



Snelle vergisting van biologisch aangezuurde rundveemest en fosfaatwinning uit digestaat

J.P.M. Sanders

D.W. Bussink

Sanovations bv

nmi  soil for life

Nutriënten Management Instituut BV

e-mail: nmi@nmi-agro.nl

website: www.nmi-agro.nl

Referaat

Sanders JPM & Bussink DW, 2025, Snelle vergisting van biologisch aangezuurde rundveemest, Nutriënten Management Instituut BV, Wageningen, Rapport 2035b.N.24, pp 30.

Rapport in het kort

Meer groengas ter vervanging van aardgas is gewenst. Een route daartoe is het biologisch aanzuren van mest gevolgd door anaeroob vergisten van deze mest en het opwerken van het ontstane biogas tot groengas. Dit zal leiden tot een hogere biogasproductie in vergelijking tot reguliere mest omdat het en uurverse mest betreft en omdat er energierijk substraat, melasse, is toegevoegd. In dit rapport is dit onderzocht op pilotschaal op een praktijkbedrijf dat biologisch aanzuren toepast met melasse. Nagegaan is in welke mate de biogasopbrengst stijgt per m³ mest en of het biogas sneller gevormd wordt omdat de mest naar verwachting meer gemakkelijk afbreekbare verbindingen bevat door de snelle conservering en het toevoegen van melasse. Door de lage pH gaan ook fosfaatzouten in oplossing. Na mestscheiding komt dit fosfaat grotendeels in de dunne fractie terecht. Nagegaan is ook of het aanzuren van mest ook mogelijkheden biedt om fosfaat geconcentreerd terug te winnen uit de dunne fractie.

© 2025 Wageningen, Nutriënten Management Instituut NMI B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit de inhoud mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, op welke wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de directie van Nutriënten Management Instituut NMI.

Rapporten van NMI dienen in eerste instantie ter informatie van de opdrachtgever. Over uitgebrachte rapporten, of delen daarvan, mag door de opdrachtgever slechts met vermelding van de naam van NMI worden gepubliceerd. Ieder ander gebruik (daaronder begrepen reclame-uitingen en integrale publicatie van uitgebrachte rapporten) is niet toegestaan zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van NMI.

Disclaimer

Nutriënten Management Instituut NMI stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen voortvloeiend uit het gebruik van door of namens NMI verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Verspreiding

AgroAgenda Noord Nederland, Provincies Groningen, Drenthe en Friesland

digitaal

Inhoudsopgave

Samenvatting	2
1 Inleiding	3
2 Opzet en uitvoering	5
2.1 Algemeen	5
2.2 Vergisten van aangezuurde mest en daaruit verkregen dunne fracties	5
2.2.3 Proef met pilotvergister	5
2.2.3 FOS/TAC bepalingen	6
2.2.3 Batch vergisting en vetzuuranalyse	6
2.2 Winning van fosfaat uit digestaat van aangezuurde mest	6
3 Resultaten	8
3.1 Vergisting aangezuurde mest en daaruit verkregen dunne fracties	8
3.1.1 Resultaten met de pilotvergister	8
3.1.2 Is verdere versnelling van de vergisting mogelijk? Extra experimenten	11
3.1.3 Verder optimaliseren inzicht in microbiologie tijdens het aanzuren van mest en tijdens de vergisting	14
3.1.4 FOS/ TAC en pH	16
3.2 Fosfaatwinning uit de aangezuurde dunne fractie	17
4 Conclusie en aanbevelingen	22
4.1 Snelle vergisting van biologisch aangezuurde mest	22
4.2 Fosfaatwinning voor export en voor optimaliseren stikstof uitrijden op bouwland en grasland	23
5 Acknowledgements	24
6 Referenties	25
Bijlage 1. Details van samenstelling verschillende mestmonsters	26
Bijlage 2. Materialen en methoden	29

Samenvatting

Er zijn proeven gedaan in een anaerobe continu geroerde pilotschaal vergister van 2,5 m³ waarbij aangezuurde mest en dunne fractie van aangezuurde mest na mestscheiding zijn getest op biogasproductie en snelheid van biogasproductie. Doel was om de verblijftijd/doorloopsnelheid te minimaliseren van de gangbare 35-42 dagen bij mono-mestvergisting naar zo mogelijk 15 dagen om zo een verhoging van de vergistercapaciteit te realiseren wat gunstig is het voor het rendement. Dit zou mogelijk moeten zijn omdat de mest naar verwachting veel gemakkelijk afbreekbaar substraat bevat afkomstig van de uur verse mest en de fermentatieproducten van de toegevoegde melasse. Verder is verkend of de biogasproductie is te beïnvloeden door extra micro-organismen toe te voegen.

In een tweede reeks van proeven is onderzocht of fosfaat is terug te winnen uit aangezuurde mest met als doel om zo fosfaat geconcentreerd te kunnen afvoeren van bedrijven. Fosfaat dat door het biologisch aanzuren in de mestput in oplossing gaat en na mestscheiding in de dunne fractie komt, wordt tijdens de vergisting bij pH 8 weer onoplosbaar. Dit zal leiden tot fosfaatneerslag in het digestaat waarbij deze fosfaat na decanteren mogelijk af te scheiden is.

Pilotschaal vergisten

De proevenserie met aangezuurde dunne fractie is begonnen met een verblijftijd van 25 dagen en stapsgewijs is in enkele weken de verblijftijd van terugbracht naar 12 dagen bereikt, waarbij de biogasproductie per m³ mest ongeveer op peil bleef. Na enkele weken is van dunne fractie overgeschakeld op ongescheiden biologisch aangezuurde mest (Amest). Biogas opbrengsten zijn behaald van 45 m³ per m³ voor Amest en 33 m³ per m³ dunne fractie van de aangezuurde mest. De volumetrische productiviteit, of te wel de hoeveelheid biogas die per m³ vergister volume per dag wordt geproduceerd van zowel de dunne, aangezuurde fractie als ook van de ongescheiden Amest is ruim driemaal hoger (tot wel 3,5 m³ biogas per dag per m³ vergistervolume) dan de huidige praktijk in mono-mestvergisters bij 37 °C. Bestaande mono-mestvergisters met 5% toevoegvergunning kunnen daardoor middels biologisch aanzuren ruimschoots extra mestvolumes vergisten. Bij aanschaf van nieuwe vergisters kan een 2-3 maal kleinere vergister dan de huidige, gangbare vergisters volstaan. Dat betekent ook dat in bestaande mono-mestvergisters in principe een veel grotere hoeveelheid aangezuurde mest (met bijkomende milieuvoordelen) verwerkt zou kunnen dan nu het geval is.

In batchproeven in het laboratorium wordt door het verhogen van de concentratie micro-organismen tijdens de vergisting een verdere versnelling en verhoging van de biogasgasvorming waargenomen tot 56 m³ per m³ Amest.

Fosfaatterugwinning

Er zijn diverse proeven gedaan om via decanteren neergeslagen fosfaat af te scheiden en daarmee te concentreren. Maximaal was een concentratieverhoging met een factor 3,5 mogelijk. Het fosfaatgehalte dat zodoende verkregen wordt uit rundermest is vergelijkbaar met de dikke fractie uit reguliere varkensmest terwijl rundermest ca 2,5 keer lagere fosfaatconcentratie bevat dan varkensdrijfmest. Verder onderzoek naar aangezuurde varkensmest kan leiden tot de productie van mestfracties met hogere concentraties fosfaat dan nu het geval is, wat een gunstig effect zou hebben op transportkosten bij export. Daarom wordt dit als vervolgonderzoek aanbevolen.

1 Inleiding

De emissie van ammoniak en broeikasgassen moet omlaag. Een belangrijke bron van deze gassen is de uitstoot uit mest. Bekend is dat aanzuren van mest de emissie van ammoniak en methaan sterk verlaagt (Bussink et al 2012, Dalby et al, 2022). Dat kan ook met biologisch aanzuren door koolhydraatrijke reststromen (bijvoorbeeld door melasse aan mest toe te voegen). De in de mest aanwezige bacteriën zetten deze koolhydraten om in melkzuur waardoor de pH verlaagd wordt tot 5,5 waardoor de methaansynthese in de mest vrijwel geheel stilgelegd wordt. De pH-verlaging zorgt ervoor dat dampdruk van ammoniak sterk daalt waardoor de ammoniakemissie uit mest vrijwel geheel stopt. Bijkomend voordeel is dat biologische aangezuurde mest (Amest) een hoog biogaspotentieel heeft en zo een financiële drager kan worden voor deze route, zeker nu er in Nederland de ambitie is om veel meer groengas te produceren. Een initiatiefgroep Biologisch Aanzuren heeft vanaf 2022 de mogelijkheden van het biologisch aanzuren van mest verkend en de voordelen van een integrale aanpak (minder emissies en meer groengas) in een aantal papers beschreven (Van Noort et al, 2022 en Voncken et al, 2023 en 2024.). In Nederland was er nauwelijks kennis van biologisch aanzuren op praktijkschaal. De provincie Groningen heeft de mogelijkheden van deze route onderkend en heeft een pilot gefinancierd (die in augustus 2024 is gestart) om meer praktijkkennis op te doen en wat dat milieutechnisch en bedrijfseconomisch kan betekenen. De bevindingen zijn inmiddels gerapporteerd (Bussink et al., 2025). Een van de uitdagingen daarbij is de biogasproductie zodanig te optimaliseren dat het verdienmodel voor boer en andere ketenpartijen wordt verbeterd.

Effectief de stalemissie reduceren betekent niet alleen aanzuren van de mest in de put maar ook reductie van de emissie vanaf de stalvloer (meestal een roostervloer). Dit kan in principe door de aangezuurde mest te scheiden in een dikke en dunne fractie en deze laatste te gebruiken om de vloer te spoelen. Dit onderzoek is beschreven door Bussink et al. (2025). Tegelijk hebben beide fracties een biogaspotentieel, maar met naar verwachting een verschillend vergistingsgedrag.

Teneinde de logistieke kosten laag te houden voor transport naar een mestvergister, is de hypothese geformuleerd dat slechts de dikke fractie getransporteerd (ongeveer 1/6 van het mestvolume) hoeft te worden naar al bestaande (mono)mestvergisters. Dit kan in deze vergisters het droge stof gehalte verhogen van 8% naar 10% of nog hoger. Daardoor zou de biogasopbrengst in al bestaande vergisters verhoogd worden. Het overgrote deel van de mest, de dunne fractie, zou op de boerderij vergist kunnen worden, waarschijnlijk in een veel kortere tijd dan ongescheiden mest, omdat de vezelachtige componenten met de dikke fractie zijn verwijderd. De vraag is hoeveel sneller de vergisting van de dunne fractie verloopt en of dat met behoud van gasopbrengst is. Een korte doorlooptijd betekent dat een veel kleinere vergister volstaat en dus lagere kapitaalkosten en een snellere terugverdientijd. Bijkomende voordelen zijn dat het grootste deel van het mestvolume op of dichtbij het bedrijf kan worden verwerkt zonder transportbewegingen over de openbare weg en dat een kleinere vergister mogelijk sneller vergund wordt.

Een ander voordeel is dat bij aanzuren fosfaat in oplossing gaat waardoor dit fosfaat na de mestscheiding grotendeels in de dunne fractie blijft en niet in de dikke fractie terecht komt zoals dat het geval is bij niet aangezuurde mest. Dat biedt de kans om mestproducten te maken met een hoger fosfaatgehalte met naar verwachting minder storende invloed van organische stof: veel (onoplosbare) organische stof komt in de dikke fractie en door de vergisting nog meer organische stof uit de dunne fractie.

