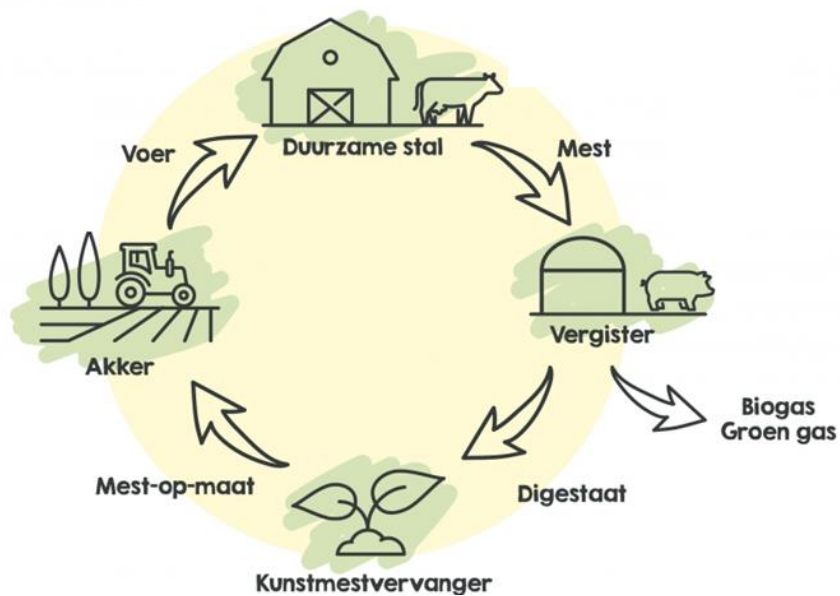


RENURE de missende schakel in kringloop van mestvergisting

Afstudeerscriptie Agrarisch ondernemerschap & Tuin- akkerbouw



Kringloop landbouw mestvergisting



Afstudeerwerkstuk:

RENURE de missende schakel in kringloop van mestvergisting

Hoe kan een exploitant van een biogasinstallatie zijn digestaat verwerken tot een kunstmestvervanger RENURE en wordt dit beloont?

Auteur:	Joost van der Knijff
Hogeschool:	Aeres hogeschool Dronten
Opleiding:	Tuin- akkerbouw Agrarisch ondernemerschap
Studentnummer:	3024509
Afstudeerdocent:	Dhr. Nysten
Plaats:	Dronten
Datum:	07-06-2022

DISCLAIMER

Dit rapport is gemaakt door een student van Aeres Hogeschool als onderdeel van zijn/haar opleiding. Het is géén officiële publicatie van Aeres Hogeschool. Dit rapport geeft niet de visie of mening van Aeres Hogeschool weer. Aeres Hogeschool aanvaardt geen enkele aansprakelijkheid voor enige schade voortvloeiend uit het gebruik van de inhoud van dit rapport

Voorwoord

Voor het afronden van de opleiding Tuin- en Akkerbouw Agrarisch Ondernemerschap aan de Aeres Hogeschool Dronten heb ik een afstudeerwerkstuk geschreven over de mogelijkheden om digestaat van een biogasinstallaties te verwerken tot een kunstmestvervanger. Door de actualiteiten rondom kunstmestvervangers en kringlooplandbouw leek het mij interessant om deze mogelijkheden te onderzoeken. De uitkomsten van dit onderzoek zijn informatief voor biogasexploitanten, veehouders en akkerbouwers.

Graag wil ik de heer Sylvan Nysten bedanken voor de begeleiding en feedback bij het opstellen van dit afstudeerwerkstuk.

Ik wens u veel lees plezier.

Samenvatting

De landbouwsector kan een deel van de oplossing worden van de stikstof- en klimaat problematiek. Anders dan in andere sectoren, zullen in de landbouw altijd stikstof- en broeikasgasemissies plaatsvinden. Dat is onderdeel van de cyclus van planten en dieren. Zonder een duurzame en toekomstbestendige landbouw gaan we de klimaatdoelen niet halen. Mestvergisting biedt perspectief voor de landbouw. Door het vergisten van mest wordt aan de ene kant methaan emissie naar de atmosfeer voorkomen en wordt aan de andere kant biogas opgewekt. Biogas kan omgezet worden tot groengas (aardgas), elektriciteit en warmte. En daarmee fossiele brandstoffen vervangen. Mestvergisting is een belangrijke schakel bij het produceren van groene energie, het sluiten van kringlopen en het reduceren van emissies zoals ammoniak en methaan. Reststromen uit de verwerkende industrie kunnen worden hergebruikt bij vergisting wat zorgt voor minder afval. Het eindproduct dat overblijft na vergisting wordt digestaat genoemd en moet op dit moment volgens de regels van dierlijke mest worden uitgereden. Doordat digestaat als dierlijke mest wordt aangemerkt moet het concurreren met dierlijke mest in dezelfde markt. Omdat er in Nederland een overschot aan mest wordt geproduceerd zijn er kosten verbonden aan het afzetten van mest of digestaat.

De mogelijke toelating van kunstmestvervanger RENURE kan daar verandering in brengen. Kunstmestvervangers zijn stikstofhoudende meststoffen die gewonnen worden uit dierlijke mest, of digestaat waar dierlijke mest voor is gebruikt. Bij kunstmestvervangers wordt de totale stikstofgebruiksnorm van maximaal 170 kg stikstof dierlijke mest per hectare vergroot naar maximaal 230 kg stikstof per hectare. Door het digestaat te verwerken tot een kunstmestvervanger is de kringloop van mestvergisting rond. Dit onderzoek gaat in op mogelijkheden om digestaat te verwerken tot een kunstmestvervanger en ook of dat investeren in het maken van kunstmestvervangers wordt beloont. Het onderzoek betreft een literatuur onderzoek. Omdat kunstmestvervangers worden geproduceerd uit dierlijke mest of digestaat is er eerst onderzoek gedaan naar de mestmarkt en de toekomst daarvan. Daarnaast is er ook onderzoek gedaan naar de verwerkingstechnieken, verwerkingskosten en de eindproducten.

Uit het onderzoek is naar voren gekomen dat het mogelijk is om kunstmestvervangers te produceren met membraanfiltratie of stikstofstrippen, maar op dit moment is het te risicovol om te investeren in verwerkingstechnieken. Er zijn grote onzekerheden die het verdienmodel van mestverwerking beïnvloeden: De toekomst van de mestmarkt is onzeker door de verplichte inkrimping van de veestapel, de wet en regelgeving van kunstmestvervangers is nog niet definitief en de verwerkingstechnieken moeten worden verbeterd. De huidige technieken hebben te hoge verwerkingskosten en te lage gehalten in de eindproducten. Op dit moment zijn er nog te veel onzekerheden maar deze ontwikkelingen bieden wel perspectief voor de toekomst. Wanneer de toelating van kunstmestvervangers definitief is geeft een vervolg onderzoek meer duidelijkheid over de mogelijkheden voor kunstmestvervangers.

Summary

The agricultural sector can become part of the solution to the nitrogen and climate problem. Unlike other sectors, agriculture will always produce nitrogen and greenhouse gas emissions. This is part of the plant and animal cycle. Without sustainable and future-proof agriculture, we will not achieve the climate goals. Manure fermentation offers perspective for agriculture. Fermenting manure prevents methane emissions into the atmosphere on the one hand and generates biogas on the other. Biogas can be converted into green gas (natural gas), electricity and heat. And thus replace fossil fuels. Manure fermentation is an important link in the production of green energy, closing cycles and reducing emissions such as ammonia and methane. Waste streams from the processing industry can be reused in fermentation, which reduces waste. The end product that remains after fermentation is called digestate and must currently be spread according to the rules of animal manure. Because digestate is considered as animal manure, it has to rival with animal manure in the same market. Because a surplus of manure is produced in the Netherlands, there are costs associated with the disposal of manure or digestate.

The possible admission of fertiliser substitute RENDURE may change this. Fertiliser substitutes are nitrogenous fertilisers extracted from animal manure, or digestate for which animal manure has been used. With fertiliser substitutes, the total nitrogen usage standard is increased from a maximum of 170 kg nitrogen from animal manure per hectare to a maximum of 230 kg nitrogen per hectare. By processing the digestate into a fertiliser substitute, the cycle of manure fermentation is completed. This study explores the possibilities of processing digestate into a fertiliser substitute and also whether investment in making fertiliser substitutes pays off. The research concerns a literature study. Because substitutes fertiliser are produced from animal manure or digestate, research was first conducted into the manure market and its future. Research has also been done on processing techniques, processing costs and the end products.

The research showed that it is possible to produce fertiliser substitutes with membrane filtration or nitrogen stripping, but at the moment it is too risky to invest in processing techniques. There are large uncertainties that affect the revenue model of manure processing: The future of the manure market is uncertain due to the required reduction of livestock, the laws and regulations of fertiliser substitutes are not yet final and the processing techniques need to be improved. The current techniques have too high processing costs and too low contents in the end products. At the moment there are still too many uncertainties, but these developments do offer prospects for the future. When the authorisation of fertiliser substitutes is final, a follow-up study will provide more clarity on the possibilities for artificial fertiliser substitutes.

Inhoudsopgave

Voorwoord	2
Samenvatting.....	3
Summary	4
1. Inleiding	7
1.1. Van kunstmest naar kringloop	7
1.2. Intensieve landbouw	8
1.3. Broeikasgassen	9
1.4. Hernieuwbare energie.....	10
1.5. Stikstofcrisis.....	11
1.6. Bemesting en wetgeving	12
1.7. Productie van Kunstmestvervangers.....	13
1.8. Toekomstbestendige landbouw	14
1.9. Hoofd- en deelvragen.....	15
1.9.1. Doelstelling.....	15
2. Materiaal en methode.....	16
3. Resultaten.....	18
3.1. Welke veranderingen spelen er op de dierlijke mestmarkt en wat voor effect zal dit hebben op de productie van kunstmestvervangers ?	18
3.1.1. Huidige dierlijke mestmarkt	18
3.1.2. Veranderingen toekomst van dierlijke mestmarkt	20
3.1.3. Markt Kunstmestvervangers	23
3.2. Welke technieken kunnen worden toegepast voor het maken van kunstmestvervangers uit digestaat?	25
3.2.1. Eisen voor RENURE kunstmestvervangers	25
3.2.2. Verwerkingstechniek.....	26
3.2.3. Gesprekken met Fabrikanten	36
3.3. Wat zijn de eindproducten en welke verwerkingskosten zijn er?	37
3.3.1. Digestaat verwerkingssysteem “GENIAAL” Groot-zevert vergisting.....	37
3.3.2. Eindproducten “geniaal-systeem”	38
3.3.3. Kostprijs berekening.....	39
3.3.4. Detricon stikstofstripper	40
3.3.5. Eindproducten stikstofstripper.....	41
3.3.6. Kostprijs berekening	41
4. Discussie	42

4.1. Welke veranderingen spelen er op de dierlijke mestmarkt en wat voor effect zal dit hebben op de productie van kunstmestvervangers ?	42
4.2. Welke technieken kunnen worden toegepast voor het maken van kunstmestvervangers uit digestaat?	44
4.3. Wat zijn de eindproducten en welke verwerkingskosten zijn er?	46
4.4. Reflectie op onderzoeksmethode	48
5. Conclusie en aanbevelingen	49
5.1. Welke veranderingen spelen er op de dierlijke mestmarkt en wat voor effect zal dit hebben op de productie van kunstmestvervangers ?	49
5.2. Welke technieken kunnen worden toegepast voor het maken van kunstmestvervangers uit digestaat?	49
5.3. Wat zijn de eindproducten en welke verwerkingskosten zijn er?	50
5.4. Hoofdvraag: Hoe kan een exploitant van een biogasinstallatie zijn digestaat verwerken tot een kunstmestvervanger RENURE en wordt dit beloont?	50
5.5. Aanbevelingen	50
Bibliografie	51
7. Bijlage	54
Bijlage 1	54
Bijlage 2	56
Bijlage 3	58
Bijlage 4	60
Bijlage 5.	61
Bijlage 6.	62

1. Inleiding

Nederland is uitgegroeid tot één van de grootste exporteurs van agrarische producten te wereld. De Nederlandse landbouwexport van 2020 wordt door het Centraal Bureau voor de Statistiek beraamd op 95,6 miljard euro (CBS, 2021). De Nederlandse landbouw is in staat om kwalitatief goed voedsel te produceren met hoge opbrengsten.

Echter, de toekomst van de landbouw in Nederland is een veelbesproken thema. Dit komt onder andere door de stikstof- en klimaatproblematiek. Om verdere opwarming van de aarde en de daaruit voortvloeiende extreme weersomstandigheden te voorkomen, moeten we minder broeikasgassen gaan uitstoten (Rijksoverheid, 2021). Een efficiënte productie blijft noodzakelijk omdat de wereldbevolking blijft groeien. Onderzoeken laten zien dat de vraag naar voedsel tussen 2010-2050 met 35% tot 56% zal stijgen (Dijk, 2021).

Om de stikstof- en klimaatproblematiek op te lossen heeft het ministerie van LNV een nieuw landbouwbeleid dat gericht is op kringlooplandbouw. Bij kringlooplandbouw komt zo min mogelijk afval vrij, is de uitstoot van schadelijke stoffen zo klein mogelijk en worden grondstoffen en eindproducten met zo min mogelijk verliezen benut (Ministerie LNV, 2018). Dit landbouwbeleid biedt kansen voor mestvergistings en het maken van kunstmestvangers.

De Europese Commissie heeft een onderzoek laten uitvoeren naar het gebruik van kunstmestvervangers uit dierlijke mest. RENURE staat voor REcoverd Nitrogen from manURE ofwel teruggewonnen stikstof uit dierlijke mest. RENURE is geen dierlijke mest en geen kunstmest. Ten aanzien van de gebruiksnorm is het kunstmest, maar ten aanzien van het gebruik zullen er voorwaarden komen die meer lijken op die van dierlijke mest. RENURE-producten zouden gebruikt kunnen worden bovenop de 170kg N/ha/jaar vanuit dierlijke mest, wat een boost kan geven aan de circulaire economie. De wet en regelgeving moet nog Europees goedgekeurd worden, naar verwachting zal dit eind 2022 gebeuren wanneer het 7e actie programma nitraatrichtlijn wordt geïntroduceerd.

1.1. Van kunstmest naar kringloop

De landbouwsector wordt mede gevormd door het beleid van de overheid. Sicco Mansholt was minister van landbouw na de tweede wereldoorlog. Door het voedseltekort tijdens de oorlog was het landbouwbeleid gericht op het verhogen van productiviteit en daarmee voedselzekerheid veilig te stellen. Het doel van het nieuwe voedselsysteem was om zo veel mogelijk en zo goedkoop mogelijk voedsel te produceren (Boersma, Weg met het hokjesdenken in de landboskrant, 2018).

Het landbouwbeleid van Mansholt zorgde voor een grote transformatie van de Nederlandse landbouwsector. Van een kleinschalig en arbeidsintensief naar een moderne, efficiënte en grootschalige landbouwsector. De uitvinding van kunstmest zorgde voor hogere opbrengsten. Dit landbouwsysteem zorgt wel voor negatieve effecten op het milieu, natuur en dierenwelzijn (Europees Milieu Agentschap, 2015).

Het landbouwbeleid heeft Nederlandse land- en tuinbouw en visserij wereldwijd toonaangevend gemaakt. De Nederlandse landbouw is in staat om voedsel van hoge kwaliteit tegen zo laag mogelijke kosten te produceren. Volgens de huidige minister van landbouw heeft de intensieve landbouw een groot aantal maatschappelijke uitdagingen. Zo dreigt de bodem uitgeput te raken, hebben we te maken met een verlies aan biodiversiteit en heeft Nederland zich gecommitteerd aan het klimaatakkoord (Ministerie LNV, 2018).

De toekomstvisie van de minister op het landbouwbeleid staat beschreven in het rapport: 'Landbouw, natuur en voedsel: waardevol en verbonden'. De Nederlandse landbouw moet omschakelen naar een ander systeem van voedsel produceren: kringlooplandbouw. Bij kringlooplandbouw komt zo min mogelijk afval vrij, is de uitstoot van schadelijke stoffen zo klein mogelijk en worden grondstoffen en eindproducten met zo min mogelijk verliezen benut.

Kringlooplandbouw biedt daarmee mogelijkheden om de uitstoot van broeikasgassen vanuit de landbouw in grotere mate tegen te gaan. De omslag naar een sterke en duurzame landbouw krijgt verder vorm door wet- en regelgeving aan te passen om het gebruik van kunstmest terug te dringen en dierlijke mest te bevorderen (Ministerie LNV, 2018). Kringlooplandbouw maakt het mogelijk om kunstmestvervangers uit dierlijke mest te gebruiken in plaats van kunstmest.

1.2. Intensieve landbouw

In Nederland hebben we relatief veel dieren op een klein oppervlakte en gebruiken we onze landbouwgronden intensief. Veel dieren betekent ook dat er veel mest ontstaat. In Nederland wordt meer dierlijke mest geproduceerd dan op alle Nederlandse landbouwgronden uitgereden kan worden hierdoor is er overschot aan mest ontstaan. Een gedeelte van mest moet worden opgeslagen of verwerkt. Bij het opslaan van mest en het uitrijden van de mest ontstaan broeikasgassen als methaan, lachgas en Ammoniak. Deze broeikasgassen hebben effect op klimaatverandering. De effecten van broeikasgassen worden in de volgende paragraaf besproken.

In grote delen van de wereld is dierlijke mest een waardevol product maar in Nederland en andere regio's in de Europese unie wordt mest eerder als een probleem gezien omdat in deze regio's een overschot aan mest wordt geproduceerd. Veehouderijbedrijven die een bedrijfsoverschot aan mest produceren hebben een mestverwerkingsplicht. Hiermee wil de overheid zorgen voor minder druk op de gebruiksnormen en een evenwicht creëren tussen mestproductie en mestafzetmogelijkheden. Door het mestoverschot heeft de mest in deze regio's een negatieve waarde dit betekent dat boeren geld moeten betalen om de mest af te voeren. Door de mogelijke toelating van kunstmestvervangers uit dierlijke mest zal de mestmarkt van dierlijke mest in de toekomst veranderen.

1.3. Broeikasgassen

Door de toename van broeikasgassen in de lucht stijgt de temperatuur van de aarde waardoor het klimaat verandert. Omdat de landbouw één van de kwetsbaarste sectoren is voor klimaatverandering is het van belang om maatregelen te nemen. Het broeikaseffect zal in deze paragraaf verder toegelicht worden.

De zon verwarmt de aarde, de aarde straalt de warmte weer uit. Broeikasgassen houden de warmtestraling vast. De warmtestraling van de grond kan niet ongehinderd naar de ruimte stralen. Moleculen zoals stikstof (N_2) en zuurstof (O_2) zijn doorzichtig voor warmtestraling. Complexere moleculen zoals waterdamp (H_2O), kooldioxide (CO_2) en methaan (CH_4) zijn dat echter niet en nemen de warmtestraling op. De toename in de atmosfeer van deze gassen versterkt het broeikaseffect en dit leidt tot een warmer klimaat (KNMI, sd).

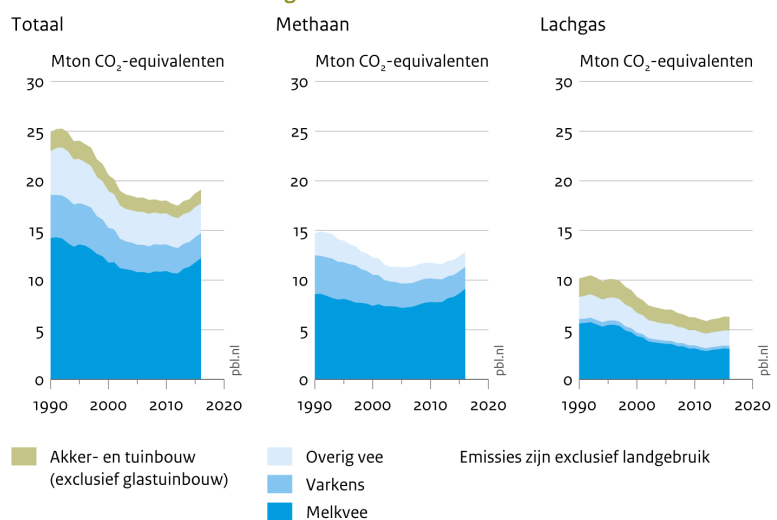
Sinds de industriële revolutie is het broeikaseffect sterk toegenomen. Dit komt doordat de mens fossiele brandstoffen zoals olie, kolen en gas is gaan gebruiken. Ontbossing, industriële en agrarische activiteiten zorgen ook voor extra uitstoot van broeikasgassen. De verhoogde concentratie van broeikasgassen in de atmosfeer leidt tot extra opwarming aan het aardoppervlak. Om deze reden spreekt men ook wel van het versterkte broeikaseffect. De waargenomen stijging van de temperatuur op aarde in de laatste 50 jaar is zo goed als zeker voor het grootste deel veroorzaakt door de toename van broeikasgassen (IPCC, 2013) (Akasofu, 2018).

De broeikasgas-uitstoot van Nederlandse landbouw bestaat voornamelijk uit: 28% koolstofdioxide (CO_2), 49% methaan (CH_4) en 23% lachgas (N_2O). Ongeveer driekwart van de koolstofdioxide wordt veroorzaakt door de glastuinbouw door het hoge aardgasverbruik. Ook de kunstmestindustrie in Nederland gebruikt 10,67 % van het totale aardgas verbruik in de industriële sector (Stephen Chong, 2020). Het gebruik van kunstmest verlagen kan een bijdrage leveren aan een besparing op het aardgasverbruik wat zorgt voor minder broeikasgassenuitstoot.

De broeikasgassen van methaan en lachgas zijn onlosmakelijk verbonden met dieren, mest en bodemprocessen.

