



Technische haalbaarheid van het RMS bio-raffinage concept

Technical feasibility of the RMS bio-refinery concept

P. Hoeksma, F.E. de Buissonjé, R.W. Melse



LIVESTOCK RESEARCH
WAGENINGEN **UR**

Technische haalbaarheid van het RMS bio-raffinage concept

Technical feasibility of the RMS bio-refinery concept

P. Hoeksma
F.E. de Buisonjé
R.W. Melse

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen UR Livestock Research, in opdracht van RMS GmbH.

Wageningen UR Livestock Research
Wageningen, augustus 2014

Livestock Research Rapport 791

Hoeksma P., F.E. de Buissonjé & R.W. Melse 2014. *Technische haalbaarheid van het RMS bioraffinage concept. Rapportage opdrachtgever*. Wageningen, Wageningen UR (University & Research centre) Livestock Research, Livestock Research Report 791. 29 blz.

© 2014 Wageningen UR Livestock Research, Postbus 338, 6700 AH Wageningen, T 0317 483953, E info.livestockresearch@wur.nl, www.wageningenUR.nl/livestockresearch. Livestock Research is onderdeel van Wageningen UR (University & Research centre).

Livestock Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt worden door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke wijze dan ook zonder voorafgaande toestemming van de uitgever of auteur.



De certificering volgens ISO 9001 door DNV onderstreept ons kwaliteitsniveau. Op als onze onderzoeksopdrachten zijn de Algemene Voorwaarden van de Animal Sciences Group van toepassing. Deze zijn gedeponereerd bij de Arrondissementsrechtbank Zwolle.

Livestock Research Rapport 791

Inhoud

1	Inleiding	5
	1.1 Achtergrond	5
	1.2 Doel van de studie	5
	1.3 Afbakening	6
2	Beschrijving RMS bio-raffinage concept	7
	1.1 Algemeen	7
	2.2 Co-vergisting	8
	2.3 Scheiden	10
	2.4 Drogen/pelleteren	11
	2.5 Indampen/strippen	12
	2.6 Opwerken van biogas naar groen gas	12
	2.7 Input en output	13
3	Energiebehoefte	14
	3.1 Lagoonvergisters	14
	3.2 Pompen, motoren, ventilatoren	14
	3.3 Indampen/strippen	14
	3.4 Drogen van dikke fractie en concentraat van indamping	14
	3.5 Opwerken van biogas naar groen gas	15
	3.6 Discussie	15
4	Technische haalbaarheid	17
	4.1 Verwerking digestaat	17
	4.2 Co-vergisting in lagoons	17
5	Milieu-effecten	19
	5.1 Ammoniak	20
	5.2 Geur	20
	5.3 Fijn stof	21
	5.4 Broeikasgassen (BKG)	21
6	Synergie-effecten	22
	6.1 Grondstoffen voor co-vergisting	22
	6.2 Warmtevraag en -aanbod	22
	6.3 CO ₂ voor glastuinbouw	22
7	Conclusies	23
8	Referenties	24
	Bijlage 1 Massabalansen	25

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

RMS heeft aangegeven dat zij een bioraffinage concept hebben ontwikkeld waarmee mest en organische reststromen kunnen worden verwerkt tot een aantal waardevolle producten en waarmee tevens wordt ingespeeld op de plicht voor veehouders om een deel van het mestoverschot te verwerken en op de wens van de Nederlandse overheid om meer groen gas te produceren.

Het bioraffinage concept van RMS bestaat in hoofdlijnen uit de volgende onderdelen:

- Anaerobe vergisting van varkensdrijfmest, aangevuld met bermgras
- Scheiding van het digestaat in een dikke en dunne fractie
- Drogen van de dikke fractie
- Indampen van de dunne fractie
- Strippen van ammoniak uit het verdampte vocht
- Opwerking van biogas tot groen gas

Het bioraffinage concept heeft als eindproducten:

- * Droge organische P+K mest(korrels)
- * Ammoniumsulfaat (grondstof kunstmest)
- * Water
- * CO₂ voor levering aan glastuinbouw
- * Groen gas

RMS heeft de wens dit concept op drie locaties in Nederland te realiseren, waaronder Greenport Venlo in de gemeente Horst a/d Maas. Op deze locatie is een installatie gepland voor verwerking van 450.000 ton varkensdrijfmest (jaarproductie van ca. 400.000 vleesvarkens) en 150.000 ton bermgras per jaar. Op de locatie Greenport Venlo bevindt zich een concentratie van diverse agro en tuinbouw bedrijven die sterk met elkaar zijn verbonden, zoals productiebedrijven, veilingen, afzetorganisaties etc. Bio-raffinage volgens het concept van RMS past in deze constellatie en kan een verbinding vormen met verschillende bestaande bedrijven. Zo kan CO₂, geproduceerd bij opwerking van het biogas, in glastuinbouwbedrijven worden benut en kunnen restproducten van teeltbedrijven als co-materiaal worden vergist.

Alvorens tot realisatie over te gaan heeft RMS een studie laten uitvoeren door Wageningen UR Livestock Research naar de haalbaarheid van het bio-raffinage concept op de locatie Greenport Venlo, waarbij aandacht is besteed aan de volgende aspecten:

- Technische haalbaarheid van het concept
- Milieueffecten (broeikasgassen, NH₃, geur, fijnstof)
- Synergie effecten

1.2 Doel van de studie

Het doel van de studie is de technische haalbaarheid van het RMS concept en de verwachte emissies aan broeikasgassen, ammoniak, geur en fijnstof vast te stellen. Het doel is tevens om vast te stellen welke synergie-effecten mogelijk zijn bij realisatie van het RMS concept op de locatie Greenport Venlo, bijvoorbeeld door het inzetten in het bio-raffinage proces van beschikbare organische reststromen en het benutten van CO₂ op deze locatie.