Mestscheiding van varkensmest vindt op grote schaal plaats in Nederland om met de dikke fractie een deel van het fosfaat dat niet past binnen de plaatsingsruimte naar het buitenland te kunnen exporteren. Het gehalte aan P_2O_5 in de dikke fractie van varkensmest ligt doorgaans tussen 10- 20 kg per m^3 dikke fractie, waardoor deze fosfaat slechts tegen hoge (transport) kosten kan worden uitgevoerd naar Frankrijk of Duitsland. Met deze export gaat bovendien de waarde van fosfaat maar ook die van de organische stof en de overige mineralen verloren voor Nederland.

Vragen die hierbij spelen zijn:

- In welke mate kan de fosfaat die tijdens het biologisch aanzuren in oplossing gaat en daardoor bij een mestscheiding hoofdzakelijk in de dunne fractie zal komen, weer onoplosbaar worden in de vergister en al in de vergister of in een bezinker gewonnen worden als onoplosbaar product met een voldoende hoge concentratie en daarmee een betere economische waarde?
- Welke voordelen dit biedt voor maatwerk bij de bemesting van grasland en bouwland. Heeft het fosfaatproduct een voldoende hoge concentratie om het overschotfosfaat dat niet binnen de Nederlandse gebruiksruimte valt kosteneffectief te exporteren. Welke financiële marge is te bereiken met fosfaatwinning na vergisting van biologisch aangezuurde mest ten opzichte van alleen vergisting zure dunne fractie of ten opzichte van huidige praktijk.

Doelstelling

- Is het mogelijk biologisch aangezuurde mest met goede biogasopbrengst te vergisten bij een verblijftijd korter dan 14 dagen, wat veel minder dan de helft is van de normale verblijftijd van 35- 42 dagen?
- Hoe geconcentreerd kan fosfaat uit het digestaat van de dunne biologisch aangezuurde fractie worden gewonnen?

2 Opzet en uitvoering

2.1 Algemeen

In augustus 2024 is een pilot gestart met het biologisch aanzuren op het melkveebedrijf Pimmelaar te Schildwolde. Het betrof een ligboxenstal met mestopslag onder de roostervloer. In een staldeel met 60 melkkoeien vond toediening van melasse plaats aan een mestopslag (1500 m³) onder de roostervloer. Er werd regelmatig melasse toegediend om de pH op 5 tot 5,5 te houden (zie Bussink et al., 2025 voor meer informatie). Begin november is ongeveer 350 m³ mest gescheiden in dunne en dikke fractie middels een vijzelpers en een decanter. De dunne fractie werd opgeslagen op het bedrijf in een mestzak voor aanvullende proeven. De dikke fractie werd afgedekt bewaard.

2.2 Vergisten van aangezuurde mest en daaruit verkregen dunne fracties

2.2.3 Proef met pilotvergister

Een verplaatsbare pilotvergister van 2,5 m³ van Oosterhof-Holman is op 5 november 2024 geïnstalleerd aan het eind van de stal bij melkveebedrijf Pimmelaar (Figuur 2-1). De pomp van de toeloop stond elke 10 minuten kort aan en pompte het ingestelde volume aan dunne mest per uur in de vergister. Het te veel aan volume werd afgevoerd via de top naar een bezinker (afkomstig van Oosterhof-Holman) die buiten was opgesteld (Figuur 2-1). De overloop van de bezinker gaat naar het zwarte opslagvat van ca 4 m³ inhoud (Figuur 2-1, rechts) alvorens het digestaat naar de controle put in de stal wordt afgevoerd.



Figuur 2-1. Verplaatsbare vergister in de stal (links) plus een bezinker en opslagvat buiten de stal (rechts).

Zie voor de oorsprong van de dunne fracties (vijzelpers en decanter scheiding) en de ongescheiden aangezuurde mestgrondstoffen Bijlage 2.

Na opstarten van de vergisting met dunne fractie uit de controle put waren vier meetcycli gepland:

- Adaptatie met vijzelpers gescheiden dunne fractie
- Voeding met vijzelpers gescheiden dunne fractie
- Voeding met decanter gescheiden dunne fractie
- Voeding met aangezuurde mest ongescheiden (Amest)

2.2.3 FOS/TAC bepalingen

Een (snelle) verandering in de verhouding van FOS (een waarde die bepaald wordt door de som van de vluchtige vetzuren) en TAC (een waarde die de totale alkaliniteit representeert) is een vroege indicatie dat de vergister aan het verzuren is, veroorzaakt doordat micro-organismen uitspoelen, of door stoffen die de vergisting vergiftigen. Eenmaal verzuurd, hetgeen natuurlijk ook door een pH meting vastgesteld werd, kan dit leiden tot langdurig slecht functioneren van de vergister. Gedurende de gehele proef is twee maal per week de FOS/TAC geanalyseerd ook van monsters die in de tussenliggende dagen genomen werden uit de vergister om tijdig te signaleren of er verzuring optreedt omdat er micro-organismen. Ook werd de pH van alle monsters bepaald. Zie voor verdere details in Bijlage 2.

2.2.3 Batch vergisting en vetzuuranalyse

Door Bioclear, Groningen, werden batchvergistingen met 0,45 liter werkvolume in triplo uitgevoerd bij 38 °C en met intervallen geroerd om vanuit de kinetiek van de biogasvorming te kunnen afleiden welke stappen in de hydrolyse, verzuring, acetogenese en methanogenese de snelheidsbeperkende zijn. Er werd 100 ml mest gemengd met 300 ml inoculum en 50 ml water voor de normale belasting.

De Inoculum Substrate Ratio (ISR) op basis van chemische analyses is ~2,3 ('normale belasting') en ~4,6 ('halve belasting'). De werkelijke ISR is lager. Geschikte ranges voor BMP (biochemisch methaan potentieel) testen zijn 2-4.

Er was een continue methaandetectie. De methaanopbrengst werd bepaald na CO₂-scrubbing met NaOH. Deze experimenten werden apart gefinancierd door TKI Nieuw Gas.

Vetzuuranalyses werden uitgevoerd middels HPLC door Bioclear (tabel 3-5 A en door LeAF (Wageningen) Tabel 3-5 B en C.

2.2 Wining van fosfaat uit digestaat van aangezuurde mest

In een bezinker ca 200 liter inhoud (zie Figuur 2-1) werd de uitstroom van de vergister (digestaat) gedurende verschillende weken doorgeleid. De zware delen bezinken naar de bodem terwijl de lichte delen via een overloop aan de bovenkant de bezinker verlaten richting opslagvat.

In verschillende laboratoriumexperimenten werden de bezinker-condities nagebootst door te centrifugeren met een tafelcentrifuge bij 3000 rpm. Om de volledigheid van bezinken te bestuderen werd ook gecentrifugeerd bij 10.000 rpm gedurende 10 minuten.

Een eenvoudige bezinker-opstelling (Figuur 2-2) werd ontworpen door 6 lange plastic buizen te monteren waaruit op gezette tijden monsters van bovenin of juist van onderin werden genomen.



Figuur 2-2. Eenvoudige bezinker opstelling

In de praktijk zou de bezinker kunnen worden uitgespaard indien voldoende bezinking optreedt tijdens het verblijf van het digestaat van dunne fractie in de navergister. Daarom werd gebruik gemaakt van een vat van 50 liter als 'navergister' om restgaswaarden te bepalen en om de bezinking/ flotatie van fosfaat te kwantificeren.

3 Resultaten

In dit hoofdstuk worden twee onderwerpen beschreven: anaerobe vergisting van biologisch aangezuurde mest en de winning van fosfaat uit digestaat van aangezuurde mest

3.1 Vergisting aangezuurde mest en daaruit verkregen dunne fracties

3.1.1. Resultaten met de pilotvergister

Tabel 3-1 en Figuur 3-2 geven het verloop van de vergisting aan uitgevoerd in de 2,5 m³ vergister.

Tabel 3-1 Verloop van vergisting

	Datum Aanpassing pomp	biogas/m ³ toeloop	Volumetrische productivity* 10 m ³ /m ³	HRT ** (dagen)	Cumulatieve toeloop m ³	Berekend hydraulisch verlies m ³ /m ³	Totaal m ³ /m ³
Adaptatie	18 nov	20,3	8,82	23,03	2,05	1,5	21,8
	2 dec	33,0	16,65	19,84	3,31	1,8	34,8
Aangezuurd dun vijnzellers	16 dec	31,9	18,52	17,24	4,60	2,0	34,0
	24 dec	32,1	19,93	16,13	6,34	2,2	34,3
	4 jan	30,7	20,85	14,71	7,53	2,4	33,0
	11 jan	31,1	22,45	13,79	9,15	2,5	33,5
	20 jan	32,2	24,97	12,89	10,70	2,7	34,9
Aangezuurd dun decanter	28 jan	33,8	27,44	12,32	12,15	2,8	36,7
	3 feb	32,9	28,03	11,74	13,42	3,0	35,9
	10 feb	33,4	28,48	11,72	15,04	3,0	36,4
Amest	19 feb	46,1	30,28	15,22	16,42	2,3	48,4
	27 feb	43,5	35,64	12,20	17,64	2,9	46,3
	5 mrt	40,2	34,31	11,72	18,04	3,0	43,2

* de volumetrische productiviteit is in deze tabel met factor 10 vermenigvuldigd zodat we in figuur 3-2 een duidelijker beeld krijgen. ** HRT, hydraulic retention time is de ratio van vergister volume en dagelijkse toevoer van mest(fractie) of wel de verblijftijd.

De vergisting werd half november (Tabel 3-1) opgestart met dunne fractie verkregen uit de controle-mestputten na twee weken werd aangezuurde dunne fractie verkregen uit de vijzelpersscheiding toegevoerd. Tijdens de adaptatieperiode werd de pompsnelheid op 2 december, nadat ruim één fermentorvolume ($2,5 \text{ m}^3$) aangezuurde dunne fractie was toegelopen, verhoogd zodat de dunne fractie met een verblijftijd (Hydraulic Retention Time (HRT)) van 19,8 dagen werd ingevoerd in de vergister. Op 16 december waren 2 fermentorvolumes ingevoerd en daarmee begon het experiment met dunne fractie (vijzelpers).

De biogasopbrengst per m^3 toegelopen dunne mest uit de vijzelpers bleef stabiel tussen 31 en 32 m^3 , terwijl de verblijftijd steeds korter werd ingesteld: van ruim 17 naar krap 13 dagen bereikt binnen een periode van 1 maand.