De emissies van methaan en lachgas door de landbouw zijn sinds 1990 ongeveer met een kwart afgenomen, zie figuur 1.3. De daling is onder andere het gevolg van het mestbeleid en melkquotum. Het mestbeleid heeft geleid tot het terugdringen van stikstofbemesting en zo tot een daling van de lachgasemissies. (Planbureau voor de leefomgeving, 2018)

Emissie van methaan en lachgas door landbouw



Bron: Emissieregistratie; bewerking PBL

Figuur 1.3. emissies door landbouw

De eis die in het Klimaatakkoord staat, is dat in 2030 de CO₂-uitstoot in Nederland met bijna de helft verminderd moet zijn ten opzichte van 1990. In de praktijk betekent dit een CO₂-reductie van maar liefst 48,7 megaton CO₂ in de komende 9 jaar. In de landbouw moet de CO₂-uitstoot met 3,5 megaton omlaag (Klimaatcrisis Beleid Team, 2021). Dit percentage past bij de ambitie van het Parijs-akkoord om te streven naar een temperatuurstijging van maximaal 1,5 graad en ruim onder de 2 graden in het jaar 2100.

1.4. Hernieuwbare energie

In het klimaatakkoord zijn ook afspraken gemaakt over de energietransitie. Met als doel overstappen van fossiele brandstoffen naar duurzame energiebronnen zoals zon, wind en biomassa. Ook dragen hernieuwbare energiebronnen bij aan een vermindering van de uitstoot van broeikasgassen. Een overgang naar een duurzame energievoorziening is belangrijk om klimaatverandering tegen te gaan. In 2030 moet minimaal 32% van de opgewekte energie in de Europese Unie duurzaam zijn geproduceerd. Naast Europese doelen heeft Nederland de ambitie om in 2050 100% duurzame energie te verbruiken. (Renewable and sustainable energy, 2016)

De agrarische sector kan een grote rol spelen in de energietransitie. Agrarische bedrijven beschikken namelijk over de ruimte, gebouwen, daken en biomassa waarmee duurzame energie opgewekt kan worden.

Mestvergisting is een interessante methode om hernieuwbare energie te produceren. Het principe van vergisting is een biologisch-chemisch proces waarbij bacteriën in zuurstofloze omstandigheden organisch materiaal afbreken tot biogas (Ekwadraat, 2022). Biogas kan doormiddel van een WKK omgezet worden in elektriciteit en warmte of het biogas wordt opgewaardeerd tot aardgas. Mestvergisting heeft twee effecten, er wordt duurzame energie opgewekt en er worden emissies van broeikasgassen zoals methaan gereduceerd (VanderZaag & Balde, 2022). Methaan is namelijk een sterk broeikasgas.

Mestvergisting kan in verschillende vormen, één daarvan is co-vergisting. Bij co-vergisting wordt dierlijke mest samen met co-producten vergist. De input bestaat voor minimaal 50% uit dierlijke mest. Als co-producten worden vaak reststromen uit de voedingsmiddelenindustrie gebruikt. Het voordeel van deze manier van vergisten is dat reststromen kunnen worden omgezet tot duurzame energie. Hiermee wordt ook een bijdrage geleverd voor de circulaire economie.

Het eindproduct na co-vergisting wordt digestaat genoemd en mag volgens de regels van dierlijke mest worden uitgereden. Nadeel van co-vergisting is dat er meer mest ontstaat dan dat er ingaat omdat de vergiste co-producten ook mest zijn geworden. Digestaat moet concurreren in een overvolle dierlijke mestmarkt. De afzet kosten van digestaat zijn vaak fors wat leidt tot een slechter rendement van vergistingsinstallatie. (Hoeksma, Verwerking van digestaat uit co-vergisting, 2013). De toelating van kunstmestvervangers kan een oplossing zijn voor dit probleem.

1.5. Stikstofcrisis

Naast broeikasgassen heeft Nederland nog een uitdaging, het terugdringen van de stikstofuitstoot. Nederland heeft de hoogste stikstofuitstoot per hectare, vier keer zo veel als het Europees gemiddelde.

Ongeveer 78% van alle lucht om ons heen bestaat uit stikstof. Stikstof is op zichzelf niet schadelijk voor mens en milieu (RIVM, 2020). Stikstofoxiden (NO_x) en Ammoniak (NH₃) zijn wel schadelijk. 60% van de stikstofuitstoot bestaat uit ammoniak NH₃.

Ammoniak (NH₃) uitstoot komt vooral van de landbouw. Het komt uit de mest van dieren. Bij het uitrijden van mest kan stikstof verdampen als ammoniak en in de lucht terecht komen. Ammoniak blijft maar een paar uur in de lucht en komt meestal binnen een paar kilometer weer op de grond terecht (depositie). Zo belandt het in de natuur of natuurgebieden. Een ander deel van de stikstof kan uitspoelen naar het grondwater. Hierdoor ontstaat er verrijking van voedingstoffen in de natuur waardoor het ecosysteem in de natuur wordt aangepast. Te veel stikstofneerslag in de natuur is schadelijk voor verschillende planten en dieren (Berg, 2010).

In de Europese unie zijn afspraken gemaakt over de bescherming van Natura 2000 gebieden. Met het Programma Aanpak Stikstof (PAS) rekende de overheid met toekomstige stikstofreductie. De Raad van State oordeelde in mei 2019 dat de overheid te ver op de zaken vooruitliep met het PAS-systeem. Een toestemming 'vooraf' mocht niet. Dat was namelijk in strijd met de Europese natuurwetgeving. De ongeldigheid van PAS heeft geleid tot de 'stikstofcrisis', ongeveer 18.000 projecten moesten worden stilgelegd. Als een activiteit nu mogelijk stikstofuitstoot veroorzaakt op Natura 2000-gebieden moet dit gecompenseerd worden. Om de stikstof uitstoot in de landbouw terug te dringen heeft de overheid een pakket maatregelen met onder andere: Gericht opkopen van veehouderijen rond Natura 2000-gebieden, mestverwerking en kringlooplandbouw.

Bovenstaande maatregelen zullen effect hebben op de mestmarkt. Wanneer er een landbouwbeleid komt dat zich richt op het houden van minder dieren zal het aanbod op de mestmarkt afnemen. Dit in combinatie met de mogelijke toelating voor kunstmestvervangers zal leiden tot minder aanbod op de mestmarkt. Waardoor de afzetkosten van mest misschien wel zullen dalen of gaat mest geld opleveren? Een onderzoek naar de marktwerking van de dierlijke mestmarkt zal antwoord geven op deze vraag.

1.6. Bemesting en wetgeving

Uit onderzoek is gebleken dat bemesting invloed heeft op opbrengst en kwaliteit van gewassen. Om hoge gewas opbrengsten te behalen is het van belang dat er een goede bemesting uitgevoerd wordt, echter te veel bemesten kan leiden tot schade aan het milieu.

Gewassen nemen voedingstoffen op uit de bodem om te groeien. Bij het oogsten van gewassen worden er voedingstoffen uit de bodem afgevoerd. Bemesting zorgt voor toevoer van voedingstoffen en instandhouding van bodemvruchtbaarheid. Een overmaat aan meststoffen kan ervoor zorgen dat onbenutte nutriënten uitspoelen en in het water terecht komen. Dit heeft nadelige effecten op het milieu.

In de nitraatrichtlijn en in de kaderrichtlijn water staat wat EU-landen moeten doen om te voorkomen dat stoffen uit mest het grond- en oppervlaktewater vervuilen. Lidstaten mogen zelf met een meststoffenwet bepalen hoe ze de doelen van richtlijnen willen halen. Nederland heeft een meststoffenwet met normen voor het gebruik van stikstof en fosfaat. De gebruiksnorm voor dierlijke mest is maximaal 170 kilogram stikstof per hectare. Bedrijven die voor minimaal 80% uit grasland bestaan vallen binnen een derogatie regeling. Derogatie bedrijven op zand en löss gronden mogen 230 kilogram stikstof uit dierlijke mest per hectare uitrijden en op kleigronden 250 kilogram stikstof uit dierlijke mest. De totale stikstofgebruiksruimte is afhankelijk van de norm die bij het gewas en grondsoort hoort. De totale fosfaatgebruiksruimte wordt bepaald aan de hand van de bodemvoorraad, plantbeschikbaarheid en totale oppervlakte die in gebruik is.

Wanneer er een toelating is voor kunstmestvervangers en daarmee dus een uitzondering op de nitraatrichtlijn is, mag er boven de 170kg stikstof dierlijke mest uitgereden worden. Op deze manier kunnen er lokale kringlopen ontstaan. Door kunstmestvervangers zal het gebruik van kunstmest dalen wat zal leiden tot minder broeikasgassen uitstoot bij de productie van kunstmest.

In het verleden zijn er onderzoeken gedaan naar emissies van het gebruik van kunstmestvervangers, hieruit is gebleken dat ongeveer dezelfde emissies heeft in een systeem waarbij er gebruik wordt gemaakt van dierlijke mest en kunstmest (Velthof, Ehlert, & Schoumans, 2021). RENURE heeft echter nieuwe strengere criteria en zal daarom ook een beter effect hebben op emissies. Nader onderzoek moet dit bevestigen.

1.7. Productie van Kunstmestvervangers

Er zijn studies gedaan naar het maken van kunstmestvervangers uit mest of digestaat. Daaruit kwam vaak naar voren dat de productiekosten hoog zijn en dat technieken complex zijn en daarom veel managementaandacht nodig hebben. Ook bleek dat de wet en regelgeving nog niet toepasbaar op het eindproduct (Hoeksma, Verwerking van digestaat uit Co-vergisting, 2013). In de loop der jaren zijn er allerlei innovatieve ideeën in de wereld gebracht, die achteraf toch niet bleken te functioneren (Mestverwaarding, 2019).

Het onderzoeksrapport naar RENURE en de mogelijke toelating van kunstmestvervangers maakt het interessant om nog eens naar de verwerkingstechnieken voor kunstmestvervangers te kijken. De nieuwste innovaties in de mestverwerking sector kunnen mogelijk leiden tot minder productiekosten en een eind product met hogere gehalten (MBA, 2019).

De verwerkingstechnieken moet voldoen aan de criteria die gesteld worden aan RENURE:

1: stikstofwerking

De RENURE-status kan pas worden verkregen wanneer het risico op nitraatverliezen niet slechter is dan van de kunstmest-referentie (Haber-Bosch). De stikstof in de meststof is voor minimaal 90% anorganisch / mineraal ($N_{\text{mineraal}}/N_{\text{totaal}} \geq 90\%$)

De verhouding tussen totale koolstof en totale stikstof is lager dan 3 ($C_{\text{totaal}}/N_{\text{totaal}} \leq 3$)

2: ammoniakverliezen

Ammoniak verliezen moeten worden voorkomen. Lidstaten moeten er voor zorgen dat er geen ammoniak en nutriëntenverliezen ontstaan bij aanwending en opslag van RENURE. Dit kan door regelgeving bij aanwenden en opslag.

3: zware metalen

Te hoge gehalten aan zware metalen moeten worden voorkomen.

De volgende eisen worden aan RENURE-meststoffen gesteld:

- Koper (Cu): ≤ 300 mg/kg droge stof
- Zink (Zn): ≤ 800 mg/kg droge stof

4: productiewijze

RENURE worden geproduceerd uit dierlijke mest door een fysisch, chemisch of biologisch proces.

- Het gehalte aan minerale (nitraat- of ammonium-) stikstof ten opzichte van het totale stikstofgehalte wordt verhoogd tijdens het proces.
- Het productieproces garandeert een constante stabiele kwaliteit.

1.8. Toekomstbestendige landbouw

In de bovenstaande paragrafen zijn de uitdagingen voor de landbouw beschreven. De landbouwsector kan een deel van de oplossing worden van de stikstof- en klimaat problematiek. Anders dan in andere sectoren, zullen in de landbouw altijd stikstof- en broeikasgasemissies plaatsvinden. Dat is onderdeel van de cyclus van planten en dieren. Zonder een duurzame en toekomstbestendige landbouw gaan we de klimaatdoelen niet halen (Klimaatcrisis Beleid Team, 2021).

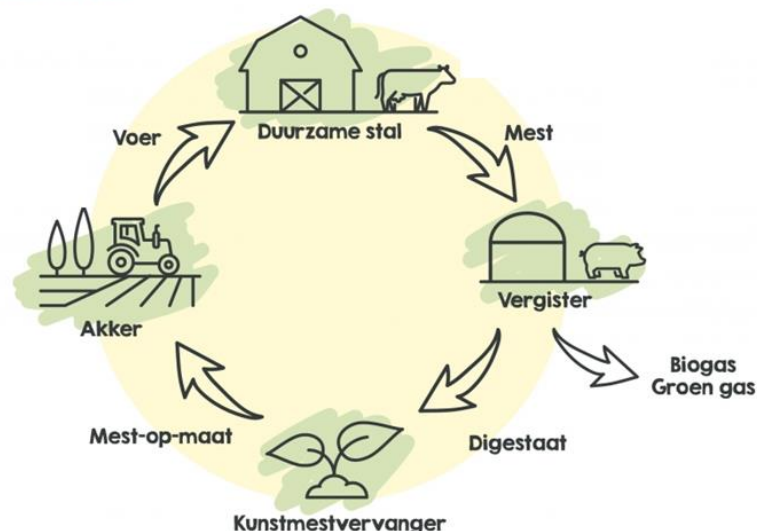
Mestvergisting biedt perspectief voor de landbouw. Vergisting van mest is een interessante mogelijkheid om de broeikasgasemissies van het dierlijk productiesysteem te verminderen. Door het vergisten van mest wordt aan de ene kant methaan emissie naar de atmosfeer voorkomen en wordt aan de andere kant biogas opgewekt. Biogas kan omgezet worden tot groengas (aardgas), elektriciteit en warmte. De geproduceerde groengas, elektriciteit en warmte vervangen de fossiele brandstoffen. (Paolini et al., 2018b).

Mestvergisting is een belangrijke schakel bij het produceren van groene energie, het sluiten van kringlopen en het reduceren van emissies zoals ammoniak en methaan (Ciska Nienhuis, 2020). Reststromen uit de verwerking van producten kunnen hergebruikt worden bij vergisting wat zorgt voor minder afval. Het eindproduct na vergisting wordt digestaat genoemd en mag volgens de regels van dierlijke mest worden uitgereden.

Door het digestaat te verwerken tot een kunstmestvervangers is de kringloop van de mestvergisting rond. In figuur 1.8. is de kringloop van een vergisting installatie te zien. De toelating van RENURE is de missende schakel in de kringloop van mestvergisting. Hierdoor sluit mestvergisting aan op de principes van kringlooptlandbouw: Er komt zo min mogelijk afval vrij, de uitstoot van schadelijke stoffen is zo klein mogelijk en er worden grondstoffen en eindproducten met zo min mogelijk verliezen benut.

Kringloop landbouw

mestvergisting



Figuur 1.8. Kringloop van mestvergister in de landbouw

1.9. Hoofd- en deelvragen

In dit rapport wordt er onderzoek gedaan naar hoe een mestvergistingsinstallatie zijn digestaat kan verwerken tot een kunstmestvervanger. Het betreft een verkennend onderzoek. De uitkomsten van dit onderzoek kunnen interessante uitkomsten bieden voor biogasexploitanten, veehouders en akkerbouwers.

Dit leidt tot de volgende hoofdvraag:

Hoofdvraag: Hoe kan een exploitant van een biogasinstallatie zijn digestaat verwerken tot een kunstmestvervanger RENURE en wordt dit beloont?

Daarbij horende deelvragen:

1. Welke veranderingen spelen er op de dierlijke mestmarkt en wat voor effect zal dit hebben op de productie van kunstmestvervangers ?
2. Welke technieken kunnen worden toegepast voor het maken van kunstmestvervangers uit digestaat?
3. Wat zijn de eindproducten en welke verwerkingskosten zijn er?

1.9.1. Doelstelling

Doel van dit onderzoek is dat als een biogasinstallatie exploitant dit rapport lees hij/zij weet welke mogelijkheden er zijn om digestaat te verwerken tot een kunstmestvervanger en ook of dat investeren in het maken van kunstmestvervangers loont.

2. Materiaal en methode

Om een antwoord te krijgen op de hoofdvraag, zullen alle deelvragen uitgewerkt moeten worden. Er zijn antwoorden gezocht door middel van wetenschappelijke bronnen en literatuur. In dit hoofdstuk wordt per deelvraag beschreven op welke manier er onderzoek wordt gedaan. Het onderzoek betreft een literatuurstudie.

1. Welke veranderingen spelen er op de dierlijke mestmarkt en wat voor effect zal dit hebben op de productie van kunstmestvervangers ?

De afzet van dierlijke mest en het maken van kunstmestvervangers staan met elkaar in verband. Want kunstmestvervangers worden gemaakt uit dierlijke mest. Om te bepalen of het maken van kunstmestvervangers rendabel is, is het van belang om de huidige markt te onderzoeken en welke toekomstige veranderingen er spelen. Met behulp van deskresearch is deze informatie te achterhalen, in de vorm van kwalitatief onderzoek. Aan de hand van de volgende rapporten kan er een analyse gemaakt worden voor de toekomst van de dierlijke mestmarkt. Het Rapport van: `Quickscan van twee beleidspakketten voor het vervolg van de structurele aanpak stikstof (Aaldrik Tiktak, 2021), Rapport van Nederlands centrum mestverwaarding: Analyse ontwikkelingen mestbalans 2030 (Noort, 2021). Ook wordt er een analyse gedaan naar de potentiële markt voor kunstmestvervangers om te bepalen hoe groot de afzetmarkt is van kunstmestvervangers, dit wordt gedaan aan de hand van cijfers van het CBS.

2. Welke technieken kunnen worden toegepast voor het maken van kunstmestvervangers uit digestaat?

Om antwoord te krijgen op deze deelvraag moet er eerst onderzocht worden waar de technieken aan moeten voldoen. Dit wordt gedaan aan de hand van het volgende rapport: Technical proposals for the safe use of processed manure above the threshold established for Nitrate Vulnerable Zones by the Nitrates Directive (91/676/EEC) (Joint Research Centre, 2020). De voorwaarde van de technieken worden in een overzichtelijke tabel geplaatst, op basis daarvan kunnen technieken worden beoordeelt.

De informatie over de technieken zal worden verzameld met behulp van kwalitatieve deskresearch. Websites die voor deze informatie benodigd zijn: Nutriman.net, mestverwaarding.nl. Nutriman is een Europeesplatform voor terugwinning van nutriënten, er zijn wetenschappelijke onderzoeken gedaan naar innovatieve technieken om kunstmestvervangers te maken. De technieken zijn aan de hand niveaus van technologische gereedheid beoordeeld. Mestverwaarding.nl is het Nederlandse platform voor mestverwerking. Daarnaast is het rapport van de WUR (Inge C. Regelink, 2021) geanalyseerd en vergeleken met wetenschappelijke artikelen over membraanfiltratie.

Na het vooronderzoek is ook contact gezocht met fabrikanten van verwerkingstechnieken om kunstmestvervangers te maken. Door de ervaring van deze fabrikanten zijn een aantal vragen beantwoord die anders onduidelijk waren gebleven.

3. Wat zijn de eindproducten en welke verwerkingskosten zijn er?

Aan de hand van het antwoord op deelvraag twee worden er twee verwerkingstechnieken uitgekozen, deze twee verwerkingstechnieken worden met elkaar vergeleken in een kostprijsberekening. Aan de hand van kwalitatieve deskresearch zal de benodigde informatie worden verzameld

Ook het rapport van WUR Evaluatie van verwerkingsinstallaties voor mest en co-vergiste mest wordt geanalyseerd (Inge C. Regelink, 2021). Aan de hand van Wetenschappelijke artikelen over stikstofstrippen, membraanfiltratie en gesprekken met fabrikanten zal de benodigde informatie worden verzameld.

3. Resultaten

3.1. Welke veranderingen spelen er op de dierlijke mestmarkt en wat voor effect zal dit hebben op de productie van kunstmestvervangers ?

Bij deze vraag is er een analyse gedaan naar de huidige dierlijke mestmarkt en de effecten toekomstige veranderingen op de dierlijke mestmarkt. Ook is er een analyse gedaan naar de potentiële markt voor kunstmestvervangers. De afzet van dierlijke mest en het maken van kunstmestvervangers staan met elkaar in verband. Want kunstmestvervangers worden gemaakt uit dierlijke mest. Om te bepalen of het maken van kunstmestvervangers rendabel is, is het van belang om de huidige dierlijke mestmarkt en de toekomst daarvan te onderzoeken. In de literatuur is onderzocht hoe de dierlijke mestmarkt in elkaar steekt en welke verandering er in de toekomst plaats kunnen vinden. De analyse is gedaan met behulp van cijfers van het CBS, rapport PBL: Quicksan van beleidspakketten (Aaldrik Tiktak, 2021) en het rapport Analyse mestbalans 2030 (Noort, 2021) .

3.1.1. Huidige dierlijke mestmarkt

De huidige dierlijke mestmarkt bestaat uit een markt met vraag en aanbod en een mestverwerkingsplicht. De aanbieders zijn bedrijven uit de intensieve veehouderij en de melkveehouderij. De belangrijkste afnemers zijn akkerbouwbedrijven. Het aanbod van mest op de dierlijke mestmarkt is nauwelijks afhankelijk van de prijs van mest. Dit komt doordat mest een bijproduct is van de productie van vlees, melk en eieren. In economische termen betekent dit dat het aanbod van mest inelastisch is. In Nederland wordt meer mest geproduceerd dan dat er gebruikruimte voor is, hierdoor heeft de mest een negatieve waarde. Veehouderijbedrijven die meer mest produceren dan dat er plaatsingsruimte voor is op het bedrijf, moeten een percentage van dit overschot via verwerking buiten de Nederlandse mestmarkt afzetten. De hoeveelheid mest die in Nederland gebruikt mag worden is afhankelijk van de plaatsingsruimte fosfaat en dierlijke stikstof. De balans tussen de gebruikruimte en productie van fosfaat en dierlijke stikstof bepalen voor een groot gedeelte de prijs voor afzet van mest. Daarom is er een analyse gedaan naar de huidige cijfers van productie van dierlijke stikstof en fosfaat en de gebruikruimte. De cijfers van 2020 zijn bekend bij het CBS en geanalyseerd. In bijlage 1. staat de uitwerking van deze tabel per sector overgenomen van het rapport: Analyse mestbalans 2030 (NCM, 2021) .