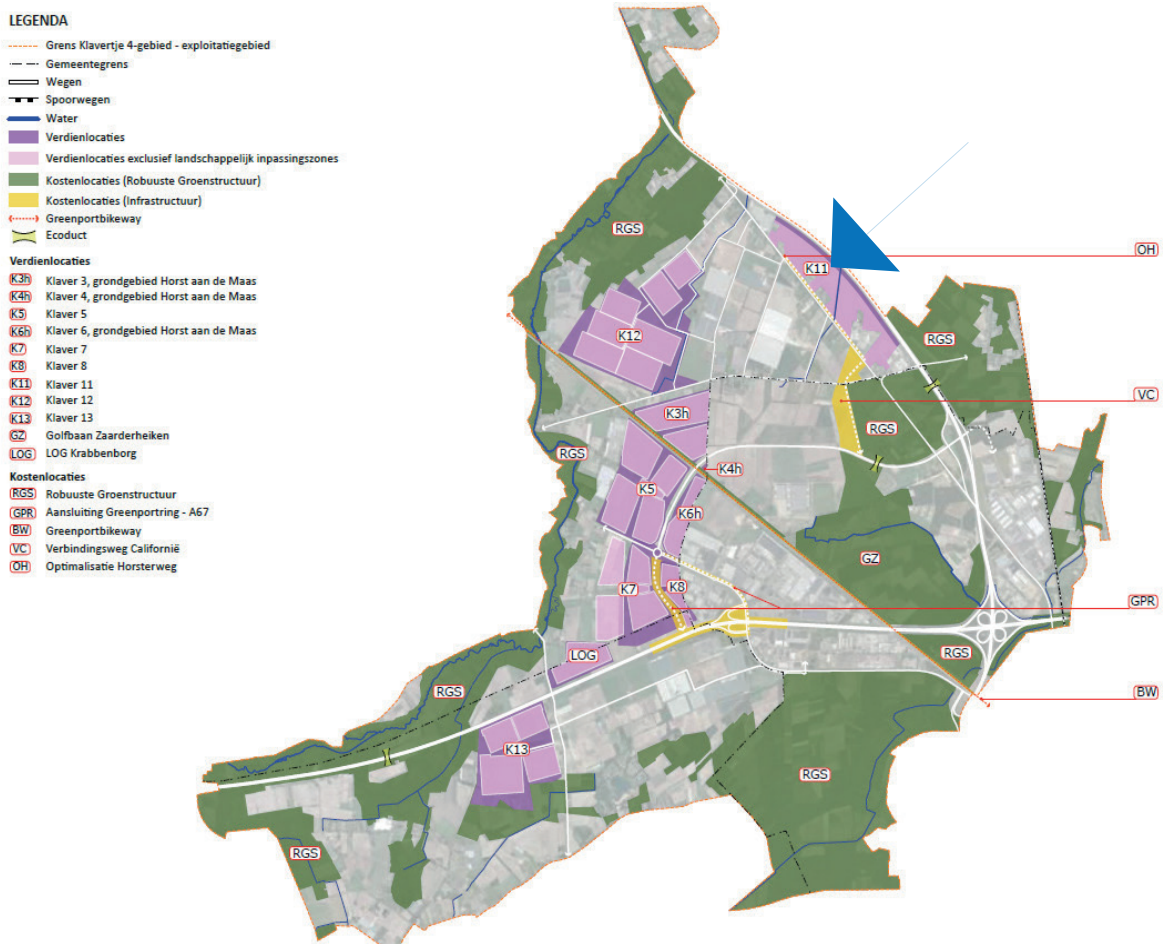
1.3 Afbakening

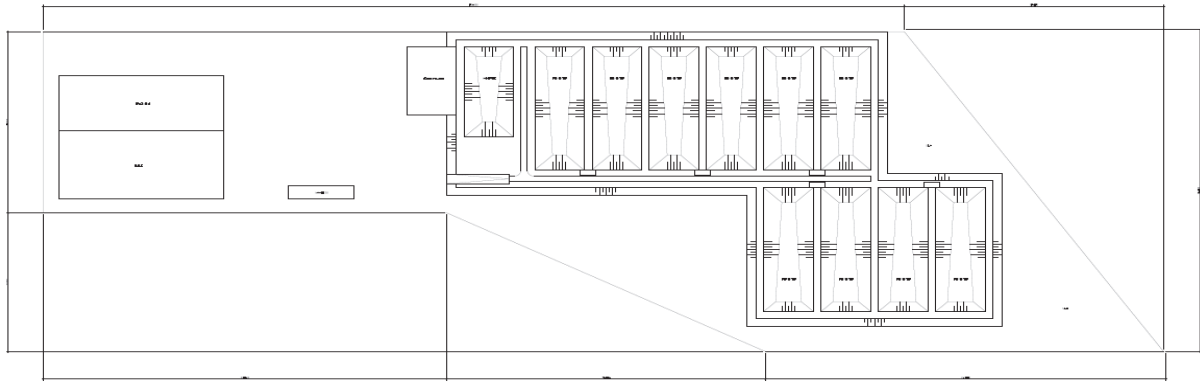
Voor deze studie is gebruik gemaakt van door RMS en beoogde leveranciers schriftelijk beschikbaar gestelde technische gegevens van het bio-raffinage concept en van schriftelijke informatie aangereikt door Greenport Venlo.

2 Beschrijving RMS bio-raffinage concept

2.1 Algemeen

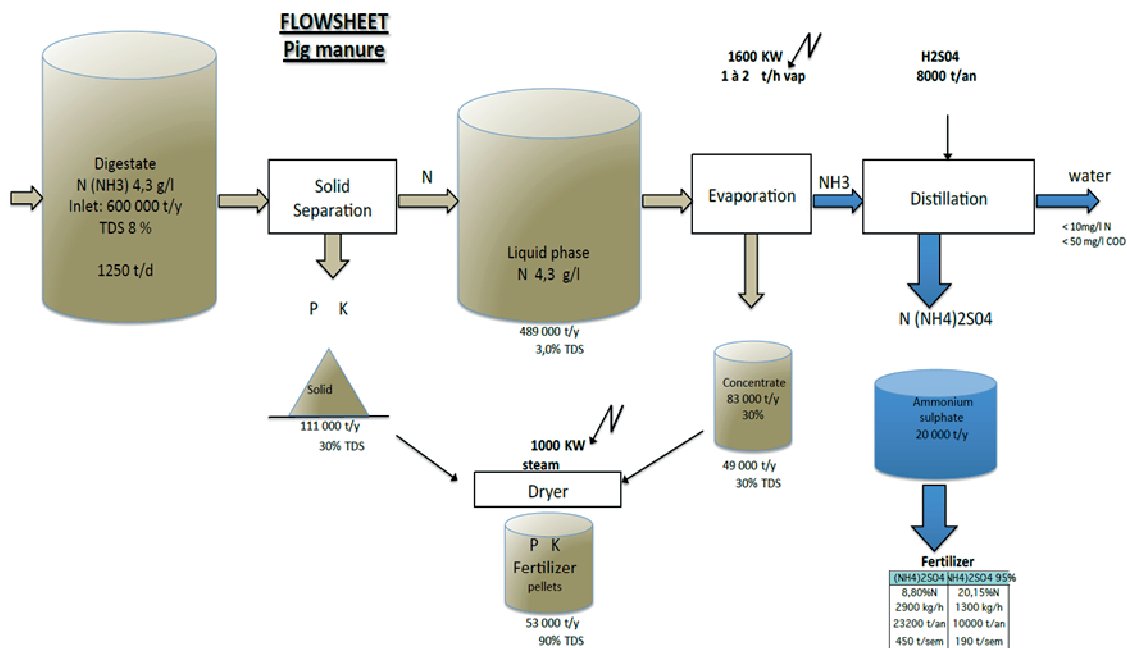
Het RMS concept bestaat globaal uit co-vergisting van 450.000 ton varkensdrijfmest en 150.000 ton bermgras per jaar en verwerking van het resterende digestaat (ca. 540.000 ton) tot een aantal verschillende eindproducten. De vergisting vindt plaats in een 10-tal foliebassins (lagoonvergisters) van 90 x 30 m, elk met een inhoud van 12.500 m³. Figuur 1 toont de locatie (Klaver 11) en een plattegrond van het terrein waar de vergisting en de verwerking van het digestaat zijn gepland op de locatie Greenport Venlo.





Figuur 1 Locatie (blauwe pijl) en lay-out van RMS bio-raffinage bij Greenport Venlo met een bassin voor tussenopslag van ruwe mest, 10 lagoonvergisters en bedrijfsruimtes voor verwerking van digestaat.

Figuur 2 toont het processchema van de digestaatverwerking met als verwerkingsstappen: scheiden in een dikke en dunne fractie, drogen en korrelen van de dikke fractie, indampen van de dunne fractie, drogen van het concentraat (samen met dikke fractie) en strippen (destillatie) van ammoniak uit de verdampingslucht onder toevoeging van zwavelzuur.

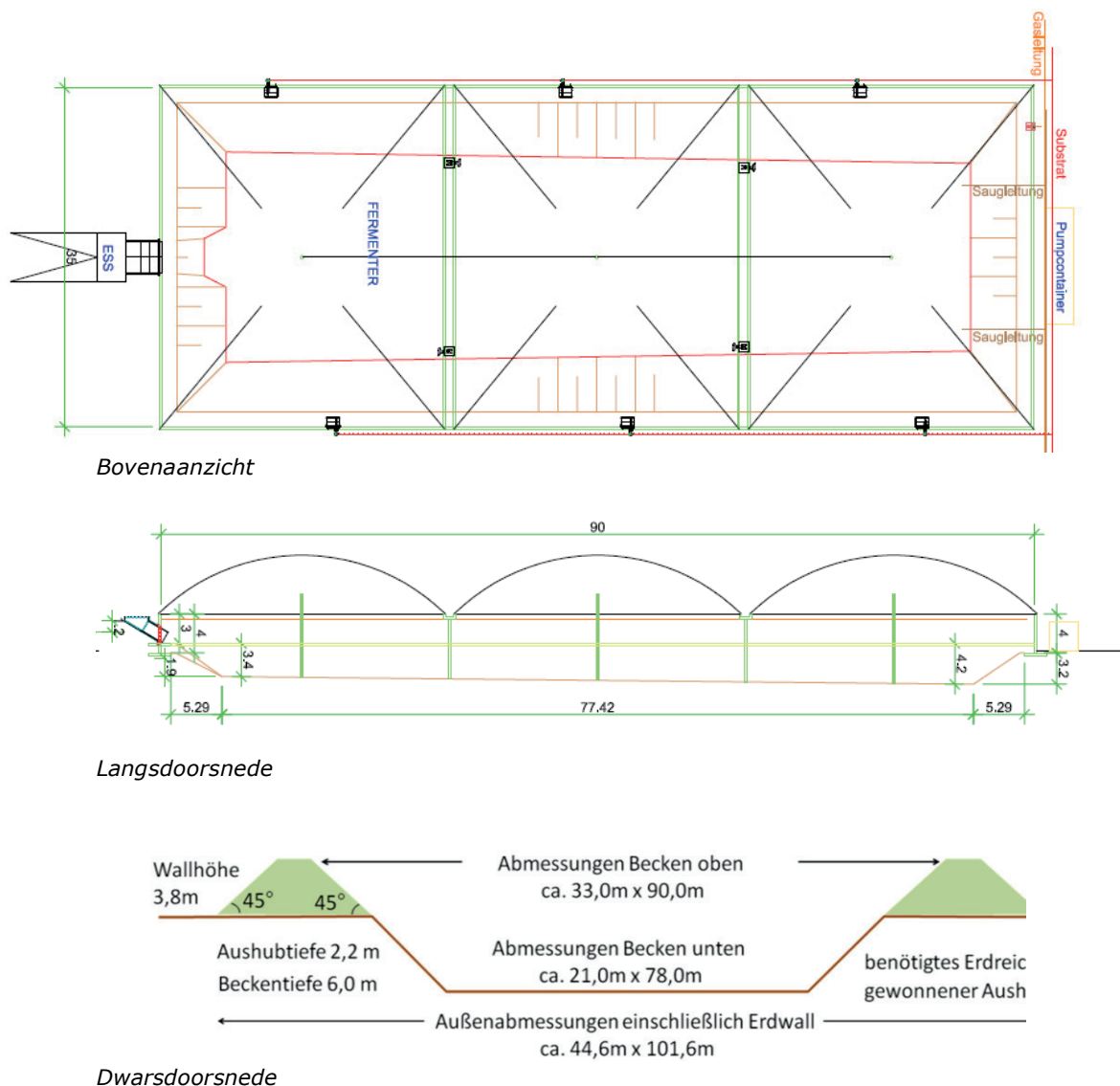


Figuur 2 Processchema van digestaatverwerking in het RMS bio-raffinage concept (Bron: France Evaporation).

