

# Effect Molares® op biogas opbrengst bij co-vergisting

Auteur: Durk Durksz



---

# Effect Molares<sup>®</sup> op biogas opbrengst bij co-vergisting

Auteur:  
Durk Durksz

Dit onderzoek is in opdracht van Belo Groep BV uitgevoerd door de Stichting Wageningen Research (WR), business unit AGV, in het kader van het project ACRRES-vergisting.

WR is een onderdeel van Wageningen University & Research, samenwerkingsverband tussen Wageningen University en de Stichting Wageningen Research.

Wageningen, september 2017

---

Rapport WPR-738

---

© 2017 Wageningen, Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit AGV, Postbus 430, 8200 AK Lelystad ; T 0300 29 11 11; [www.wur.nl/plant-research](http://www.wur.nl/plant-research)

KvK: 09098104 te Arnhem  
VAT NL no. 8113.83.696.B07

Stichting Wageningen Research. 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 Stichting Wageningen Research.

Stichting Wageningen Research is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Rapport WPR-738  
DOI: <https://doi.org/10.18174/423799>

Dit project is tot stand gekomen dankzij:



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.nl](http://www.acrres.nl)

---

## Inhoudsopgave

<b>1</b>	<b>Inleiding en doel van het onderzoek</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>De ACRRES vergister</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>Belo Groep BV</b>	<b>9</b>
<b>4</b>	<b>Molares en de invoer van de Acrres vergister</b>	<b>11</b>
<b>5</b>	<b>Proefopzet</b>	<b>13</b>
	5.1 Werking Molares	13
	5.2 Verwachtingen	14
<b>6</b>	<b>Proefuitvoering met en zonder Molares</b>	<b>15</b>
<b>7</b>	<b>Ervaringen</b>	<b>17</b>
	7.1 Ervaringen periode met Molares	17
	7.2 Ervaringen periode zonder Molares	18
	7.3 Resultaten co-vergistingsproef met Molares	19
	7.4 Resultaten co-vergistingsproef zonder Molares	20
<b>8</b>	<b>Energieverbruik Molares</b>	<b>21</b>
<b>9</b>	<b>Operationele kosten Molares</b>	<b>23</b>
<b>10</b>	<b>Conclusies en aanbevelingen</b>	<b>25</b>

---

---

# 1 Inleiding en doel van het onderzoek

Bij co-vergisting van moeilijk verteerbare producten, zoals uitgegroeid weidegras en natuurgras leveren deze producten een (te) lage biogasproductie. Daarnaast geven dergelijke producten vaak problemen in de invoer en in de vergister zelf. Problemen worden veroorzaakt door de lengte en de taatheid van het gewas. Drijfslagen kunnen snel ontstaan en zijn hardnekkig en geven problemen bij het roeren in de vergister. In ernstige gevallen kan de vergister vol raken met niet te roeren vezelig materiaal en moet de vergister leeg geschept worden.

Door deze moeilijk verteerbare producten een voorbehandeling te geven wordt getracht de gasopbrengst te verhogen en de problemen in de invoer en in de vergister te voorkomen of te minimaliseren. Er zijn verschillende voorbehandelmethoden mogelijk. In dit onderzoek werd de Molares® als voorbehandelmethode getest.

Belo Groep BV heeft de Molares ontwikkeld. Deze machine heeft een snel draaiende rotor met 8 klepels die de co-producten zwaar kneust en deels verkleint. Door deze bewerking is de verwachting dat de biogasopbrengst wordt verhoogd en dat er minder problemen bij de invoer en in de vergister zullen zijn. Door ook deze producten in te kunnen zetten bij co-vergisters kan er ook duurzame groene energie geproduceerd worden van producten die tot nu toe niet of marginaal gebruikt worden als co-product. Dit kan het rendement van de vergister verhogen. Het zijn ook producten die niet concurreren met de voedselproductie. Producten als natuurgras en (te lang) weidegras kunnen op deze manier nuttig ingezet worden. Op deze manier kan ook meegewerkt worden aan de doelstelling die Nederland heeft om haar energiegebruik te vergroenen en minder afhankelijk te zijn van fossiele energie. Tevens wordt de CO<sub>2</sub>-uitstoot gereduceerd.