Tabel 3.1. Productie en gebruikruimte dierlijke stikstof en fosfaat 2020. (NCM, 2021)

	Stikstof (x mln kg N)	Fosfaat (x mln kg P ₂ O ₅)
Totaal productie in Nederland	429	166
Export en verwerking	-59.7	-47.7
Totaal aanvoer	369.3	118.3
Gebruikruimte	388	142
Bezettingsgraad in %	95%	83%

In tabel 3.1. is de bezettingsgraad van Stikstof en fosfaat berekend. Zichtbaar is dat de productie van dierlijke stikstof en fosfaat groter is als de gebruikruimte, maar door de export en verwerking wordt er meer verwerkt dan nodig is. Hierdoor wordt de gebruikruimte van dierlijke stikstof voor 95% benut en fosfaat voor 83% benut. Hieruit zou geconcludeerd kunnen worden dat de plaatsingsruimte niet volledig gevuld kan worden met dierlijke mest en dat er daarom vraag naar mest zou moeten zijn. In de praktijk is dit echter anders, sommige bedrijven gebruiken helemaal geen of deels dierlijke mest en gebruiken meer kunstmest (Velthof, Ehlert, & Schoumans, 2021).

Naast de productie en gebruikruimte van mest zijn de afvoerkosten van mest ook afhankelijk van opslag, transport, wegen en monstereisen (zie tabel 3.2.). Mestafzetkosten verschillen per regio in verband met noodzakelijke transportafstanden en de afzetmogelijkheden. In gebieden met intensieve veehouderij zoals bijvoorbeeld Noord-Brabant wordt een overschot aan mest geproduceerd. Dit overschot aan mest moet buiten het gebied afgezet worden waardoor er hoge transportkosten zijn (100km € 10.-/ton). In gebieden waar veel akkerbouwers zitten zoals bijvoorbeeld Flevoland wordt minder mest geproduceerd waardoor er veel afzetmogelijkheden zijn. De afvoerkosten zijn in een intensief veehouderijgebied hoger dan in een akkerbouwgebied.

Tabel 3.2. Kosten mestafzet. bron: (Inge C. Regelink, 2021)

Kosten mestafzet	
Wegen en monstereisen	€ 2.- / ton
Opslag	€ 4.- / ton
Transportkosten +/- € 1.- / 10km	
50 km	€ 5.-/ ton
100 km	€ 10.-/ton
150 km	€ 15.-/ton

Uit deze analyse komt naar voren dat mestprijzen afhankelijk zijn van de productie en gebruikruimte van dierlijke stikstof en fosfaat, maar ook van regio specifieke omstandigheden. Er bestaan verschillende verwerkingsprocessen om kunstmestvervangers te produceren het type verwerkingsproces moet aansluiten bij de regio specifieke omstandigheden voor een goede afzet van het eindproduct.

3.1.2. Veranderingen toekomst van dierlijke mestmarkt

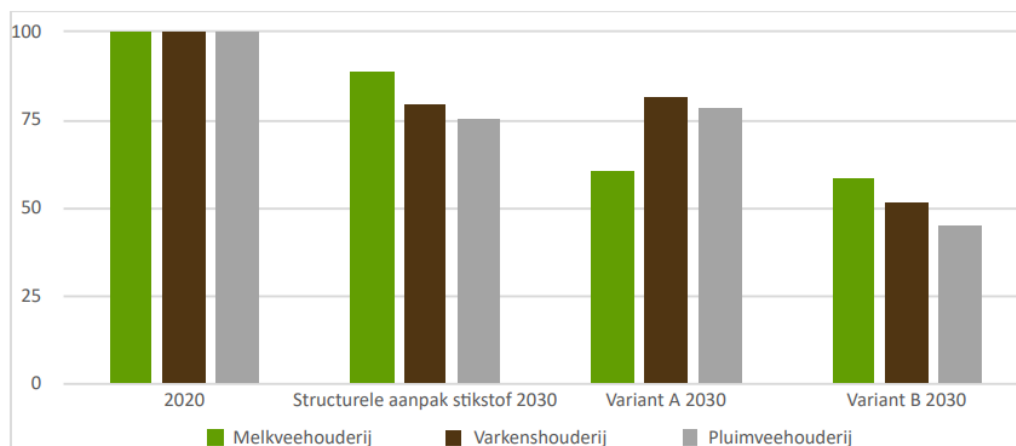
Inkrimpen Veestapel

Een van de grootste veranderingen op de dierlijke mestmarkt in de toekomst is de daling van de veestapel. Met verschillende voorgenomen beleidsplannen zet de overheid onder ander in op een krimp van de veestapel als de oplossing voor het stikstofprobleem, geuroverlast, ammoniakemissie en natuurherstel. Dit leidt ook tot een daling van het areaal landbouwgrond. De uitvoering van deze beleidsplannen hebben hiermee ook effect op de productie van dierlijke stikstof, fosfaat en de gebruiksruimte daarvan. En hiermee effect op de mestafzetprijzen. Het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) heeft een beleidsstudie gedaan naar drie maatregelpakketten (Aaldrik Tiktak, 2021). De maatregelpakketten zijn geanalyseerd om de effecten op de toekomst van de dierlijke mestmarkt te onderzoeken.

De drie maatregelpakketten:

1. Structurele aanpak stikstof. maatregelen om de uitstoot en neerslag van stikstof te verminderen, de natuur te herstellen en de vergunningverlening verder op gang te brengen.
2. Beleidspakket variant A. is een integraal pakket gericht op stikstofreductie én op de extensivering van de landbouw rond Natura 2000-gebieden en in veenweidegebieden.
3. Beleidspakket variant B. is vooral gericht op stikstofreductie.

In figuur 3.2. is de ontwikkeling van dierenaantallen per sector en per maatregelpakket t.o.v. 2020 weergegeven.



Figuur 3.2. ontwikkeling dierenaantallen per sector per maatregelpakket t.o.v. 2020 in % (2020 = 100) (NCM, 2021)

De afname van de productie van fosfaat en stikstof van de veestapel hebben in de toekomst effect op de balans tussen de productie en gebruiksruimte, en daarmee effect op de dierlijke mestprijs. De effecten op de balans tussen de productie en gebruiksruimte zijn op de volgende pagina zichtbaar in tabel 3.3 (In bijlage 2. staat de uitwerking per sector). De balans tussen productie en gebruiksruimte is bij variant A en B negatief, de gebruiksruimte is groter als het aanbod.

Tabel 3.3. Fosfaat en stikstof balans CBS 2020 en maatregelpakketten. (NCM, 2021)

Fosfaat (x mln kg P ₂ O ₅)	CBS 2020	Structurele aanpak Stikstof 2030	Variant A 2030	Variant B 2030
Totaal productie in Nederland	166	149	128	108
Gebruiksruimte	142	130	119	130
Fosfaatbalans	24	19	9	-22
Stikstof (x mln kg N)	CBS 2020	Structurele aanpak Stikstof 2030	Variant A 2030	Variant B 2030
Totaal productie in Nederland	429	391	317	268
Gebruiksruimte	388	356	326	309
Balans stikstof uit dierlijke mest	41	35	-9	-53

In 2020 bedroeg de export en verwerking van fosfaat 48 miljoen kg en van stikstof 60 miljoen kg, wanneer deze cijfers van de balans worden afgetrokken dan ontstaat er bij alle maatregelpakketten een negatieve balans. Bij de gegevens van tabel 3.3. zijn de export en verwerking niet meegenomen, dit omdat er in de toekomst grote veranderingen komen op dit gebied. Bijvoorbeeld de toelating van kunstmestvervangers en het beleid van het ministerie LNV dat zich richt op het lokaal afzetten van mest (Ministerie LNV, 2018).

Uit de analyse naar de toekomst van de dierlijke mestmarkt komt naar voren dat de veestapel in de toekomst vrijwel zeker zal gaan dalen, hoeveel is nog onzeker. De daling van de veestapel betekent ook minder productie van fosfaat en dierlijke stikstof, wanneer de vraag naar mest hetzelfde blijft moet de mestprijs in de toekomst gaan stijgen. De huidige dierlijke mestmarkt produceert een overschot aan mest, wanneer er in de toekomst geen overschot meer wordt geproduceerd is het aannemelijk dat mest in de toekomst geld gaat opleveren. In 2020 bedroeg de export en verwerking van fosfaat 48 miljoen kg en van stikstof 60 miljoen kg, wat er in de toekomst met de export en de verwerking gaat gebeuren is nog onzeker door het beleid van het ministerie van LNV en door de mogelijke toelating van kunstmestvervangers. Wanneer de export en verwerking in de toekomst zullen toenemen zal de vraag naar mest extra toenemen wat zal zorgen voor stijgende mestprijzen. Stijgende mestprijzen zullen effect hebben op het verdienmodel van kunstmestvervangers. De input voor de productie van kunstmestvervangers is afhankelijk van dierlijke mestprijzen, maar de output de kunstmestvervangers is ook afhankelijk van kunstmestprijzen, door de lage bemesting- en marktwaarde van de huidige kunstmestvervangers zal deze maar beperkt mee kunnen stijgen bij een stijgende dierlijke mestmarkt.

Afschaffen derogatie

Een andere mogelijke verandering in de mestmarkt is de afschaffing van de derogatie. Bij landbouwgrond mag maximaal 170kg stikstof uit dierlijke mest per hectare gebruikt worden. Wanneer 80% van het bedrijfsareaal uit grasland bestaat mag er met een derogatievergunning 230kg stikstof per hectare op zand- en lössgrond in Overijssel, Gelderland, Utrecht, Noord-Brabant of Limburg uitgereden worden. Voor de overige provincies is derogatie norm 250 kg stikstof per hectare. De derogatie gold in 2019 voor 18.818 landbouwbedrijven, oftewel 44,7% van het totale netto landbouwooppervlak in Nederland. Naar schatting bestaat de derogatie uit 70 miljoen kg N gebruiksruimte in Nederland (CBS, 2016). Het is nog niet bekend of Nederland de derogatie heeft in 2022.

Bij verlies van derogatie daalt de gebruiksruimte in Nederland met 70 miljoen kg N stikstof. De mestbalans tussen productie en gebruiksruimte zal hierdoor negatief worden waardoor mest afzetkosten zullen stijgen, aanbod van mest wordt groter dan de gebruiksruimte. In tabel 3.4. is de balans tussen gebruiksruimte en productie van stikstof zonder derogatie weergegeven. In variant B werd al rekening gehouden met geen derogatie.

Tabel 3.4. Fosfaat en stikstof balans CBS 2020 en maatregelpakketten met afschaffing derogatie.

Stikstof (x mln kg N)	CBS 2020	Structurele aanpak Stikstof 2030	Variant A 2030	Variant B 2030
Totaal productie in Nederland	429	391	317	268
Gebruiksruimte zonder derogatie	320	288	258	309
Balans stikstof uit dierlijke mest	109	103	59	-53

De afschaffing van de derogatie biedt wel weer kansen voor kunstmestvervangers. Het aanbod van dierlijke mest voor de productie van kunstmestvervangers stijgt en de vraag naar kunstmestvervangers stijgt.

3.1.3. Markt Kunstmestvervangers

Om een inschatting te maken van de potentiële markt voor kunstmestvervangers in Nederland is er een analyse gedaan naar de belangrijkste stikstofbehoefte gewassen en het kunstmestgebruik dat voor deze gewassen van toepassing is. In deze situatie wordt de norm voor dierlijke stikstof 170kg N/ha eerst volledig gevuld met rundveemest. Daarna wordt de resterende behoefte van het gewas gevuld met kunstmest.

Tabel 3.5. geeft een overzicht van de arealen van gewassen in Nederland, de gewasbehoefte aan stikstof en de resterende gebruikruimte na toediening dierlijke rundveemest. Cijfers zijn bekend bij het CBS.

Tabel 3.5. Areaal gewassen en stikstofbehoefte 2020. (CBS, 2021)

Gewas	Areaal Ha	Gewasbehoefte N Kg/ha	Gift dierlijke mest N Kg/ha	N- werkzaam Kg/ha ₁	Restant gewasbehoefte kg/ha N
Grasland	899.750	350	220 ₂	132	218
Snijmais	195.760	140	170	102	38
Wintertarwe	92.840	250	170	102	148
Consumptie aardappelen	76.710	250	170	102	148
Aardappelen overig	88.910	250	170	102	148
Suikerbieten	81.460	140	170	102	38
Groenten	88.451	175	170	102	73

₁Rundveedrijfmest werking coëfficiënt van 0.6

₂Grasland gemiddelde met derogatie 220kg/N/Ha

Tabel 3.6. geeft een overzicht van het areaal per gewas in hectares en de resterende gewasbehoefte na toediening van rundveedrijfmest. Door deze cijfers met elkaar te vermenigvuldigen wordt de totale resterende gewasbehoefte berekend die ingevuld kan worden met kunstmest.

Tabel 3.6. Areaal gewassen en gebruiksruimte na toediening rundveedrijfmest 2020. (CBS, 2021)

Gewas	Areaal in Ha	Restant gewasbehoefte in kg N	Gebruiksruimte (x mln kg N)
Grasland	899.750	218	196.1
Snijmais	195.760	38	7.4
Wintertarwe	92.840	148	13.7
Consumptie aardappelen	76.710	148	11.4
Aardappelen overig	88.910	148	13.2
Suikerbieten	81.460	38	3.1
Groenten	88.451	73	6.5
Totaal: 251.4			

In totaal bedraagt de marktomvang voor kunstmest in Nederland ongeveer 251.4 miljoen kg-N. Deze cijfers geven een indicatie van de totale marktomvang van kunstmest. Wanneer er een toelating komt voor RENURE, zullen kunstmestvervangers in deze markt moeten concurreren met kunstmest. In de praktijk zal er nog altijd kunstmest gebruikt worden naast kunstmestvervangers. Het is wel mogelijk om het gebruik van kunstmest te verlagen (Berkhout, 2022). Kunstmest bevat namelijk veel hogere gehalten dan de huidige kunstmestvervangers en kunnen tijdens het seizoen beter toegepast worden. De bijbemesting tijdens het groeiseizoen van kunstmestvervangers is voor sommige gewassen vrijwel onmogelijk omdat kunstmestvervangers emissie vrij uitgereden moeten worden, dit betekent dat het ingewerkt moet worden in de bodem. Door het inwerken kunnen sommige gewassen schade oplopen. Het inwerken in bodem gebeurt vaak met een kleine werkbreedte en zware machine. Dit is vergeleken met een simpele kunstmest strooier duurder en er is meer kans op bodemverdichting.

Uit de analyse naar potentiële markt voor kunstmestvervangers komt naar voren dat de marktomvang: 251.4 miljoen kg stikstof is. In deze markt moeten kunstmestvervangers concurreren met kunstmest. Aan het gebruik van kunstmestvervangers zitten ook nadelen zoals het inwerken in de bodem en de lagere gehalten vergeleken met kunstmest. Het gebruik van kunstmest kan wel worden verlaagd in bepaalde gewassen (Berkhout, 2022). Dit levert milieu voordelen omdat bij de productie van kunstmest fossiele energie wordt gebruikt.

3.2. Welke technieken kunnen worden toegepast voor het maken van kunstmestvervangers uit digestaat?

In deze paragraaf wordt onderzocht welke technieken geschikt zijn voor het maken van RENURE kunstmestvervangers. RENURE staat voor: REcovered Nitrogen from manURE. Het gaat om stikstofhoudende meststoffen die gewonnen worden uit dierlijke mest, of digestaat waar dierlijke mest voor is gebruikt. De kunstmestvervangers hebben een vergelijkbare werking qua benutting van stikstof als kunstmest, en daarom geen hoger risico hebben op nitraatuitspoeling. Eerst worden de eisen waar RENURE kunstmestvervangers aan moeten voldoen weergegeven daarna worden de onderzochte verwerkingstechnieken weergegeven met een uitgebreide analyse.

3.2.1. Eisen voor RENURE kunstmestvervangers

Het JRC (Joint Research Centre) , is de wetenschappelijke dienst van de Europese Commissie. De dienst voert onderzoek uit en geeft onafhankelijk wetenschappelijk advies voor het beleidsvorming van de Europese Unie. Het JRC heeft onderzoek gedaan naar het maken van kunstmestvervangers RENURE uit dierlijke mest. Daaruit kwamen bepaalde eisen voor het productieproces en het eindproduct naar voren, deze zijn hieronder weergegeven. Het JRC geeft een advies voor de beleidsvorming, dit betekent dat uiteindelijk eisen voor de toelating in de Europese unie nog kunnen wijzigen.

Het productieproces voor het maken van RENURE moet aan de volgende eisen voldoen:

- ✚ Het gehalte aan minerale stikstof ten opzichte van het totale stikstofgehalte wordt verhoogd tijdens het proces.
- ✚ Het productieproces garandeert een constante stabiele kwaliteit.

Het eindproduct RENURE moet aan de volgende eisen voldoen:

- ✚ De stikstof in de meststof is voor minimaal 90% anorganisch / mineraal
- ✚ De verhouding tussen totale koolstof en totale stikstof is lager dan 3.
- ✚ Te hoge gehalten aan zware metalen moeten worden voorkomen. Koper (Cu): ≤ 300 mg/kg droge stof en Zink (Zn): ≤ 800 mg/kg droge stof.

Om te bepalen of de verwerkingstechniek voldoet aan de eisen voor RENURE is tabel 3.7. gemaakt, wanneer er aan alle vereisten wordt voldaan is de techniek geschikt voor het produceren van RENURE kunstmestvervangers.

Tabel 3.7. Evaluatie tabel voor verwerkingstechniek.

Eisen RENURE productieproces:	Wel	Niet
Constante stabiele kwaliteit		
Gehalte minerale stikstof stijgt t.o.v. totale stikstofgehalte		
Eisen RENURE eindproduct:	Wel	Niet
Stikstof minimaal 90% anorganisch		
Verhouding totaal koolstof en totaal stikstof < 3		
Gehalte zware metalen		
Koper (Cu): ≤ 300 mg/kg droge stof.		
Zink (Zn): ≤ 800 mg/kg droge stof.		

3.2.2. Verwerkingstechniek

Het onderzoek naar verwerkingstechnieken is gedaan aan de hand van deskresearch en gesprekken met fabrikanten van verwerkingstechnieken. Dit onderzoek gaat alleen in op bewezen technieken die grootschalig toegepast kunnen worden en waarvan de effecten bekend van zijn (Camilleri-Rumbau et al., 2021). Dit omdat uit het vooronderzoek is gebleken dat er allerlei innovatieve ideeën voor mestverwerking in de wereld zijn gebracht, die achteraf toch niet bleken te functioneren.

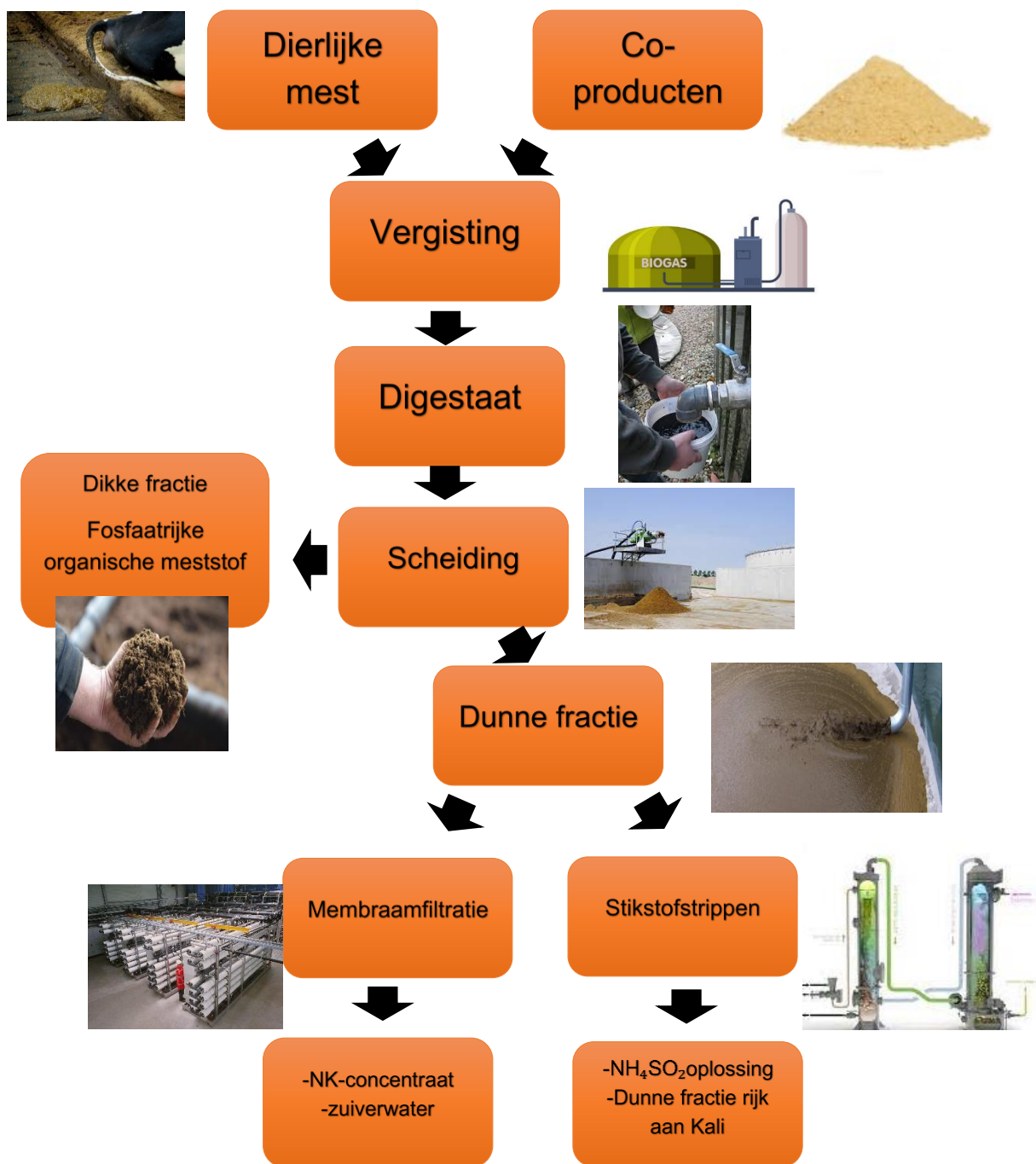
De verwerkingstechnieken die geanalyseerd zijn tijdens dit afstudeeronderzoek zijn: vergisting, mechanische mestscheiding, membraanfiltratie en stikstofstrippen. Op de volgende pagina figuur 3.3. staat een stroomschema voor mogelijke verwerkingstechnieken om RENURE te produceren (gevisualiseerd met afbeeldingen). Het stroomschema bestaat uit vervolg stappen: Dierlijke mest en co-producten worden vergist, het eindproduct na vergisting wordt digestaat genoemd. Digestaat kan gescheiden worden in een dikke en dunne fractie doormiddel van een mestscheider. De dikke fractie is een fosfaat rijke organische meststof. De dunne fractie kan verder verwerkt worden doormiddel van membraanfiltratie tot zuiverwater en een NK-concentraat of doormiddel van ammoniak strippen tot ammoniumsulfaat $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ en een dunne fractie rijk aan Kali.

