TDH	50%	30%	
CH <sub>4</sub> per OS (m <sup>3</sup> /kg)	0,255	0,3575	
Total CH <sub>4</sub> production (m <sup>3</sup> )	285600	1921920	2207520
Extra CH <sub>4</sub> production (m <sup>3</sup> )	95200	443520	538720
Increase CH <sub>4</sub> per OS due to TDH	50%	40%	
CH <sub>4</sub> per OS (m <sup>3</sup> /kg)	0,255	0,385	
Total CH <sub>4</sub> production (m <sup>3</sup> )	285600	2069760	2355360
Extra CH <sub>4</sub> production (m <sup>3</sup> )	95200	591360	686560

## 4.3 Kosten en baten

In Tabel 6 is weergegeven hoe de kosten en baten zijn opgebouwd, gerelateerd aan toepassing van het TDH proces bij de vergisting van 35000 ton van een 50/50 mengsel runderdrijfmest en maïsstro. Hierbij

is uitgegaan van de gegevens in de voorgaande paragrafen. Verder is uitgegaan van drie mogelijke methaanprijzen: €0,40 (vanwege kwaliteit), €0,52 (marktwaaarde), en €0,70 (gesubsidieerd) per m<sup>3</sup>.

Het is duidelijk dat de baten pas boven de kosten uitstijgen, wanneer kan worden uitgegaan van een toename van de methaanvorming per hoeveelheid maïsstro van 40 %. Hiervoor is ook een flinke warmteterugwinning van 60 % noodzakelijk, en een vrij hoge waarde van methaan van €0,70 per m<sup>3</sup> om in de positieve cijfers te komen. Wanneer dan de winst van €43.488,- wordt vergeleken met de kapitaalsinvestering van €1.825.000,-, kom dat neer op een terugverdientijd van meer dan 40 jaar. Als wordt uitgegaan van een lagere waarde van het geproduceerd methaan – het wordt immers geproduceerd als bestanddeel van biogas en kosten voor opwaardering/zuivering zijn niet meegenomen – lijkt er binnen het onderzochte raamwerk geen positieve uitkomst voor te stellen. Het proces is erg energie-intensief, zelfs bij de aangenomen 100% efficiënte directe opwarming van het materiaal i.p.v. via stoomgeneratie.

In zijn algemeenheid kan dan ook worden gesteld dat de kapitaalkosten die verbonden zijn aan dit proces te hoog zijn in vergelijking tot de hiermee samenhangende baten: een bedrag van 1,8 miljoen euro investering voor een proces waarmee ongeveer per jaar 250 duizend tot maximaal 700 duizend m<sup>3</sup> extra methaan wordt geproduceerd, is veel te noemen. Ook vergeleken met de kosten voor vergister - incl WKK - van 4-4,5 miljoen euro die rond de 2 miljoen m<sup>3</sup> methaan produceert. Het marktperspectief van de technologie wordt nauwelijks verbeterd indien de kapitaalskosten met bijvoorbeeld 30% zouden dalen. In dat geval daalt de terugverdientijd in het gunstigste scenario (40% extra methaan bij maïsstro, 60% warmteterugwinning en €0,70 per m<sup>3</sup> methaan) tot ongeveer 10 jaar. Pas bij 50% lagere kapitaalskosten daalt de terugverdientijd tot onder de 5 jaar.

Als wordt uitgegaan van de omstandigheden waarbij de hierboven genoemde jaarlijkse winst van €43.488,- wordt gehaald (40% extra methaan bij maïsstro, 60% warmteterugwinning en €0,70 per m<sup>3</sup> methaan), komt dit neer op €0,64 kosten per extra geproduceerd m<sup>3</sup> methaan, opgebouwd uit ruim €0,41 per m<sup>3</sup> aan kapitaalskosten en ruim €0,22 aan operationele kosten. En de operationele kosten zijn dan vooral energiekosten, aangezien arbeid niet is meegerekend.