In opdracht van Belo Groep BV te Linschoten heeft ACRRES in haar onderzoeksvergister aan de Runderweg te Lelystad de effecten van de Molares onderzocht. Het onderzoek richtte zich op de praktische toepasbaarheid, het verschil in biogasproductie en de energiebehoefte van de Molares.

---

---

## 2 De ACRRES vergister

ACRRES in Lelystad is het landelijk centrum voor toegepast onderzoek naar opwekking van duurzame energie. Dit initiatief van Wageningen UR wil in samenwerking met het bedrijfsleven, maatschappelijke instanties, overheden en onderwijs duurzame energieopwekking op basis van zon, wind en biomassa ontwikkelen. Ook wil het centrum toepassingen realiseren om groene grondstoffen maximaal te benutten en kringlopen te sluiten. De complexe biobased wereld moet voor iedereen toegankelijk worden.

De ACRRES-vergistingsinstallatie bestaat uit een vergister en een navergister. Beide hebben een inhoud van circa 500 m<sup>3</sup>. De vergister en de navergister zijn volledig geroerde vergisters. Het biogas wordt opgevangen onder het gasdak boven de vergister en verbrand in een warmte kracht koppeling (WKK). Deze motor drijft een generator met een vermogen 120 kW aan. De warmte uit rookgassen en koelwater wordt gebruikt om de vergister op temperatuur te houden en de restwarmte wordt gebruikt voor verwarming van de bio-ethanol installatie en de algenvijvers. De vergister werkt in het mesofiele temperatuur gebied ( $\pm$  38-40 graden °C).



*Foto 1; ACRRES-vergister Lelystad (links vergister en rechts navergister).*

De voeding van de vergister bestaat uit minimaal 50% runderdrijfmest en 50% co-producten. Dagelijks wordt het te vergisten co-vergistingsmateriaal met een shovel in de doseerbak gebracht. Het materiaal wordt automatisch meerdere keren per dag aan de vergister toegevoegd. De verblijftijd in de vergister is ruim 40 dagen. Daarbij wordt organische stof door bacteriën omgezet in biogas. Dit biogas bestaat grotendeels uit methaan (50-55%) en kooldioxide (45-50%) en uit kleine hoeveelheden andere gassen. Na vergisting wordt het mengsel (digestaat) in de mestzak opgeslagen, voordat het voor de bemesting wordt gebruikt op het bedrijf.



---

### 3 Belo Groep BV

De Belo Groep is een onderneming in machinebouw, industrieel constructiewerk en machine-onderhoud. Zij engineert, bouwt en onderhoud machines, transportvloeren, hef- en hijswerktuigen.

Tevens heeft de Belo Groep een afdeling 'biomassa' een biomassa verkleiner, de MOLARES®, ontwikkeld. Informatie op de website van de Belo Groep over de Molares® geeft aan:

*"Binnen de Belo Groep heeft onze afdeling engineering in samenwerking met diverse externe experts en gebruikers een biomassa verkleiner, de MOLARES®, ontwikkeld, waarvan de meest belangrijke kenmerken zijn: hogere gasopbrengst, laag energieverbruik, lage onderhoudskosten door doelmatige constructie en lagere onderhoudskosten vervolgproces.*

*Door zijn compacte vorm en afmetingen kan de MOLARES® niet alleen in nieuwe systemen worden toegepast, maar eveneens in bestaande systemen worden ingebouwd."*



Foto 2 en 3: De Molares

---

---

## 4 Molares en de invoer van de Acrres vergister

De Molares is geplaatst in de bestaande invoer van de vergister van Acrres. De bestaande invoervijzel is verwijderd en op de plaats van de oorspronkelijke horizontale vijzel is de Molares tussengevoegd met een kortere horizontale vijzel. Er zijn geen verder aanpassingen in de constructie nodig geweest bij het plaatsen van de Molares. In de software waren een aantal aanpassingen nodig, deze waren eenvoudig uit te voeren.