Vergisting, mechanische mestscheiding, membraanfiltratie en stikstofstrippen kunnen worden onderscheiden in verwerkingsprocestype op basis van: fysische, chemische of biologisch processen. Dit is zichtbaar in tabel 3.8.

Tabel 3.8. Overzicht verwerkingsproces type.

Biologisch	Fysisch	Chemisch
Vergisting	Mechanische mestscheiding	Stikstofstrippen
	Membraanfiltratie	

- ✚ Bij een chemisch proces verandert het product door één of meer chemische reacties.
- ✚ Bij een biologisch proces verandert het product door een proces met een levend organisme.
- ✚ Bij een fysisch proces verandert het product door scheiding op basis van grootheden zoals grootte of dichtheid.



Figuur 3.3. stroomschema mogelijke technieken voor RENURE.

Vergisting

De eerste verwerkingstechniek die toegepast wordt is vergisting. Om te bepalen of vergisting gebruikt kan worden als RENURE productieproces, worden de effecten van vergisting onderzocht. Vergisting is een biologisch proces waarbij bacteriën organische stof omzetten in methaan.

Tijdens het vergistingsproces wordt een deel van de organische stof omgezet in methaan en koolstofdioxide. Het gehalte aan organische stof en droge stof daalt hierdoor. Het digestaat uit het vergistingsproces is vloeibaarder (lager droge stof gehalte) dan de inputstromen. De mate waarin organische stof wordt afgebroken hangt af van de samenstelling. Suikers, eiwitten en vetten zijn gemakkelijk door anaerobe micro-organismen af te breken, terwijl vezelig en houtig materiaal met een hoog gehalte aan lignine en hemicellulosestructuren moeilijk anaeroob afbreekbaar zijn. Door de afbraak van organische stof (onder andere eiwitten) komt organisch gebonden stikstof vrij in de vorm van ammoniumstikstof, evenals organisch gebonden fosfor dat vrijkomt in de vorm van fosfaat (Adekunle & Okolie, 2015). De afbraak van vluchtige vetzuren zorgt er voor dat de pH van digestaat hoger is dan van dierlijke mest. De N/P-verhouding in digestaat kan aanzienlijk verschillen van die in dierlijke mest omdat co-producten vaak veel minder P bevatten dan dierlijke mest (Hoeksma, Verwerking van digestaat uit Co-vergisting, 2013).

De effecten van vergisting zijn bekend. Over de effecten van vergisting met co-producten is minder bekend. Een groot aantal factoren bepaalt bij co-vergisting de samenstelling en eigenschappen van het digestaat. Dit zijn onder andere de samenstelling van de co-producten, de samenstelling van de dierlijke mest, de mengverhouding van co-producten en dierlijke mest, de verblijftijd van het mengsel in de vergister, de vergistingstemperatuur en het type vergister. De combinatie van deze factoren is in iedere situatie weer anders, en daarmee ook het effect van co-vergisting op het digestaat. Er is nog onvoldoende literatuur op dit gebied om co-producten te onderscheiden naar invloed op samenstelling en eigenschappen van het digestaat (Hoeksma, Verwerking van digestaat uit Co-vergisting, 2013).

In tabel 3.9. op de volgende pagina is de evaluatie van vergisting als RENURE productie techniek zichtbaar. Vergisting voldoet wel aan de eisen voor het productieproces van RENURE. Doordat vergisting een continu proces is waarbij de vergister periodiek geroerd wordt is het eindproduct van een constante stabiele kwaliteit. Het gehalte aan minerale stikstof stijgt ook in het proces omdat organische stof afgebroken wordt komt organisch gebonden stikstof vrij in de vorm van ammoniumstikstof.

Het eindproduct voldoet niet aan de eisen van RENURE. Het digestaat dat overblijft na vergisting bevat nog moeilijk afbreekbaar organische stof waar organisch stikstof aangebonden is. Hierdoor wordt de eis om voor een verhouding van minimaal 90% anorganische stikstof niet gehaald. Omdat tijdens vergisting organische stof afgebroken wordt en organisch gebonden stikstof vrijkomt daalt de C/N (koolstof/stikstof) verhouding. Of dat de C/N verhouding lager is dan 3 is afhankelijk van het vergistingsproces, gebruikte dierlijke mest en gebruikte co-producten. Het gehalte Koper en Zink zijn ook afhankelijk van gebruikte co-producten en gebruikte dierlijke mest. Het vergistingsproces zelf heeft geen invloed op de gehalten Koper en Zink. Wanneer de gehalten in de co-producten en dierlijke mest niet hoger zijn dan de 300mg Koper en 800mg Zink per kg droge stof wordt aan deze eis voldaan. Deze bevindingen komen overeen met wetenschappelijk onderzoek (Reuland et al., 2021).

Tabel 3.9. Evaluatie vergisting techniek.

Eisen RENURE productieproces:	Wel	Niet
Constante stabiele kwaliteit	X	
Gehalte minerale stikstof stijgt t.o.v. totale stikstofgehalte	X	
Eisen RENURE eindproduct:	Wel	Niet
Stikstof minimaal 90% anorganisch		X
Verhouding totaal koolstof en totaal stikstof < 3	X	
Gehalte zware metalen Koper (Cu): ≤ 300 mg/kg droge stof. Zink (Zn): ≤ 800 mg/kg droge stof.	X	

Mechanische mestscheiding

Mechanische mestscheiding is een fysische scheiding op basis van grootte en dichtheid. Om te onderzoeken of mechanische mestscheiding gebruikt kan worden als RENURE productieproces, worden de effecten van mechanische mestscheiding onderzocht.

Mechanische mestscheiding van digestaat resulteert in een dunne fractie rijk aan stikstof en kali, en een dikke fractie met organische stof rijk aan fosfaat. De dunne fractie heeft een hogere verhouding mineraal N ten opzichte van totaal N, wat een hogere directe plantbeschikbaarheid impliceert in vergelijking met onbewerkt digestaat. De dunne fractie is geschikt om op bouwland/grasland te gebruiken in plaats van kunstmest, omdat de dunne fractie mineralen bevatten die direct opneembaar zijn voor planten. De dikke fractie digestaat heeft een hoog gehalte aan fosfaat waardoor er maar een kleine hoeveelheid van uitgereden kan worden, vaak wordt de dikke fractie geëxporteerd naar het buitenland. De dikke fractie is gevraagd in het buitenland in gebieden met een lage P-bodem of een grote vraag naar organische stof. De scheidingsefficiëntie en de daaropvolgende verhouding van P en N hangt af van de gebruikte scheidingstechniek. Uit wetenschappelijk onderzoek (Guilayn et al., 2019) is gebleken dat er drie mechanische scheidingstechnieken zijn: Schroefpers, Zeefbandpers en een decanter centrifuge. In bijlage 3. staat de werking gedetailleerd per mechanische scheidingstechniek beschreven.

In onderstaande tabellen 3.10. en 3.11. Staat een overzicht van de kosten en de scheidingsefficiëntie. Een vijzelpers is het goedkoopst zowel in aanschaf als operationele kosten, de scheidingsefficiëntie is wel het laagst. Een zeefbandpers is het duurst zowel in aanschaf als operationele kosten. Bij een zeefbandpers is toevoeging van polymeren vlokmiddel vereist, dit zorgt ervoor dat deeltjes zich aan elkaar hechten. Hierdoor is de scheidingsefficiëntie bij een zeefbandpers het hoogst. Een decanter centrifuge zit zowel met kosten als met scheidingsefficiëntie tussen een vijzelpers en zeefbandpers in.

Tabel 3.10. overzicht kosten vijzelpers, decanter centrifuge en zeefbandpers. (Guilayn et al., 2019)

	Vijzelpers (3-5 m ³ /uur)	Decanter Centrifuge (2-5m ³ /uur)	Zeefbandpers (0.5-2 ton DS/uur)
Investeringskosten	35.000-50.000	80.000-100.000	75.000-150.000
Operationele kosten	0,5-3 €/ton	1-5 €/ton	5-10 €/ton

Tabel 3.11. Overzicht scheidingsefficiëntie vijzelpers, decanter centrifuge en zeefbandpers. (Guilayn et al., 2019)

Scheidingsefficiëntie in %					
	Droge stof gehalte	Stikstof (N)	Fosfor (P)	Kalium (K)	Volume reductie in %
Vijzelpers	45-55	+ - 15	+ - 35	5-18	10-20
Decanter centrifuge	30-60	15-30	40-85	5-20	16-23
Zeefbandpers	75-85	30-40	70-80	27	20-40

In tabel 3.12. is de evaluatie van mechanische mestscheiding techniek zichtbaar. Mechanische mestscheiding voldoet niet aan de eisen voor het RENURE productieproces en het eindproduct. Bij mechanisch scheiding wordt de totale concentratie mineralen stikstof t.o.v. van de totale stikstof niet gewijzigd, wel worden de concentratie aan mineralen stikstof in de dikke en dunne fractie gewijzigd. Het is nog onduidelijk of dat dit ook goedgekeurd wordt. Volgens de Wageningen Universiteit (Inge C. Regelink, 2021) is het echter onwaarschijnlijk dat een dunne fractie van mestscheiding goedgekeurd wordt als RENURE-product, omdat een dunne fractie niet voldoet aan de procesdefinitie waarin er sprake moet zijn van het op-concentreren van de meststof. Constante kwaliteit en gehalte zware metalen zijn afhankelijk van ingaande product bij mechanische mestscheiding het proces zelf heeft hier geen effect op. De verhouding totaal koolstof en stikstof wordt door mechanische mestscheiding lager doordat in de dikke fractie de koolstof wordt afgescheiden en in de dunne fractie de stikstof.

Het eindproduct na mechanische mestscheiding kan ook niet voldoen aan de eis van minimaal 90% anorganische stikstof. Dit komt doordat het niet mogelijk is om alle kleine vezels te verwijderen bij mechanische mestscheiding, hierdoor is er nog een gedeelte stikstof organisch gebonden.

Tabel 3.12. Evaluatie mechanische mestscheiding techniek.

Eisen RENURE productieproces:	Wel	Niet
Constante stabiele kwaliteit	X	
Gehalte minerale stikstof stijgt t.o.v. totale stikstofgehalte		X
Eisen RENURE eindproduct:	Wel	Niet
Stikstof minimaal 90% anorganisch		X
Verhouding totaal koolstof en totaal stikstof < 3	X	
Gehalte zware metalen Koper (Cu): ≤ 300 mg/kg droge stof. Zink (Zn): ≤ 800 mg/kg droge stof.	X	

Membraanfiltratie

Na mechanische mestscheiding kan de dunne fractie van het digestaat verder verwerkt worden door membraanfiltratie. Membraanfiltratie technieken bestaan uit fysische scheiding door het forceren van de stroominvoer doormiddel van membranen. Om te onderzoeken of membraanfiltratie gebruikt kan worden als RENURE productieproces, worden de effecten van membraanfiltratie onderzocht.

Dit is een techniek die oorspronkelijk ontwikkeld is voor de productie van drinkwater uit zeewater. Hierbij worden watermoleculen uit een voorgezuiverde vloeistof onder hoge druk (circa 60 bar) door semi-permeabele membranen geperst. Opgeloste zouten en organische moleculen kunnen niet door het membraan en worden geconcentreerd. Een membraan werkt in principe het zelfde als een zeef waarbij de vloeistof onder druk door het membraan wordt geperst, afhankelijk van de poriëngrootte van de membranen is de mate van verwijdering van zwevende stoffen, troebelheid en micro-organismen. Er zijn 4 types membraanfiltratie:

- ✚ Microfiltratie (MF) - poriën 10-0,1 μm 0,1-3 bar
- ✚ Ultrafiltratie (UF) - poriën 0,1-0,01 μm 2-10 bar
- ✚ Nanofiltratie (NF) - poriën 10-1 nm 5-30 bar
- ✚ Omgekeerde osmose (RO) - geen poriën, 10-100 bar

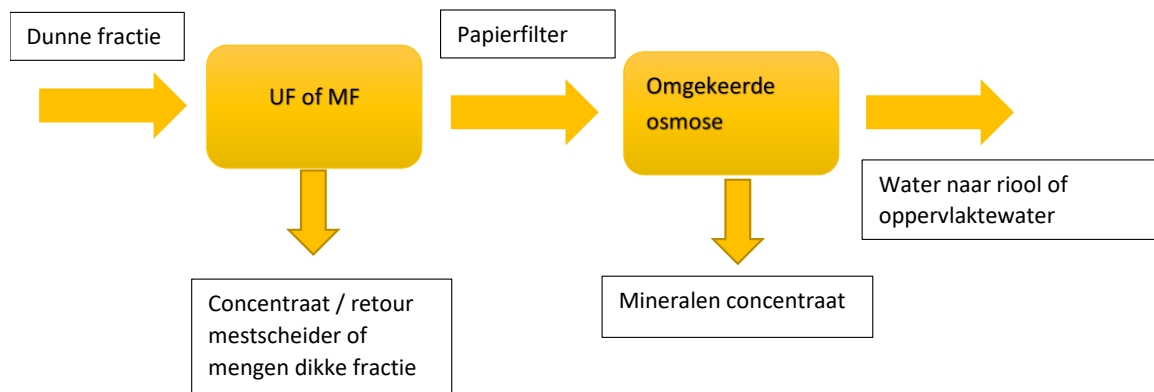
In bijlage 4. is een overzicht van de filtratie eigenschappen van de verschillende membranen. In figuur 3.4. is een voorbeeld van een zichtbaar membraan.



Figuur 3.4. voorbeeld Membraan.

Het omgekeerde osmose membraan heeft de eigenschap om alleen watermoleculen door te laten. Bij gebruik van deze membraanfiltratie techniek ontstaat loosbaar water en een concentraat dat de mineralen bevat. Deze techniek maakt het mogelijk om circa 50% van het ingaande volume te verwerken tot loosbaar water, dit zorgt voor een kosten besparing op transport en afzetkosten. Het mineralen concentraat uit de omgekeerde osmose bevat vooral veel stikstof (N) en kali (K₂O), maar daarnaast ook andere zouten.

Nadeel van deze technologie is dat het alleen toepasbaar in mestfracties zonder zwevende deeltjes, met andere woorden: na een zeer grondige voorbehandeling. (Camilleri-Rumbau et al., 2021). Om mest of digestaat geschikt te maken voor omgekeerde osmose, dient een grondige voorzuivering plaats te vinden. Vrijwel alle organische stof moet worden afgevangen om verstopping van de membranen te voorkomen (T. Gienau, 2018). Microfiltratie of Ultrafiltratie kunnen gebruikt worden als voorbehandeling voor omgekeerde osmose, dit is zichtbaar in figuur 3.5.



Figuur 3.5. processchema dunnefractie bij membraanfiltratie.

Na Ultrafiltratie of Microfiltratie ontstaan concentraten met een hoog gehalte aan organische stof. Deze concentraten voldoen door het gehalte aan organische stof niet aan de RENURE eisen, waardoor zij niet kunnen worden ingezet als kunstmestvervanger. In de praktijk worden deze concentraten vaak teruggevoerd naar de mechanische mestscheider of opgemengd met de dikke fractie. Het filtraat uit de UF of MF gaat voor de omgekeerde osmose nog door een papierfilter heen, dit is een fijnmazig filter en dient als zekerheid om verstoppingen van de omgekeerde osmose te voorkomen.

In tabel 3.13. is de evaluatie van de membraanfiltratie techniek zichtbaar. De stikstof in het mineralenconcentraat komt hoofdzakelijk in ammoniumvorm voor. Het gehalte aan organische stikstof is laag (gemiddeld 10% van de stikstof). Dit betekent dat deze techniek aan de verhouding van minimaal 90% anorganisch / mineraal stikstof voldoet. Het NK-concentraat voldoet aan alle productie eisen en product eisen en mag als RENURE gebruikt worden.

Tabel 3.13. Evaluatie van membraanfiltratietechniek.

Eisen RENURE productieproces:	Wel	Niet
Constante stabiele kwaliteit	X	
Gehalte minerale stikstof stijgt t.o.v. totale stikstofgehalte	X	
Eisen RENURE eindproduct:	Wel	Niet
Stikstof minimaal 90% anorganisch	X	
Verhouding totaal koolstof en totaal stikstof < 3	X	
Gehalte zware metalen	X	
Koper (Cu): ≤ 300 mg/kg droge stof.		
Zink (Zn): ≤ 800 mg/kg droge stof.		

De gehalten aan mineralen zijn zichtbaar in tabel 3.14. De stikstofwerking van het mineralenconcentraat is vergelijkbaar met de stikstofwerking van kunstmest. Grote voordeel van deze techniek is de volume reductie en het eindproduct dat geschikt is als RENURE kunstmestvervanger. Nadelen van deze technologie zijn de complexiteit, de kosten en het relatief lage N-gehalte in het mineralenconcentraat.

Tabel 3.14. voorbeeld gehalten mineralen in NK-concentraat uit omgekeerde osmose. (Inge C. Regelink, 2021)

Parameter	NK concentraat (kg)
Massa	313
DS	11
OS	4.1
P ₂ O ₅	0.1
N	2.5
N-NH ₄	2.5
S	0.45
K	2.5
Ca	0.018
Mg	0.013
Fe	0.0022

De kostprijs voor membraanfiltratie inclusief mestscheiding worden geschat op € 10.5.- euro per ton ingaande mest. Deze prijs is exclusief afzet van de eindproducten.

Ammoniak strippen

Na mechanische mestscheiding kan de dunne fractie van het digestaat verder verwerkt worden door Ammoniakstrippen. Ammoniakstrippen techniek bestaat uit een chemisch proces. Door het verdampen van ammoniak uit het digestaat en op te vangen met een zuur ontstaat bij een chemische reactie een stikstofmeststof. Om te onderzoeken of ammoniakstrippen gebruikt kan worden als RENURE productieproces, worden de effecten van ammoniakstrippen onderzocht.

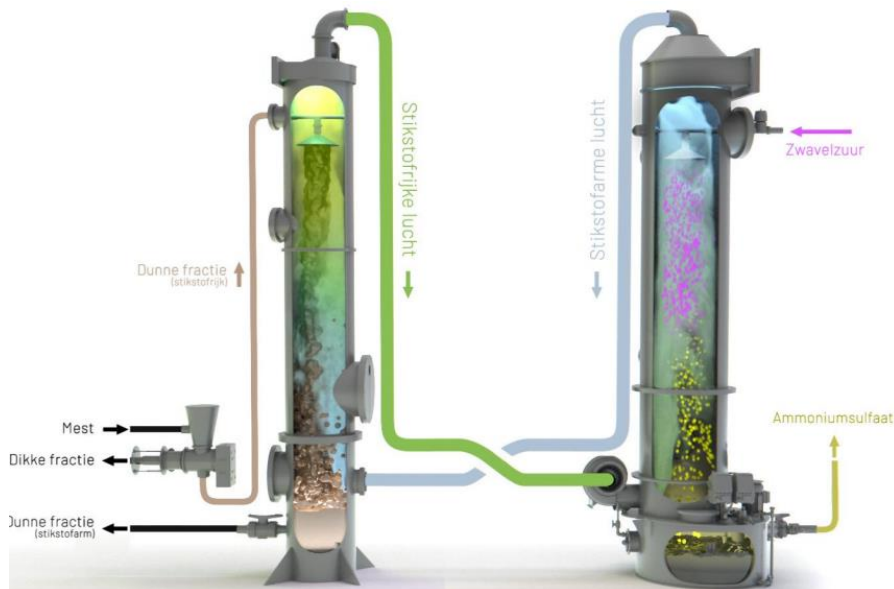
Strippen van ammoniak heeft tot doel stikstof uit de dunne fractie te verwijderen en op te vangen in een zure oplossing, zodat een minerale N-meststof wordt verkregen. Dit gebeurt door de temperatuur te verhogen naar circa 60°C en de pH te verhogen tot minimaal 8,5, hierdoor verschuift het evenwicht tussen NH_4/NH_3 naar vrije ammoniak. Door de mest of digestaat te vernevelen in een tank, vervluchtigt de minerale stikstof in de vorm van ammoniak. Vervolgens wordt de ammoniak met lucht naar de tweede stripkolom gebracht waarbij salpeterzuur of zwavelzuur wordt toegevoegd om het ammoniak te binden. Hierbij ontstaat ammoniumsulfaat (NH_4SO_4) of ammoniumnitraat (NH_4NO_3). Dit is schematisch weergegeven in figuur 3.6. op de volgende pagina. Door middel van strippen kan meer dan 90% van de ammoniak uit de vloeibare fractie worden verwijderd. Het eindproduct een vloeibare N-meststof bestaat volledig uit minerale stikstof en heeft daarom 100% stikstofgebruiksefficiëntie, vergelijkbaar met kunstmeststoffen. Het stikstof gehalte in ammoniumsulfaat is ongeveer 7-9% en in ammoniumnitraat 17%.