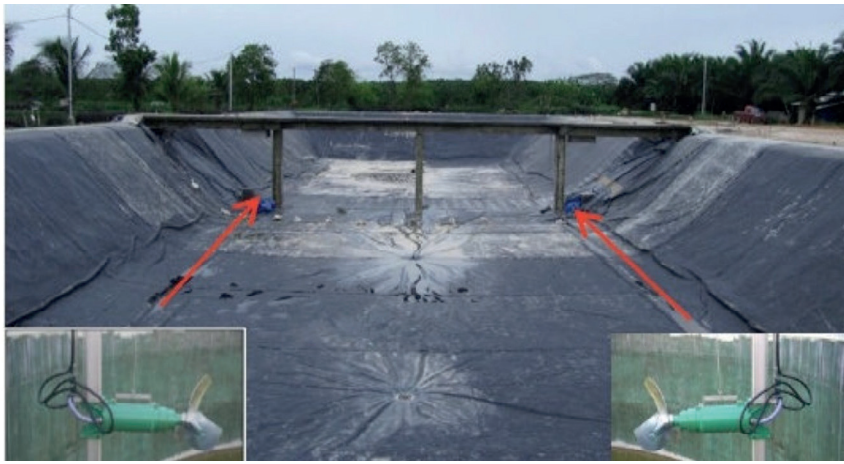
2.2 Co-vergisting

Een lagoonvergister (type RMS) bestaat uit een rechthoekig foliebassin met daarop een gashouder bestaande uit een dubbel gasdoek. Het bassin meet 90 x 30 m. De gashouder is verdeeld in drie segmenten van gelijke afmetingen. De diepte van de lagoon is circa 6 meter. De bodem van de lagoon loopt over de lengte onder een 1% helling af van de invoerkant naar de afvoerkant. De bodem en de wanden van de lagoon zijn bekleed met een 2,0 mm LDPE-folie. De schuine wanden van de lagoon bestaan uit aarden wallen die deels uit ter plaatse uitgegraven grond en deels uit aangevoerde grond worden opgetrokken. De helling van het talud wallen bedraagt 45°. De diepte van de lagoon beneden maaiveld zal maximaal enkele tientallen cm's bedragen. De diepte wordt beperkt door het

grondwaterniveau dat op de beoogde locatie op ca. -1 m ligt. De bodem van de lagoon dient zich ruim (ca. 0,5 m) boven het grondwaterniveau te bevinden om warmteverlies naar het grondwater te voorkomen. Roeren van de vergisterinhoud gebeurt met 6 horizontale propellerroeders, ondersteund door een verticaal mengsysteem waarbij digestaat onderuit de lagoon wordt opgepompt en over het oppervlak wordt verregend. De propellerroeders worden bevestigd aan staanders die twee aan twee middels horizontale liggers in de breedte van de lagoon met elkaar worden verbonden. Deze liggers dienen ook voor bevestiging van het gasdoek. Het verticale mengsysteem heeft twee zuigpunten aan de kopse kant van de lagoon en is voorzien van zes spuitmonden die gepositioneerd zijn aan de zijkanten. Verwarmen van de vergisterinhoud tot 37°C vindt plaats door middel van een externe buizen-warmtewisselaar die geplaatst wordt na de pomp van het verticale mengsysteem. Figuur 3 toont een bovenaanzicht, een langsdoorsnede en een dwarsdoorsnede van een RMS lagoonvergister.



Figuur 3 Bovenaanzicht, langsdoorsnede en dwarsdoorsnede van een lagoonvergister.



Figuur 4 Afbeelding van een lagoonvergister.

De invoer van ruwe varkensdrijfmest vanuit de tussenopslag naar de lagoonvergisters gebeurt middels een centrale pomp die alle 10 units bedient. De pomp met een capaciteit van 100 m³ per uur zal continu in bedrijf zijn. Het vaste invoermateriaal, bermgras dan wel andere organische reststromen, zal met behulp van een shovel vanuit een tussenopslag over de vergisters worden verdeeld. Per twee units is een doseerinrichting voorzien die bestaat uit een betonnen schacht met een open verbinding naar beide units. In de doseerinrichting worden vast materiaal en drijfmest in de gewenste verhouding met elkaar gemengd. De hydraulische verblijftijd in de vergisters bedraagt ca. 60 dagen. Het vergiste materiaal (digestaat) gaat naar een tussenopslag alvorens te worden verwerkt. De berekende biogasproductie bedraagt ruim 43 miljoen m³ per jaar, met daarin bijna 24 miljoen m³ methaan (Tabel 1).

Tabel 1 Berekende biogasproductie

Opbrengst (m ³ CH ₄ /kg OS mest)*	0.42	18.1	m ³ CH ₄ /ton nat
Opbrengst (m ³ CH ₄ /kg OS bermgras)*	0.3	105	m ³ CH ₄ /ton nat
Gehalte methaan (%)	55	32.8	m ³ biogas/ton mest nat
Dichtheid CH ₄ (kg/m ³)	0.83	191	m ³ biogas/ton gras nat
Dichtheid CO ₂ (kg/m ³)	1.98	72.4	m ³ biogas/ton mengsel
Dichtheid biogas (kg/m ³)	1.35		
Hoeveelheid CH ₄ (m ³ /jaar)	23877000	23.9	* 10 ⁶ m ³ CH ₄ /jaar
Hoeveelheid biogas (m³/jaar)	43412727	43.4	* 10⁶ m³ biogas/jaar
Hoeveelheid biogas (ton/jaar)	58499		

* opgave RMS

2.3 Scheiden

De eerste bewerkingsstap van het digestaat bestaat uit mechanische scheiding in een dikke en een dunne fractie. Dit gebeurt door middel van een decanteer-centrifuge van Peralisi (Figuur 5). Dit apparaat krijgt een capaciteit van ca. 70 m³ per uur, voldoende voor scheiding van de totale digestaat productie bij continu bedrijf.

Centrifuges worden evenals zeefbandpersen en vijzelpersen reeds meerdere jaren ingezet voor het scheiden van drijfmest en digestaat met in het algemeen goede scheidingsresultaten. Centrifuges kennen in vergelijking met de andere twee technieken een hoog scheidingsrendement voor droge stof en fosfor en in mindere mate voor stikstof.

Scheiding van drijfmest en vergelijkbare stofstromen d.m.v. centrifugereren is bewezen technologie.



Figuur 5 Pieralisi Giant II L decanteer centrifuge

2.4 Drogen/pelleteren

Het drogen van de dikke fractie en het concentraat na indamping van de dunne fractie gebeurt door middel van banddrogers. Deze bestaan uit een geperforeerde lopende band waarop het te drogen materiaal in een dunne laag wordt verdeeld en waar verwarmde lucht van onder af doorheen wordt gezogen. Het mengsel van dikke fractie en concentraat wordt gedroogd van 30% tot 85% droge stof. Drogen van vaste mestfracties d.m.v. banddroging is bewezen technologie.

Figuur 6 toont een afbeelding van een kleine banddroger van NEWeco-tec zoals voor dit project voorzien en waarvan minimaal twee drogers van elk 16 containers nodig zijn om de totale hoeveelheid dikke fractie/concentraat te kunnen drogen.

Pelleteren van het gedroogde materiaal gebeurt met een korrelpers, waarbij het gemalen materiaal onder toevoeging van een bindmiddel door een matrijs wordt geperst. Pelleteren is een bewezen technologie waarmee in Nederland en daarbuiten reeds veel ervaring is opgedaan. Drogen en pelleteren zijn technieken waarbij ammoniak, geur en fijnstof vrijkomen. RMS heeft aangegeven state-of-the-art technologie te gaan toepassen voor zuivering van de proceslucht.



