



PPS Betere stal, betere mest, betere opbrengst

Resultaten werkpakket 4: Duurzaamheidsanalyse



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH



wur.nl

PPS Betere stal, betere mest, betere opbrengst

Resultaten werkpakket 4: Duurzaamheidsanalyse

William Bijker¹, Wim van Dijk¹, Flavia Casu², Jos van Gastel³

1 Wageningen Plant Research

2 Terra Nova

3 Promillicon

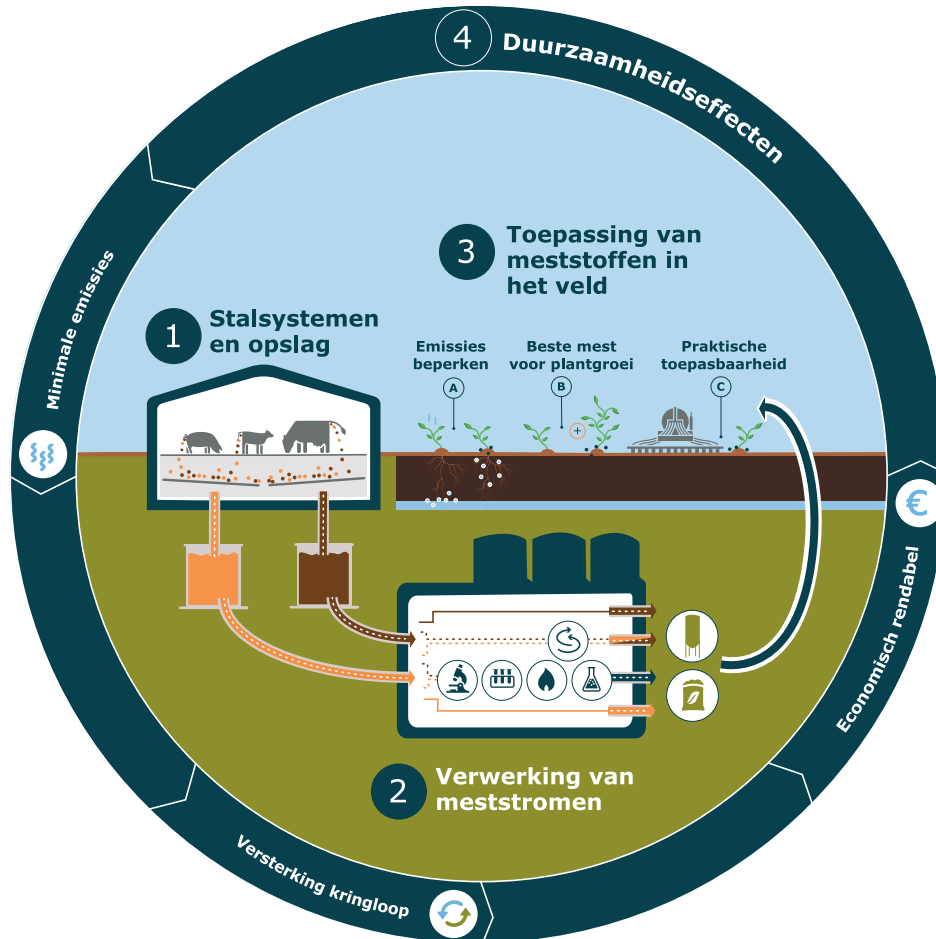
Dit onderzoek is uitgevoerd binnen de PPS Betere Stal, betere Mest, betere Oogst van de topsector Agri & Food (TKI-AF-LWV20.245). Dit project ontvangt financiële steun van de Topsector Agri & Food. Binnen de Topsector werken bedrijfsleven, kennisinstellingen en de overheid samen aan innovaties voor lekker, veilig en gezond voedsel voor 9 miljard mensen in een veerkrachtige wereld.

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

Wageningen, juli 2025

Rapport WPR-OT-1169

bsmo



Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/700417>

In dit rapport worden verschillende stalsystemen en mestbewerkingsmethoden geanalyseerd binnen de melkveehouderij, varkenshouderij en kalverhouderij. Hierbij is gekeken naar de reducties van ammoniak- en broeikasgasemissies. Het toepassen van een emissiearme stal heeft in alle gevallen een positief effect op de reductie van ammoniakemissie over de gehele mestketen, maar leidt tot een stijging in investerings- en exploitatiekosten. Voor de akkerbouw zijn dunne fracties economisch aantrekkelijk, terwijl dikke fracties minder besparen maar meer EOS aanvoeren.

Trefwoorden: innovatieve stalsystemen, mestbewerking, ammoniakreductie, reductie broeikasgassen, kosten-baten analyse

© 2025 Wageningen, Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit Open Teelten, Postbus 16, 6700 AA Wageningen; T 0317 48 07 00; www.wur.nl/plant-research

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

Stichting Wageningen Research. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Stichting Wageningen Research.

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

Rapport WPR-OT-1169.