In tabel 3.15. is de evaluatie van de ammoniakstripper techniek zichtbaar. De techniek stikstofstrippen voldoet aan de proces eisen van RENURE en het eindproduct ammoniumsulfaat (NH_4SO_4) of ammoniumnitraat (NH_4NO_3) voldoet ook aan de producteisen. Als restproduct blijft over de gestripte dunne fractie met een geringe concentratie aan $\text{NH}_3\text{-N}$ en een relatief hoge concentratie aan kalium. Als dit product uitgereden wordt op het land komen amper emissies vrij omdat stikstof hoofdzakelijk organisch gebonden is. Dit product voldoet niet aan de RENURE eisen omdat de stikstof in dit product hoofdzakelijk organisch gebonden is, en daarmee niet aan de eis voor minimaal 90% anorganisch gebonden stikstof voldoet.

Tabel 3.15. evaluatie ammoniakstripper techniek.

Eisen RENURE productieproces:	Wel	Niet
Constante stabiele kwaliteit	X	
Gehalte minerale stikstof stijgt t.o.v. totale stikstofgehalte	X	
Eisen RENURE eindproduct:	Wel	Niet
Stikstof minimaal 90% anorganisch	X	
Verhouding totaal koolstof en totaal stikstof < 3	X	
Gehalte zware metalen	X	
Koper (Cu): ≤ 300 mg/kg droge stof.		
Zink (Zn): ≤ 800 mg/kg droge stof.		

Geschatte kosten zijn € 5.- per ton ingaande mest of digestaat inclusief mestscheiding exclusief afzet eindproducten, waarbij één van de grootste kostenpost de chemicaliën zwavelzuur of salpeterzuur zijn.



Figuur 3.6. schematische opstelling van een ammoniakstripper. (BIONP, 2022)

Naast het gebruiken van de stikstofstripper om kunstmestvervangers te maken heeft een stikstofstripper nog een voordeel. Met behulp van een stikstofstripper kan ook de stikstofniveaus in de vergister geregeld worden. Een hoog gehalte aan ammoniak in de vergister heeft namelijk een remmende werking op de biogasproductie (Fuchs et al., 2018). Met het gebruik van een stikstofstripper is het ook mogelijk om de input van de vergister te wijzigen door stikstofrijke producten te voeden zoals pluimveemest, tarwe of slachtafval.

Samenvattend is uit het onderzoek naar verwerkingstechnieken naar voorgekomen dat membraanfiltratie of stikstofstrippen gebruikt kunnen worden als RENURE verwerkingstechniek. In tabel 3.16. Is een overzicht van de evaluatie van de verwerkingstechnieken zichtbaar.

In tabel 3.16. Overzicht evaluatie verwerkingstechnieken.

Evaluatie Verwerkingstechniek	Vergisting	Mestscheiding	Membraanfiltratie	Stikstofstripper
Eisen RENURE productieproces:				
Constante stabiele kwaliteit	Wel	Wel	Wel	Wel
Gehalte minerale stikstof stijgt t.o.v. totale stikstofgehalte	Wel	Niet	Wel	Wel
Eisen RENURE eindproduct:				
Stikstof minimaal 90% anorganisch	Niet	Niet	Wel	Wel
Verhouding totaal koolstof en totaal stikstof < 3	Wel	Wel	Wel	Wel
Gehalte zware metalen Koper (Cu): ≤ 300 mg/kg droge stof. Zink (Zn): ≤ 800 mg/kg droge stof.	Wel	Wel	Wel	Wel

3.2.3. Gesprekken met Fabrikanten

Tijdens het onderzoek naar verwerkingstechnieken die gebruikt kunnen worden voor het maken van kunstmestvervangers zijn er ook gesprekken gevoerd met fabrikanten van verwerkingstechnieken. Hieruit kwam naar voren dat fabrikanten niet meer investeren in innovatie van de verwerkingstechnieken omdat zij niet weten welke richting ze op moeten, er wordt al 10 jaar gezegd dat er een toelating voor kunstmestvervangers komt maar deze is er nog niet. Dat de toelating van kunstmestvervangers zo lang op zich laat wachten komt door de grote kans op mestfraude en omdat de wetenschappelijke effecten van kunstmestvervangers niet bekend zijn (Berkhout, 2022). Omdat dierlijke mest een negatieve waarde heeft en kunstmestvervangers een hogere waarde heeft vreest het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit voor fraude. De ontwikkelingen rondom de verwerkingstechniek hebben afgelopen tien jaar stilgestaan omdat er geen toelating is voor kunstmestvervangers en de voorwaarde voor het proces en eindproduct niet bekend waren. Wanneer de toelating voor kunstmestvervangers definitief is zullen er nieuwe ontwikkelingen in verwerkingstechnieken optreden.

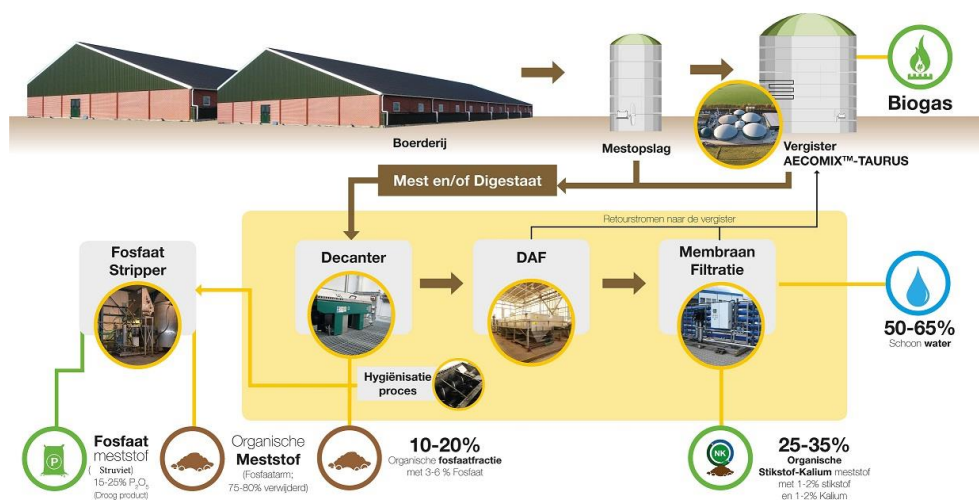
3.3. Wat zijn de eindproducten en welke verwerkingskosten zijn er?

Uit de resultaten van de vorige paragraaf is gebleken dat membraanfiltratie en stikstofstrippen gebruikt kunnen worden voor het maken van kunstmestvervangers RENURE. In deze paragraaf worden twee praktijksituaties onderzocht waarbij deze technieken worden toegepast. De membraanfiltratie techniek van Nijhuis water Solutions en de stikstofstripper techniek van Detricon. Er wordt gekeken naar de eindproducten van de verwerkingstechnieken en de kostprijs van de technieken.

3.3.1. Digestaat verwerkingssysteem “GENIAAL” Groot-zevert vergisting.

De membraanfiltratietechniek van Nijhuis water Solutions wordt toegepast bij Groot-zevert vergisting te Beltrum. Dit is een compleet verwerkingssysteem met de merknaam het “GENIAAL-systeem”. Dit systeem verwerkt het digestaat dat overblijft na vergisting.

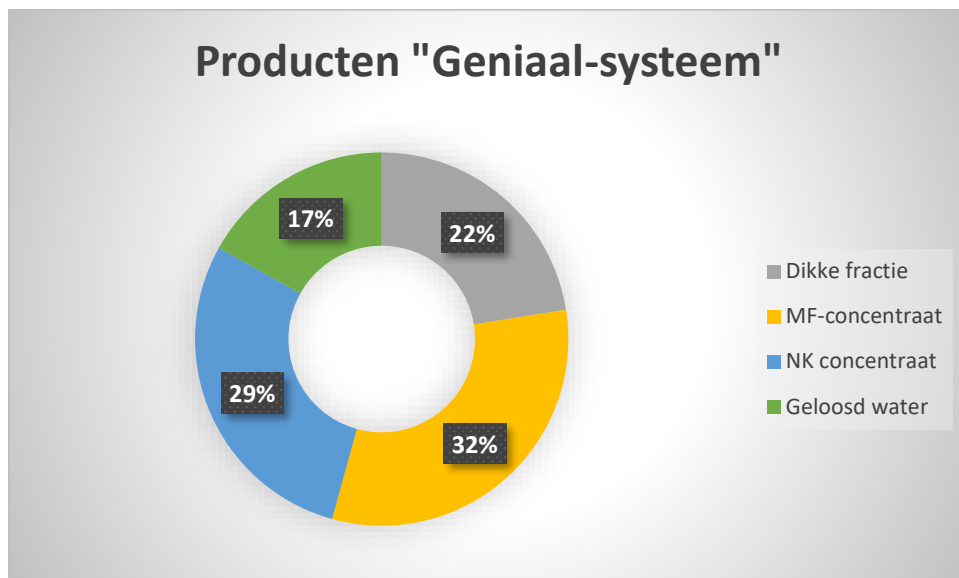
Het GENIAAL-systeem bestaat uit twee in serie geschakelde decanter centrifuges, een dissolved air flotation (DAF), een omgekeerde osmose-installatie (RO) en een ionenwisselaar (IO). In de bijlage 6. staat een processchema met een gedetailleerde beschrijving van het systeem. De keuze voor de opstelling is gebaseerd op het doel om scheiding te realiseren met een laag chemicaliënverbruik. De eindproducten zijn: dikke fractie van digestaat, MF-concentraat, NK-concentraat en loosbaarwater. Het NK concentraat wordt gemixt met een oplossing van ureum en ammoniumnitraat (Urean) tot een bemestingsproduct op maat. Dit product wordt onder de merknaam “Groene Weide Meststof” als kunstmestvervanger afgezet naar agrarische bedrijven in de achterhoek. In het project: “kunstmestvrije achterhoek” wordt een pilot gedaan met de Groene Weide Meststof en mag dit product gebruikt worden als zijnde kunstmestvervanger boven de 170 kg N dierlijke mest. In figuur 3.7. is een overzicht weergegeven van het “Geniaal-systeem”.



Figuur 3.7. overzicht “Geniaal-systeem” met eindproducten. (WUR, 2021)

3.3.2. Eindproducten “geniaal-systeem”

In bijlage 5. Tabel 6. zijn de gehalten van de eindproducten weergegeven. Het NK-concentraat bestaat uit 2.5kg N, 0.33kg P en 2.5kg K. Het NK concentraat voldoet aan de definitie van RENURE-producten. De verhouding N/N-NH₄ is 100%. 29% van het ingaande digestaat wordt verwerkt tot het NK-concentraat, zoals zichtbaar is in figuur 3.8. Het NK-concentraat heeft een voordeel omdat het boven de 170kg/N dierlijke stikstof gebruikt mag worden, maar omdat de gehalten 2.5kg N stikstof en 2.5 kg K kali erg laag zijn heeft het landbouwkundig een lage waarde. Bij het gebruik van NK-concentraat zijn nog steeds kosten voor bemonstering, transport en opslag, ook zijn de aanwendingskosten hoger vergeleken met een kunstmeststrooier. Het concentraat van de Microfiltratie voldoet niet aan de definitie van RENURE-producten, omdat de minimale 90% anorganische stikstof niet gehaald wordt. 32% van het ingaande digestaat wordt verwerkt tot microfiltraat dit moet afgezet worden als zijnde dierlijke mest. 22% van het ingaande digestaat wordt verwerkt tot dikke fracties van de twee decanter centrifuges. De overige 17% bestaat uit loosbaar water hier zijn geen afzetkosten, dit mag bij goedkeuring van het waterschap geloosd worden op een beek of sloot. Gegevens zijn afkomstig van (Inge C. Regelink, 2021) “evaluatie van mestverwerking voor mest- en co-vergiste mest”.



Figuur 3.8. Overzicht producten die ontstaan bij “Geniaal-systeem” in kg.

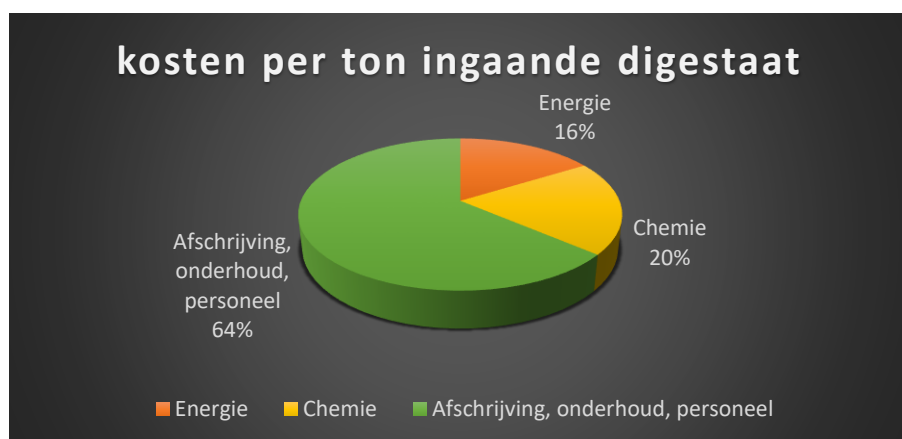
3.3.3. Kostprijs berekening

In bijlage 5. staat een tabel met een overzicht van de investeringskosten voor het “geniaal-systeem”. De totale investering is een forse investering van twee miljoen euro. De afschrijving is gezet op 10 jaar en de rente op 3%. De verwerkingscapaciteit is 100.000 ton digestaat per jaar. De jaarlijkse vaste kosten zijn €6,80. per ton ingaande digestaat. In tabel 3.17. Is een overzicht van de operationele kosten. De kosten voor afzet van de eindproducten zijn hierbij niet meegenomen omdat deze kosten locatie en gebiedsafhankelijk zijn.

Tabel 3.17. Kostenposten per ton digestaat. (Inge C. Regelink, 2021)

Kostenpost	In €
energie	1,73
Chemie	2,13
Afschrijving, onderhoud, personeel	6,8
Totaal	€10,66.

Opmerking: Berekeningen zijn op basis van uitgangspunten; WUR WENR-rapport 3120



Figuur 3.8 kosten per ton digestaat.

De kostprijs is berekend op € 10,66. per ton digestaat. In figuur 3.8. is een overzicht van de kosten verdeelt in percentages.

In bijlage 6 tabel 10 is aan de hand van cijfers van de (Inge C. Regelink, 2021) een berekening gemaakt voor de afzetkosten van eindproducten membraanfiltratie vergeleken met afzet van dikke en dunne fractie in intensief veehouderij gebied en afzet in akkerbouwgebied. Met de huidige mestmarkt is er voor bedrijven in een intensief veehouderij gebied financieel voordeel te behalen met membraanfiltratie. Wanneer een bedrijf in een akkerbouwgebied zit is het financieele voordeel klein, de risico's en investeringen zijn groot.

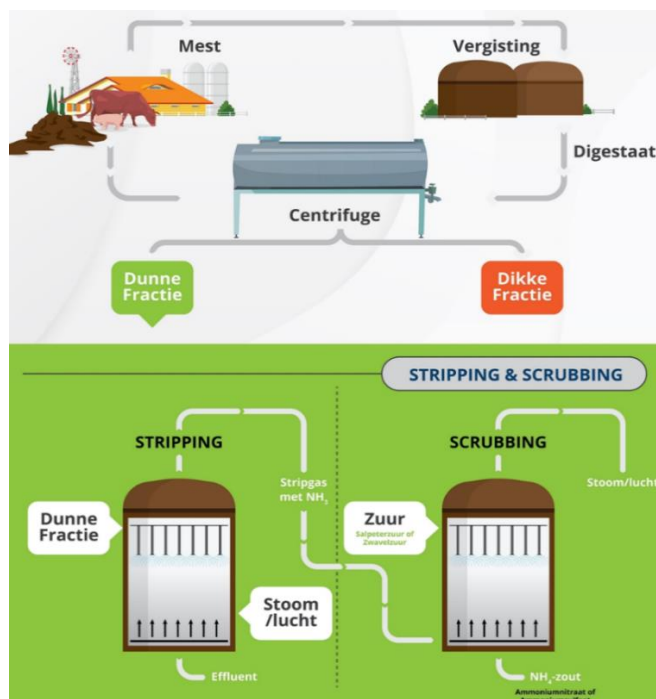
3.3.4. Detricon stikstofstripper

De Detricon stikstofstripper bestaat uit een installatie waarbij 2 stappen worden toegepast. In figuur 3.9. is de werking van de Detricon installatie schematisch weergegeven. In de eerste fase wordt de pH verhoogd tot boven de 8.5 en de temperatuur tot 70 °C van het digestaat. Hierbij vervluchtigt de aanwezige ammoniakstikstof uit het digestaat. Het ammoniakgas wordt vervolgens door een scrubber geleid waarbij salpeter- of zwavelzuur wordt toegevoegd om de ammoniak te binden. Bij gebruik van salpeterzuur ontstaat 15% N Ammoniumnitraat en bij gebruik van zwavelzuur ontstaat 8% N ammoniumsulfaat. De dunne fractie digestaat waaruit het ammoniak is gestript heeft de volgende NPK gehaltes: 2.8kg N, 4Kg K, 0.76kg P₂O₅. Een vereiste aan de Detricon stikstofstripper is dat er meer dan 0,1% ammoniumstikstof in het digestaat aanwezig moet zijn. Een typische verwijderingsefficiënte is 50% voor minerale stikstof. Uit literatuuronderzoek is gebleken dat uit 30.000 ton digestaat, 60 ton ammoniumsulfaat ontstaat na stripping en scrubbing dat is vergelijking in gewicht 0,2% van de totale 30.000 ton.

Deze techniek biedt perspectief voor vergisting omdat:

- ✚ warmte beschikbaar van biogasmotoren.
- ✚ pH van digestaat is hoger als mest door afbraak vluchtige vetzuren tijdens vergistingsproces.
- ✚ meer ammoniak N beschikbaar door afbraak van organische stof tijdens vergistingsproces.

Strippen van ammoniak kan zowel op het eindproduct als tijdens het vergistingsproces toegepast worden. Tijdens het vergistingsproces onttrekt de stikstofstripper digestaat uit de vergister, stript deze van ammoniak en voert vervolgens de gestripte digestaat terug in de vergister. Dit kan zorgen voor een hogere biogasopbrengst omdat ammoniak een remmende werking heeft op de biogasproductie (Müller et al., 2016). Ook is het mogelijk om stikstofrijke stromen zoals kippenmest en afvalstromen te voeden in de vergister.



Figuur 3.9. schematisch overzicht Detricon stripping&scrubbing.

3.3.5. Eindproducten stikstofstripper

De Detricon stikstofstripper is een Pilot-installatie die wordt toegepast bij het Nitroman onderzoek. In tabel 3.18. is een overzicht te zien van de eindproducten uit de Detricon stikstofstripper. Gegevens over de stikstofstripper zijn opgehaald uit het Nitroman, Nutriman, Systemic en wetenschappelijke bronnen (Sigurnjak et al., 2019). Op basis daarvan is er aannamen gemaakt voor de kostprijs berekening.

Tabel 3.18. eindproduct met gehalten NPK in g/kg

Eindproduct	N	P ₂ O ₅	K
Ammoniumsulfaat	8	0	0
Ammoniumnitraat	15	0	0
Gestripte dunne fractie	2.8	0.76	4
Dikke fractie	3	8	6

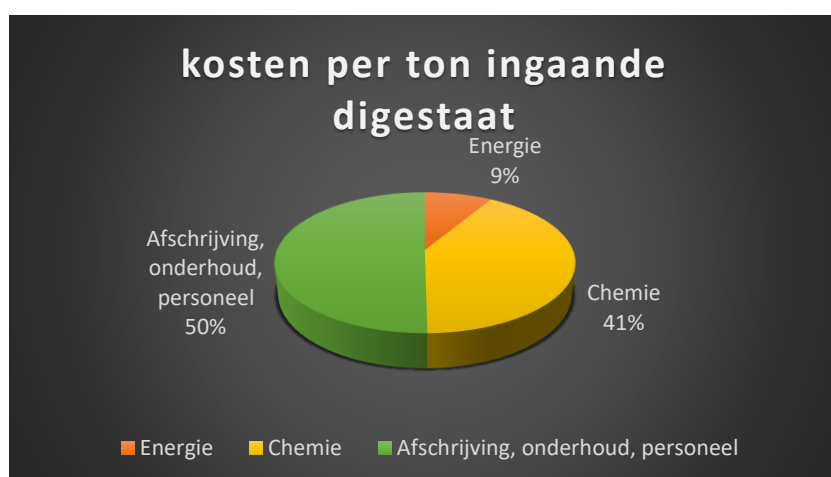
3.3.6. Kostprijs berekening

In bijlage 5. staat een tabel met een overzicht van de investeringskosten van een Detricon stikstofstripper en een decanter centrifuge. De totale investering is een 750.000 euro. De afschrijving is gezet op 10 jaar en de rente op 3%. De verwerkingscapaciteit is 70.000ton digestaat per jaar. De jaarlijkse vaste kosten zijn € 2,32. per ton ingaande digestaat. In tabel 3.19. en figuur 3.10. is een overzicht van alle operationele kosten. De kosten voor afzet van de eindproducten zijn hierbij niet meegenomen omdat deze kosten locatie en gebiedsafhankelijk zijn. (Errico et al., 2017).

Tabel 3.19. Overzicht kosten stikstofstripper per ton digestaat in euro's. (Errico et al., 2017)

Kostenpost	In €
Energie	0,40
Chemie	1,9
Afschrijving, onderhoud, personeel	2,32
Totaal	€4,62.