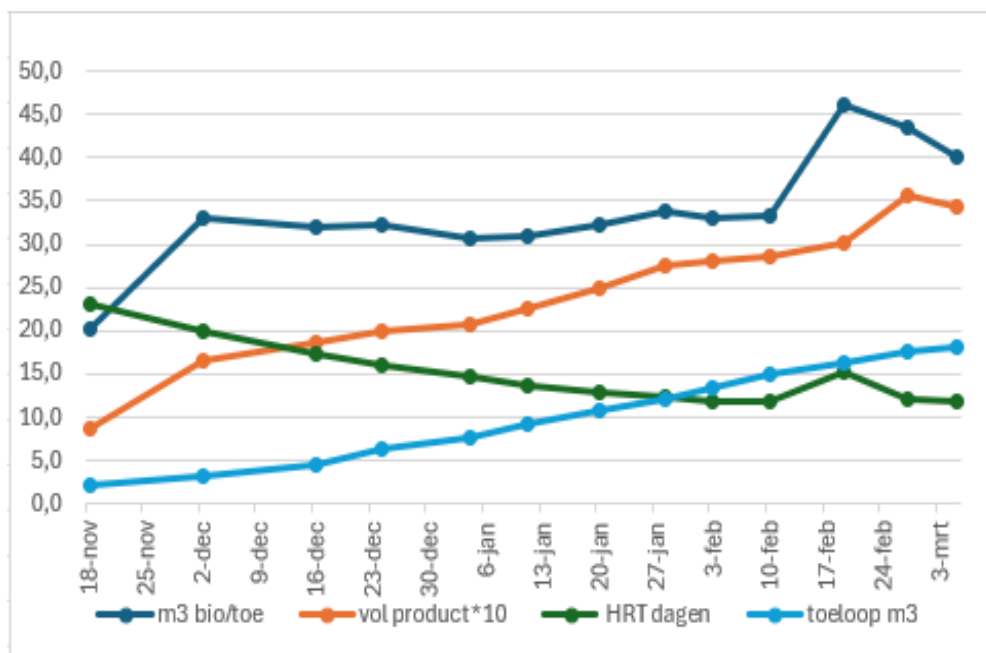
De geproduceerde hoeveelheid biogas per m^3 dunne fractie uit de decanter lag iets hoger dan die uit de vijzelpers en bleef constant tijdens het experiment tussen 32 en $34 \text{ m}^3/\text{m}^3$ dunne fractie. De verblijftijd begon met ruim 12 dagen en is nog iets verder verlaagd tot 11,7 dagen. De ongescheiden aangezuurde mest (Amest) leverde vanaf 19 februari 2025, 40 - $46 \text{ m}^3/\text{m}^3$. De hoge waarde van $46 \text{ m}^3/\text{m}^3$ is mogelijk wat geflatteerd omdat bij het overschakelen van dunne fractie naar Amest de apparatuur omgebouwd moest worden en een andere pomp nodig was om de ongescheiden mest te kunnen verpompen. Hierdoor is de invoer van de mest minder geweest terwijl de gasproductie gewoon door ging. De gasopbrengst van de volgende periode van $43,5 \text{ m}^3/\text{m}^3$ is daarmee betrouwbaarder.

Omdat bij een continu geroerde vergister er onvermijdelijk verlies van biogasproductie optreedt doordat een deel van de verse toeloop direct weer in de uitstroom terechtkomt, welk verlies (100%/ gemiddelde verblijftijd in dagen) toeneemt bij snellere toeloop, zijn in de voorlaatste kolom de onvermijdelijke hydraulische verliezen berekend en in de laatste kolom opgeteld bij de waargenomen biogasopbrengst. Dit zogenaamde kortsluitverlies en ook de restgasproductie zal normaliter worden opgevangen bij navergisting. Het onvermijdelijke kortsluitverlies van biogas-vormend-vermogen werd berekend en liep aan het einde van het experiment op tot 3 m^3 biogas/ m^3 . De som van dit bedrag en de werkelijke productie: 34-36 m^3 voor dunne fractie en 43-46 m^3 voor Amest lag steeds ca 7-10 m^3 lager dan de biogasopbrengst uit de batchproeven bij Bioclear: 45 m^3 biogas per m^3 dunne aangezuurde fractie en 47-53 m^3 uit de ongescheiden Amest. Als verklaring voor dit verschil kan worden opgemerkt dat de verblijftijd bij Bioclear 35 dagen was, waardoor componenten uit de dunne fractie en uit de ongescheiden aangezuurde mest die meer dagen digestie nodig hebben ook omgezet worden, terwijl dat bij de korte verblijftijden in de continue geroerde reactor niet het geval was. De restgasopbrengst is bepaald door LeAF in Wageningen voor digestaat na vergisting van decanter dunne fractie en van ongescheiden Amest. Deze bedroegen respectievelijk 6,6 en 5,8 m^3 biogas. (Tabel 3-5 B). Deze hoeveelheden samen met de kortsluitverlies zou in een navergister alsnog gerecupereerd kunnen worden. Het restgas van digestaat van de dunne fractie dat 5 weken in een anaeroob vat heeft gestaan en als primitieve navergister fungeerde, bleek na 5 weken bij 10 °C vrijwel gelijk met 6,7 m^3 biogas/ m^3 digestaat en voor digestaat van ongescheiden mest dat 3 weken bij 10 °C heeft gestaan zelfs 12 m^3 biogas te bedragen. Hierdoor is niet met zekerheid te stellen dat de restgaswaarde 5,8 m^3 biogas bedraagt.

Het opmerkelijke resultaat uit dit experiment is dat zelfs bij een gemiddelde verblijftijd van minder dan 12 dagen een stabiele hoge opbrengst aan biogas waargenomen werd, zowel bij de dunne fractie als bij ongescheiden aangezuurde mest. Uit de vetzuursamenstelling van digestaten van beide substraten (Tabel 3-5 B) blijkt dat er nog verbetering in de gasopbrengst mogelijk zou moeten zijn omdat er nog aanzienlijke concentraties azijnzuur, propionzuur en boterzuur aanwezig zijn in de digestaten.

In Tabel 3-1 en Figuur 3-2 is ook de volumetrische productiviteit weergegeven die bereikt wordt als gevolg van de korte verblijftijden en het hoge biogas-vormend-vermogen van aangezuurde mest. Volumetrische productiviteit is de hoeveelheid biogas die per dag in één m^3 vergister volume wordt geproduceerd (in de figuur en tabel is 10 maal de volumetrische productiviteit weergegeven om de

leesbaarheid nauwkeuriger te krijgen.) Vroeg in december bedroeg de volumetrische productiviteit 1,6 m³ biogas per m³ reactor inhoud per dag. Aan einde van het experiment was deze meer dan verdubbeld met 3,5 m³/m³. Dit laat zien dat de aanwezige micro-organismen de grotere toevoer van substraat tijdens het verloop van dit experiment goed aankunnen, ook wanneer deze gevoed worden met ongescheiden aangezuurde mest.



Figuur 3-2 Verloop van vergisting en volumetrische productiviteit.

Vergelijking met literatuurgegevens

De volumetrische productiviteit van vergisters met mono-mestvergisting zijn doorgaans niet hoger dan 1 m³/m³.dag (Zie tabel 3-2: Bioelectric met 0,7 en HOST met 0,98 m³ biogas/m³ reactorinhoud per dag.). Het verkregen resultaat met aangezuurde mest kan allereerst worden verklaard uit de hogere gaswaarde van de aangezuurde dunne fractie: ca 42 en zelfs 50 m³ voor Amest ten opzichte van 35 in mono-mestvergisters (na ongeveer 40 dagen verblijftijd) gevoed met dagverse mest. Een tweede bijdrage aan de hoge volumetrische productiviteit is de aanwezigheid van melkzuur dat natuurlijk een korte omzettingstijd vergt. Dit geldt ook voor de componenten uit 'dagverse' mest die al ontweken zijn als methaan naar de atmosfeer in de eerste 2-4 dagen die 'dagverse' mest doorgaans al wel oud is voordat deze de vergister ingaat. Dit zijn de snelst omzetbare componenten en die zitten uiteraard nog in de aangezuurde mest omdat een groot deel van de mest binnen één à twee uur op lage pH gekomen is in de mestput en daardoor geen kans krijgt om methaan te vormen. De verschillen met mest die een week of zelfs twee weken oud is zal om vergelijkbare redenen nog groter zijn. Oude mest zoals mest uit de controleput (zie Figuur 3-3) moet het bij vergisting hebben van de juist moeilijker afbreekbare componenten. Een derde mogelijke verklaring van de verhoogde vergistingssnelheid is dat het afbraak proces tijdens de zure opslag deels is voortgezet terwijl de uiteindelijke laatste stap de methaanvorming geblokkeerd is. Door verhogen van de pH tijdens de vergisting wordt deze laatste blokkade weggenomen en krijgen we snel een verhoogde gasopbrengst.

In Tabel 3-2 is een overzicht uit de literatuur verzameld met volumetrische productiviteit ook bij covergisters en vergister met moeilijk om te zetten substraten.

Tabel 3-2. Overzicht van volumetrische productiviteiten van (co)vergisters op basis van literatuur.

Vergister	locatie	grondstoffen	volume vergister (en navergister) m ³	biogas m ³ /dag	volumetrische productiviteit m ³ biogas/m ³ reactor inhoud
HOST**	Koudum	dagverse Runderdrijfmest	2034 (2034)	1980	0,98
HOST**	Villemereuil (F)	Mest, biet, silage, stro,	5300 (2655)	16800	3,2
HOST***	Jelsum	Mest, cosubstraten	1200 (3000)	11520	9,6 (2,7)*
Bioelectric*	Bergmans (B)	dagverse runderdrijfmest	342	240	0,7
Oosterhof Holman pilot	Schildwolde	Dunne fractie aangezuurde runderdrijfmest	2,5	7,1	2,8
idem	idem	Ongescheiden aangezuurde mest	2,5	8,8	3,5

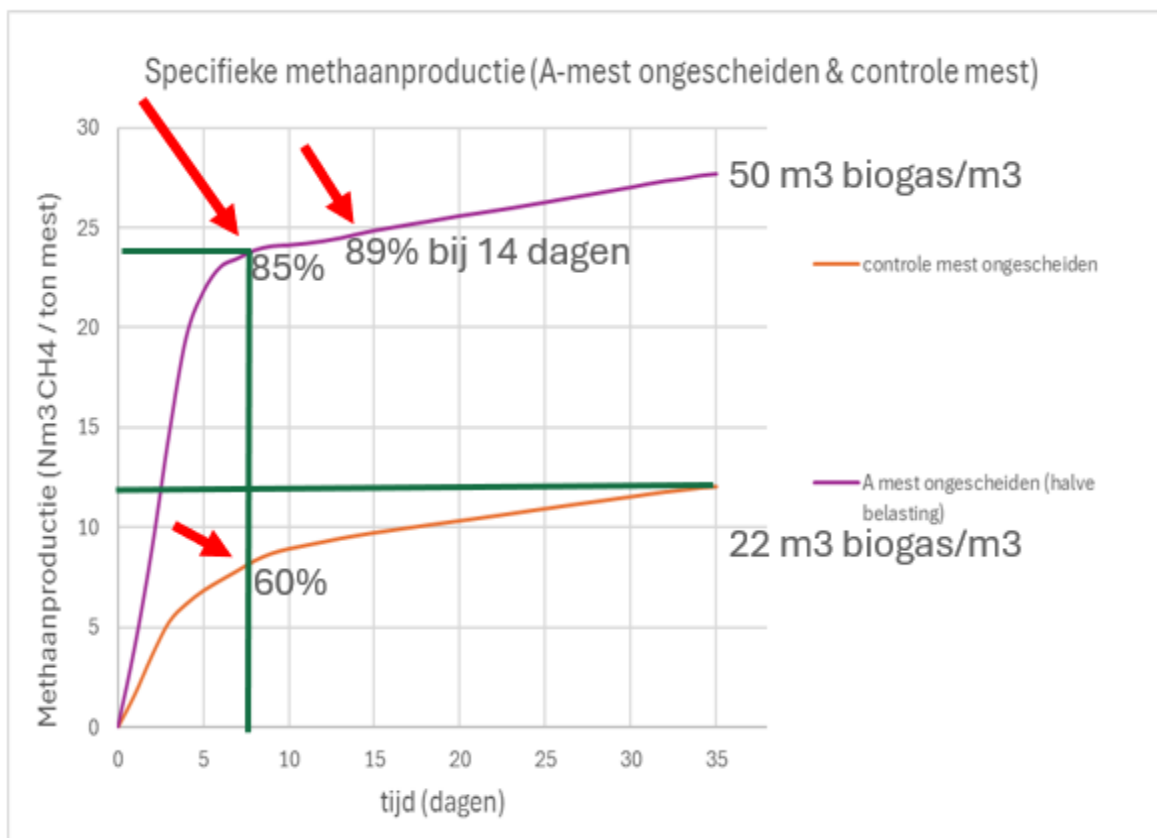
- * <https://us3.campaign-archive.com/?u=bd41a2a72608073d59a5f78be&id=2c5b2e4811>
- **https://www.host-bioenergy.com/project/netherlands-manure-biogas-plant/?_gl=1*6e59zd*_up*MQ..*_gs*MQ..&gclid=Cj0KCQjw2ZfABhDBARIsAHFTxGz5IfG6DtXIW6xRKpuZ2kA3P9E0NoGPh33oNEswH9-P8R6l1fUJzSwaAianEALw_wcB&gbruid=0AAAAADRCbHKn_8c-Z3K2lh8KGT1u3rSHI
- ***de navergister-inhoud wordt vaak teruggepompt naar de hoofdvergister en is eigenlijk een onderdeel van de hoofdvergister, daardoor is het getal tussen haakjes eigenlijk de echte volumetrische productiviteit