Figuur 6 NEWeco-tec banddroger

2.5 Indampen/stripfen

Het indampen van de dunne fractie na scheiding van het digestaat gebeurt door middel van mechanische damprecompressie. Hierbij wordt de uit de vloeistof ontweken damp gecompriemerd en opnieuw ingezet als warmtebron, waardoor het netto energieverbruik relatief laag is. Damprecompressie is een algemeen toegepaste techniek voor het indampen van dunne stofstromen zoals zuiveringsslib en kan beschouwd worden als een bewezen techniek. Het indampen resulteert in een concentraat (30% droge stof), dat samen met de dikke digestaat-fractie wordt gedroogd, en een hoeveelheid vochtige proceslucht. Deze proceslucht bevat stikstof in de vorm van ammoniak, afkomstig uit de dunne fractie. Zuivering van de proceslucht gebeurt door middel van *stripping*, waarbij de ammoniak in zwavelzuur wordt ingevangen, resulterend in ammoniumsulfaat. Stripfen is een bewezen techniek. Figuur 7 toont een afbeelding van een indamper/stripfen van France Evaporation, zoals voor dit project voorzien. Een indampinstallatie voor 440.000 ton dunne fractie digestaat per jaar is echter nog niet eerder gebouwd. Bij het indampen van de dunne fractie moet rekening worden gehouden met de emissie van geur (Melse & Verdoes, 2005; VITO, 2007; Eco-scan, 2013). RMS heeft aangegeven de geuremissie te gaan reduceren door toepassing van best beschikbare techniek (BBT).



Figuur 7 France Evaporation indamper/stripfen

2.6 Opwerken van biogas naar groen gas

Opwerking van biogas naar groen gas gebeurt door middel van membraanfiltratie, waarbij methaan en kooldioxide van elkaar worden gescheiden op deeltjesgrootte. Voorafgaand aan de membraanfiltratie wordt ammoniak verwijderd m.b.v. een gaswasser en H_2S d.m.v. een actief-koolfilter. Het voorgezuiverde biogas wordt onder hoge druk door een membraan geperst. Methaan wordt door het membraan tegengehouden, CO_2 gaat er doorheen. De kwaliteit van het membraan bepaalt de effectiviteit van de filtratie. Groen gas wordt in het hoge druk aardgasnet ingevoerd (40 bar). Opwerken van biogas naar groen gas middels membraanfiltratie is een bewezen techniek, evenals comprimeren van gasvormig CO_2 tot vloeibaar gas. Figuur 8 toont een Pentair Haffmans opwerkingsinstallatie zoals die voor dit project is voorzien.



Figuur 8 Processchema van een Pentair Haffmans opwerkingsinstallatie

2.7 Input en output

Per processtap is de massabalans berekend voor de volgende parameters: totale massa (flow), water, droge stof, organische stof, stikstof (totaal, organisch en mineraal), fosfaat, kali. De massabalansen, waarin de eerder genoemde uitgangspunten zijn verwerkt, worden weergegeven in Bijlage 1.

Op basis van literatuur wordt ervan uitgegaan dat bij co-vergisting 25% van het ingaande organische materiaal wordt afgebroken en 25% van de organisch gebonden stikstof wordt gemineraliseerd (Ecofys, 2002). Verder wordt ervan uitgegaan dat bij het drogen van de dikke fractie/concentraat en indampen van de dunne fractie 95% resp. 90% van de aanwezige N-min in de waterdamp terecht komt (Melse & Verdoes, 2005).

3 Energiebehoefte

3.1 Lagoonvergisters

Wanneer wordt uitgegaan van de benodigde verwarmingscapaciteit (voor opwarmen en voor compensatie van warmteverliezen) van 32 kWh per kuub ingaande mest (Frost & Gilkinson, 2011) bij gebruik van een externe warmtewisselaar, wordt een energiebehoefte berekend van 0,22 MW_{th} per vergister op jaarbasis. Dit geldt echter voor bovengrondse geïsoleerde tanks (10 cm steenwol) met een gunstige oppervlakte/inhoud ratio (hoogte ~ diameter). Wanneer deze ratio minder gunstig is, zoals bij lagoonvergisters het geval is, en wanneer de lagoons in contact komen met grondwater kunnen grotere warmteverliezen optreden. Op de locatie Klaver 11 is de gemiddelde grondwaterstand circa 0,8 m onder het maaiveld. RMS heeft aangegeven dat de onderkant van de lagoons daarom op het maaiveld worden geplaatst (i.t.t. de weergave in Figuur 3).

Vergeleken met vergisting in geïsoleerde silo's, die optimaliter zijn uitgevoerd met een hoogte/diameter verhouding van 1:1, zal de energiebehoefte van een lagoonvergister naar verwachting een factor twee hoger zijn, oftewel ca. 0,44 MW_{th} per lagoonvergister. Het door RMS ingeschakelde ingenieursbureau heeft een energiebehoefte per lagoonvergister van 0,36 MW_{th} berekend. In onze berekening gaan we uit van 0,40 MW_{th} per lagoonvergister en een totaal van 4,0 MW_{th} (zie Tabel 2).

3.2 Pompen, motoren, ventilatoren

RMS heeft een overzicht aangeleverd van diverse elektriciteitsverbruikers met een totaal geïnstalleerd vermogen van 4,4 MW_e voor een installatie met een verwerkingscapaciteit van 1 miljoen ton per jaar. Het jaarlijks elektriciteitsverbruik daarvan wordt berekend op 25.000.000 kWh/jaar, overeenkomend met 2,9 MW_e. Omgerekend naar een installatie voor 600.000 ton per jaar is dit ruim 1,7 MW_e.

RMS heeft aangegeven van een andere techniek voor roeren en verwarmen van digestaat gebruik te willen maken (t.o.v. die in het bovengenoemde overzicht), n.l. mengen door een combinatie van propellerroeders en het verticaal rondpompen en verregen van digestaat over het vloeistofoppervlak, met gebruikmaking van een externe warmtewisselaar. Het effect van deze wijzigingen op het energieverbruik is niet bekend, maar wordt voor deze berekening als nihil verondersteld.

3.3 Indampen/strippen

Het energieverbruik voor het indampen (mechanische damp recompressie) en strippen van 60 ton dunne fractie per uur wordt door France Evaporation opgegeven als 1,5 MW_{th} en 1,5 MW_e op jaarbasis en dit is in overeenstemming met literatuurgegevens (VITO, 2007).

3.4 Drogen van dikke fractie en concentraat van indamping

Het energieverbruik voor het drogen van 8 ton/uur dikke fractie en indampconcentraat van 25% droge stof naar 85% droge stof in één banddroger van 6 meter breedte, opgesteld in 16 geschakelde zeecontainers, is volgens opgave van NEWeco-tec 6 MW_{th} op jaarbasis. De benodigde capaciteit is echter geen 8 ton/uur, maar circa 18 ton/uur. Hiervoor zijn ruim twee van dergelijke drooginstallaties nodig met een totaal energieverbruik van ca. 13 MW_{th}. Het door de leverancier opgegeven energieverbruik is in overeenstemming met literatuurgegevens (op basis van MJ/liter vochtverdamping in directe drogers).

3.5 Opwerken van biogas naar groen gas

De beoogd leverancier van de installatie voor het opwerken van het biogas heeft een energieverbruik opgegeven van 0,44 kWh_e per m³ opgewerkt biogas (inclusief comprimeren van daarbij vrijkomend CO₂). Dit komt neer op een energieverbruik van circa 2,2 MW_e voor de opwerking van circa 43 miljoen kuub ruw biogas naar circa 25 miljoen kuub Groen Gas per jaar. Daarnaast wordt een energieverbruik van 0,275 MW_e op jaarbasis opgegeven voor de invoeding in het hoge druk aardgasnet. In totaal komt het energieverbruik voor opwerken tot aardgaskwaliteit en invoeding in het aardgasnet uit op bijna 2,5 MW_e op jaarbasis.

Samenvattende tabel

In Tabel 2 wordt het berekende energieverbruik van bovengenoemde onderdelen van de installatie weergegeven. Hieruit blijkt dat er op jaarbasis 5,7 MW_e en ruim 18 MW_{th} nodig is.

Tabel 2 Energieverbruik op jaarbasis van de verschillende onderdelen van de RMS installatie

Energieverbruiker	MW _e	MW _{th}
Warmtevraag lagoons		4,0
Roerwerken, pompen, motoren*	1,7	
Indampen en strippen dunne fractie**	1,5	1,5
Drogen dikke fractie**		12,6
Opwerking biogas incl. invoeding in aardgasnet**	2,5	
Totaal	5,7	18,1

* opgave RMS

** opgave leveranciers

Opgemerkt wordt dat een aantal kleinere energieverbruikers niet is meegenomen in de berekening (zoals behandeling van de afgassen, malen en pelleteren van gedroogd materiaal, , intern en extern transport).

3.6 Discussie

RMS geeft aan dat het geproduceerde biogas wordt opgewerkt tot aardgaskwaliteit en ingevoed in het aardgasnet. Dit betekent dat zowel de thermische als de elektrische energiebehoefte van de installaties moet worden gedekt vanuit externe bronnen.