*Foto 4: De Molares in de praktijkopstelling bij Acrres*



*Foto 5: De klepels in de Molares*

---

---

# 5 Proefopzet

De vraag van Belo Groep BV is: wat is het effect van de Molares bij het vergistingsproces. Deze vraag is op de delen in 3 delen:

- wat is het effect op de biogasopbrengst,
- wat is het effect op het voorkomen van drijfslagen en
- wat zijn de effecten op de energiekosten.

De proef bestond uit twee delen: eerst het bestaande rantsoen voeren met Molares en daarna zonder Molares. De verdere opzet van beide proeven is identiek.

Van de ingrediënten die in het bestaande rantsoen zitten, zijn de biogasopbrengsten voor vergisting bekend. De behandeling van het rantsoen met de Molares voordat het de vergister in gaat kan zorgen voor een wijziging in biogasopbrengst. Tevens kan de behandeling effect hebben op het wel of niet voorkomen van drijfslagen. Deze wijzigingen kunnen toegeschreven worden aan de Molares. De vergister heeft een doorlooptijd van circa 40 dagen. Dit houdt in dat een proefperiode 6 weken duurt. De laatste drie weken van deze periode zal in inhoud van de vergister nagenoeg constant zijn. De gegevens uit deze periode zijn voldoende betrouwbaar voor de berekeningen van de effecten van de Molares.

## 5.1 Werking Molares

De Molares zorgt er voor dat het co-product met de in de Molares aanwezige snel ronddraaiende klepels geraakt wordt en daardoor zwaar gekneusd en deels verkleind wordt. De gedachte is dat het kneuzen en verkleinen er toe leidt dat de organische stof in de co-producten makkelijker en beter verteerbaar worden. Hierdoor kan er sneller en meer biogas geproduceerd worden. Het effect van de Molares wordt schematisch weergegeven op foto 6.

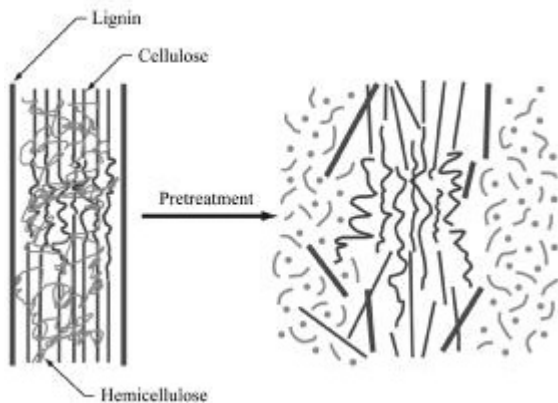


Foto 6: Schematisch effect van de Molares op het product:

---

## 5.2 Verwachtingen

De Molares raakt met de 8 klepels de co-producten en kneust en verkleint de co-producten. De verwachting is dat hierdoor meer biogas uit het materiaal te halen is en dat drijfslagen in de vergister niet of in (veel) mindere mate voorkomen. Het energieverbruik zou beperkt moeten zijn.

## 6 Proefuitvoering met en zonder Molares

De proefperiode liep vanaf 23 februari tot en met 16 mei 2016. In de eerste 6 weken was de Molares in de invoer geplaatst en tijdens de laatste 6 weken werd er gevoerd zonder de Molares. Het rantsoen voor de vergister bestond in deze periode uit: energiemais, aardappelen, voerresten en natuurgras en runderdrijfmest. Het rantsoen van de vergister staat in Tabel 1.

De eerste drie weken van elke periode (periode met en periode zonder Molares) zijn de overgangsweken, waarin de inhoud van de vergister nog beïnvloed wordt door de voorgaande periode. Deze weken kunnen niet meegenomen worden in de meetresultaten. Er is in deze weken nog invloed van de voorgaande proefperiode.