Door Timmerman et al. is in 2013 al melding gemaakt dat de vergisting van mest met verblijftijden korter dan 15 dagen kon plaatsvinden. Het is niet duidelijk waarom sinds die publicatie geen verder onderzoek heeft plaatsgevonden naar de mogelijkheden van versnelde vergisting van mest. Omdat de publicatie wel gasopbrengst maar geen volume van de vergister vermeldt, kan geen volumetrische productiviteit worden berekend.

3.1.2. Is verdere versnelling van de vergisting mogelijk? Extra experimenten

In samenwerking met Bioclear is nagegaan of en zo ja hoe een verdere versnelling in de vergisting kon worden verkregen. Bioclear heeft daartoe een aantal verkennende experimenten uitgevoerd met batchgewijze vergistingen in het laboratorium. Deze proeven gaven inzicht in de maximaal te behalen biogasopbrengst in verloop van de tijd. Figuur 3-3 toont een vergelijking van oude mest uit de controleput in Schildwolde die in 35 dagen 12 m³ methaan (gelijk aan 22 m³ biogas) produceerde terwijl bij Amest de dubbele hoeveelheid methaan 24 m³ (gelijk aan 44 m³ biogas) al in 8 dagen is geproduceerd. Bij een verblijftijd van 35 dagen zou deze mest 50 m³ biogas opleveren. Bij een gemiddelde verblijftijd van twee weken zou al 89% van de maximaal haalbare opbrengst bereikt zijn.

Ook is in deze figuur te zien hoe kritisch het kan zijn om te spreken van 'dagverse' mest die om verschillende redenen toch al gauw een paar dagen onderweg is tussen de uitscheiding door het dier naar de uiteindelijke toeloop in de vergister. Deze conclusie is deels te rooskleuring omdat de hoge en snelle opbrengst van het biogas natuurlijk ook komt uit de uit koolhydraten afkomstige melkzuur dat snel omgezet wordt mits er voldoende micro-organismen aanwezig zijn in de vergister.



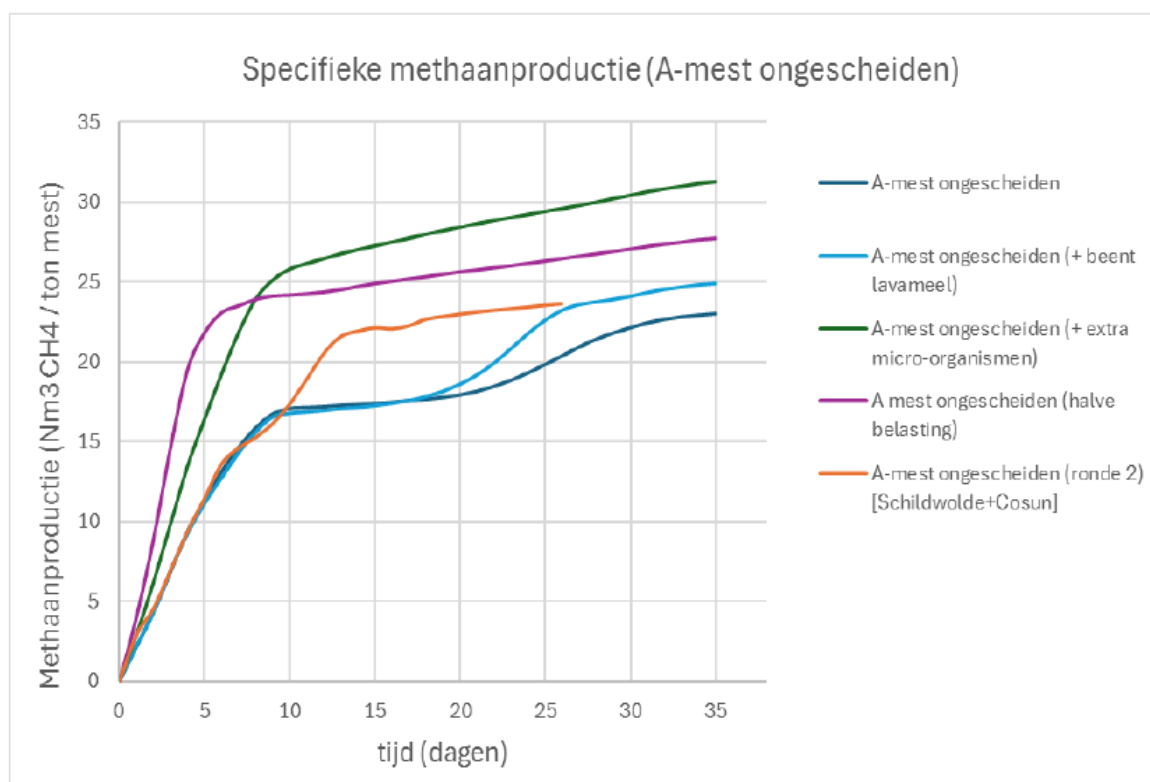
Figuur 3-3 Vergelijking snelle vergisting Amest met mest uit de controle put.

In Figuur 3-4 is een vergelijkende studie gedaan van biogasproductie in de tijd, waarbij door verdubbeling van de hoeveelheid micro-organismen tijdens de vergisting versnelling optrad en na 8 dagen zo'n 78% van de gasopbrengst na 35 dagen bereikt werd. Deze vergisting kwam na 35 dagen uit op 56 m³ biogas/m³ mest, waarbij de aantekening moet worden gemaakt dat er in het inoculum nog substraat geïntroduceerd is.

Bij een andere test met tweemaal verdunde Amest werd al na 5 dagen 80% van het gas geproduceerd van het niveau na 35 dagen en steeg de gasopbrengst na 35 dagen door tot 50 m³. De ongescheiden Amest kwam in dit experiment met de gebruikte entcultuur niet hoger dan 41 m³ biogas.

Met een entcultuur uit de vergister in Schildwolde gemengd met die van de Cosun vergister in Hoogkerk werd 43 m³ bereikt na 26 dagen verblijftijd (oranje lijn) en wanneer fijn gepoederd lavameel werd toegevoegd aan de vergister en een neerslag uit een vergisting als entcultuur werd gebruikt resulteerde dat in 45 m³ biogas (lichtblauwe lijn).

De conclusie van deze experimenten is dat er mogelijk nog wat snelheid en opbrengst te winnen is door een goede entcultuur te gebruiken. Meer onderzoek is nodig om te onderzoeken of de pilotvergister in Schildwolde de goede mix van micro-organismen tijdens de looptijd van het experiment niet al geselecteerd heeft gezien de hoge en snelle opbrengsten van biogas bij korte verblijftijden in de vergister.



Figuur 3-4 Vergelijking verschillende proefomstandigheden om snelheid vergisting te vergroten

In Tabel 3-4 is een samenvatting van de laboratorium optimalisatie studie weergegeven welke werd uitgevoerd nadat de pilotvergister hoge volumetrische productiviteit had laten zien. Doel hiervan was om te onderzoeken hoe tot nog snellere vergisting te komen van ongescheiden Amest en verschillende dunne fracties daaruit. De biogas-opbrengst bij het einde van de vergisting en ook na 5 en 10 dagen is weergegeven, om aldus een indruk van de snelheid te verkrijgen.

Tabel 3-4 vergelijking van alle lab proeven van Bioclear. Serie 1 en 2 hebben eindtijd op 26 dagen. Serie 3 op 35 dagen.

Substraat	inoculum	m ³ biogas / m ³ na 5 dagen	m ³ biogas/ m ³ na 10 dagen	m ³ biogas/ m ³ einde gisting
Aangezuurd Dun decanter1*	monomest	27	32	46
Aangezuurd Dun decanter2	monomest	12	30	42
Aangezuurd Dun decanter2	doorgezet best case	13	40	45
Aangezuurd Dun 8 rpm vijzelpers 1	monomest	25	40	47
Aangezuurd Dun 29 rpm vijzelpers 1	monomest	22	40	45
Amest ongescheiden2	Schildwolde+Cosun	12	30	42
Amest ongescheiden3	monomest	20	21	42
Amest ongescheiden3	Extra microorganismen	29	47	56
Amest ongescheiden3	Met lavameel verrijkt inoculum	19	21	45
Amest ongescheiden 3	Halve belasting	39	43	50
Controle put mest 3	monomest	12	16	22

*het cijfer geeft de serie aan waarin dit experiment heeft meegelopen

3.1.3. Verder optimaliseren inzicht in microbiologie tijdens het aanzuren van mest en tijdens de vergisting

De productie van methaan uit mest verloopt in principe in een viertal stappen en wel hydrolyse van polymere structuren, verzuring, acetogenese en methanogenese. Analyse van de concentratie en onderlinge verhouding van vetzuren draagt bij tot inzicht in wat er gebeurt tijdens de mestopslag onder zure omstandigheden (tabel 3-5 A) en tijdens de vergisting van aangezuurde mest(fracties) (tabel 3-5 B). Terwijl de methaanvorming bij pH lager dan 6 zo goed als stilvalt, is uit de toename van verschillende vetzuren in biologisch aangezuurde mest(fracties) (tabel 3-5 A) af te leiden dat hydrolyse en verzuring plaatsvindt ook onder de pH 5,5 condities. Omdat azijnzuur concentraties van de biologisch aangezuurde mest(fracties) niet hoger zijn dan die in de controle mest, lijkt de conclusie dat de azijnzuurvorming onder de pH 5,5 condities ook stilstaet. Tabel 3-5 B laat zien dat bij de vergisting met gemiddelde verblijftijden korter dan 14 dagen, flinke concentraties azijnzuur maar ook propionzuur en boterzuur zich ophopen. Het lijkt er op dat de methanogenese de beperkende factor is. In tabel 3-5 C is te zien dat zelfs na 28 dagen incubatie tijdens de restgasvergisting nog aanzienlijke concentraties propionzuur aanwezig zijn hetgeen wijst op een (onbegrepen) geblokkeerde omzetting naar azijnzuur.