In de beschikbaar gestelde planbeschrijving van RMS wordt niet aangegeven op welke wijze de verschillende warmteproducerende en warmtevrage onderdelen van de installatie worden geïntegreerd. Mogelijkheden voor integratie lijken aanwezig.

De grootste energieverbruikers zijn de banddrogers met een warmtevraag van circa 13 MW_{th}. Wanneer in plaats van convectiedrogers (banddrogers) een conductiedroger (stoomdroger met warmteterugwinning) zou worden toegepast, kan het energieverbruik met ca. 50% worden gereduceerd.

De geschatte warmtevraag voor de 10 lagoonvergisters bedraagt circa 4 MW_{th} op jaarbasis. Wanneer zou worden gekozen voor een ander type vergister, b.v. een bovengrondse geïsoleerde tank (met hoogte = diameter), kan de warmtevraag voor het opwarmen en op temperatuur houden van de vergisterinhoud naar schatting met 40% worden gereduceerd.

De energiebehoefte van de RMS-installatie bedraagt 23,8 MW op jaarbasis, terwijl de energie-inhoud van de verwachte biogasproductie 25,4 MW op jaarbasis bedraagt (berekend als 25.000.000*32/3.6/24/365). Beide houden elkaar vrijwel in evenwicht.

Aan het geproduceerde ammoniumsulfaat (2096 ton N/jaar) kan een energiewaarde worden toegekend, wanneer aangenomen wordt dat op deze manier kunstmest wordt vervangen. Voor de productie van stikstof-kunstmest kan worden uitgegaan van een energieverbruik van 42 MJ/kg (Skowrońska en Filipek, 2013). Vervolgens kan berekend worden dat het vermeden energieverbruik op deze manier gelijk is aan 88.000 GJ/jaar oftewel 2,8 MW. Aan de andere kant zou evenzo de energie-inhoud van het gebruikte zwavelzuur in beschouwing genomen kunnen worden. Door middel van een LCA (Life Cycle Assessment) kunnen alle energie-effecten van de bio-raffinage in kaart worden gebracht, waarbij o.a. ook de winning van gebruikte grondstoffen en de productie en het transport van gebruikte materialen in beschouwing worden genomen.

4 Technische haalbaarheid

4.1 Verwerking digestaat

Het RMS bio-raffinage concept bestaat uit een aantal verschillende achtereenvolgende bewerkingsprocessen, te beginnen met co-vergisting en vervolgens verdere verwerking van het digestaat. Voor het verwerken van het digestaat worden technieken ingezet waarmee meer of minder praktische ervaring is opgedaan. Van de technische apparatuur die voor dit project is voorzien, kan gezegd worden dat het bewezen technologie betreft. Dimensionering en op elkaar afstemmen van apparatuur is een punt van aandacht temeer omdat bio-raffinage op deze grote schaal niet eerder in Nederland is toegepast. Voor een aantal bewerkingen (indampen, drogen, pelleteren) zijn geen apparaten met voldoende capaciteit op de markt, waardoor meerdere units ingezet moeten worden. Dit is niet per se een nadeel omdat zo de mogelijkheid bestaat het proces te continueren (bij lagere capaciteit) wanneer een unit buiten bedrijf is, zoals in geval van onderhoud. Hoe groter de verwerkingscapaciteit hoe belangrijker de continuïteit van het proces. Ten behoeve van de continuïteit is het aan te bevelen voor scheiding van het digestaat, als eerste stap is in het verwerkingsproces, de beschikking te hebben over minimaal twee centrifuges die tegelijkertijd of afwisselend ingezet kunnen worden.

4.2 Co-vergisting in lagoons

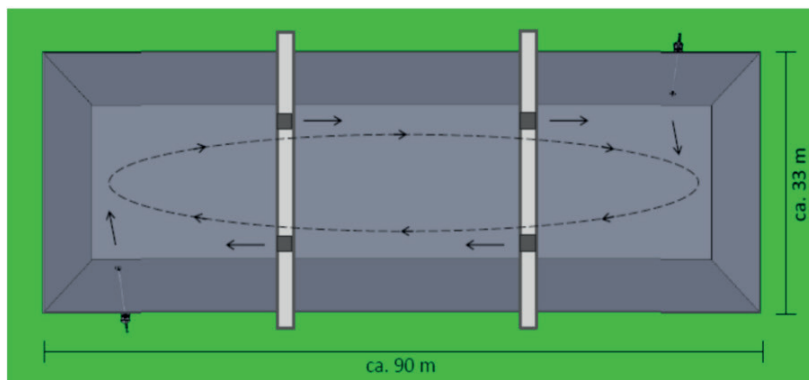
In Nederland en Europa is tot op heden geen ervaring met dit type lagoonvergisters. Deze rechthoekige lagoonvergisters wordt alleen in tropische gebieden, zoals Latijns-Amerika en Azië, toegepast waar geen verwarming plaats vindt (niet nodig) en vaak niet wordt geroerd (te kostbaar).

Co-vergisting in lagoons zoals in het concept van RMS heeft ten opzichte van vergisting in silo's als voordeel dat de bouwkosten relatief laag zijn. Als voordeel kan ook worden genoemd dat door de rechthoekige uitvoering de lagoons tegen elkaar kunnen worden aangelegd waardoor de ruimte effectief wordt benut (Figuur 1).

Wat betreft de technische uitvoering is een aantal aandachtspunten van belang die betrekking hebben op het mixen, legen en het verwarmen van de lagoonvergisters mede in relatie tot de geplande geometrie en omvang.

Mixen

De 10 lagoons worden elk uitgerust met propellerroerders en een verregeningssysteem, zoals in Figuur 3 schematisch is weergegeven. In Figuur 9 is aangegeven wat de verwachte stroomrichting van de vergisterinhoud door rondpompen zal zijn. Het is onzeker of deze situatie met dit roersysteem gecreëerd kan worden, gezien het grote oppervlak dat bestreken moet worden en gezien de rechthoekige vorm van de lagoons. Voorwaarde is in elk geval dat het ingaande materiaal bestaande uit varkensdrijfmest en bermgras (verkleind tot een deeltjesgrootte van enkele cm's) vooraf goed wordt gemengd. De snelheid van rondpompen en mengen is bepalend voor het voorkómen van bezinking en het ontstaan van drijfslagen in de lagoons. Hoewel het verticale roersysteem door middel van verregenen een goede aanvulling is op de propellerroerders, is de verwachting dat bezinklagen op deze wijze niet te voorkomen zijn met als gevolg dat ophoping van vast materiaal op de bodem van de lagoons op zal treden ten koste van de effectieve vergisterinhoud.



Figuur 9 Bovenaanzicht van een RMS lagoonvergister uitgerust met 4 propellerroeders en een verregeningssysteem met twee spuitmonden nabij de uiteinden van de lagoon.

Bermgras staat genoemd onder categorie G van Bijlage Aa (lijst van toegestane producten voor co-vergisting). Essentieel voor het goed kunnen functioneren van de vergister is voldoende verkleining van het gras, tot deeltjes van hooguit enkele centimeters. Hoe kleiner de lengte van de gemaaide grasdeeltjes, hoe beter dit is voor de voorbereiding (inkuilen, mengen) en het vergistingsproces. Bij inzamelen van het gras bestaat de kans dat aanhangende grond en zwerfvuil met het gras meekomt. In de praktijk moet aandacht worden geschonken aan afscheiding van deze 'verontreinigingen' uit vers gras in relatie tot het realiseren van een hoog rendement. Bovenstaande betekent dat RMS strenge eisen moet stellen aan het aangevoerde bermgras. Het dient ontdaan te zijn van zand en zwerfvuil, reeds verkleind te zijn en voldoende vers te zijn. Dit laatste betekent dat het gras (in het oogstseizoen) binnen enkele dagen na het maaien in de vergister wordt gebracht dan wel dat het gras binnen enkele dagen na het maaien wordt verkleind en ingekuild zodat het later (buiten het oogstseizoen) kan gebruikt worden in de vergister.

Legen

Het kan nodig zijn periodiek bezinksel uit de lagoons te verwijderen of om een andere reden de lagoons leeg te maken. Aandachtspunt hierbij is dat de bodem van de lagoons niet verhard is en er niet met zwaar materieel (shovel) op gewerkt kan worden zonder gevaar voor beschadiging van de folie.

5 Milieu-effecten

Bij RMS bio-raffinage is sprake van verschillende mogelijke emissiebronnen. Op basis van de aangeleverde informatie wordt aangenomen dat er ca. 100.000 m³/uur lucht wordt afgezogen uit de ruimtes voor opslag van groenafval en de ruimte voor laden en lossen. Voor wat betreft de emissie van de banddroger, incl. een eventuele kleine luchtstroom die vrijkomt uit de indamper/stripper, wordt aangenomen dat er een luchthoeveelheid van ca. 500,000 m³/uur vrijkomt. Het totale luchtdebiet komt daarmee uit op ca. 600.000 m³/uur. Voor fijnstof (PM₁₀) wordt een concentratie aangenomen van 0,5 - 1,0 mg/m³. Aangenomen wordt dat de concentratie PM_{2.5} ca. 5% bedraagt van de concentratie PM₁₀ (Mosquera et al., 2011).