Opmerking: Berekeningen zijn op basis van uitgangspunten; onderzoek universiteit zuid Denemarken "Treatment costs of ammonia recovery from biogas digestate by air stripping analyzed by process simulation"



Figuur 3.10. overzicht kosten stikstofstripper per ton digestaat in %.

De kostprijs is berekend op €4,62. per ton digestaat. In figuur 3.10. is een overzicht van de kosten verdeelt in percentages.

4. Discussie

De doelstelling van dit onderzoek is om de mogelijkheden van digestaat verwerking tot een kunstmestvervanger te onderzoeken en of dat investeren in het maken van kunstmestvervangers wordt beloont. Door de mogelijke toelating van kunstmestvervangers in de Europese Unie is het interessant om de mogelijkheden te onderzoeken. De toelating van RENURE is de missende schakel in de kringloop van mestvergisting, hierdoor sluit mestvergisting aan op de principes van kringlooplandbouw: Er komt zo min mogelijk afval vrij, de uitstoot van schadelijke stoffen is zo klein mogelijk en er worden grondstoffen en eindproducten met zo min mogelijk verliezen benut. De hoofdvraag is opgesplitst in drie deelvragen: als eerste wordt er een analyse gedaan naar de mestmarkt, daarna wordt er gekeken welke technieken er gebruikt kunnen worden voor het maken van kunstmestvervangers en in de laatste deelvraag worden de eindproducten en verwerkingskosten van de technieken onderzocht. Per deelvraag zal een kritische reflectie worden weergegeven.

4.1. Welke veranderingen spelen er op de dierlijke mestmarkt en wat voor effect zal dit hebben op de productie van kunstmestvervangers ?

Bij deze deelvraag is er een analyse uitgevoerd naar huidige dierlijke mestmarkt en de toekomst daarvan en naar de potentiële markt voor kunstmestvervangers. Uit de analyse is gebleken dat de productie en gebruikruimte van mest met elkaar in verband staan. Door een overschot aan mest daalt de prijs en bij een tekort aan mest stijgt de prijs. Uit cijfers van het CBS is gebleken dat in 2020 de productie van dierlijke stikstof en fosfaat groter is als de gebruikruimte, maar door de export en verwerking wordt er meer verwerkt dan nodig is (CBS, 2020). Uit de analyse is gebleken dat de gebruikruimte voor dierlijke stikstof voor 95% benut en fosfaat voor 83% benut. Hieruit zou geconcludeerd kunnen worden dat het aanbod van mest kleiner is dan de plaatsingsruimte en dat er dus vraag is naar dierlijke mest is. In de praktijk is dit echter anders, sommige bedrijven gebruiken geen dierlijke mest of de plaatsingsruimte voor fosfaat of stikstof is al gevuld.

Naast de balans tussen productie en gebruikruimte van mest zijn mestprijzen ook afhankelijk van regio specifieke omstandigheden. In intensieve veehouderijgebieden wordt een overschot aan mest geproduceerd, dit overschot moet buiten het gebied afgezet worden. De transportkosten voor mest zijn ongeveer € 1.- per 10km / ton. Wanneer de mest naar een akkerbouwgebied wordt getransporteerd ongeveer 100km zijn de kosten €10.- per ton. In intensieve veehouderijgebieden kan het interessant zijn om de huidige hoogwaardige mestverwerking uit te voeren, hiermee kunnen vooral transportvoordelen gehaald worden t.o.v. afzetten in akkerbouw gebied. De eindproducten kunnen op deze manier lokaal afgezet worden. In akkerbouwgebieden is dit anders omdat mest lokaal kan worden afgezet, hierdoor is transportvoordeel bij mestverwerking gering. De eindproducten van de huidige hoogwaardige mestverwerking zoals NK-concentraten hebben vaak nog lagere gehalten dan mest, zonder de toekenning van kunstmestvervangers biedt het gebruik van NK-concentraten geen voordelen voor akkerbouwers t.o.v. mest. Ook willen akkerbouwers graag mest met organische stof, dit heeft voordelen met de bewerkbaarheid van de grond (Buning, 2015). Het type verwerkingssysteem om kunstmestvervangers te produceren moet passen bij de regio specifieke omstandigheden, zodat er een kunstmestvervangers geproduceerd kan worden die lokaal afgezet kan worden.

Het PBL heeft onderzoek gedaan naar de effecten van maatregelpakketten voor de stikstofcrisis op de Nederlandse mestbalans (Aaldrik Tiktak, 2021). Deze cijfers moeten meer gezien worden als een richting waar de ontwikkelingen toe kunnen leiden, dan een absolute voorspelling. Dat de veestapel in Nederland gaat dalen is vrijwel zeker, hoeveel is nog onzeker. In de toekomst zal er ook afname van het areaal landbouwgrond zijn voor natuur of stadsuitbreiding, deze cijfers zijn meegenomen in de analyse. Uit de cijfers voor de balans tussen de productie en plaatsingsruimte is zichtbaar dat de productie van mest door afname van de veestapel zal dalen. De huidige mestmarkt produceert een overschot aan mest, wanneer er in de toekomst geen overschot meer wordt geproduceerd is het aannemelijk dat mest in de toekomst geld gaat opleveren. In variant B is er zelfs een tekort aan dierlijke mest. De cijfers voor export en verwerking in toekomst zijn niet meegenomen, maar naar verwachting zullen deze cijfers gaan stijgen door de toelating van kunstmestvervangers. De huidige mestverwerkingsplicht is gekoppeld aan het overschot aan fosfaat binnen de landbouw, het is nog onzeker wat er in de toekomst gaat gebeuren met deze verplichting wanneer er geen fosfaat overschot meer is. Bij een dalend fosfaatoverschot kan hoogwaardige mestverwerking niet concurreren met de afzet van onbewerkte mest. Bij hoogwaardige verwerking tot NK-concentraat bestaat grofweg 50% van de kosten uit operationele kosten. De input is afhankelijk van de mestprijzen, maar de output het NK-concentraat is ook afhankelijk van kunstmestprijzen, door de lage bemesting- en marktwaarde van het NK-concentraat zal deze maar beperkt mee kunnen stijgen bij een stijgende mestmarkt. Om nieuwe vormen van mestverwerking te realiseren, zijn nieuwe verdienmodellen nodig waarin ook andere maatschappelijke voordelen van mestverwerking worden beloond zoals het terugdringen van methaan- en ammoniakemissies.

In de toekomst zal het landbouwbeleid ook effect hebben op de mestmarkt. Het landbouwbeleid richt zich op kringlooplandbouw en daarmee gepaard gaande minder gebruik van kunstmest (Ministerie LNV, 2018). Het is nog onduidelijk hoe dit beleid in toekomst er precies uit gaat zien.

Een andere mogelijke verandering in de mestmarkt is afschaffing van de derogatie. Bij verlies van derogatie daalt de gebruiksruimte in Nederland met 70 miljoen kg N stikstof (CBS, 2016). Hierdoor wordt de productie van mest groter dan de gebruiksruimte, zelfs bij inkrimping van de veestapel met de maatregelpakketten blijft er een stikstof overschot behalve in variant B. Afschaffing van de derogatie biedt wel kansen voor kunstmestvervangers het zorgt voor meer aanbod van dierlijke mest en voor meer afzet mogelijkheden van het eindproduct. Het verdienmodel voor kunstmestvervangers zal toenemen bij afschaffing van derogatie.

De analyse naar de potentiële markt voor kunstmestvervangers is gedaan met cijfers van het CBS (CBS, 2020). Bij deze analyse wordt de dierlijke mest ruimte volledig gevuld met rundveedrijfmest, in de praktijk is dit niet mogelijk want zoveel rundveedrijfmest is er niet. Maar om een aannamen te maken voor de markt is het wel overzichtelijk. Voor stikstofbehoefte voor het gewas zijn de stikstofnormen per gewas uit de gebruiksnormentabel van RVO gebruikt. De totale markt omvang kwam op 251.4 miljoen Kg N, hierbij wordt alle resterende gewasbehoefte volledig met kunstmest gevuld. In deze markt moeten kunstmestvervangers concurreren met kunstmest. In de toekomst zullen er ook veranderingen zijn van de gewassen en hun arealen. Wanneer de veestapel in Nederland zal dalen, zullen de gewassen die als voer dienen voor de veestapel ook dalen zoals grasland en snijmais. Grasland heeft de grootste N-gewas behoefte. De huidige kunstmestvervangers uit mestverwerking zijn goed toepasbaar op grasland om aan de stikstofbehoefte te voldoen. Akkerbouwgewassen hebben na toediening van rundveemest relatief een lage N-behoefte.

De huidige kunstmestvervangers zijn bij een aantal akkerbouwgewassen goed toepasbaar voor de stikstofbehoefte zoals: granen, aardappelen en bieten. In de praktijk zal er nog altijd kunstmest gebruikt worden naast kunstmestvervangers. Het is wel mogelijk om het gebruik van kunstmest te verlagen. Kunstmest bevat namelijk veel hogere gehalten dan de huidige kunstmestvervangers en kunnen tijdens het seizoen beter toegepast worden. De bijbemesting tijdens het groeiseizoen van kunstmestvervangers is voor sommige gewassen vrijwel onmogelijk omdat kunstmestvervangers emissie vrij uitgereden moeten worden, dit betekent dat het ingewerkt moet worden in de bodem. Het inwerken in bodem gebeurt vaak met zware machines en kleine werkbreedtes. Dit is vergeleken met een simpele kunstmest strooier duurder en er is kans op bodemverdichting.

4.2. Welke technieken kunnen worden toegepast voor het maken van kunstmestvervangers uit digestaat?

Bij deze deelvraag is er gekeken naar welke voorwaarden RENURE kunstmestvervangers aan moeten voldoen en er is onderzocht welke verwerkingstechniek gebruikt kan worden. Het JRC (joint Research Centre) geeft onafhankelijk wetenschappelijk advies voor de beleidsvorming van de Europese Unie. Uit het onderzoek van JRC naar kunstmestvervangers uit dierlijke mest kwamen bepaalde voorwaarden voor het productieproces en het eindproduct naar voren. Het JRC geeft advies, dit betekent dat huidige voorwaarde van het JRC nog kunnen afwijken van de definitieve voorwaarde van de Europese Unie. Het onderzoek naar kunstmestvervangerstechnieken is gedaan aan de hand van de JRC voorwaarde. Dit betekent dat de verwerkingstechnieken die uit dit onderzoek niet gebruikt kunnen worden, bij wijzigende voorwaarde wel gebruikt kunnen worden of andersom.

Als eerste techniek is vergisting onderzocht. Vergisting voldoet wel aan alle productie eisen maar kan alleen niet aan de eis voor 90% anorganische stikstof voldoen. Wanneer er bij de toelating van kunstmestvervangers deze eis verruimt of uitgesloten wordt voldoet vergisting als techniek voor het maken van kunstmestvervangers. Ook kwam naar voren dat een groot aantal factoren de samenstelling en eigenschappen van het digestaat beïnvloeden. Dit zijn onder andere de samenstelling van de co-producten, de samenstelling van de dierlijke mest, de mengverhouding van co-producten en dierlijke mest, de verblijftijd van het mengsel in de vergister, de vergistingstemperatuur en het type vergister (Hoeksma, Verwerking van digestaat uit Co-vergisting, 2013). De combinatie van deze factoren is in iedere situatie weer anders, en daarmee ook het effect van co-vergisting op het digestaat. Er is nog onvoldoende literatuur op dit gebied. Dit maakt het moeilijk om voor bedrijven met een biogasinstallaties te investeren in mestverwerkingstechnieken omdat niet met 100% zekerheid gezegd kan worden dat de techniek wel werkt op het digestaat

Na vergisting is mechanische mestscheiding onderzocht. Mechanische mestscheiding produceert een fosfaatrijke dikke fractie en een dunne fractie rijk aan stikstof en kali. Mechanische mestscheiding maakt het mogelijk om de afzetmogelijkheden van eindproducten te verbeteren. De fosfaatrijke dikke fractie is gevraagd in gebieden met een lage P-bodem of organische stof gehalte. De dunne fractie is lokaal beter toepasbaar door de lagere gehalten.

Mechanische mestscheiding voldoet niet aan de eisen voor het productieproces en eindproduct. De totale concentratie mineralen stikstof t.o.v. de totale stikstof wordt niet gewijzigd, wel wordt de concentratie aan mineralen stikstof in de dikke en dunne fractie gewijzigd. Het is nog onduidelijk of dat dit ook goedgekeurd wordt. Ook kan mechanische mestscheiding niet voldoen aan de eis van minimaal 90% anorganische stikstof. Dit komt doordat het niet mogelijk is om alle kleine vezels te verwijderen bij mechanische mestscheiding, hierdoor is er nog een gedeelte stikstof organisch gebonden.

Het is ook nog onduidelijk of dat het combineren van verwerkingstechnieken ook toegepast mag worden om kunstmestvervangers te produceren. Met een combinatie van vergisting en mechanische mestscheiding wordt de anorganische stikstof verhouding hoger, maar de 90% anorganische stikstof is niet haalbaar met een combinatie van vergisting en mechanische mestscheiding.

Uit onderzoek blijkt dat de scheidingsefficiëntie en kosten met elkaar in verband staan. Een hoge scheidingsefficiëntie betekent hoge kosten, zowel voor investering en operationele kosten. Bij een zeefbandpers is toevoeging van polymeren vlokmiddel vereist, dit zorgt ervoor dat deeltjes zich aan elkaar hechten. Met behulp van polymeren kan meer fosfaat in de dikke fractie gescheiden worden. Een polymeer is een vorm van vloeibaar plastic. De effecten van polymeren op de bodem en gewassen zijn in de literatuur niet bekend. Daarom is het onzeker om in een zeefbandpers te investeren. Mechanische mestscheiding dient wel als voorbehandeling gebruikt te worden bij membraanfiltratie of stikstofstrippen.

Na mechanische mestscheiding kan het eindproduct, de dunne fractie, verder verwerkt worden. Deze extra stap wordt ook wel hoogwaardige mestverwerking genoemd. In dit onderzoek zijn twee technieken onderzocht die de dunne fractie verder verwerken: membraanfiltratie en stikstofstrippen.

Membraanfiltratie techniek voldoet aan de voorwaarde voor het productieproces en het eindproduct. Het NK-concentraat uit de omgekeerde osmose van de membraanfiltratie voldoet aan de voorwaarde voor RENURE kunstmestvervangers. Uit onderzoek is gebleken dat membraanfiltratie een complexe techniek waarbij veel management bij nodig is. Het voordeel bij het gebruik van deze techniek is dat er een volume reductie van ongeveer 20% optreedt door de verwerking tot loosbaar-water. Bij membraanfiltratie is ook nog een onzekerheid of de techniek werkt op het digestaat uit alle co-vergisters. Dit komt omdat de samenstelling van het digestaat uit co-vergisters verschillend zijn door de gebruikte drijfmest en co-producten (Hoeksma, Verwerking van digestaat uit Co-vergisting, 2013).

Stikstofstripper techniek voldoet aan de voorwaarde voor het productieproces en het eindproduct. Het ammoniumnitraat of ammoniumsulfaat uit de stikstofstripper voldoet aan de voorwaarde voor RENURE kunstmestvervangers. De dunne fractie die overblijft uit de stikstofstripper voldoet niet aan de RENURE voorwaarde voor minimaal 90% anorganisch gebonden stikstof. Het gebruik van een stikstofstripper biedt wel milieuvoordelen op het gebied van stikstof uitstoot. Bij het uitrijden van de dunne fractie komen amper emissies vrij omdat stikstof hoofdzakelijk organisch gebonden is. Uitonderzoek van de WUR (Velthof, Ehlert, & Schoumans, 2021) is gebleken dat de uitstoot van stikstof met 70% is te beperken met het gebruik van een stikstofstripper. Op dit moment is er nog geen verdienmodel om de uitstoot van stikstof te verlagen, in de toekomst is de verwachting dat het reduceren van stikstofuitstoot beloont worden (Berkhout, 2022). Uit onderzoek is gebleken dat stikstofstripper een techniek is die in opkomst is. In Nederland zijn een aantal pilot installaties waarbij stikstofstripper techniek getest wordt.

Tijdens het onderzoek naar verwerkingstechnieken die gebruikt kunnen worden voor hoogwaardige mestverwerking zijn er gesprekken gevoerd met verschillende fabrikanten. Hieruit kwam naar voren dat de ontwikkelingen rondom mestverwerking stilstaan doordat bedrijven niet weten welke richting ze op moeten. Er wordt al 10 jaar gezegd dat er een toelating voor kunstmestvervangers komt, maar deze is er nog niet. De definitieve erkenning voor kunstmestvervangers zal ervoor zorgen dat er nieuwe ontwikkelingen zullen komen op het gebied van mestverwerking. Daarom is het niet verstandig om op dit moment te investeren in mestverwerkingstechnieken.

4.3. Wat zijn de eindproducten en welke verwerkingskosten zijn er?

Bij deze deelvraag zijn de eindproducten en de verwerkingskosten van membraanfiltratie en stikstofstrippen onderzocht.

De eindproducten van het “Geniaal systeem” zijn: dikke fractie van digestaat, MF-concentraat, NK-concentraat en loosbaarwater. Grote voordeel van het gebruik van dit systeem is dat 17% van het ingaande digestaat verwerkt wordt tot loosbaarwater, hiermee worden kosten bespaart op transport, opslag en afvoerkosten. 30% van het ingaande digestaat wordt verwerkt tot NK-concentraat en mag als zijnde kunstmestvervanger worden toegepast. Het NK-concentraat heeft als nadeel dat het wel een lage bemestingswaarde heeft, de gehaltenes 2.5kg N, 0.33kg P en 2.5kg K zijn lager als het ingaande digestaat. Uit onderzoek van de WUR is gebleken dat er nog steeds kosten betaald moeten worden om dit product af te zetten (Inge C. Regelink, 2021). In het “Geniaal systeem” worden ook chemische hulpstoffen toegevoegd zoals polymeren om de scheiding te verbeteren, de langdurige effecten hiervan op de bewerkbaarheid van de bodem zijn in de literatuur niet bekend. De membraanfiltratie techniek blijkt complex en gevoelig voor “verstoppingen” te zijn waardoor er veel management voor nodig is.

De eindproducten van stikstofstrippen zijn: dikke fractie van digestaat, ammoniumsulfaat of ammoniumnitraat en dunne fractie van digestaat. Deze techniek staat nog in de kinderschoenen en wordt nu in een aantal Pilots in Nederland getest. De gehaltenes van het 8%N ammoniumsulfaat of 15%N ammoniumnitraat zijn hoger dan de gehaltenes van het NK-concentraat van het “Geniaal systeem”. Maar nog steeds is de bemestingswaarde laag vergeleken met kunstmest. Bij de pilot installatie van Detricon werd 0.2% van het ingaande digestaat omgezet tot ammoniumsulfaat of ammoniumnitraat, dit percentage is erg laag. De techniek heeft geen effect op de totale hoeveelheid eindproducten, hierdoor heeft deze techniek geen besparingen op transportkosten.

Wanneer NK-concentraat of Ammoniumsulfaat, Ammoniumnitraat wordt geblend met vloeibare kunstmest zoals ureum, krijgen de eindproducten een betere bemestingswaarde. Het is nog onzeker of dat dit goedgekeurd wordt in de wet- en regelgeving voor kunstmestvervangers.

Een stikstofstripper kan ook tijdens het vergistingsproces gebruikt worden, de stikstofstripper kan namelijk het gehalte van ammoniak in de vergister laten dalen. Dit kan zorgen voor een hogere biogasopbrengst omdat ammoniak een remmende werking heeft op de biogasproductie, ook is het mogelijk om stikstofrijke stromen zoals kippenmest en afvalstromen te voeden in de vergister (Fuchs et al., 2018). De financiële voordelen bij het gebruik van een stikstofstripper in het vergistingsproces zijn niet eenduidig te berekenen omdat het ammoniak gehalte per vergister verschillend is en de daarmee beperkende biogasproductie.

Membranfiltratie is vooral interessant voor bedrijven die in een intensieve veehouderij gebied zitten, met behulp van membranfiltratie kan een eindproduct gemaakt worden dat beter lokaal afgezet kan worden. Hiermee wordt vergeleken met onbewerkte digestaat afzetten in akkerbouwgebied (100km €10.-per ton) een prijs voordeel behaald omdat de transportkosten niet hoog zijn. Ook wordt een gedeelte van de mest verwerkt tot loosbaar water hier zijn ook geen transportkosten voor. Wanneer er naar de bemestingswaarde wordt gekeken van het product is deze vrij laag, lager dan de gehalten ingaande digestaat. Wanneer deze techniek in een akkerbouwgebied wordt toegepast is het voordeel niet zo groot. De bemestingswaarde van het product is lager dan bij onbewerkte digestaat en er is geen transport voordeel, want het digestaat kan lokaal afgezet worden. Bij een dalende veestapel daalt de mestprijs, omdat er minder aanbod is van mest. Omdat aan de membranfiltratie techniek vaste kosten zijn verbonden (10,5. euro per ton) en omdat de prijs voor het NK-concentraat inelastisch is aan de prijs voor mest. Kan membranfiltratie in een stijgende mestmarkt niet concurreren met onbewerkte mest, waardoor deze techniek in de toekomst slecht uitvoerbaar is.

Stikstofstrippen is vooral interessant voor bedrijven die veel grond bezitten. Deze bedrijven kunnen maximaal 170kg/N aan stikstof per hectare uitrijden van het digestaat. Wanneer zij een stikstofstripper aanschaffen wordt ongeveer 50% van het stikstof uit het digestaat verwijderd waardoor er meer digestaat per hectare uitgereden kan worden. Het eindproduct kan het bedrijf gebruiken boven de 170kg/N per hectare. Op deze manier kunnen bedrijven met veel land hun digestaat beter toepassen op het eigen bedrijf. De vaste kosten van stikstofstripper zijn €4,62. per ton digestaat. Deze kosten zijn discutabel want de kosten zijn gebaseerd op literatuur onderzoek en vanuit pilot-installaties, in de praktijk kan dit anders zijn. Omdat het digestaat geen vaste samenstelling heeft zal de efficiëntie van stikstofstrippen afhankelijk zijn van de mate van afbraak van organisch gebonden stikstof in het vergistingsproces.