Tabel 3-5 Biogasopbrengst en vetzuursamenstelling.

Vetzuurtype	Mestfracties				
	vetz g/kg	vetz g/kg	vetz g/kg	vetz g/kg	vetz g/kg
A. divers	Controle mest	Amest ongescheiden	Dun vijzelpers	Dun decanter	Dik decanter
biogas m³/m³	22	50	46	44	67
C2	4,3	4,1	3,9	4,5	3,9
C3	1,7	1,5	2,9	3,2	1,0
C4	0,35	3,6	7,1	7,3	2,2
C5	0,2	2	0,84	0,9	0,34
C6	0	7,1	1,9	2,2	0,79
C7	-	-	-	-	0,03
C8	-	-	-	-	0,01
B. digestaat	dun decanter digestaat	Dun* navergister	Amest digestaat	Amest** navergister	
restbiogas m³/m³	6,6	6,7	5,8	12	
C2	3,4	5,6	4,5	7,9	
C3	1,5	1,1	2,4	2,4	
C4	0,3	0,4	3	0,6	
C5	0,4	0,3	0,4	0,8	
C6	-	-	-	-	
C7	-	-	-	-	
C8	-	-	-	-	
C. Na restgasmeting	dun dec digestaat	Dun* navergister	Amest digestaat	Amest** navergister	
biogas m³/m³	nvt	nvt	nvt	nvt	
C2	0,1	0,1	0,1	0,07	
C3	-	2,1	3,4	-	
C4	-	0,27	0,4	-	
C5	0,07	0,34	0,36	0,34	
C6	0,13	0,09	0,11	0,03	
C7	-	-	-	-	
C8	-	0,03	0,02	-	

* Digestaat van decanter dunne fractie einde vergisting 25 februari 2025) na 5 weken bij 10 °C in navergister.

** Digestaat van Amest einde vergisting (9 maart 2025) na 3 weken bij 10 °C navergister.

In Tabel 3-5 deel A zijn behalve de resultaten (LeAF) van de dikke fractie verkregen middels decanter uit aangezuurde mest de biogas-opbrengsten uit Tabel 3-4 overgenomen ter vergelijking en is de samenstelling van vetzuren in de overeenkomstige verschillende mestsoorten voor en na mestscheiding vergeleken. Wat opvalt is dat boterzuur in beide dunne aangezuurde fracties verhoogd zijn ten opzichte van de ongescheiden mest en dat in de ongescheiden mest de capronzuur (C6) verhoogd is terwijl dit niet het geval is bij de dunne fracties van de aangezuurde mest. De verwachting dat capronzuur bij de scheiding verhuist naar de dikke fractie van de aangezuurde mest kon niet worden bevestigd.

In deel B van de tabel is de vetzuursamenstelling opgenomen van digestaatmonsters uit de pilotvergister van de vergisting met ongescheiden aangezuurde mest en ook van de dunne fractie verkregen na decanter scheiding. Opvallend is dat de concentraties van de vetzuren met ketenlengte 4 en groter aanzienlijk zijn afgenomen tijdens de vergisting maar dat azijnzuur en propionzuur onvolledig

in methaan zijn ongezet. Dit duidt op een nog onvoltooide vergisting bij de gemiddelde verblijftijden van ca 12 dagen in de pilotvergister. Waarschijnlijk is er een bottleneck bij de omzetting van azijnzuur naar methaan en zou de gasopbrengst door verhogen van methanogene activiteit nog kunnen worden verbeterd.

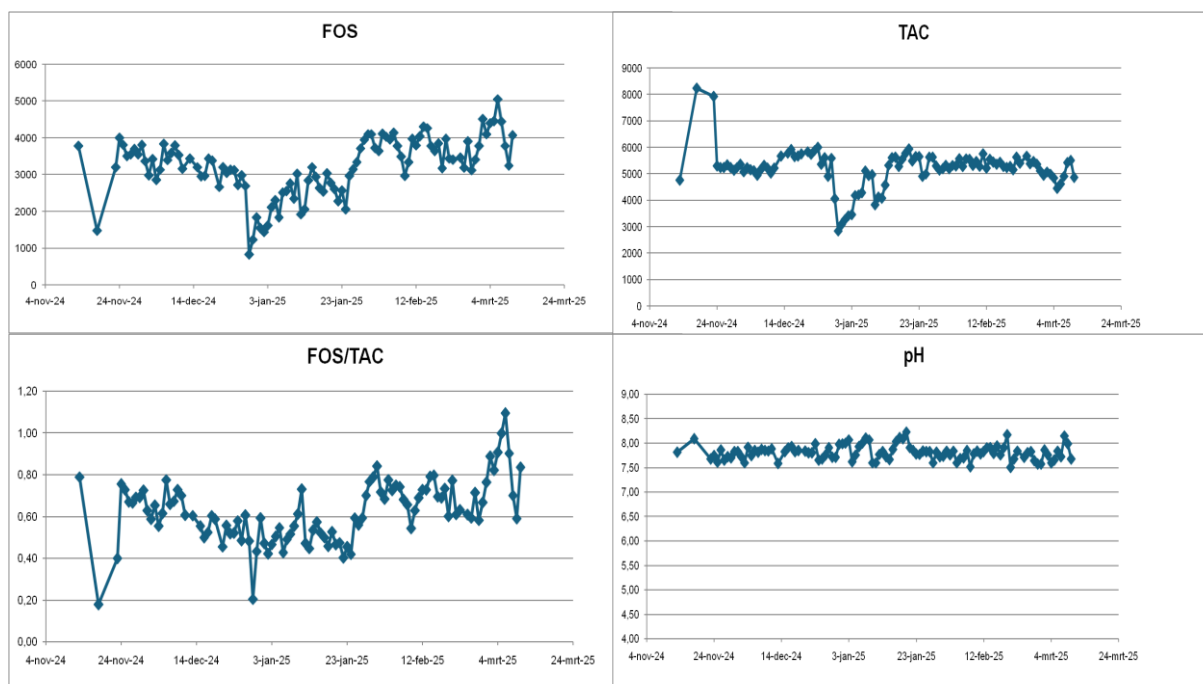
Een poging om een navergisting op kleine schaal te verkrijgen door het digestaat van de aangezuurde mest 3 weken en die van de dunne fractie 5 weken, in een anaeroob vat in de stal weg te zetten bij 10 °C leverde onverwacht een gelijke biogasopbrengst op voor het digestaat van de dunne fractie en voor het digestaat van de ongescheiden mest zelfs een aanzienlijk hogere biogaswaarde .

Conclusie is dat de restgas waarde in het digestaat van dunne fractie 6,6 m³ biogas/ m³ bedraagt en dat restgaswaarde van de ongescheiden aangezuurde mest onzeker is: 5,8 of zelfs 12 m³ en dat er geen biogas gevormd werd tijdens deze (navergister) incubatie bij 10°C. Wel is er een verschuiving te zien van de hogere vetzuren naar azijnzuur tijdens de 'navergisting'.

In deel C zijn de concentraties van de vetzuren opgenomen van de digestaten uit deel B na de restgas vergisting. Zelfs na 35 dagen vergisting is nog propionzuur detecteerbaar in de eindwaarde na restgasbepaling van de ongescheiden aangezuurde mest terwijl azijnzuur kennelijk naar methaan is omgezet. Opmerkelijk is dat de overeenkomstige vetzuuranalyse voor de dunne aangezuurde fractie nauwelijks vetzuren meer kan detecteren terwijl na 5 weken wegzetten bij 10 °C wel propionzuur werd aangetroffen in de eindwaarde na restgas bepaling.

3.1.4. FOS/ TAC en pH

De waarde van de FOS en TAC liggen wat verschillend van die in andere mestvergistingen, maar kennelijk worden de waargenomen waarden veroorzaakt door de bijzondere voeding (Figuur 3-5). De FOS liet een wat grillig patroon zien, maar werd gedempt door de schommelingen in de TAC waarden. De FOS/TAC liep langzaam terug van 0,7 naar 0,45 totdat in de week rond 13 januari 2025 de FOS/TAC flink omhoog liep. Daarom werd besloten twee maal per dag de gasopbrengsten te gaan monitoren als mogelijke indicatie dat de vergisting aan het verzuren was. Door onverklaarbare redenen is de FOS/TAC na een paar dagen weer op het normale niveau terug gekomen. Gedurende de hele periode van dit experiment toont de pH een vrij vlak verloop net onder pH 8.



Figuur 3-5 FOS, TAC, FOS/TAC en pH bepalingen tijdens de pilotvergisting.

3.2 Fosfaatwinning uit de aangezuurde dunne fractie

Een van de uitdagingen was of uit de aangezuurde dunne fractie een product kon worden gemaakt met aanzienlijk hoger gehalte aan fosfaat (en kleiner gehalte aan andere componenten). Rundermest heeft vaak een fosfaatgehalte rond de 1,5 kg/m³. Tabel 3-6 toont dat fosfaat meer oplosbaar wordt bij het biologisch aanzuren van mest in de put. Bij de mestscheiding komt daardoor een groot deel van de fosfaat (86 %) in de dunne fractie die resulteert na een scheiding met vijzelpers bij 29 toeren per minuut en een screen van 0,5 mm. Bij mestscheiding van aangezuurde mest middels een decanter komt 88 % van de fosfaat terecht in de dunne fractie en na mestscheiding van mest uit de controleput bij pH 7,8 slechts ca 63 %. Dit oplossen van fosfaat biedt een kans tot verrijking van het fosfaatgehalte (na onoplosbaar worden) met zo weinig mogelijk niet- fosfaat componenten. Omdat de pH in de vergister zich stabiliseert bij pH 8, zal fosfaat in de vergister weer onoplosbaar worden en neerslaan.

Tabel 3-6 Procentuele verdeling van N, P, drogestof (DS) en organische stof (OS) over dikke en dunne fracties van controlemest en aangezuurde mest, ofwel verkregen met de vijzelpers, ofwel met decanter.

Mestfractie		N	P	DS	OS	vol/vol
Controle mest						
dik		30	37	53	58	22
dun	29 rpm 0,5mm	70	63	47	42	78
Amest						
dik	Vijzelpers	18	14	32	36	23
dun	29 rpm 0,5mm	82	86	68	64	77
dik	decanter	15	12	28	30	23
dun		85	88	72	70	77

De gekozen aaneenschakeling van unit operations levert veel synergie. Het biologisch aanzuren beschreven in Bussink et al. 2025 werd geïnitieerd om de ammoniakemissie te reduceren maar leverde ook methaanemissiereductie en het in oplossing gaan van fosfaat zonder dat er (extra) zuur nodig is. Omdat het geleidelijk invoeren van aangezuurde mest met pH 5,5 in een continue geroerde vergister die bedreven wordt bij pH 7,8- 8,0, niet leidt tot verlaging van die pH omdat het melkzuur sneller wordt omgezet naar methaan dan dat het zich in de vergister tot een hoge concentratie kan opbouwen, is er ook geen loog nodig om het eerst opgeloste fosfaat weer onoplosbaar te maken als calcium- of magnesiumzout. Deze twee kationen zijn in mest in voldoende concentraties aanwezig (fig 3-5).