Volgens opgave van RMS zal vergaande reiniging van deze lucht plaatsvinden op basis van Best Beschikbare Technieken (BBT). Dit betekent voor ammoniak dat uitgegaan wordt van een verwijderingsefficiëntie van 98%, voor geur van een verwijderingsefficiëntie van 90% en voor fijnstof (PM₁₀) een verwijderingsefficiëntie van 70%. RMS heeft aangegeven uit te gaan van een verwijderingsrendement voor fijnstof van 90%, maar dat achten wij niet realistisch op basis van de verschaft informatie (Melse et al., 2012).

Als gevolg van transportbewegingen zal op het terrein enige emissie van fijnstof plaatsvinden. Uitgaande van een emissie van 0,33 g PM₁₀/kilometer/voertuig (TNO, 2011) wordt berekend dat deze emissie ca. 100 g PM₁₀ per dag zal bedragen, oftewel 36 kg/jaar. Op vergelijkbare wijze kan voor deze vervoersbewegingen op basis van een NO_x emissie van 20,9 g/km/voertuig (TNO, 2011) worden berekend dat de emissie ca. 6,3 kg per dag zal bedragen, oftewel 2300 kg/jaar.

Op basis van het debiet en de toepassing van de genoemde BBT technieken is een berekening gemaakt van de verwachte resterende emissies aan ammoniak, geur en fijn stof uit de RMS installatie. In Tabel 2 en 3 worden de verwachte emissies weergegeven respectievelijk voor en na luchtzuivering.

Tabel 2 Berekende jaarlijkse emissies aan ammoniak, geur en fijn stof uit de RMS bio-raffinage, zonder toepassing van luchtreinigingstechnieken; het luchtdebiet is ca. 600.000 m³/uur.

Voor luchtreiniging:	Vracht		Concentratie	
<i>Ammoniak:</i>				
Laden/lossen en opslagruimte	4	ton NH ₃ /jaar	1	mg/m ³
Indrogen vaste fractie ¹ :	264	ton NH ₃ /jaar	55	mg/m ³
Totaal:	267	ton NH ₃ /jaar	56	mg/m ³
<i>Geur:</i>				
Laden/lossen en opslagruimte	8	MOU _E /uur	13	OU _E /m ³
Indrogen vaste fractie ¹ :	769	MOU _E /uur	1.282	OU _E /m ³
Totaal:	777	MOU _E /uur	1.295	OU _E /m ³
<i>Fijn stof (PM10) uit installatie:</i>				
Laden/lossen en opslagruimte	400	kg PM ₁₀ /jaar	0,5	mg/m ³
Indrogen vaste fractie ¹ :	4.000	kg PM ₁₀ /jaar	1,0	mg/m ³
Totaal:	4.400	kg PM ₁₀ /jaar	0,9	mg/m ³
<i>Fijn stof (PM10) uit vervoersbewegingen op terrein:</i>				
	36	kg PM ₁₀ /jaar		

¹ Inclusief een eventuele emissie uit de indamper/stripper.

Tabel 3 Berekende jaarlijkse emissies aan ammoniak, geur en fijn stof uit de RMS bio-raffinage na toepassing van luchtreinigingstechnieken conform BBT¹; het luchtdebiet is ca. 600.000 m³/uur.

Na luchtreiniging:	Vracht		Concentratie	
<i>Ammoniak:</i>				
Laden/lossen en opslagruimte	0,1	ton NH ₃ /jaar	0,01	mg/m ³
Indrogen vaste fractie ² :	5,3	ton NH ₃ /jaar	1,1	mg/m ³
Totaal:	5,3	ton NH ₃ /jaar	1,1	mg/m ³
<i>Geur:</i>				
Laden/lossen en opslagruimte	0,8	MOU _E /uur	1,3	OU _E /m ³
Indrogen vaste fractie ² :	77	MOU _E /uur	128	OU _E /m ³
Totaal:	78	MOU _E /uur	130	OU _E /m ³
<i>Fijn stof (PM10) uit installatie:</i>				
Laden/lossen en opslagruimte	120	kg PM ₁₀ /jaar	0,02	mg/m ³
Indrogen vaste fractie ² :	1.200	kg PM ₁₀ /jaar	0,2	mg/m ³
Totaal:	1.320	kg PM ₁₀ /jaar	0,3	mg/m ³
<i>Fijn stof (PM10) uit vervoersbewegingen op terrein:</i>				
	36	kg PM ₁₀ /jaar		

¹ Uitgegaan wordt van 98% emissiereductie voor ammoniak, 90% voor geur en 70% voor fijnstof (PM₁₀).

² Inclusief een eventuele emissie uit de indamper/stripser.

5.1 Ammoniak

In de massabalans is uitgerekend hoeveel ammoniak (ton/jaar) vrijkomt bij het drogen van de vaste fractie in de banddrooginstallatie (zie Bijlage 1). Dit getal volgt uit de uitgangs- en procescondities waarmee in de massabalans wordt gerekend. Daarnaast zal mogelijk een kleinere emissie optreden uit de afgezogen ruimtes voor opslag en laden/lossen. Mogelijk dat nog een kleine hoeveelheid ammoniak vrijkomt uit de indamper/stripser. De totale hoeveelheid ammoniak bedraagt dan 267 ton NH₃/jaar die vervolgens in een luchtreinigingsinstallatie wordt behandeld met een verwijderingsrendement van 98%. Uitgaande van bovengenoemde totale luchthoeveelheid van 600.000 m³/uur kom je na de luchtbehandeling uit op een gemiddelde ammoniakconcentratie van 1,1 mg/m³.

5.2 Geur

In tegenstelling tot de ammoniakemissie kan de geuremissie niet rechtstreeks uit de massabalans worden afgeleid. Voor de geuremissie is daarom een inschatting gemaakt op basis van beschikbare literatuur (Melse en Verdoes, 2005). Op basis hiervan wordt ingeschat dat de emissie uit het RMS-systeem 777 MOU_E/uur zal bedragen. Tezamen met een luchthoeveelheid van 600.000 m³/uur bedraagt de gemiddelde geurconcentratie dan 1295 OU_E/m³. De lucht wordt vervolgens in een luchtbehandelingsinstallatie gereinigd waardoor de geurconcentratie met 90% afneemt tot ca. 130 OU_E/m³.

Opgemerkt dient te worden dat er geen geurmetingen bekend zijn aan mestindampinstallaties met een vergelijkbare schaalgrootte. Desalniettemin is bovenstaande de beste inschatting die te maken valt op basis van de beschikbare kennis.

5.3 Fijn stof

Evenals voor de geuremissie is voor de fijnstof-emissie een inschatting gemaakt op basis van beschikbare literatuur (Melse *et al.*, 2012; Melse & Hol, 2012). Op basis hiervan wordt ingeschat dat de fijnstof-concentratie in de ventilatielucht 0,5 - 1,0 mg PM₁₀/m³ zal bedragen. Tezamen met een luchthoeveelheid van 600.000 m³/uur kom je dan uit op een fijnstof-emissie van ca. 3900 kg PM₁₀ en 195 kg PM_{2.5} per jaar.

De vastgestelde emissies aan ammoniak, geur en fijn stof bieden de basis voor het berekenen van de ammoniakdepositie, de geurbelasting en de fijnstofconcentratie in de omgeving als gevolg van de bio-raffinage. Aan de hand hiervan kan een toetsing plaatsvinden om vast te stellen of de nieuwe activiteiten passen binnen de geldende vergunningen en beleidsregels.

5.4 Broeikasgassen (BKG)

De emissie van methaan uit mest wordt door co-vergisting sterk gereduceerd; het vrijgekomen biogas wordt immers opgevangen en het daarin aanwezige methaan als Groen gas in het aardgasnet geïnjecteerd. Dit betreft een hoeveelheid van ca. 17.000 ton methaan per jaar. Aangezien methaan als broeikasgas 25 keer krachtiger is dan CO₂, komt dit neer op een vermeden emissie van 425.000 ton CO₂-equivalenten.

De CO₂ die vrijkomt bij de zuivering van het biogas wordt niet meegerekend als extra bron van BKG, aangezien de gebruikte biomassa (van plantaardige oorsprong) deel uitmaakt van de korte kringloop.