Tabel 1. Rantsoen van de vergister

Product	Kg invoer periode met Molares (kg)	Kg invoer periode zonder Molares (kg)	Kgds invoer periode met Molares (kgds)	Kgds invoer periode zonder Molares (kgds)
Energiemais	1929	2448	675	857
Aardappelen	1356	1546	203	232
Voyerresten	3221	3301	1353	1386
Natuurgras	1176	1501	529	675
Subtotaal co-producten (via Molares gevoerd)	7682	8795	2761	3150
Runderdrijfmest	5575	25783	502	2321
Totaal invoer per dag	13257	32378	3262	5471

Tijdens de proef is er naar gestreefd in beide periodes zoveel mogelijk gelijk te voeren. Dat is ten aanzien van de producten die met de Molares gevoerd zijn goed gelukt. In tabel 1 is te lezen dat de invoer co-producten in de beide perioden per dag nog geen 400 kilogram drogestof van elkaar verschilde. Dit zal geen effect hebben gehad op de proef.

In de 2<sup>e</sup> proefperiode, zonder Molares, zijn er in vergister 1 forse drijfslagen ontstaan en moest er fors meer mest ingevoerd worden om het digestaat roerbaar te houden. In tabel 1 is dit goed te zien. De hoeveelheid drijfmest, deze wordt met een pomp in vergister 1 gepompt en gaat dus niet door de Molares, is verhoogd van 5575 naar 25783 kg mest per dag. De drijfslagen kunnen effect hebben gehad op het vergistingsproces. Het is aannemelijk dat er door de drijfslagen minder biogas geproduceerd is. In welke mate dat is niet te zeggen.





*Foto 7; Vullen van de voerbak van de ACRRES-vergister*

---

# 7 Ervaringen

## 7.1 Ervaringen periode met Molares

In de proefperiode met de Molares is er per dag bijna 7,7 ton co-product gevoerd (zie tabel 1). Dit heeft in die periode zowel bij de invoer als in de vergister bij het roeren van het digestaat geen noemenswaardige problemen opgeleverd. Er is 1 storing bij de invoer geweest en dat had te maken met een steen die in de vijzel kwam, waardoor deze vastliep. Dat was eenvoudig te verhelpen en heeft geen invloed gehad op de proef.

De co-producten worden door de Molares 'gemolesteerd', dit is duidelijk te zien op de bijgaande foto's. Foto 8 zijn de producten zoals ze in de Molares gaan en foto 9 is het product zoals het uit de Molares komt.



Foto 8: co-product voor behandeling met Molares



Foto 9: co-producten na behandeling

Het digestaat in de vergisters 1 en 2 was gedurende de proef met Molares goed vloeibaar en goed te roeren. Er zijn geen drijfslagen ontstaan.

De temperatuur in de vergister was gemiddeld 39 graden Celsius en varieerde nauwelijks.

---

## 7.2 Ervaringen periode zonder Molares

In de 2<sup>e</sup> testperiode is de Molares uit de invoerlijn gehaald en is de originele invoervijzel herplaatst. Vanaf de 2<sup>e</sup> week zijn er lichte drijfslagen ontstaan. In week 3 verergerden de drijfslagen, ze werden alsmaar dikker. Er zijn bij de invoer met de mestpomp problemen geweest in de 4<sup>e</sup> week. Dat heeft er in geresulteerd dat de invoer van mest 4 dagen stil heeft gelegen. De drijfslag groeide alsmaar door en daarom is besloten om de invoer van co-producten via de invoervijzel tijdelijk te halveren. Dit om te voorkomen dat de inhoud van de vergister niet meer te roeren zou zijn. Vanaf de 3<sup>e</sup> week was de drijfslag zo dik dat besloten is om de invoer van mest te verhogen van 5,5 kuub per dag naar 25 en later naar 36 kuub per dag om de inhoud van vergister roerbaar te houden. Dat is maar met moeite gelukt.

---

## 7.3 Resultaten co-vergistingsproef met Molares

De resultaten van de proef met Molares zijn weergegeven in tabel 3. De eerste drie weken waarin de Molares aanwezig was, zijn buiten beschouwing gelaten. Dit is de overgangperiode tussen het zonder en met Molares. Gedurende de laatste 3 weken zijn de meetgegevens verwerkt, deze staan vermeld in onderstaande tabel 3.