Teneinde een hoger fosfaatgehalte te verkrijgen in een geprecipiteerd product is het belangrijk zo veel mogelijk organische stof en niet-fosfaat componenten verwijderd te hebben voorafgaande of tijdens de vergisting in de situatie dat de fosfaat nog volledig in oplosbare vorm aanwezig is. Deze veronderstelling is gebaseerd op niet getoonde waarnemingen waarbij componenten uit de dunne fractie verkregen middels een decanter, na centrifugatie bij hoge g-waardes precipiteerden en een droge stof gehalte van slechts 9% vertoonden, hetgeen wijst op een hoog watervasthoudend vermogen van deze (organische) componenten. Verwijdering van dergelijke volumineuze componenten zal de absolute concentratie van fosfaat kunnen verhogen.

Het DS-gehalte van zowel de dunne fractie verkregen met de vijzelpers als die verkregen met de decanter waren hoog, respectievelijk 8,1% en 8,2% Na de vergisting daalde de DS tot ca 6% uit beide mestscheidingstechnieken (nog steeds hoog). Behalve fosfaat waren dus veel andere componenten in het digestaat aanwezig die zouden kunnen bezinken samen met het fosfaat. Onderzoek moet nog plaats

vinden of zware metalen ook verrijkt worden in het precipitaat. Zie Tabellen B1 en B2 van de bijlage 1 voor digestaat uit de vijzelpers en digestaat uit de decanter.

Extra centrifugestap als voorzuivering levert nauwelijks verbetering

Een poging om de DS van dunne fractie voorafgaande aan vergisting nog verder omlaag te krijgen teneinde fosfaat in een hogere concentratie te kunnen winnen, leverde op labschaal weinig soelaas: Centrifugerende bij 3000 rpm hetgeen de condities van een decanter nabootst leverde een supernatant (nieuwe dunne fractie) met 7,5%DS dus nauwelijks lager dan de 7,8% in het uitgangsmateriaal; er ontstond een pellet bij 3000rpm met DS 9,7% hetgeen aangeeft dat er op 1 deel droge stof ca 9 delen water aan de mestbestanddelen gebonden zitten. Tabel B2 in de bijlage toont het P_2O_5 -gehalte ten opzichte van DS nog verhoogd door een tweede keer centrifugeren van de dunne fractie. Er werd nog droge stof geprecipiteerd.

Flocculant levert geen verbetering

Er is een kationische flocculant (Magnaflow LT22S) toegevoegd aan biologisch aangezuurde mest in concentraties tot 1 gram per liter. Na een uur staan bij kamertemperatuur werden 30 ml hoeveelheden gecentrifugeerd bij 3000 rpm en werd het gewicht van het precipitaat bepaald na afgieten van het supernatant. Deze behandeling leidde niet tot de verwijdering van droge stof uit de mest. Er werd geen significante verhoging van het pellet gewicht waargenomen in Tabel 3-7. Achteraf gezien is een kationische flocculant niet zo'n gelukkige keuze omdat bij zure condities veel polymeren niet meer negatief geladen zullen zijn en daardoor niet gebundeld zullen worden door dit type flocculant. Wellicht dat een systematische studie met verschillende flocculatie middelen soelaas kan bieden.

Tabel 3-7 Dunne fractie verkregen met decanter uit aangezuurde mest werd met kationische flocculant Magnafloc LT22S geïncubeerd en bij 3000 rpm gecentrifugeerd.

Concentratie flocculant (g/l)	Pellet gewicht na 3000 rpm centrifugatie (gram)
0	5,54
0,1	5,67
0,3	5,90
1	5,60

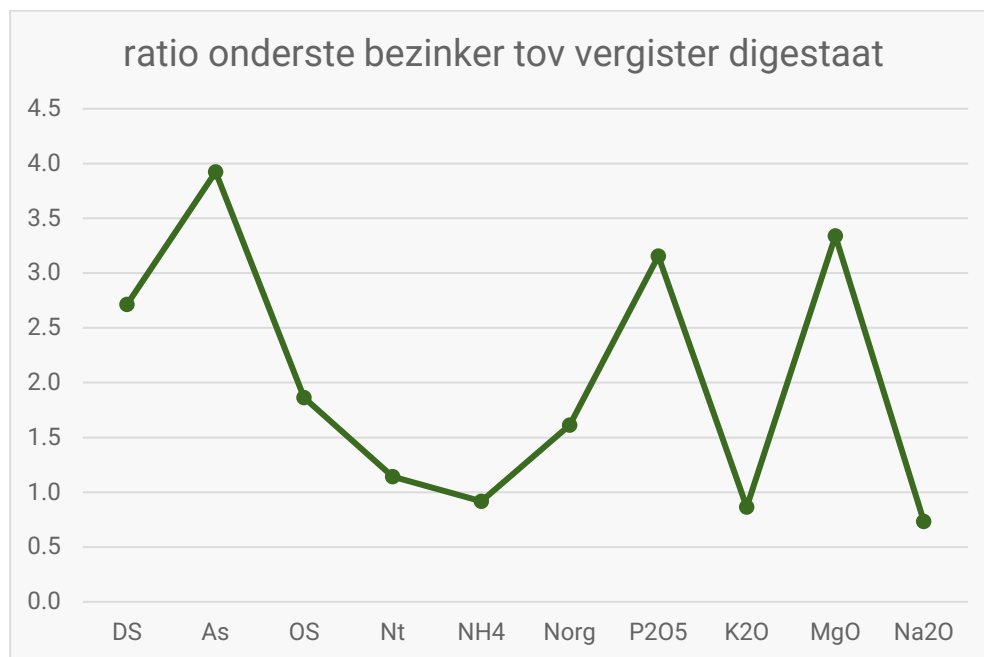
Spontane bezinking digestaat van dunne fractie in eenvoudige laboratorium bezinker

Bezinking gedurende 4 weken van fosfaat uit digestaat van de dunne fractie verkregen middels een decanter in een vat van 50 liter dat als navergister werd gebruikt, leverde een verrijking van het fosfaatgehalte op tot 2,54 g P_2O_5 /l hetgeen overeenkomt met 4,2% P_2O_5 ten opzichte van droge stof (laatste kolom, Tabel 3-8). Terwijl de P_2O_5/N_{tot} verhouding in digestaat van de dunne fractie 0,38 bedraagt (zie Tabel B2) is deze verhouding in de bovenste fractie van de 'nabezinker' 0,23 (Tabel 3-8, kolom 4) en onderin de 'nabezinker' 0,58 geworden. Deze scheiding kan interessant zijn in intensieve landbouwgebieden met hoge mineralenbelasting zoals Noord-Brabant en Limburg waar de boven fractie van de nabezinker een oplossing kan bieden om op bouwland 170 kg N/ha te plaatsen zonder over de bovengrens van 40 kg/ha P_2O_5 te gaan.

Wordt het digestaat uit dunne fractie van aangezuurde mest verkregen middels de vijzelpers, dan is de verwachting dat ca 80% van het volume een fosfaatconcentratie bevat van ca 20% van het uitgangsfosfaatgehalte. De dikke fractie, 20% van het volume, bevat dan ca. 5,5 kg P_2O_5/m^3 , ca 3,5 keer hoger dan de uitgaansconcentratie (zie Tabel B3 van de bijlage).

Spontane bezinking digestaat van dunne fractie uit vijzelpers in een 200 liter bezinker

In Figuur 3-6 hieronder is de verhouding van de concentraties vanuit het bezonken niet gecentrifugeerde monster ten opzichte van de concentratie van het digestaat van de vergister die gevoed werd met dunne fractie verkregen uit aangezuurde mest met behulp van een vijzelpers.



Figuur 3-6 Verrijking van verschillende componenten tijdens het bezinken.

Het Calciumgehalte was 10,8 keer verhoogd in de onderste deel van de bezinker ten opzichte van de concentratie in de vergister en is weggelaten in de figuur ter verduidelijking van de overige waarden. De gehalten aan K, Na en NH_4 zijn gelijk gebleven (volgens verwachting). Fosfaat en Mg waren ca 3,5 keer verhoogd door een vorm van spontane precipitatie. Ook waren de DS, de as-fractie, de OS verhoogd in de onderste bezinker, evenals de N-organisch uit de mest (mogelijk uit het microbioom van de vergister).

De absolute P_2O_5 -concentratie is 5 kg/ m^3 bezinksel. Afgezien van feit dat er maar weinig bezinksel zich ophoopt is deze concentratie veel te laag om interessant te zijn voor waardecreatie of voor export van dit product. Na centrifugeren bij 10.000rpm werd bezinksel gevormd met 33 % DS. Dit precipitaat had een P_2O_5 -concentratie van 12,2 kg/ m^3 (Tabel 3-8, kolom 2). De P_2O_5 / DS verhouding bedraagt 2,5% in de vergister en deze werd door spontane bezinking verhoogd tot 3,0 en na centrifugeren van het bezinksel nog verder tot 3,6%.(Tabel 3-8, kolom 2).

Verrijken van fosfaatgehalte in 200 liter bezinker met digestaat van dunne fractie uit decanter gevolgd door centrifugeren

De verrijking van fosfaatgehalte in een 200 liter bezinker uitgaande van digestaat van de dunne fractie verkregen door een decanter en vervolgens centrifugeren van het bezinksel bij 3000 rpm leidt tot een verbetering van het fosfaatgehalte tov wanneer een vijzelpers werd gebruikt voor het verkrijgen van de dunne fractie. Tabel 3-8, kolom 3 toont product met 14,6 kg/ m^3 P_2O_5 en een fosfaatgehalte van 7,3% ten

opzichte van het drogestofgehalte, tot nu toe beste resultaat uitgaande van rundveemest. De opbrengst was echter slechts een klein volume met deze kwaliteit.

Gedurende 4 dagen bezinken van digestaat in eenvoudige bezinkers (zie Figuur 2-2) leidde tot een kleine verhoging van P_2O_5 in de bodemfractie van de bezinkers ten opzichte van de topfractie. (2,47% respectievelijk 2,16% ten opzichte van de droge stof in die fracties) uitgaande van digestaat van de dunne fractie verkregen met een decanter. Een bezinking van drie weken leidde tot aanzienlijke verlaging van fosfaatgehalte in bovenste 10% van 1,5 naar 0,69 kg/m³, terwijl in de onderste 10% van de eenvoudige bezinkers een verhoging van 1,5 naar 2,27 kg/m³ werd opgetekend. Het percentage P_2O_5 ten opzichte van de droge stof komt niet hoger dan 3,2% in dit experiment. Zie Tabel B2 van de bijlage.

Tabel 3-8 Vergelijking precipitatie uit digestaat decanter middels centrifuge en precipitatie door middel van bezinking tijdens een nagebootste navergister gedurende 1 maand.

	Digestaat uit vijzelpers	Digestaat verkregen uit decanter dunne fractie van aangezuurde mest		
	onder uit bezinker en 10 000 rpm centrif	onder uit bezinker en 3000 rpm centrif	navergister top zwaartekracht	navergister bottom zwaartekracht
DS	337	200	53	61
As	212	115	25	29
OS	125	85	28	32
Nt	7,12		3,3	4,4
NH ⁴	1,99		2,5	2,6
Norg	5,32		0,8	1,8
P ₂ O ₅	12,18	14,61	0,76	2,54
K ₂ O	7,4			
MgO	8,15			
Na ₂ O	1,11			
CaO	77,64	15,04	2,27	2,97
P ₂ O ₅ /Nt	1,71		0,23	0,58
P ₂ O ₅ /Norg	2,26		0,95	1,4
pH	8			
C/N	8,8			
P ₂ O ₅ /DS (%)	3,6	7,3	1,4	4,2

Verrijken van fosfaatgehalte in 200 liter bezinker

De verrijking van fosfaatgehalte in een 200 liter bezinker vanuit het digestaat van dunne fractie verkregen middels decanter en vervolgens centrifugeren van het bezinksel bij 3000 rpm leidt tot een product met 14,6 kg/m³ P₂O₅ en een fosfaatgehalte van 7,3% ten opzichte van het drogestofgehalte, tot nu toe beste resultaat uitgaande van rundveemest. De opbrengst was echter slechts een klein volume met deze kwaliteit.