Op de vermeden BKG emissie door co-vergisting moet de BKG emissie van de opwekking van in het proces benodigde fossiele energie in mindering worden gebracht. De jaarlijks benodigde hoeveelheden elektriciteit en warmte van het RMS systeem worden vooralsnog geschat op 5,7 MW_e en 18,1 MW_{th}. Eventueel gebruik van Groene stroom en aardwarmte (geothermie) in het verwerkingsproces levert een reductie op van het gebruik van fossiele energie. De keuze van energiezuiniger vergisters en drooginstallaties kan de BKG-balans in gunstige zin beïnvloeden. Hetzelfde geldt voor een integratie van warmteproducerende en warmtevragende processen van het RMS-systeem.

6 Synergie-effecten

6.1 Grondstoffen voor co-vergisting

In het gebied van Greenport Venlo is een aantal glastuinbouwbedrijven gevestigd die restproducten kunnen leveren ter aanvulling of vervanging van bermgras als grondstof voor co-vergisting. Het gaat om een totale glasoppervlakte van (op dit moment) ca. 65 ha met als belangrijkste teelten paprika (33 ha), tomaat (24 ha) en komkommer (8 ha). Van deze teelten komt jaarlijks, in november en december wanneer de kassen worden geruimd, totaal tussen 2000 en 3000 ton vergistbaar restmateriaal beschikbaar (Bron: <http://www.agro-chemie.nl/>). De potentiële biogasproductie uit dit restmateriaal is gelijk verondersteld aan die van bermgras, waarmee het een geringe bijdrage (enkele procenten) kan leveren aan de biogasproductie bij RMS. Wanneer het glasoppervlak in de toekomst wordt uitgebreid naar circa 400 ha, kan dit percentage oplopen tot circa 10%.

6.2 Warmtevraag en -aanbod

Op dit moment is er in het gebied van Greenport Venlo een geothermiebron van 7,5 MW_{th} operationeel. Er zijn drie bronnen van even grote omvang in ontwikkeling met een mogelijke uitbreiding met nog 6 putten van dezelfde omvang. Het potentiële vermogen aan geothermische energie komt dan op 75 MW_{th}, waarmee ruimschoots aan de warmtevraag van de RMS-installaties kan worden voldaan. Aandachtspunt hierbij is dat het temperatuurniveau van het warme water uit de geothermie met 80 °C (www.californie.nu) aan de lage kant is voor processen als indampen en drogen waar, volgens opgave van de leveranciers, temperaturen van 95 tot 110 °C nodig zijn. Desalniettemin is de beschikbaarheid van geothermie-water een voordeel. De efficiëntie waarmee geothermische energie kan worden benut zal sterk afhangen van de vraag, het aanbod en de prijs. Naar het vraag en aanbod aspect is geen nadere studie gedaan. Opgemerkt wordt dat hoogwaardige (aard)warmte in eerste instantie door de glastuinbouwbedrijven zal worden benut. In de zomerperiode is sprake van een warmte-overschot dat voor de bio-raffinage kan worden ingezet. In de winterperiode is voor de bio-raffinage een alternatieve warmtebron nodig, waarbij kan worden gedacht aan de warmte geproduceerd door enkele WKK installaties die in het gebied van Greenport Venlo staan.

6.3 CO₂ voor glastuinbouw

De specifieke CO₂-vraag in de glastuinbouw bedraagt 140 ton CO₂ per ha per jaar (DCGV, 2014). De huidige CO₂-vraag van de glastuinbouwbedrijven (65 ha) in het gebied van Greenport Venlo bedraagt 65 * 140 = 9.100 ton. Enkele tuinbouwbedrijven beschikken nu over een WKK-installatie waarmee de CO₂-vraag kan worden gedekt (een WKK produceert, naast elektriciteit en warmte, CO₂ met de rookgassen). De stijgende energieprijzen maken toepassing van relatief goedkope aardwarmte steeds aantrekkelijker. Wanneer de tuinbouwbedrijven overschakelen van WKK-warmte naar aardwarmte, wordt er geen CO₂ meer geproduceerd. Daarmee is een alternatieve CO₂-bron voor deze bedrijven noodzakelijk. De RMS-installatie kan met een jaarlijkse productie van 34.000 ton ruimschoots aan de huidige vraag voldoen. De installatie produceert voldoende CO₂ voor bijna 250 hectare glastuinbouw.

7 Conclusies

De door RMS voorgestelde combinatie van technieken is naar onze mening technisch haalbaar, wanneer onderstaande punten aangepast en/of nader uitgewerkt worden:

1. De geschiktheid van grootschalige rechthoekige foliebassins voor de vergisting van drijfmest en bermgras is niet voldoende aangetoond. Dit is, mede gezien de voorgestelde schaalgrootte, een cruciaal aandachtspunt.
2. De zuivering van proceslucht uit verschillende onderdelen van het RMS systeem dient behalve op het reduceren van de ammoniakemissie ook gericht te zijn op het vergaand reduceren van de emissies van geur en fijnstof.

Daarnaast blijkt uit de studie dat:

1. De energievraag van het RMS systeem bijna even hoog is als de energie-inhoud van het geproduceerde biogas. De verhouding tussen het energiegebruik en de energieproductie kan verbeterd worden door het toepassen van energiezuinige technieken en integratie van warmteproducerende en warmtevragende processen.
2. Synergie-effecten in potentie aanwezig zijn, maar dat in de huidige situatie sprake is van onevenwichtigheid tussen vraag en aanbod van grondstoffen en producten. Dit betreft met name de beperkte beschikbaarheid van geothermische energie.

8 Referenties

Ecofys (2002). Haalbaarheid van co-vergisting van oogstresten in de mestvergister in de Wieringermeer. E30045. ROB-projectnummer 0375-01-01-02-003 4800000115. Ecofys, Utrecht.

Eco-scan (2013). Hernieuwing en wijziging van een bestaande mestverwerkingsinstallatie vergund voor het verwerken van 150.000 ton varkensmest per jaar, MER (PR0697). Niet Technische Samenvatting.

Frost, P.; Gilkinson, S.; 2011, Interim technical Report, 27 Months Performance Summary for anaerobic digestion of dairy cow slurry at AFBI Hillsborough

Melse, R.W.; N. Verdoes (2005) Evaluation of four farm-scale systems for the treatment of liquid pig manure. Biosyst. Eng. Vol 92 No 1 pp 47-57. doi:10.1016/j.biosystemseng.2005.05.004.

Melse, R.W.; P. Hofschreuder; N.W.M. Ogink (2012). Removal of particulate matter (PM10) by air scrubbers at livestock facilities: results of an on-farm monitoring program. T. ASABE. Vol 55 No 2 pp 689-698.

Melse, R.W.; J.M.G. Hol (2012). Maatregelen ter vermindering van fijnstofemissie uit de pluimveehouderij: biofiltratie van ventilatielucht uit een mestdroogstelsel bij een leghennenstal. Rapport 498. Wageningen UR Livestock Research, Lelystad.

Mosquera, J.; J.M.G. Hol; A. Winkel; E. Lovink; N.W.M. Ogink; A.J.A. Aarnink. (2011). Fijnstofemissie uit stallen: vleesvarkens. Rapport 292. Herzien versie januari 2011. Wageningen UR Livestock Research, Lelystad.

Skowrońska, M.; T. Filipek (2013). Life cycle assessment of fertilizers: a review. Int. Agrophys., 2014, 28, 101-110.

STOWA 2011-33, Optimalisatie WKK en Biogasbenutting

TNO (2011). Handleiding bij het softwarepakket CAR II versie 10.0. Versie 28-03-2011.

VITO 2007, Lemmens, B; *et al*, Beste Beschikbare Technieken (BBT) voor mestverwerking

Bijlage 1 Massabalansen

Per processtap van de RMS installatie wordt een berekende massabalans gegeven.