Foto omslag: William Bijker

Inhoud

Samenvatting	6
1 Inleiding	8
1.1 Aanleiding	8
1.2 Doel	8
2 Methode	9
2.1 Berekening emissies	9
2.2 Scenario's	10
2.2.1 Melkveehouderij	10
2.2.2 Varkenshouderij	11
2.2.3 Kalverhouderij	12
2.3 Technische uitgangspunten en aannames	12
2.3.1 Gemiddeld bedrijf	12
2.3.2 Uitgangspunten stalsystemen	13
2.3.3 Uitgangspunten mest	13
2.4 Uitgangspunten akkerbouw	14
2.4.1 Introductie	14
2.4.2 Gebruiksnormen en restricties bij gebruik dierlijke mestproducten	14
2.4.3 Economische analyse	15
3 Resultaten	16
3.1 Melkveehouderij	16
3.1.1 Emissies	16
3.1.2 Kosten-baten analyse	17
3.2 Varkenshouderij	20
3.2.1 Emissies	20
3.2.2 Kosten-baten analyse	20
3.3 Kalverhouderij	21
3.3.1 Emissies	21
3.3.2 Kosten-baten analyse	22
3.4 Akkerbouw	22
Discussie & conclusie	26
3.5 Discussie	26
3.5.1 Nauwkeurigheid mestemissiemodel	26
3.5.2 Kosten-baten analyse	27
3.5.3 Effect uitgangspunten op resultaten	28
3.5.4 Akkerbouw	29
3.6 Conclusie	29
3.6.1 Melkveehouderij	29
3.6.2 Varkenshouderij	30
3.6.3 Kalverhouderij	30
3.6.4 Exploitatie	30
3.6.5 Akkerbouw	30
Literatuur	31
Bijlage 1 Uitgangspunten modelstudie	32
Bijlage 2 Uitgangspunten investeringskosten en exploitatieberekeningen	36

Bijlage 3a	Resultaten berekening investeringen en exploitatie melkveescenario's	39
Bijlage 3b	Resultaten berekening investeringen en exploitatie scenario varkenshouderij	54
Bijlage 3c	Resultaten berekening investeringen en exploitatie scenario kalverhouderij	55
Bijlage 4	Voorbeeldberekening besparing kosten aanwenden mest, mestafzet en besparing inkoop kunstmest	58
Bijlage 5	Akkerbouw	61

Samenvatting

In de publiek-private samenwerking (PPS) Betere stal, betere mest, betere opbrengt is gekeken naar hoe meststromen die worden geproduceerd in nieuwe, innovatieve stalsystemen integraal tot waarde kunnen worden gebracht. Hierbij is gekeken naar de gehele keten 'voer-dier-stal-mest-bodem-plant' waarbij focus ligt op duurzaamheid, met name circulariteit, economische rendabiliteit, en minder verliezen van stikstof en broeikasgasemissies. Er is gekeken naar combinaties van innovatieve stalsystemen en verwerkingstechnieken van mest welke ervoor zorgen dat de aansluiting tussen stal, mestproducten en veld (gewasbehoefte) wordt verbeterd. Hiervoor zijn verschillende scenario's opgesteld. Werkpakket 4 heeft de duurzaamheidsanalyse voor deze scenario's uitgevoerd, waarbij middels modelberekeningen in kaart is gebracht wat de economische haalbaarheid is van deze combinaties en welke milieuwinst er kan worden gehaald door te kijken naar reducties van ammoniak- en broeikasgasemissies. Daarnaast is gekeken naar de veldtoepassingen van de mestproducten die worden geproduceerd en hoe deze van waarde kan zijn voor de akkerbouw. De opgestelde scenario's voor de melkvee-, varkens- en kalverhouderij zijn samengevat in tabel S.1

Tabel S.1 Overzicht scenario's voor duurzaamheidsanalyse

Scenario	Stalsysteem	Bewerking	Mestproducten
1.1	CowToilet	Geen	Urine; Feces
1.2.1	CowToilet	Urine: filteren Feces en jongveemest: vergisten eigen bedrijf	Urine; Digestaat
1.2.2	CowToilet	Urine: filteren Feces en jongveemest: vergisten bij centrale	Urine; Digestaat
1.3	CowToilet	Urine: aanzuren (toepassing N2 applied) Feces en jongveemest: vergisten eigen bedrijf	Aangezuurde urine; Digestaat
1.4	CowToilet	Urine: filteren Feces en jongveemest vergisten en verdunnen	Urine; Digestaat
1.5	CowToilet	Urine: filteren Feces en jongveemest: vergisten en aanzuren	Urine; Digestaat
2.1	Lely Sphere	Geen	Urine; Feces
2.2	Lely Sphere	Drijfmest en urine: vergisten op bedrijf	Digestaat
2.3	Lely Sphere	Urine: filteren Drijfmest: vergisten op bedrijf	Urine; Digestaat
2.4	Lely Sphere	Urine: filteren Feces en jongveemest vergisten en verdunnen	Urine; Digestaat
2.5	Lely Sphere	Urine: filteren Feces en jongveemest: vergisten en aanzuren	Urine; Digestaat
3.1	Gangbaar + N2 applied	Dunne fractie: N2 applied Dikke fractie: geen verwerking	Dunne en dikke fractie
3.2	Gangbaar + N2 applied	Dunne fractie: N2 applied Dikke fractie: vergisten	Dunne fractie; Digestaat
4.1	Zonvarken	Geen	Dunne en dikke fractie
5.1	Thelosen	geen	Dunne en dikke fractie
5.2	Thelosen	Urine: filteren Feces: afvoer naar landbouw	Dunne en dikke fractie
6.1	Van Beek	geen	Dunne en dikke fractie