*Tabel 2. Resultaten co-vergistingsproef met Molares*

Week nr.	Biogas opbrengst afwijkend van berekende waarden
4	115 %
5	117 %
6	110 %
Gemiddeld	114 %

In tabel 2 is te lezen dat de biogas opbrengst in positieve zin afwijkt van de berekende waarde. De berekende waarden zijn gebaseerd op de uitkomsten van het vergistingsproces en de normale invoer zonder Molares. De effecten van de Molares zijn in procenten weergegeven ten opzichte van deze berekende waarden. Met de Molares in de invoer was de biogasopbrengst was gemiddeld 14% (van 10 – 17%) hoger dan de berekende waarde. Wat ook opviel is dat de biogasopbrengst met Molares aanmerkelijk sneller reageert op rantsoenwisselingen en/of meer of minder voeren. Voorafgaand aan deze proefperiode is de Molares ook in werking geweest en toen zijn er meerdere keren wisselingen in het rantsoen geweest, de biogasopbrengst reageerde duidelijk sneller op deze wisselingen dan zonder Molares. Dit zijn visuele waarnemingen, die niet in een proefopstelling gedaan zijn. Het methaangehalte in het biogas was gedurende de proef vrij constant en bewoog zich rond de 50,5%.

De temperatuur in de vergister was ook constant, gemiddelde rond 39 C°  
Het H<sub>2</sub>S-gehalte was laag en bleef laag: onder 50 PPM H<sub>2</sub>S.

---

## 7.4 Resultaten co-vergistingsproef zonder Molares

De resultaten van de proef zonder de Molares zijn weergegeven in tabel 3. Ook hier zijn weer de eerste drie buiten beschouwing gelaten vanwege de overgangperiode in de proef.

Tabel 3. Resultaten co-vergistingsproef zonder Molares

Week nr.	Biogas opbrengst afwijkend van berekende waarden
4	109 %*
5	84 % *
6	77 %*
Gemiddeld	90 % *

\* In deze weken is een drijfslag aanwezig in de vergister.

Uit tabel 3 is te lezen dat de biogasopbrengst fors gedaald is van 109 naar 77%. Een opmerking in de 4<sup>e</sup> week is wel op zijn plaats. De drijfslag was inmiddels zo dik dat er ingegrepen moest worden. De hoeveelheid drijfmest werd verhoogd van 5,5 kuub invoer per dag naar aanvankelijk 25 en later 36 kuub per dag. (Ter informatie: de biogasopbrengst was in de eerste 3 weken 98% ten opzichte van de berekende opbrengst. Hoewel deze eerste drie weken de overgangperiode zijn van de beide proeven is geeft het wel een indicatie van de biogas opbrengst).

Een opmerking bij de gasopbrengst van de 5<sup>e</sup> en 6<sup>e</sup> week is hier op zijn plaats. Door de dikke drijfslag en het slecht kunnen mixen van de digestaat is het aannemelijk dat het vergistingsproces niet optimaal verlopen is. Hierdoor is er minder biogas geproduceerd dan de berekende waarden. Deze lagere biogasproductie zal niet het gevolg zijn van het ontbreken van de voorbehandeling door de Molares, maar door de drijfslag die ontstaan is. Het ontstaan van de drijfslag is wel een gevolg van het niet voorbehandelen door de Molares. Je zou het wel een indirect effect kunnen noemen van het ontbreken van de voorbehandeling.

Het methaangehalte in het biogas was gedurende de proef vrij constant en bewoog zich rond de 50,5%.

De temperatuur in de vergister was ook constant, gemiddelde rond 39 C°

Het H<sub>2</sub>S-gehalte was laag en bleef laag: onder 50 PPM H<sub>2</sub>S.

## 8 Energieverbruik Molares

Het energieverbruik en het aantal draaiuren van de Molares is gemeten en vergeleken met de standaard uitvoering met invoervijzel.

In de proefperiode Met Molares is er 1324 kWh stroom verbruikt door de Molares (incl. de aandrijving van de invoervijzel). Het aantal draaiuren was 171 uur. In deze periode is er in totaal 326 ton co-product via de Molares gevoerd. (Tabel 4.)

In de proefperiode Zonder Molares is er 184 kWh stroom verbruikt door de invoervijzel. Het aantal draaiuren was 147. In deze periode is er in totaal 269 ton co-product gevoerd zonder Molares. (Tabel 4.)