Uit boven staande kan geconcludeerd worden dat een passende verwerkingstechnieken afhankelijk is van regio-specifieke omstandigheden. Daarom kunnen de kosten van de twee technieken niet met elkaar vergeleken worden. De kosten voor het "Geniaal systeem" komen uit een onderzoek van de WUR naar membranfiltratie techniek (Inge C. Regelink, 2021). De vaste kosten van het systeem staan vast, maar de afzet kosten van de eindproducten zijn discutabel. Afzetkosten zijn namelijk ook afhankelijk van locatie- en regio specifieke condities. Wanneer de eindproducten lokaal kunnen worden afgezet zijn de kosten voor transport lager dan wanneer de eindproducten over lange afstanden worden afgezet. In bijlage 6 tabel 9 en 10 staat een overzicht van kosten membranfiltratie vergeleken met afzet onbewerkte mest in akkerbouwgebied. In bijlage 6 tabel 10 is zichtbaar dat wanneer een bedrijf zich in een akkerbouwgebied vindt, de mest lokaal afgezet kan worden waardoor er maar een klein voordeel behaalt wordt met membranfiltratie.

Het verdienmodel voor het maken van kunstmestvervangers is grote deels afhankelijke van de verwerkingstechniek. Wanneer er wordt geïnvesteerd in de huidige techniek zoals membranfiltratie of stikstofstrippen is het gevaar dat er in de toekomst een techniek wordt uitgevonden waarbij de verwerkingskosten veel lager zijn of de eindproducten hogere gehalten bevatten en daardoor een hogere marktwaarde hebben.

4.4. Reflectie op onderzoeksmethode

De onderzoeksmethode deskresearch is als pittig ervaren, vaak lang dradige wetenschappelijke verhalen die soms niet eens toepasbaar zijn in de praktijk. Een enquête onder gebruikers van verschillende installaties was achteraf een goede onderzoeksmethode geweest om meer inzicht te krijgen over bestaande installaties en technieken. Het lastige aan dit verslag is de kloof tussen de wetenschap en de praktijk. Er waren bijvoorbeeld wetenschappelijke artikelen over mestscheiding met behulp van kalk, hierdoor zou het scheidingsrendement toe nemen. Maar na wat research blijkt dat het systeem in de praktijk niet werkt en nu buiten werking is. Ook is het jammer dat de toelating van kunstmestvervangers nog steeds niet concreet is waardoor er nog geen zekerheid is voor de toekomst. Een verbeterpunt voor dit onderzoek zou zijn meer fabrikanten van verwerkingsinstallaties benaderen. Hiermee konden er meer gegevens verzameld worden en zijn de antwoorden op de deelvragen relevanter.

Uiteindelijk zijn er toch veel betrouwbare en relevante gegevens verkregen. En zijn er op alle deelvragen en de hoofdvraag antwoorden verkregen die ook toepasbaar zijn in de praktijk.

5. Conclusie en aanbevelingen

Het onderzoek gaat over de mogelijkheden om digestaat te verwerken tot een kunstmestvervanger en ook of dat investeren in het maken van kunstmestvervangers wordt beloont. Omdat kunstmestvervangers worden geproduceerd uit dierlijke mest of digestaat is er eerst onderzoek gedaan naar de mestmarkt en de toekomst daarvan. Ook is er onderzoek gedaan naar de verwerkingstechnieken, verwerkingskosten en de eindproducten.

5.1. Welke veranderingen spelen er op de dierlijke mestmarkt en wat voor effect zal dit hebben op de productie van kunstmestvervangers ?

Uit onderzoek is gebleken dat de balans tussen de productie en gebruiksruimte van dierlijke stikstof en fosfaat de mestmarkt vorm geven. Daarnaast zijn mestafzetkosten ook afhankelijk van opslag, transport, wegen en monstereisen. Geconstateerd kan worden dat mestprijzen afhankelijk zijn van regio specifieke omstandigheden. Het type verwerkingsproces om kunstmestvervangers te produceren moet aansluiten bij deze regio specifieke omstandigheden. Uit dit onderzoek is ook gebleken dat er in de toekomst vier grote veranderingen zijn die de mestmarkt gaan beïnvloeden: Dalen van de veestapel, toelating kunstmestvervangers, mogelijk afschaffen van derogatie en het landbouwbeleid. Het is aannemelijk dat door deze veranderingen de mestprijzen in de toekomst zullen wijzigen. Het huidige verdienmodel van kunstmestvervangers is niet rendabel bij stijgende mestprijzen, omdat de prijzen van kunstmestvervangers ook afhankelijk zijn van kunstmestprijzen. Geconcludeerd kan worden dat veranderingen op de dierlijke mestmarkt nog onzeker zijn en daarmee het verdienmodel van kunstmestvervangers ook onzeker maakt.

5.2. Welke technieken kunnen worden toegepast voor het maken van kunstmestvervangers uit digestaat?

Dit onderzoek naar verwerkingstechnieken is gedaan aan de hand van de JRC voorwaarde. Omdat de wet- en regelgeving nog kunnen wijzigen is het onzeker om op dit moment te investeren in verwerkingstechnieken. Uit het onderzoek is gebleken dat membraanfiltratie en stikstofstrippen aan de voorwaarde kunnen voldoen. Vergisting en mechanische mestscheiding kunnen niet aan de voorwaarde voor RENURE voldoen. De eindproducten die voldoen aan de kunstmestvervangers hebben een lage bemestingswaarde en daarbij een lage marktwaarde. Uitgesprekken met fabrikant bleek dat de ontwikkeling in de verwerking van dunne fractie stilstaan, omdat fabrikanten niet weten welke richting ze op moeten. Wanneer er in de toekomst de toelating voor kunstmestvervangers is goedgekeurd zal de ontwikkeling naar verwerkingstechnieken toenemen. Het risico bestaat dat er in de toekomst nieuwe betere technieken worden uitgevonden waardoor huidige verwerkingstechnieken in de toekomst niet kunnen concurreren. Geconcludeerd kan worden dat Membraanfiltratie en stikstofstrippen gebruikt kunnen worden voor het produceren van kunstmestvervangers uit digestaat.

5.3. Wat zijn de eindproducten en welke verwerkingskosten zijn er?

In deze paragraaf zijn praktijksituaties onderzocht waarbij stikstofstrippen en membraanfiltratie gebruikt worden. Membraanfiltratie blijkt een complexe techniek te zijn waarbij veel management komt kijken. Stikstofstrippen is een techniek die veel belovend lijkt omdat het in combinatie met een vergister goed toepasbaar is. De eindproducten na Membraanfiltratie zijn: dikke fractie van digestaat, MF-concentraat, NK-concentraat en loosbaarwater. De eindproducten na stikstofstrippen zijn: dikke fractie van digestaat, ammoniumsulfaat of ammoniumnitraat en dunne fractie van digestaat. De eindproducten die voldoen aan de kunstmestvervangers hebben een lage bemestingswaarde en daarbij een lage marktwaarde. De verwerkingskosten voor membraanfiltratie zijn €10,5. per ingaande ton mest/digestaat en de verwerkingskosten voor stikstofstrippen zijn €4,62. per ingaande ton mest/digestaat. Geconcludeerd kan worden dat met de huidige mestprijzen een investering in de productie van kunstmestvervangers in een intensief veehouderij gebied financieel voordeel heeft, maar door de toekomst verwachting van de mestmarkt is dit een groot risico.

Met de antwoorden op de deelvragen kan de hoofdvraag beantwoordt worden:

5.4. Hoofdvraag: Hoe kan een exploitant van een biogasinstallatie zijn digestaat verwerken tot een kunstmestvervanger RENURE en wordt dit beloont?

Uit het onderzoek is gebleken dat het voor een exploitant van een biogasinstallatie mogelijk is om kunstmestvervangers te produceren met membraanfiltratie of stikstofstrippen, maar op dit moment is het niet interessant om te investeren in verwerkingstechnieken. Er zijn grote onzekerheden die het verdienmodel van mestverwerking beïnvloeden: De toekomst van de mestmarkt is onzeker, de wet en regelgeving is nog niet definitief en ook zijn de verwerkingstechnieken nog niet goed genoeg. De huidige technieken hebben te hoge verwerkingskosten of te lage gehalten in de eindproducten. Het onderzoek laat wel zien dat er perspectief is voor kunstmestvervangers in de toekomst. Kunstmestvervangers brengen namelijk ook maatschappelijke voordelen met zich mee zoals terugdringen van methaan- en ammoniakemissies.

5.5. Aanbevelingen

In dit onderzoek is naar voren gekomen dat het mogelijk is om kunstmestvervangers te produceren uit digestaat, maar op dit moment is het niet interessant om te investeren in verwerkingstechnieken. Dit onderzoek is van belang voor biogas exploitanten, onderzoekers en adviseurs, maar ook voor de Nederlandse akkerbouwer en veehouders. Voor onderzoekers geldt dat er meer onderzoek gedaan moet worden naar de samenstelling van digestaat uit co-vergisting, verwerkingstechnieken en emissies van eindproducten. Wanneer de toelating voor kunstmestvervangers definitief is en er zijn nieuwe ontwikkelingen in verwerkingstechnieken kan het interessant zijn om dit onderzoek opnieuw uit te voeren.

Bibliografie

- Abbasi, T., Tauseef, S., & Abbasi, S. (2012). Anaerobic digestion for global warming control and energy generation—An overview. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(5), 3228–3242. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.02.046>
- Adekunle, K. F., & Okolie, J. A. (2015). A Review of Biochemical Process of Anaerobic Digestion. *Advances in Bioscience and Biotechnology*, 06(03), 205–212. <https://doi.org/10.4236/abb.2015.63020>
- Akasofu, S. (2018). Global warming has been halted: is global warming by the greenhouse gases significant? *Physics & Astronomy International Journal*, 2(5), 445–446. <https://doi.org/10.15406/paij.2018.02.00122>
- Angouria-Tsorochidou, E., Seghetta, M., Trémier, A., & Thomsen, M. (2022). Life cycle assessment of digestate post-treatment and utilization. *Science of The Total Environment*, 815, 152764.
- Berg, I. R. (2010). *Emissiearm bemesten*. Opgehaald van Planbureau voor de Leefomgeving: <https://edepot.wur.nl/4779>
- Berkhout, P. (2022). *Boeren zonder (kunst)mest, kan dat?* Opgehaald van WUR: <https://www.wur.nl/nl/show-longread/Boeren-zonder-kunstmest-kan-dat.html>.
- BIONP. (2022). *Stikstofstripper*. Opgehaald van bionp: <https://www.bionp.nl/>
- Bioresource Technology. (2019). *Digestate mechanical separation: Efficiency profiles based on anaerobic digestion feedstock and equipment choice*. Elsevier.
- Boersma, H. L. (2018). Weg met het hokjesdenken in de landboskrant. *Volkskrant*.
- Buning, S. (2015, oktober 10). *Kunstmestvervanger nog in ontwikkeling*. Opgehaald van WUR: <https://edepot.wur.nl/361983>
- Camilleri-Rumbau, M. S., Briceño, K., Fjerbæk Søjtoft, L., Christensen, K. V., Roda-Serrat, M. C., Errico, M., & Norddahl, B. (2021). Treatment of Manure and Digestate Liquid Fractions Using Membranes: Opportunities and Challenges. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(6), 3107. <https://doi.org/10.3390/ijerph18063107>
- C Blokhuis, J. S. (2020, mei 13). *Een eerste verkennende literatuurstudie over het effect van bodembeheer op het behalen van bodem-, water- en luchtdoelstellingen*. Opgehaald van RIVM: Een eerste verkennende literatuurstudie over het effect van bodembeheer op het behalen van bodem-, water- en luchtdoelstellingen
- CBS. (2016, Oktober 18). *wat-betekent-het-einde-van-derogatie*. Opgehaald van www.boerenbusiness.nl: <https://www.boerenbusiness.nl/melk/artikel/10871955/wat-betekent-het-einde-van-derogatie>
- CBS. (2020, juni 30). *Stikstof in mest bleef gelijk in 2020, fosfaat verder gedaald*. Opgehaald van CBS: <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2021/26/stikstof-in-mest-bleef-gelijk-in-2020-fosfaat-verder-gedaald>.
- CBS. (2021). *Landbouwexport blijft op de been*. Opgehaald van CBS: <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2021/03/landbouwexport-blijft-op-de-been>

- Ciska Nienhuis, R. M. (2020, juli 20). *Mestvergisting als onderdeel van duurzame kringloop*. Opgehaald van WUR: <https://edepot.wur.nl/524221>.
- Climate Change Governance Series: Climate Change Management, Volume 4. (2013). International Journal of Climate Change Strategies and Management, 5(1). <https://doi.org/10.1108/ijccsm.2013.41405aaa.008>
- Dijk, V. (2021, juli 22). *Meta-analyse laat zien dat de vraag naar voedsel met 35% tot 56% zal stijgen tussen 2010-2050*. Opgehaald van WUR: <https://www.wur.nl/nl/Onderzoek-Resultaten/Onderzoeksinstituten/Economic-Research/show-wecr/Meta-analyse-laait-zien-dat-de-vraag-naar-voedsel-met-35-tot-56-zal-stijgen-tussen-2010-2050.htm>
- Ekwadraat. (2022). *Ekwadraat.nl*. Opgehaald van <https://ekwadraat.com/diensten/vergisting/co-vergisting/>.
- (2016). *Environmental impact of biogas: A short review of current knowledge*. Sciencedirect.
- Europees Milieu Agentschap. (2015). *Landbouw en klimaatverandering*.
- Errico, M., Fjerbaek Sotoft, L., Kjærhuus Nielsen, A., & Norddahl, B. (2017). Treatment costs of ammonia recovery from biogas digestate by air stripping analyzed by process simulation. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 20(7), 1479–1489. <https://doi.org/10.1007/s10098-017-1468-0>
- Fuchs, W., Wang, X., Gabauer, W., Ortner, M., & Li, Z. (2018). Tackling ammonia inhibition for efficient biogas production from chicken manure: Status and technical trends in Europe and China. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 97, 186–199. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.08.038>
- Gienau, T., Brüß, U., Kraume, M., & Rosenberger, S. (2018). Nutrient Recovery from Biogas Digestate by Optimised Membrane Treatment. *Waste and Biomass Valorization*, 9(12), 2337–2347. <https://doi.org/10.1007/s12649-018-0231-z>
- Government of Canada - Agriculture and Agri-Food Canada. (2022). *Effect of Biogas and Nutrient Recovery Technology on Methane Emissions and Nutrient Budgets*. Scientific Research.
- Guilayn, F., Jimenez, J., Rouez, M., Crest, M., & Patureau, D. (2019). Digestate mechanical separation: Efficiency profiles based on anaerobic digestion feedstock and equipment choice. *Bioresource Technology*, 274, 180–189. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.11.090>
- Harry Luesink, R. P.-J. (2016). *Effect afzet mestverwerkingsproducten bij wettelijke status kunstmest of EG-meststof*. Opgehaald van WUR: <https://edepot.wur.nl/378271>
- Hoeksma, P. (2013, Augustus). *Verwerking van digestaat uit co-vergisting*. Opgehaald van ACRRES: <https://www.acrres.nl/wp-content/uploads/2016/02/PPO564Verwerking-digestaat.pdf>
- Hoeksma, P. (2013). *Verwerking van digestaat uit Co-vergisting*. Lelystad: ACRRES-Wageningen UR.
- Inge C. Regelink, J. L. (2021, november). *Evaluatie van mestverwerking voor mest- en co-vergiste mest*. Opgehaald van WUR: <https://research.wur.nl/en/publications/evaluatie-van-verwerkingsinstallaties-voor-mest-en-co-vergiste-mest>
- IPCC. (2013). *Climate change 2013*. Sciencedirect.

- Joint Research Centre. (2020). *Technical proposals for the safe use of processed manure above the threshold established for Nitrate Vulnerable Zones by the Nitrates Directive (91/676/EEC)*. Luxemburg: Publications Office of the European Union.
- Klimaatcrisis Beleid Team. (2021). *Klimaatbeleid Landbouw*. Delft: KBT.
- KNMI. (sd). *Broeikaseffect*. Opgehaald van KNMI.nl.
- MBA, J. R. (2019). *Knelpunten in mestverwaarding*. NCM.
- Ministerie LNV. (2018). *Landbouw, Natuur en voedsel. Waardevol en verbonden*. Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit.
- Müller, B., Sun, L., Westerholm, M., & Schnürer, A. (2016). Bacterial community composition and fhs profiles of low- and high-ammonia biogas digesters reveal novel syntrophic acetate-oxidising bacteria. *Biotechnology for Biofuels*, 9(1). <https://doi.org/10.1186/s13068-016-0454->
- Noort, R. v. (2021, November 12). *Analyse ontwikkelingen mestbalans 2030*. Opgehaald van Mestverwaarding: <https://www.mestverwaarding.nl/kenniscentrum/2304/analyse-mestbalans-2030>
- Paolini, V., Petracchini, F., Segreto, M., Tomassetti, L., Naja, N., & Cecinato, A. (2018a). Environmental impact of biogas: A short review of current knowledge. *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 53(10), 899–906. <https://doi.org/10.1080/10934529.2018.1459076>
- Paolini, V., Petracchini, F., Segreto, M., Tomassetti, L., Naja, N., & Cecinato, A. (2018b). Environmental impact of biogas: A short review of current knowledge. *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 53(10), 899–906. <https://doi.org/10.1080/10934529.2018.1459076>
- Planbureau voor de leefomgeving. (2019, maart 4). *Broeikasgasemissies door landbouwproductie en voedselconsumptie*. Opgehaald van PBL: <https://www.pbl.nl/publicaties/broeikasgasemissies-door-landbouwproductie-en->
- Rijksoverheid. (2021). *Klimaatbeleid*. Opgehaald van Rijksoverheid: <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/klimaatverandering/klimaatbeleid>
- Reuland, G., Sigurnjak, I., Dekker, H., Michels, E., & Meers, E. (2021). The Potential of Digestate and the Liquid Fraction of Digestate as Chemical Fertiliser Substitutes under the RENDUE Criteria. *Agronomy*, 11(7), 1374. <https://doi.org/10.3390/agronomy11071374>
- Sigurnjak, I., Brienza, C., Snauwaert, E., De Dobbelaere, A., De Mey, J., Vaneeckhaute, C., Michels, E., Schoumans, O., Adani, F., & Meers, E. (2019). Production and performance of bio-based mineral fertilizers from agricultural waste using ammonia (stripping-)scrubbing technology. *Waste Management*, 89, 265–274. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.03.043>
- Stephen Chong, K. v. (2020, November 24). *De economische rol van aardgas na de productiebeperkingen*. CBS. Opgehaald van CBS.
- VanderZaag, A., & Balde, H. (2022). Effect of Biogas and Nutrient Recovery Technology on Methane Emissions and Nutrient Budgets. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4043588>
- Velthof, G., Ehlert, P., & Schoumans, O. (2021). *Ammoniak en broeikasgasemissies bij toepassing kunstmestvervangers*. Opgehaald van WUR: <https://www.wur.nl/nl/Publicatie-details.html>

7. Bijlage

Bijlage 1

Tabel 1. Stikstofbalans per sector cijfers CBS 2020.

Stikstofbalans	CBS 2020
Stikstofexcretie	x Miljoen kilo N
Melkvee	287
Vleesvee	34
Varkens	92
Pluimvee	55
Overige diercategorieën	23
Subtotaal excretie stikstof	489
Verlies ammoniakemissie stal en opslag	-66
Subtotaal stikstof in mest/weidemest	424
Dierlijke mestimport	3
Co-producten vergisting	3
Totaal aanvoer stikstof uit dierlijke mest in Nederland	429
	_____ -
Plaatsingsruimte stikstof dierlijke mest	
Gebruiksruimte dierlijke mest	376
Gebruik hobbybedrijven en particulieren	8
Gebruik natuurterrein	4
Totaal gebruiksruimte stikstof uit dierlijke mest in Nederland	388
	_____ =
Balans stikstof uit dierlijke mest	41

Tabel 2. Fosfaatbalans per sector cijfers CBS 2020.

Fosfaatbalans	CBS 2020
fosfaatexcretie	x Miljoen kilo P ₂ O ₅
Melkvee	74
Vleesvee	9
Varkens	37
Pluimvee	24
Overige diercategorieën	7
Subtotaal excretie fosfaat	151
Mestimport	2
Gebruik kunstmest	14
Correctie gebruik kunstmest in glastuinbouw	-7
Co-producten vergisting	2
Overige aanvoer	7
Correctie voor 50% fosfaat vrijstelling compost	-1
Totaal beschikbare fosfaat in Nederland	166
	_____ -
Plaatsingsruimte fosfaat	
Fosfaat gebruiksruimte	138
Gebruik hobbybedrijven en particulieren	3
Gebruik natuurterrein	1
Totaal gecorrigeerd gebruiksruimte fosfaat in Nederland	142
	_____ =
Fosfaatbalans	24

Tabel 3. Gerealiseerde export en verwerking cijfers CBS 2020.

Gerealiseerde export en verwerking in 2020	Stikstof (x mln kg N)	Fosfaat (x mln kg P ₂ O ₅)
Export dierlijke mest via registratie VDM	34.6	34.9
Aanvoer mestverbranding	10.6	6.4
Aanvoer mestkorrelaars	8.2	6.4
Afvoer mineralenconcentraat	2.8	-
Biologische omzetting	3.5	-
Totaal export en verwerking	59.7	47.7

Bijlage 2

Tabel 4. Stikstofbalans CBS 2020 t.o.v. maatregelpakketten.