Tabel 3-9 Vergelijking met het digestaat vanuit de vijzelpers en met literatuur gegeven over dikke fracties van runder- en varkensmest.

Behandeling	DS (kg/m ³)	P ₂ O ₅ (kg/m ³)	P ₂ O ₅ /DS (%)
Aangezuurde dunne fractie vijzelpers vergist, bezonken en 10000 rpm centrifuge	337	12,2	3,6
Aangezuurde dunne fractie decanter vergist, bezonken en 3000 rpm centrifuge	200	14,6	7,3
Gewone mest dunne fractie decanter bezonken in navergister	61	2,54	4,2
Rund dikke fractie*	250	4,4	1,8
Varken dikke fractie*	250	12,4	5,0

*<https://nutrinorm.nl/meststoffen/de-samenstelling-van-organische-meststoffen/>

Tabel 3-9 toont na vergisten en bezinken van dunne fractie van aangezuurde mest een fosfaatgehalte te verkrijgen is na decanteren dat vergelijkbaar is als die van dikke fractie uit onbehandelde varkensdrijfmest zoals deze naar Frankrijk wordt geëxporteerd. Dikke fractie van onbehandelde rundveedrijfmest komt slechts tot 4,4 kg P₂O₅/m³ en een gehalte ten opzichte van DS van 1,8%. Dit is aanzienlijk minder dan het digestaat van vergiste dunne aangezuurde mest. Het is te verwachten dat na vergisting van de dunne fractie uit varkensmest via een decanter, een fosfaatproduct verkregen kan worden van $5,0/1,8 \times 2,54 = 7 \text{ kg/m}^3$ bij een DS-gehalte van 61 kg/m³. Na centrifugeren bij 3000rpm (decanter conditie) zou dan een product verkregen kunnen worden van $5,0/1,8 \times 14,6 = 42,8 \text{ kg/m}^3$ bij 200kg/m³ droge stof, dus ca 20 % van de droge stof. Een dergelijk hoge waarde betekent aanzienlijke kostenverlaging voor het exporteren van overschot fosfaat welke niet in de landelijke plaatsingsruimte past.

4 Conclusie en aanbevelingen

4.1 Snelle vergisting van biologisch aangezuurde mest

Dunne fractie van gescheiden Amest maar ook van ongescheiden Amest kan met verblijftijden korter dan 14 dagen in een pilotvergister van 2,5 m³ reactor inhoud hoge biogasopbrengsten geven van respectievelijk 33 en 43 m³ biogas/m³ mestvolume. De vetzuursamenstelling van de verkregen digestaatmonsters en restgasbepaling laten zien dat het methaan nog niet volledig is benut. Verhoging van de biogasopbrengst zou mogelijk moeten zijn door de activiteit van methanogene micro-organismen te verhogen, bijvoorbeeld door middels immobilisatie van methanogenen op supportmateriaal als lavasteen deze micro-organismen in de vergister te behouden. Een andere route kan zijn zoals in de resultaten beschreven, een verrijking door ophoping van het microbiom middels centrifugeren en vervolgens terug voeren in de vergister.

De met ongescheiden Amest bereikte volumetrische productiviteit van 3,5 m³ biogas/ m³ vergister inhoud maakt het mogelijk om een bepaald volume mest in een 3 keer kleinere vergister te vergisten dan nu de State of Art is. Met andere woorden: in een bestaande vergister kan ruim 3 maal meer mest vergist worden. In combinatie met de hoge gasopbrengst van aangezuurde mest, kan de output van een bestaande vergister daarmee dus 3-5 keer hoger zijn dan nu het geval is. Het extra aan (aangezuurde) mestvolume (2-3 maal het huidige volume dat vergist wordt) betekent dat er al op korte termijn minder NH₃ en CH₄ uitstoot mogelijk is. Het extra volume dat vergist wordt is immer biologisch aangezuurd met minder uitstoot van NH₃ en CH₄ tot gevolg. Deze verdrievoudiging van de capaciteit zou praktisch kunnen worden gerealiseerd door aan een bestaande mono-mestvergister een tweemaal zo groot volume aangezuurde mest toe te voegen. Een verblijftijd van 14 dagen zal slechts een beperkte derving geven van de biogasproductie uit het dagverse mestdeel.. Deze mogelijke derving wordt veroorzaakt doordat het biogas bij dagverse mest voor een relatief groter deel uit de langzamer verteerbare vezels komt waardoor voor dagverse mest een gemiddelde verblijftijd in de vergister 35-40 dagen gewenst is.

Als we nu de gemengde meststroom (dagvers plus kakelvers aangezuurd) met een kortere verblijftijd gaan voeden zal er een deel van het biogas uit die vezels niet tijdens de hoofdvergisting gemaakt worden. Bij gebruik van een navergister die natuurlijk wel driemaal groter moet worden om aan de verblijftijd van 28 dagen navergisten te voldoen, zal alle restgasopbrengst worden opgevangen en zal ook die mogelijke derving grotendeels gecompenseerd worden. Een rekenvoorbeeld waarbij het deel dagverse mest 35 m³ biogas/m³ mest oplevert en de twee extra delen aangezuurde mest ieder 50m³ biogas/m³ mest dus totaal 135 m³ in plaats van 35 in dezelfde tijd van 42 dagen zoals de huidige praktijk, betekent een verhoging met een factor 3,85 keer van de biogasopbrengst. Indien dezelfde vergister alleen met aangezuurde mest zou worden gevoed wordt de biogas opbrengst met een factor 4,3 verhoogd.

Terwijl het N_{org} gehalte in digestaat van dunne fractie 1,4 g/liter bedraagt (Tabel B1, bijlage 1), is dit gehalte verhoogd in de 'navergister' tot 1,8 g/l en na centrifugeren zelfs tot 5,3 g/l (Tabel 3-7) in de dikke fractie. Teneinde de snelste en hoogste biogasopbrengsten te kunnen halen in de praktijk zoals verkregen in Tabel 3-4, zou verhoging van de micro-organisme-concentratie tijdens de vergisting bereikt kunnen worden door het terugvoeren van een van deze Norg verrijkte fracties.

De aanbeveling is om de fundamentele kennis van de microbiologie tijdens mest opslag onder zure condities als ook tijdens de (versnelde) vergisting verder op te bouwen.

Nu op 2,5 m³ schaal de hoge volumetrische productiviteit is behaald wordt het aanbevolen om een experiment in een praktijkschaal vergister uit te voeren en daarin ook de korte verblijftijden te toetsen.

4.2 Fosfaatwinning voor export en voor optimaliseren stikstof uitrijden op bouwland en grasland

Middels een extra decanter stap van het digestaat van de dunne fractie verkregen uit een vizepersscheiding van aangezuurde mest, wordt 80% van het volume met een lage fosfaatconcentratie verkregen. De verwachte samenstelling uit rundveemest zal op basis van de meetwaarden in Tabel 3-7 zijn: N_{tot} 3-3,3 kg/m³; P₂O₅ 0,6- 0,75 kg/m³ en K₂O 8 kg/m³. Op intensieve landbouwgebieden in Noord Brabant en Limburg zou deze fractie een oplossing kunnen bieden om volumes rundveemest te kunnen inzetten op akkerland waarbij de grens van fosfaatbemesting op 40 kg/ ha ligt. Er zou dus ca 55 m³ van deze fractie geplaatst kunnen worden indien dit de enige fosfaatgift zou zijn; voldoende om de volle 170 kg N/ ha ruimte te kunnen benutten.

Fosfaat is middels centrifugeren (evt na spontane bezinking) uit digestaat van een vergisting op basis van dunne aangezuurde rundveedrijfmest te verkrijgen in concentraties vergelijkbaar met die in de dikke fractie van onbehandelde varkensdrijfmest. Op basis van het aanzienlijk hogere fosfaatgehalte in varkensdrijfmest ten opzichte van dat in rundmest, is de verwachting dat een product verkregen zou kunnen worden uit het digestaat van aangezuurde dunne fractie varkensmest met een concentratie van 40 kg/m³ product.

Het is aan te bevelen uitgaande van varkensmest te onderzoeken of een dergelijke verrijkingsfactor te behalen is, waardoor de kosten om fosfaatoverschotten te exporteren aanzienlijk zullen dalen. Als consequentie van een hoger fosfaatgehalte tbv het exporteren van het fosfaat vershot zal de stikstof export in dit soort producten afnemen en leiden tot een grotere stikstofhoeveelheid in Nederland die ook al toeneemt door de verlaging van de ammoniakemissie dankzij biologisch aanzuren van mest. Het is daarom ook aan te bevelen te blijven zoeken naar eenvoudige technieken om stikstofcomponenten uit mest te halen en deze als Renure-meststoffen te kunnen hergebruiken.

Op basis van scheiding op zwaartekracht in een nagebootste naverger, kunnen meststromen beschikbaar komen voor akkerbouw met verschillende verhoudingen N, P, K en Effectieve Organische stof.

Aandacht in projecten zoals 'Kringloopmest op maat' kan dit verder onderbouwen. Dit geldt ook, maar in mindere mate, ook voor digestaten uit ongescheiden Amest.

5 Acknowledgements

- Dit 'tussenproject' is uitgevoerd in opdracht van de Agroagenda voor Provincie Groningen, Friesland en Drenthe.
- Martijn Mossel, Johan Steenhuizen en Jan Willem Pimmelaar voor alle hand en spandiensten bij monsternemen, aanpassen apparatuur, adviezen.
- Roelof Terluin (Fabiton) voor de scheiding van aangezuurde mest met hun mobiele vijzelpers.
- Sietze van der Velde en Karst Wierenga (Oosterhof Holman) voor adviezen gedurende het project ten behoeve van de vergister.
- Ruud Paap, New Energy Coalition, voor de beschikbaarstelling van restbudget voor fermentatieonderzoek bij Bioclear.
- Jeroen Tideman en Sjoerd Jan de Vries (Bioclear) voor meedenken welke proefomstandigheden op labschaal ondersteunend aan de versnelling van de vergister konden zijn.
- Cosun, voor de melasse in het Provincie Groningen project (Bussink et al, 2025) van waaruit de grondstoffen voor dit tussenproject geleverd werden.