Massabalans van co-vergisting

	vleesvarkensmest	bermgras	mengsel	digestaat	biogas
				(omz. N-org naar N-min: 25%)	
Deel van totaal	0,75	0,25	1		
N-org (kg/ton)	4,6	12,5	6,58	5,46	0
N-min (kg/ton)	2,5	0	1,88	3,90	0
N-total (kg/ton)	7,1	12,5	8,45	9,36	0
H ₂ O (kg/ton)	907	600	830	920	0
Droge stof (kg/ton)	93	400	170	80,1	1000
Org. stof (kg/ton)	43	350	120	24,7	1000
P ₂ O ₅ -totaal (kg/ton)	4,6	1,78	3,90	4,32	0
K ₂ O (kg/ton)	5,8	6	5,85	6,48	0
Flow (ton/jaar)	450000	150000	600000	541501	58499
N-org (ton/jaar)	2070	1875	3945	2959	0
N-min (ton/jaar)	1125	0	1125	2111	0
N-total (ton/jaar)	3195	1875	5070	5070	0
H ₂ O (ton/jaar)	408150	90000	498150	498150	0
Droge stof (ton/jaar)	41850	60000	101850	43351	58499
Org. stof(ton/jaar)	19350	52500	71850	13351	58499
P ₂ O ₅ (ton/jaar)	2070	267	2337	2337	0
K ₂ O (ton/jaar)	2610	900	3510	3510	0

Massabalans van scheiding digestaat

	digestaat	dikke fractie	dunne fractie
Deel van totaal		0,185	0,815
N-org (kg/ton)	5,46	20,5	2,06
N-min (kg/ton)	3,90	0,20	4,74
N-total (kg/ton)	9,36	20,7	6,80
H ₂ O (kg/ton)	920	700	970
Droge stof (kg/ton)	80,1	300	30,1
Org. stof (kg/ton)	24,7	92,4	9,28
P ₂ O ₅ -totaal (kg/ton)	4,32	16,2	1,62
K ₂ O (kg/ton)	6,48	4,93	6,83
Flow (ton/jaar)	541501	100178	441324
N-org (ton/jaar)	2959	2051	908
N-min (ton/jaar)	2111	19,6	2092
N-total (ton/jaar)	5070	2071	2999
H ₂ O (ton/jaar)	498150	70124	428026
Droge stof (ton/jaar)	43351	30053	13298
Org. stof(ton/jaar)	13351	9256	4096
P ₂ O ₅ (ton/jaar)	2337	1620	717
K ₂ O (ton/jaar)	3510	494	3016

Massabalans van drogen dikke fractie/concentraat

	dikke fractie	concentraat	te drogen mengsel	pellets	waterdamp(*) (Afscheiding NH ₄ ⁺ : 95%)
N-org (kg/ton)	20,5	20,6	20,5	61,4	0
N-min (kg/ton)	0,20	4,74	1,58	0,24	2,26
N-total (kg/ton)	20,7	25,3	22,1	61,7	2,26
H ₂ O (kg/ton)	700	699	700	100	1000
Droge stof (kg/ton)	300	301	300	900	0
Org. stof (kg/ton)	92,4	92,8	92,5	277	0
P ₂ O ₅ -totaal (kg/ton)	16,2	16,2	16,2	48,5	0
K ₂ O (kg/ton)	4,93	68,3	24,3	72,9	0
Flow (ton/jaar)	100178	44132	144310	48168	96142
N-org (ton/jaar)	2051	908	2959	2959	0
N-min (ton/jaar)	19,6	209	229	11,4	217
N-total (ton/jaar)	2071	1117	3187	2970	217
H ₂ O (ton/jaar)	70124	30834	100959	4816,8	96142
Droge stof (ton/jaar)	30053	13298	43351	43351	0
Org. stof(ton/jaar)	9256	4096	13351	13351	0
P ₂ O ₅ (ton/jaar)	1620	717	2337	2337	0
K ₂ O (ton/jaar)	494	3016	3510	3510	0

(*) Behandeling van damp uit de droger vergt 761 ton zwavelzuur extra.

Massabalans van indampen dunne fractie

	dunne fractie	concentraat	damp (Afscheiding NH ₄ ⁺ : 90%)
Massa ratio		0,1	0,9
N-org (kg/ton)	2,06	20,6	0
N-min (kg/ton)	4,74	4,74	4,74
N-total (kg/ton)	6,80	25,3	4,74
H ₂ O (kg/ton)	970	699	995
Droge stof (kg/ton)	30,1	301	0
Org. stof (kg/ton)	9,28	92,8	0
P ₂ O ₅ -totaal (kg/ton)	1,62	16,2	0
K ₂ O (kg/ton)	6,83	68,3	0
Flow (ton/jaar)	441324	44132	397191
N-org (ton/jaar)	908	908	0
N-min (ton/jaar)	2092	209	1883
N-total (ton/jaar)	2999	1117	1883
H ₂ O (ton/jaar)	428026	30834	395309
Droge stof (ton/jaar)	13298	13298	0
Org. stof(ton/jaar)	4096	4096	0
P ₂ O ₅ (ton/jaar)	717	717	0
K ₂ O (ton/jaar)	3016	3016	0

Massabalans van strippen damp

	Inlet		Outlet	
	damp	H ₂ SO ₄ (100%)	water	(NH ₄) ₂ SO ₄ oplossing (massa: 95% N-gehalte: 20,1%)
N-org (kg/ton)	0	0	0	0
N-min (kg/ton)	4,74	0	0,01	201
N-total (kg/ton)	4,74	0	0,01	201
H ₂ O (kg/ton)	995	0	1001	50
Droge stof (kg/ton)	00	1000	0	950
Org. stof (kg/ton)	0	0	0	0
P ₂ O ₅ -totaal (kg/ton)	0	0	0	0
K ₂ O (kg/ton)	0	0	0	0
Flow (ton/jaar)	397191	6596	394438	9349
N-org (ton/jaar)	0	0	0	0
N-min (ton/jaar)	1883	0	3,86	1879
N-total (ton/jaar)	1883	0	3,86	1879
H ₂ O (ton/jaar)	395309	0	394841	467
Droge stof (ton/jaar)	0	6596	0	8882
Org. stof(ton/jaar)	0	0	0	0
P ₂ O ₅ (ton/jaar)	0	0	0	0
K ₂ O (ton/jaar)	0	0	0	0
M-H ₂ SO ₄	98,1	g/mol		
M-(NH ₄) ₂ SO ₄	132	g/mol		

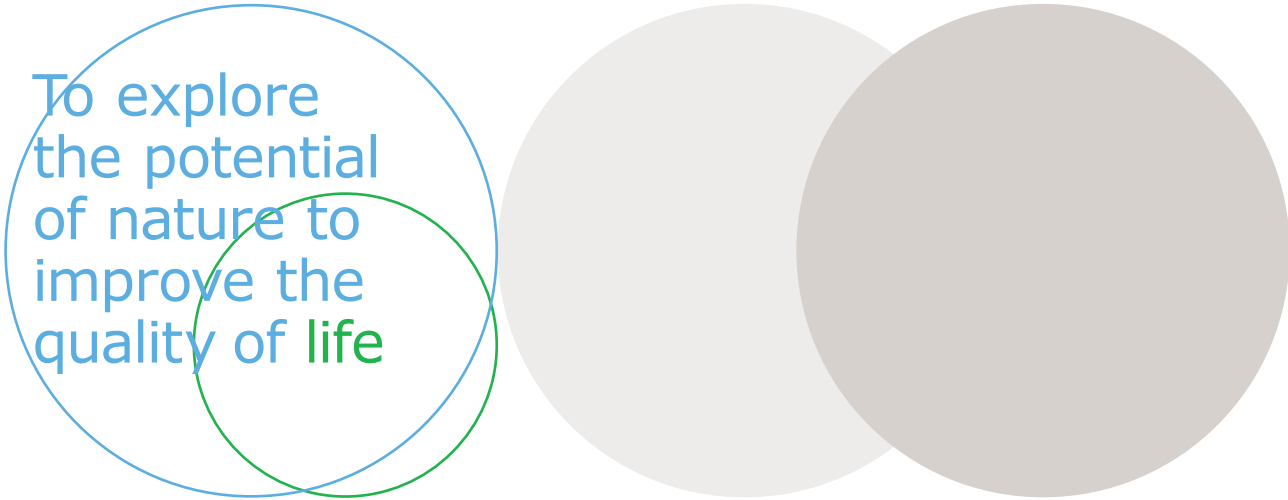
Wageningen UR Livestock Research
Postbus 338
6700 AH Wageningen
T 0317 483953
info.livestockresearch@wur.nl
www.wageningenUR.nl/livestockresearch

Livestock Research Report 791



Wageningen UR Livestock Research ontwikkelt kennis voor een zorgvuldige en renderende veehouderij, vertaalt deze naar praktijkgerichte oplossingen en innovaties, en zorgt voor doorstroming van deze kennis. Onze wetenschappelijke kennis op het gebied van veehouderijsystemen en van voeding, genetica, welzijn en milieu-impact van landbouwhuisdieren integreren we, samen met onze klanten, tot veehouderijconcepten voor de 21e eeuw.

De missie van Wageningen UR (University & Research centre) is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen UR bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.000 medewerkers en 9.000 studenten behoort Wageningen UR wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.



To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life

Wageningen UR Livestock Research
Postbus 338
6700 AH Wageningen
T 0317 480 10 77
E info.livestockresearch@wur.nl
www.wageningenUR.nl/livestockresearch

Livestock Research Rapport 791



Wageningen UR Livestock Research ontwikkelt kennis voor een zorgvuldige en renderende veehouderij, vertaalt deze naar praktijkgerichte oplossingen en innovaties, en zorgt voor doorstroming van deze kennis. Onze wetenschappelijke kennis op het gebied van veehouderijsystemen en van voeding, genetica, welzijn en milieu-impact van landbouwhuisdieren integreren we, samen met onze klanten, tot veehouderijconcepten voor de 21e eeuw.

De missie van Wageningen UR (University & Research centre) is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen UR bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.000 medewerkers en 9.000 studenten behoort Wageningen UR wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.