Tabel 4: Energie verbruik en draaiuren per ton co-product

	<i>Molares (kWh)</i>	<i>Molares (uren)</i>	<i>Energie mais (ton)</i>	<i>Aard- appelen (ton)</i>	<i>Voerrest (ton)</i>	<i>Natuur gras (ton)</i>	<i>Totaal (ton)</i>	<i>kWh/ton</i>	<i>Uur/ton</i>
<i>Met Molares</i>	1324	171	68,5	54,6	149,7	53,4	326,2	4,06	0,52
<i>Zonder Molares</i>	184	147	56,8	44,5	120,4	47,8	269,5	0,68	0,54
<i>Vershil</i>								3,38	-0,02

---

---

## 9 Operationele kosten Molares

De Molares vraagt een forse investering. Deze hebben we in dit onderzoek achterwege gelaten. Wel zijn de operationele kosten in beeld gebracht.

De klepels van de Molares zijn aan slijtage onderhevig. Bij het rantsoen tijdens de proef was na 8,5 weken de set klepels versleten. In deze 8,5 weken is 461 ton co-product gevoerd. Verder zijn er geen directe kosten geweest. De kosten van de set inclusief vervanging waren € 292,- (excl. BTW). Per ton product is dit € 0,63

De Molares heeft per ton product 3,38 kWh elektriciteit verbruikt. De kosten van elektriciteit zijn afhankelijk van de elektriciteitsafname. Voor deze berekening is gerekend met een stroomprijs van € 0,10 (excl. BTW) . Per ton product is dit: € 0,34

Totale directe kosten zijn bij bovenstaande berekening: 0,97 per ton gevoerd co-product.

Verder moet opgemerkt worden dat door het gebruik van de Molares producten gevoerd kunnen worden die normaal gesproken niet gevoerd kunnen worden. Deze producten hebben doorgaans een lagere aankoop prijs per ton product en per kuub geproduceerd biogas. Met dit voordeel is geen rekening mee gehouden in de bovenstaande berekening.



---

---

## 10 Conclusies en aanbevelingen

Uit de proef met de Molares is gebleken dat de voorbereiding van de co-producten een positief effect heeft bij het tegengaan van drijfslagen. Dit is met name een groot voordeel als er veel langvezelig (natuur)gras gevoerd wordt. In de periode met de Molares zijn geen drijfslagen ontstaan, in de periode zonder de Molares ontstonden binnen 2 weken de eerste drijfslagen en moest er in de loop van week 4 ingegrepen worden om het digestaat roerbaar te houden. De hoeveelheid drijfmest moest worden verhoogd van 5,5 kuub invoer per dag naar eerst 24 en later zelfs 36 kuub per dag.

Een tweede effect wat visueel geconstateerd is dat de energie sneller vrijkomt met behandeling door de Molares. Wisselingen in het rantsoen hebben sneller effect dan zonder Molares. Doordat de energie sneller vrij komt zou er iets meer kans op verzuring kunnen zijn, echter bij de co-producten zoals natuurgras en (te lang) gras zal dat meevallen. Mogelijk zou de verblijfsduur verkort kunnen worden, omdat de energie sneller vrij kan komen.

Voorbehandeling met de Molares heeft tot gevolg dat de hoeveelheid energie die uit het totaal van de co-producten vrijkomt met gemiddeld 14% stijgt t.o.v. de berekende hoeveelheid biogas uit de co-producten.

De Molares verbruikt meer energie dan de standaard invoervijzel. Per ton ingevoerde co-product vraagt de standaard invoermethode 0,68 kWh/ton en de Molares 4,06 kWh/ton. Een verschil van 3.38 kWh/ton. In de periode van 8,5 weken voeren met de Molares is één klepelset versleten.

De directe kosten van het gebruik van de Molares bedroegen € 0,97 per ton gevoerd co-product. Hierin zijn de investeringen niet meegenomen.

Door de inzet van de Molares kunnen ook producten gevoerd worden die normaal gesproken niet gevoerd worden. Deze producten zijn doorgaans goedkoper, wat de kostprijs drukt.