6 Referenties

- Bussink DW, Van Rotterdam- Los AMD & Wenzl W (2012). Biologisch aanzuren van mest kansrijk voor melkveebedrijven. Wageningen. NMI, rapport 1422.N.11.
- Bussink DW, Sanders JPM & Boode J (2015) Biologisch aanzuren van mest NMI rapport 2035.N.24. pp. 65.
- Dalby FR, Guldborg L, Feilberg A & Kofoed MV (2022). Reducing greenhouse gas emissions from pig slurry by acidification with organic and inorganic acids. *PLoS ONE*, 17.
- Meiresonne J, Bakker R & Sanders JPM (2024) Biologisch aanzuren van dierlijke mest: Snelle en kosteneffectieve methode voor het terugdringen van emissies. HAS den Bosch. pp.36
- Timmerman, M., Van Eekert, M., van Riel, J. en Schuman, E. (2013). Korte verblijftijd haalbaar bij mestvergisting. V-focus, december 2013 pp 42-43
- Van Noort R, Kamminga N, Bussink W, Voncken T, Sanders J (2022) NMI, NCM, Sanovations & Platform Groen Gas. (2022). Met biologisch aanzuren mest minder ammoniak en minder broeikasgassen en meer groen gas.
<https://mestverwaarding.nl/storage/article/files/2022/12/63a5b2c264c65.pdf>
- Voncken T, Bussink W, Sanders J & Van Noort R (2023). Conserveren van mest via biologisch aanzuren voor meer groengas.
<https://www.mestverwaarding.nl/kenniscentrum/3598/conserveren-van-mest-via-biologisch-aanzuren-voor-meer-groen-gas>
- Voncken T, Spijker E, Bussink DW, Van Noort R, Kamminga N & Sanders JPM (2024). Biologisch aanzuren van mest : duurzaamheid en economie hand in hand.
<https://www.mestverwaarding.nl/kenniscentrum/4495/biologisch-aanzuren-van-drijfmest-duurzaamheid-en-economie-hand-in-hand>

Bijlage 1. Details van samenstelling verschillende mestmonsters

Samenstelling toeloop van de vergister zoals verkregen uit de dunne fractie middels vijzelpers uit aangezuurde mest en de vervolg producten digestaat en spontaan bezonken digestaat onder uit de bezinker en het 10.000rp centrifugaat daarvan.

Tabel B1 Samenstelling aangezuurde dunne fractie uit vijzelpers= toeloop van vergister; samenstelling van digestaat; samenstelling onder uit bezinker (van 200 liter); samenstelling van onder uit bezinker na centrifugeren bij 10.000rpm.

Dun vijzelpers	Toeloop dun vijzelpers	Digestaat vergister	Onder uit bezinker	Centrifuge 10000 rpm pellet van onderuit bezinker
DS	86	63	171	337
AS	26	26	102	212
OS	60	37	69	125
N _t	3,8	4,2	4,8	7,12
NH ₄	1,8	2,8	2,57	1,99
Norg	1,98	1,4	2,26	5,32
P ₂ O ₅	1,53	1,6	5,05	12,18
K ₂ O	9,07	9,2	7,96	7,4
MgO	1,01	1,03	3,44	8,15
Na ₂ O	1,58	1,54	1,13	1,11
CaO	2,7	2,63	28,29	77,64
P ₂ O ₅ /N _t	0,40	0,38	1,05	1,71
P ₂ O ₅ /Norg	0,77	1,14	2,2	2,3
pH	5,36	7,74	7,29	8
C/N	7,9	4,4	7,1	8,8
P ₂ O ₅ /DS (%)	1,8	2,5	3,0	3,6

Samenstelling toeloop van de vergister zoals verkregen uit de dunne fractie middels decanter uit aangezuurde mest. Een poging om deze dunne fractie middels centrifugeren nog lager in droge stof te krijgen leverde slechts een kleine verlaging van de droge stof op in overeenstemming met een kleine verhoging in de bijbehorende centrifugepellet. De 6^e en 7^e kolom tonen de samenstelling van de bovenkant en een eenvoudige bezinker opstelling (orgel) en de onderkant waarbij fosfaat uit het digestaat in 3 weken bezonk naar de onderkant.

Tabel B2 Samenstelling aangezuurde dunne fractie (g/l) uit decanter = toeloop; samenstelling digestaat; Samenstelling supernatant en pellet na centrifugeren van de toeloop bij 3000 rpm; en samenstelling van top- en bodemfractie na bezinken van digestaat na 4 dagen.

Component	Toeloop	digestaat	DEC SUP	DUN	3000 rpm PELLET	Orgel top	Orgel bottom
DS	82	58	75		97	54	70
AS	24	24	24		22	23	29
OS	58	34	51		75	31	41
N _t	3,59	3,93					
NH ₄	1,68	1,95					
N _{org}	1,91	1,98					
P ₂ O ₅	1,49	1,49	1,47		1,51	0,69	2,27
K ₂ O	9,34	8,94					
MgO	1,02	1					
Na ₂ O	1,61	1,57					
CaO			2,57		2,42	1,87	3,54
P ₂ O ₅ /N _t	0,41	0,38					
pH							
C/N	8,1	4,3					
P ₂ O ₅ /DS (%)	1,8	2,6	2,0		1,6	1,3	3,2

Tabel B3 Fosfaat- en DS-gehalte (g/l) na centrifugeren bij 3000 rpm van de vergister digestaat. A en G: geen calciumhydroxide; B en H, Ca toegevoegd equimolair aan fosfaat; C en I driemaal equimolair calcium toegevoegd) Vergisting vond plaats met dunne fractie uit aangezuurde mest verkregen middels vijzelpers.

Component	UIT VERGISTER EN DAN 3000 RPM			UIT VERGISTER EN DAN 3000RPM		
	SUPERNATANT			PELLETS		
	A	B	C	G	H	I
DS	41	41	41	146	145	148
As	19	19	20	62	60	62
OS	22	22	21	84	85	86
P ₂ O ₅	0,32	0,32	0,32	6,46	4,67	5,4
CaO	0,52	0,52	0,62	11,47	11,75	14,8
P ₂ O ₅ /DS	0,78	0,78	0,78	4,42	3,22	3,65

Bijlage 2. Materialen en methoden

Vergister: Een CSTR reactor met 2,5 m³ werkvolume werd door Oosterhof Holman opgesteld op 5 november 2024 en opgestart met dunne fractie verkregen met een Fabiton vijzelpers (29 rpm, 0,5mm) uit de controle mestput. De aangezuurde dunne fractie werd op 18 november vanuit opslagcontainer elk uur batchgewijs met 4,6 liter per uur toegevoegd (toelopen). Dit betekent een HRT (Hydraulische retentietijd) van 23 dagen. Na toeloop van steeds 1,5 m³ (60% van het reactor volume) wordt de pompsnelheid met 0,5 liter per uur verhoogd. Zo bedroeg op 10 februari de pompsnelheid 9,5 liter toeloop per uur hetgeen overeenkomt met HRT van 10,9 dagen.

Grondstoffen voor de vergister: dunne aangezuurde mest werd verkregen door mestscheiden van biologisch aan gezuurde mest op 30 oktober 2025 (zie Bussink et al. 2025) middels vijzelpers Fabiton (Roelof Terluin) bij 29 rpm met 0,5 mm screen en tijdelijk opgeslagen in 40 m³ container opgesteld naast de schuur. Op 28 januari werd overgeschakeld op decanter dunne fractie middels GEA decanter gescheiden aangezuurde mest op 5 november bediend door Kees Mulder Putten. De aangezuurde mest bevatte op dat moment ca 6% melasse (v/v).

Biogas opbrengst per m³ werd bepaald door Bioclear op 42-47 m³/m³ dunne fractie. Zie bijlage materiaal en methoden voor samenstelling dunne fractie.

De vergister werd opgestart met dunne fractie die met dezelfde vijzelpers uit de controleput verkregen was. Na 12 dagen bij 37 °C en ca 2 m³ biogas per dag, werd de toeloop gestart op 18 november met een pompsnelheid van 4,6 liter per uur hetgeen overeenkomt met HRT van 23 dagen. Na wat kleine technische problemen zoals stroomuitval en de verwarming die uitviel en vastzittende gasmeters functioneerde de installatie goed vanaf 4 december. Tot deze dag bedroeg de gasopbrengst (met niet goed functionerende gasmeters nog steeds 2 m³/ dag, na 6 december werd steeds meer dan 4 m³ tot geleidelijk in het experiment wel ruim 7 m³ per dag geproduceerd.

De pompsnelheid werd na elke toeloop van 1500 liter (60% van het reactorvolume) met 0,5 liter per uur verhoogd tot 9,5 liter/ uur op 10 februari 2025 met decanter dun als toeloop en naderhand vanaf 5 maart bij dezelfde snelheid met ongescheiden Amest. Deze pompsnelheid komt overeen met HRT = 11,7 dagen. Zie hiervoor tabel en figuur.

Op 28 januari werd overgestapt op de dunne fractie verkregen op 6 november 2024 door scheiding met een GEA decanter van Loonbedrijf Kees Mulder in Putten. Zie bijlage materiaal en methoden voor samenstelling dunne fractie.

Op 19 februari werd overgestapt op ongescheiden Amest en werd de snelheid van de pomp vertraagd tot een verblijftijd van 15 dagen en vervolgens weer stapsgewijs versneld. Zie bijlage materiaal en methoden voor samenstelling Amest.

Op 9 maart werd de vergisting gestopt omdat het huurcontract afgelopen was.

Standaard mest analyses werden uitgevoerd door ALNN te Ferwert.

Vergistingskinetiek: werd uitgevoerd door Bioclear in opdracht van TKI; Het tekort aan budget werd ter beschikking gesteld door Ruud Paap van New Energy Coalition officiële rapportage wordt verzorgd door Bioclear. Deelresultaten worden in dit tussenrapport vermeld daar waar relevant voor dit vergistingsproject.

Fosfaat winning: decanter en centrifuge 3000 rpm en 10 000 rpm

FOS/TAC bepaling en pH-metingen: Een snelle verandering van de verhouding van FOS- en TAC-waarden is een vroege indicatie van instabiliteit van de vergisting en heeft vaak een scherpe pH-daling in de vergister tot gevolg. Vanwege de steeds hogere doorstroming van de vergister dreigde op een gegeven moment de aangroei van de microorganismen de uitspoeling niet meer bij te kunnen houden waardoor het substraat uit de toeloop onvoldoende werd omgezet met vaak verzuring tot gevolg. In reguliere vergisters treedt deze verzuring op door productie van azijnzuur die onvoldoende snel door de methanogene microorganismen tot methaan kan worden omgezet.

Gedurende de gehele proef is twee maal per week de FOS/TAC geanalyseerd ook van monsters die in de tussenliggende dagen genomen werden uit de vergister omdat verwacht werd dat de microorganismen zouden uitspoelen met verzuring tot gevolg. Ook werd de pH van alle monsters bepaald.

De waarde van de FOS en TAC waren wat verschillend van die in andere mestvergisters, maar kennelijk zijn de waargenomen waarden veroorzaakt door de bijzondere voeding: tijdens het aanzuren is een groot deel van de CO₂ verdreven. De FOS liet een wat grillig patroon zien, maar werd gedempt door de TAC waarden. De FOS/TAC liep langzaam terug van 0,7 naar 0,45 tot in de week rond 13 januari 2025 de FOS/TAC flink omhoog liep leidend tot het besluit om twee maal per dag de gasopbrengsten te gaan monitoren. Gasopbrengst zijn een mogelijke indicatie dat de vergisting aan het verzuren is. Door onverklaarbare redenen is de FOS/TAC paar dagen weer op zijn normale niveau terug gekomen. Gedurende de hele periode van dit experiment toonde de pH een vlak verloop van net onder pH 8.



Nutriënten Management Instituut BV
Nieuwe Kanaal 7c
6709 PA Wageningen

tel: (06) 29 03 71 03
e-mail: nmi@nmi-agro.nl
website: www.nmi-agro.nl