Eventuele voordelen die kunnen worden behaald indien de gasvorming niet alleen zou toenemen in volume per hoeveelheid grondstof, maar ook in de vormingssnelheid, zijn niet meegenomen in deze studie. De snelheid van biogasproductie zal naar alle waarschijnlijkheid toenemen waardoor de capaciteit van gasproductie van de vergistingsinstallatie zal stijgen zodat in ieder geval de kapitaalskosten van biogasproductie zullen dalen.

Tabel 6. Weergave van de te verwachten extra kosten en baten bij toepassing Thermische Druk Hydrolyse proces (€/jaar)

Warmteterugwinning		0 %			40 %			60 %		
Extra CH <sub>4</sub> per maïsstro OS		20%	30%	40%	20%	30%	40%	20%	30%	40%
Kosten										
Kapitaal	Afschrijving	164250	164250	164250	164250	164250	164250	164250	164250	164250
	Onderhoud	54750	54750	54750	54750	54750	54750	54750	54750	54750
	Verzekering	9125	9125	9125	9125	9125	9125	9125	9125	9125
	Rente	54750	54750	54750	54750	54750	54750	54750	54750	54750
Subtotaal kapitaalkosten		282875	282875	282875	282875	282875	282875	282875	282875	282875
<b>Waarde CH<sub>4</sub>: € 0,40 per m<sup>3</sup></b>										
Operationeel	Energie	220328	220328	220328	132197	132197	132197	88131	88131	88131
Subtotaal kosten		503203	503203	503203	415072	415072	415072	371006	371006	371006
Baten										
Extra CH <sub>4</sub>		156352	215488	274624	156352	215488	274624	156352	215488	274624
Totaal		-346851	-287715	-228579	-258720	-199584	-140448	-214654	-155518	-96382
<b>Waarde CH<sub>4</sub>: € 0,52 per m<sup>3</sup></b>										
Operationeel	Energie	286426	286426	286426	171856	171856	171856	114570	114570	114570
Subtotaal kosten		569301	569301	569301	454731	454731	454731	397445	397445	397445
Baten										
Extra CH <sub>4</sub>		203258	280134	357011	203258	280134	357011	203258	280134	357011
Totaal		-366043	-289167	-212290	-251473	-174596	-97719	-194188	-117311	-40434
<b>Waarde CH<sub>4</sub>: € 0,70 per m<sup>3</sup></b>										
Operationeel	Energie	385574	385574	385574	231344	231344	231344	154229	154229	154229
Subtotaal kosten		668449	668449	668449	514219	514219	514219	437104	437104	437104
Baten										
Extra CH <sub>4</sub>		273616	377104	480592	273616	377104	480592	273616	377104	480592
Totaal		-394833	-291345	-187857	-240603	-137115	-33627	-163488	-60000	<b>43488</b>



## 5 Conclusies en suggesties

De uitbreiding voor een vergister in de vorm van het in dit rapport bestudeerde proces van Thermische Druk-Hydrolyse is niet economisch haalbaar voor het gebruikte model van een 50/50 mengsel van runderdrijfmest en maisstro. Zelfs onder de meest gunstige omstandigheden, zoals een hoge waarde van het geproduceerde methaan (€0,70 per m<sup>3</sup>), een effect van 40 % extra methaanvorming per hoeveelheid maisstro en 50 % voor mest, een warmteterugwinning van 60% en de extra benodigde arbeid, komt het totaalplaatje uit op €43.488,- aan extra winst, bij een kapitaalsinvestering van €1.825.000,-, ofwel een terugverdientijd van meer dan 40 jaar.

Dit komt per m<sup>3</sup> extra geproduceerd methaan uit op ruim €0,41 aan kapitaalskosten en ruim €0,22 aan operationele kosten. En de operationele kosten zijn dan vooral energiekosten, aangezien arbeid niet is meegerekend.

Zelfs fors lagere kapitaalskosten kunnen het perspectief van de technologie nauwelijks verbeteren.

Voor een economisch haalbaar proces om de hoeveelheid biogas per hoeveelheid grondstof te verhogen zijn nog flinke stappen nodig om de kosten meer dan substantieel te verlagen en de warmteterugwinning sterk te verbeteren. Op dit moment zijn deze verbeterlagen niet realistisch.



# 6 Appendices

## Bijlage 1. Vergroting van de schematische weergave van de TDH uitbreiding.