Stikstofbalans	CBS 2020	Structurele aanpak stikstof 2030	Variant A 2030	Variant B 2030
Stikstofexcretie	x Miljoen kilo N	x Miljoen kilo N	x Miljoen kilo N	x Miljoen kilo N
Melkvee	287	277	188	183
Vleesvee	34	34	34	34
Varkens	92	73	74	47
Pluimvee	55	41	43	25
Overige diercategorieën	23	21	21	21
Subtotaal excretie stikstof	489	445	360	309
Verlies ammoniakemissie stal en opslag	-66	-60	-48	-42
Subtotaal stikstof in mest/weidemest	424	386	312	268
Dierlijke mestimport	3	3	3	3
Co-producten vergisting	3	3	3	3
Totaal aanvoer stikstof uit dierlijke mest in Nederland	429	391	317	273
	_____ -	_____ -	_____ -	_____ -
Plaatsingsruimte stikstof dierlijke mest				
Gebruiksruimte dierlijke mest	376	344	314	344
Verlies derogatie	-	-	-	-47
Gebruik hobbybedrijven en particulieren	8	8	8	8
Gebruik natuurterrein	4	4	4	4
Totaal gebruiksruimte stikstof uit dierlijke mest in Nederland	388	356	326	309
	_____ =	_____ =	_____ =	_____ =
Balans stikstof uit dierlijke mest	41	35	-9	-53

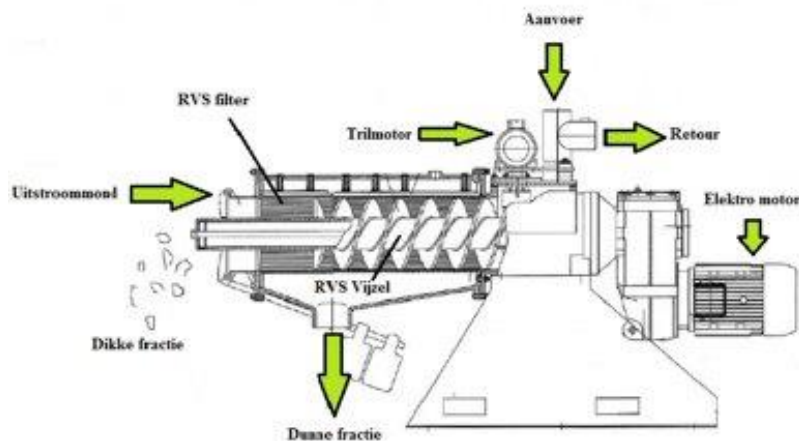
Tabel 5. Fosfaatbalans CBS 2020 t.o.v. maatregelpakketten.

Fosfaatbalans	CBS 2020	Structurele aanpak stikstof 2030	Variant A 2030	Variant B 2030
fosfaatexcretie	x Miljoen kilo P ₂ O ₅	x Miljoen kilo P ₂ O ₅	x Miljoen kilo P ₂ O ₅	x Miljoen kilo P ₂ O ₅
Melkvee	74	71	48	47
Vleesvee	9	9	9	9
Varkens	37	29	30	19
Pluimvee	24	18	19	11
Overige diercategorieën	7	6	6	6
Subtotaal excretie fosfaat	151	134	112	92
Mestimport	2	2	2	2
Gebruik kunstmest	14	14	14	14
Correctie gebruik kunstmest in glastuinbouw	-7	-7	-7	-7
Co-producten vergisting	2	2	2	2
Overige aanvoer	7	7	7	7
Correctie voor 50% fosfaat vrijstelling compost	-1	-1	-1	-1
Totaal beschikbare fosfaat in Nederland	166	149	128	108
	— ⁻	— ⁻	— ⁻	— ⁻
Plaatsingsruimte fosfaat				
Fosfaat gebruiksruimte	138	126	115	126
Gebruik hobbybedrijven en particulieren	3	3	3	3
Gebruik natuurterrein	1	1	1	1
Totaal gecorrigeerd gebruiksruimte fosfaat in Nederland	142	130	119	130

Bijlage 3

Schroefvijzelpers

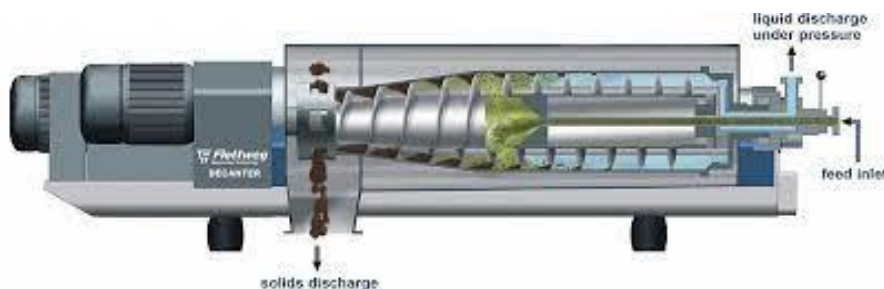
De schroefvijzelpers is een techniek waarbij een vijzel langzaam ronddraait in een zeef met gaatjes van 0,15 – 1,0 mm. Door een klep aan het eind van de vijzel wordt er druk opgebouwd waardoor de dunne fractie door de zeef heen wordt geperst en de dikke fractie door de vijzel naar buitengedrukt. De tegendruk van de pers is instelbaar, waardoor de kwaliteit van zowel de dunne als de dikke fractie variabel is. Een schroefvijzelpers is een eenvoudige machine waarbij zowel de aanschaf als de operationele kosten laag zijn. Een schroefvijzelpers is wel gevoelig voor slijtage, door de schuifbeweging van de vijzel op de zeef kan bij verontreinigingen de zeef extra snel slijten.



Figuur 1. schroefvijzelpers schematisch weergegeven

Decanter Centrifuge

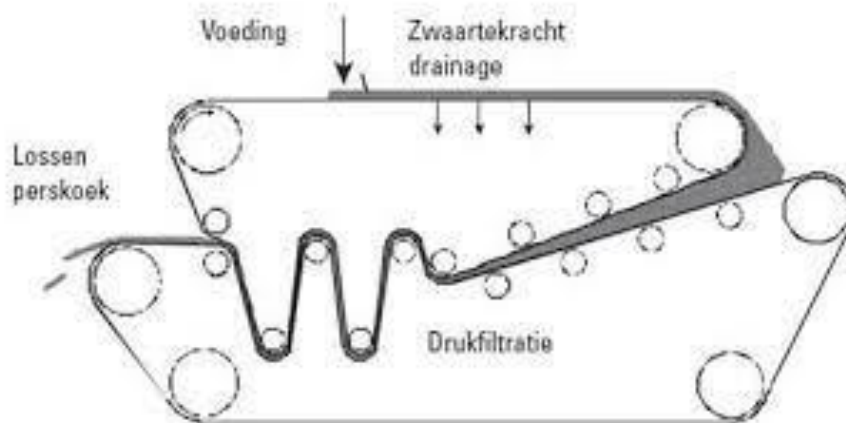
Een Decanter centrifuge scheidt niet met behulp van een zeef maar met middelpuntvliedende kracht. Een Decanter centrifuge bestaat uit een dichte trommel met daarin een schroef. De trommel draait met een hoge rotatiesnelheid waardoor er G-kracht ontstaat, zware delen vliegen naar buiten en worden met een vijzel uit de machine getransporteerd. Hierdoor kan de machine ook fijne deeltjes uit de mest halen. Bij het gebruik van een decanter centrifuge is het scheidingsrendement hoog. Nadelen zijn wel dat het een dure machine is in zowel aanschaf als operationele kosten. Door het hoge toerental gebruikt de machine veel energie. De machine is ook erg gevoelig voor slijtage door zand.



Figuur 2. Decanter Centrifuge schematisch weergegeven

Zeefbandpers

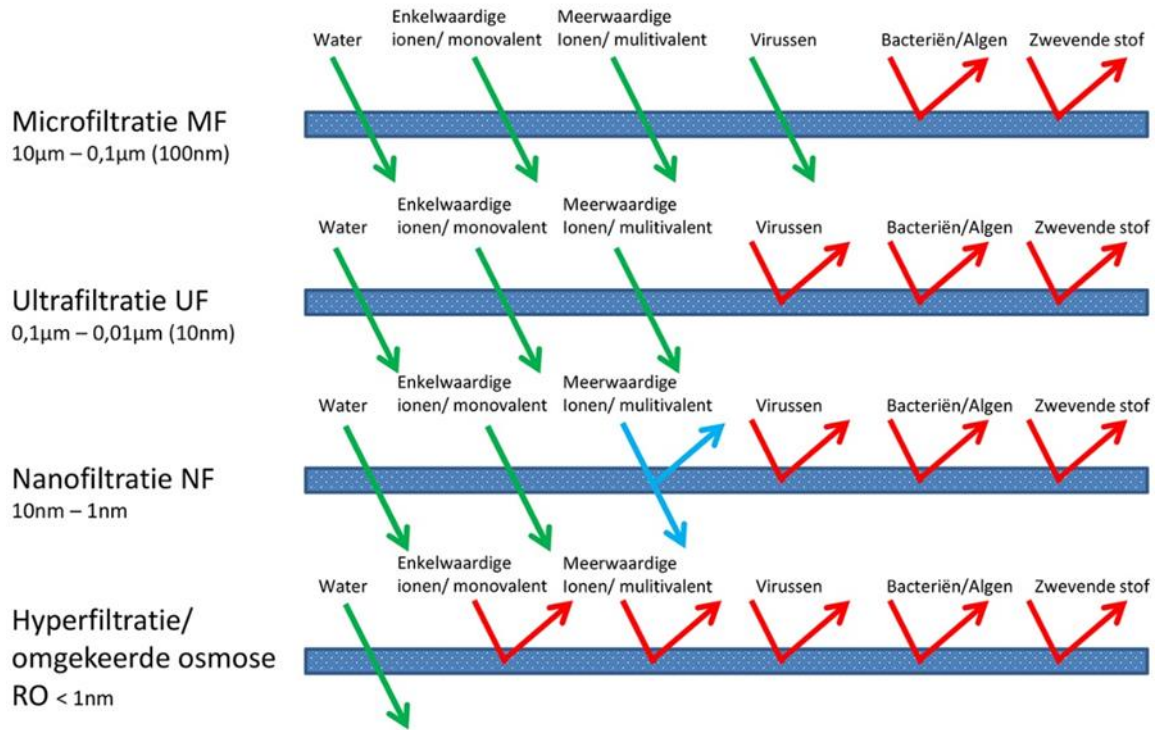
Een zeefbandpers is techniek waarbij de meststroom tussen twee geperforeerde transportbanden wordt gedrukt. De drukrollen zijn in hoogte verstelbaar zodat de persdruk kan worden aangepast. De dikke fractie wordt als perskoek afgevoerd. Bij scheiding met een zeefbandpers is een vlokmiddel vereist, vlokken” is een proces waarbij deeltjes zich aan elkaar hechten. Hierdoor is het scheidingsrendement hoog bij een zeefbandpers. Nadeel is dat het een dure techniek is zowel in aanschaf als operationele kosten. Ook het moeten gebruiken van polymeren vlokmiddel is een groot nadeel.



Figuur 3. Zeefbandpers schematisch weergegeven.

Bijlage 4

Vergelijking membraan technieken



Figuur 4. vergelijking membraantechnieken.

Bijlage 5.

Tabel 6. Overzicht eindproducten "Geniaal-systeem".

Parameter	Digestaat (kg)	Chemie (kg)	Dikke fractie 1 ^e decanter centrifuge (kg)	Dikke fractie 2 decanter centrifuge (kg)	MF-concentraat Afgevoerd (kg)	NK concentraat (kg)	Geloosd water (kg)
Massa	1000	5.6	148	96	345	313	183
DS	89		46	19	17	11	
OS	64		36	14	12	4.1	
P₂O₅	4.6		3.0	1	0.33	0.1	
N	7.4		1.7	1.5	2.4	2.5	0.00005
N-NH₄	5.2		1.0	0.48	1.4	2.5	0.00004
S	0.69	0.85	0.27	0.24	0.2	0.45	0.00054
K	4.6		0.68	0.43	1.4	2.5	
Ca	2.0		1.1	0.8	0.13	0.018	
Mg	0.86	0.25	0.94	0.19	0.038	0.013	
Fe	0.21	0.14	0.1	0.19	0.03	0.0022	

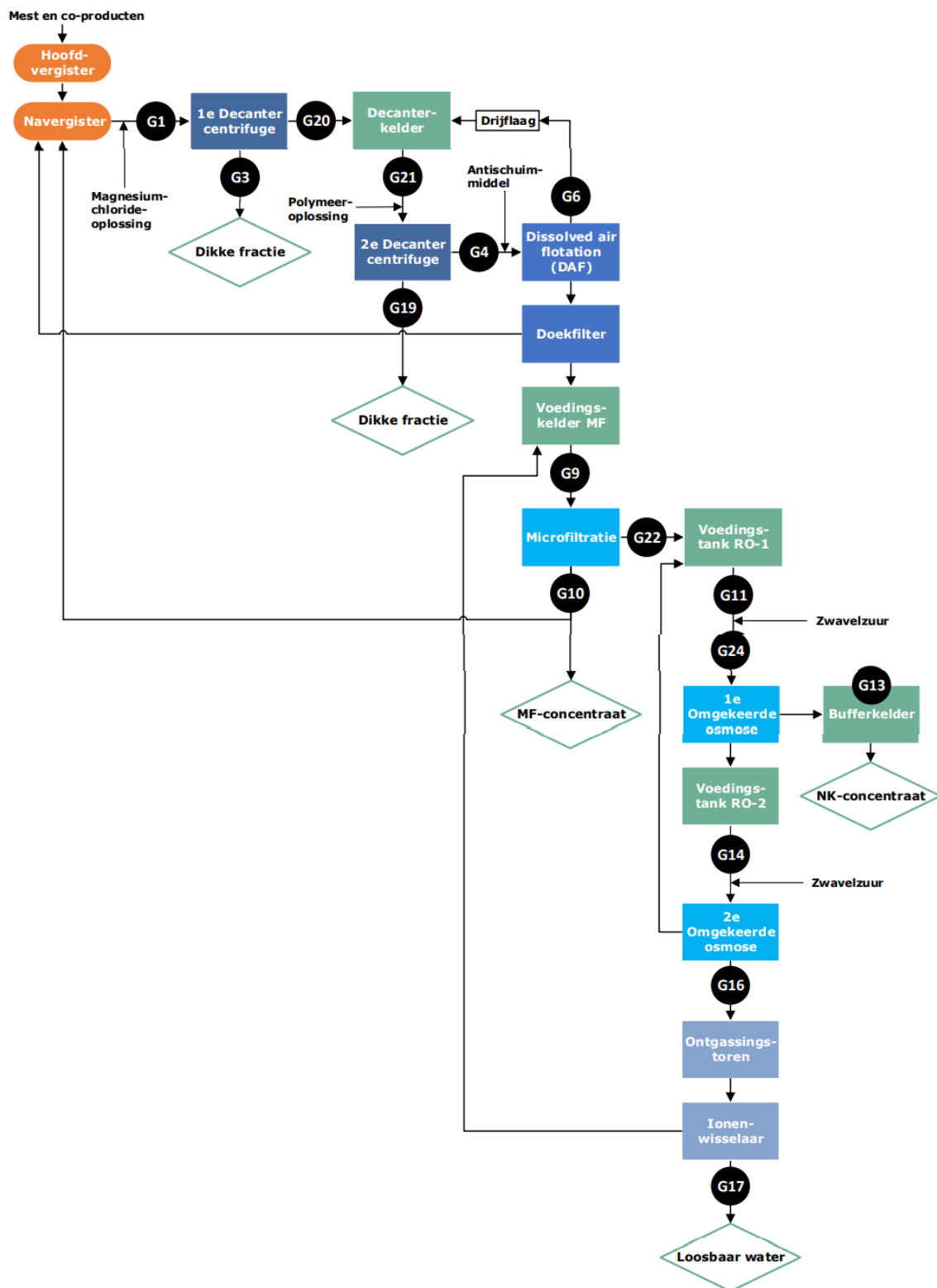
Tabel 7. Investeringskosten "Geniaal-systeem".

Investeringskosten "Geniaal systeem"	
Twee decanter centrifuges	400.000
Microfiltratie-installatie	400.000
Omgekeerde osmose installatie en ionenwisselaar	700.000
Hygiëniserings-unit	100.000
Luchtwassers en overige	500.000
Totaal investering	2.000.000
Jaarlijkse kosten	
Afschrijving 10% en rente 3%	260.000
Onderhoudskosten	250.000
Loonkosten	150.000
Verzekeringen	20.000
Totaal per ton digestaat	€ 6,80.

Tabel 8. Investeringskosten stikstofstripper.

Investering Stikstofstripper	Kosten
Stikstof stripper 70.000 m³/jaar	550.000
Decanter centrifuge	200.000
Totaal investering	750.000
Jaarlijkse kosten	
Afschrijving 10% en rente 3%	97.500
Onderhoudskosten	20.000
Loonkosten	35.000
verzekering	10.000
Totaal per ton digestaat	€ 2,32.

Bijlage 6.



Figuur 5. processchema geniaal systeem

Uitleg processchema "GENIAAL" Groot-Zevert vergisting

Mest en Co-producten worden vergist. De totale verblijftijd in de vergisters is ongeveer 50 dagen. In de Navergister wordt het digestaat gehygiëniseerd bij 52°C met behulp restwarmte van de biogasmotoren. Hygiënisatie is het elimineren van pathogene organismen in de mest door een warmtebehandeling, hierdoor mag het eindproduct geëxporteerd worden naar het buitenland.

Na het vergisting proces wordt het digestaat gescheiden in een dikke en dunne fractie. De eerste scheiding is een fysische scheiding door middel van een decanter centrifuge waarbij $MgCl_2$ -oplossing magnesiumchloride wordt gedoseerd om fosfaat te binden. Dit resulteert in fosfaatrijke dikke fractie en een fosfaatarme dunne fractie.

De fosfaatarme dunne fractie gaat nogmaals naar een tweede decanter centrifuge waarbij een polymeervloeistof wordt toegevoegd om fijne organische stof af te scheiden. De polymeervloeistof zorgt ervoor dat de dunne fractie gaat "vlokken" een proces waarbij deeltjes zich aan elkaar hechten, hierdoor worden de fijne organische deeltjes gescheiden die het vervolg proces kunnen laten verstopen.

Na de tweede decanter centrifuge gaat de dunne fractie via een doekfilter naar de microfiltratie. Het doekfilter haalt met behulp van filterpapier vaste deeltjes uit de dunne fractie, deze vaste deeltjes gaan terug naar het vergistingsproces. Als de dunne fractie door het doekfilter heen is geweest komt het bij de microfiltratie terecht. Bij microfiltratie wordt de scheiding gerealiseerd op basis van deeltjesgrootte. Deeltjes groter dan de membraanporie worden door het membraan tegengehouden. Door de microfiltratie wordt de dunne fractie ontdaan aan de laatste fijne deeltjes. Het residu uit de microfiltratie wordt gemengd met de dikke fractie of teruggevoerd naar het vergistingsproces.

Het filtraat uit de microfiltratie wordt doormiddel van omgekeerde osmose factor 2 tot 3 opgeconcentreerd tot een NK-concentraat. Omgekeerde osmose is een extreem fijn filter met microscopisch kleine openingen. Onder druk wordt het filtraat door het membraan geperst waarbij het membraan zo ontworpen is dat het alleen kleine watermoleculen er doorheen laat. Bij het omgekeerde osmose proces wordt zwavelzuur toegevoegd om de pH te verlagen, dit wordt gedaan om verstopping van neerslaande zouten te voorkomen. Het residu uit de omgekeerde osmose is het NK-concentraat en filtraat is water.

Na de omgekeerde osmose gaat het filtraat door een ontgassingstoren die stript gevaarlijke vluchtige zwavelverbindingen weg. Het filtraat uit de omgekeerde osmose bevat nog te veel zouten om te lozen op het oppervlakte water daarom wordt het filtraat door een ionenwisselaar gezuiverd. Na de ionenwisselaar ontstaat er zuiver water dit wordt gebruikt in het productieproces of geloosd op het oppervlakte water.

Het originele ontwerp bevat een combinatie van een decanter centrifuge gevold door een dissolved air flotation (DAF). De DAF functioneerde niet naar verwachting. Het systeem is daarom aangepast waarbij de functie van de DAF is overgenomen door een tweede decanter centrifuge.

Tabel 9. Kosten afzet eindproducten (WUR)

Kostprijs afzet eindproducten		
Dikke fractie na hygiëniseren	€18.-/ ton	Gemiddeld gerekend tarief in NL inclusief transport.
Dunne fractie 100-150km	€16.-/ ton	Kostprijs voor afzet inclusief transport.
Dunne fractie in nabijheid akkerbouw	€11.-/ ton	Kostprijs voor afzet met gunstige positie akkerbouwgebied inclusief transport.
NK-concentraat	€9,5.-/ ton	Gemiddelde kostprijs inclusief opslag en transport.
MF-concentraat	€17.-/ ton	Kostprijs voor afzet inclusief transport.
Ammonium sulfaat of nitraat	€0.-/ton	Prijs is niet bekend omdat techniek nog vrij nieuw is.

Tabel 10. Afzetkosten membraanfiltratie t.o.v. afzet dikke en dunne fractie.

Membraanfiltratie techniek 100.000m ³			
eindproduct	volume	Afzetkosten	Kostenpost
Loosbaar water	17.000	€0.-	€0.-
Dikke fractie	22.000	€18.-	€396.000.-
MF-concentraat	32.000	€17.-	€544.000.-
NK-concentraat	29.000	€9,5.-	€275.500.-
Totaal: € 1.215.500.-			
Mestafzet in intensief veehouderijgebied naar akkerbouwgebied (100-150km) 100.000 m ³			
eindproduct	volume	Afzetkosten	Kostenpost
Dikke fractie	22.000	€18.-	€396.000.-
Dunne fractie	78.000	€16.-	€1.248.000.-
Totaal: € 1.644.000.-			
Mestafzet lokaal akkerbouwgebied 100.000m ³			
eindproduct	volume	Afzetkosten	Kostenpost
Dikke fractie	22.000	€18.-	€396.000.-
Dunne fractie	78.000	€11.-	€858.000.-
Totaal: € 1.254.000.-			