Het toepassen van een emissiearme stal heeft in alle gevallen een positief effect op de reductie van ammoniakemissie over de gehele mestketen, ongeacht de verdere bewerkingsstappen die worden toegepast. Het CowToilet zorgt voor een gemiddelde reductie van 24% over de gehele keten en de Lely Sphere voor een gemiddelde reductie van 46%. De broeikasgasemissies over de gehele mestketen neemt alleen af wanneer de gescheiden fracties verder worden bewerkt. Wanneer dit niet het geval is (scenario 1.1 en 2.1) blijven de broeikasgasemissies nagenoeg gelijk aan het referentiescenario door de langdurige opslag voor aanwending.

Het scheiden en bewerken van de dunne fractie met het N2 applied proces (scenario 3.1 en 3.2) laat alleen een reductie zien in ammoniakemissies wanneer de dikke fractie wordt vergist en het digestaat emissiearm kan worden aangewend. Het Zonvarken systeem zorgt voor zowel een reductie van de ammoniak- als broeikasgasemissies (respectievelijk 56% en 69%). Hierbij is aangenomen dat de dikke fractie gemiddeld elke 3 weken wordt opgehaald om centraal te worden vergist, waarnaar het digestaat emissiearm kan worden aangewend in de landbouw. Voordelen die het systeem kent op het stalklimaat en het dierenwelzijn zijn niet gekwantificeerd in deze studie, maar kunnen als additionele voordelen worden meegenomen wanneer een vergelijking wordt gemaakt met een gangbaar gesloten varkensbedrijf. Voor de systemen van Thelosen en Van Beek een ammoniakreductie over de gehele mestketen worden behaald van ongeveer 30%. Wanneer wordt gekozen voor vergisting van de dikke fractie, kan een reductie van 45% worden behaald en daarnaast een reductie in broeikasgassen van bijna 40%. In de scenario's zonder vergisten blijven de broeikasgasemissies nagenoeg gelijk aan het referentiescenario.

Alle in deze studie doorgerekende scenario's om te komen tot emissiereducties op ketenniveau laten een toename van de kosten op bedrijfsniveau zien. Toepassing van het CowToilet vraagt een investering van circa 159 duizend euro voor een bedrijf met 120 melkkoeien. De jaarkosten van het melkveebedrijf neemt daarbij toe met circa 14 duizend euro, waarbij de urinefractie als Renure meststof kan worden benut. Bij toepassing van Lely Sphere bedraagt de extra investering ten opzichte van de referentiestal circa 168 duizend euro. De extra jaarkosten zijn berekend op 22 duizend euro. Scenario's met verdergaande emissiemaatregelen leiden tot hogere investeringen en hogere jaarkosten. Toepassing van het N2-Applied proces, waarbij met gebruik van plasmatechnologie de dunne fractie van gescheiden mest wordt verrijkt met stikstof, vraagt een investering van circa 524 duizend euro. De jaarkosten van het melkveebedrijf nemen hierdoor toe met 117 duizend euro. Toepassing van vergisting kan onder de juiste omstandigheden opbrengsten genereren, echter voor de bedrijfsomvang die in deze studie is gehanteerd is vergisting niet haalbaar gebleken. Het kunnen toepassen van mestbewerksproducten als Renure meststof leidt tot besparingen op mestafzetkosten en op inkoop van kunstmest. Voor de scenario's in dit rapport zijn de besparingen van de productie van Renure meststoffen relatief beperkt ten opzichte van de extra kosten van maatregelen om de emissies te reduceren.

Het mestscheidingssysteem van het Zonvarken stalsysteem vraagt een investering van circa 290 duizend euro. Wanneer ervan uitgegaan wordt dat de dunne mestfractie als Renure meststof kan worden ingezet, bedragen de berekende extra jaarkosten circa 33 duizend euro voor een stal met 52 zeugenplaatsen en 715 vleesvarkensplaatsen. Hierbij dient te worden opgemerkt dat de berekende jaarkosten alleen betrekking hebben op de exploitatie van het meststelsel. Het Zonvarken stalsysteem omvat meer dan alleen het meststelsel. Een vergelijking van het Zonvarken stalsysteem als geheel met een regulier stalsysteem was echter niet mogelijk omdat niet alle benodigde informatie kon worden verkregen.

Voor de kalverhouderij zijn stalsystemen vergeleken met mestscheiding onder de roosters. Toepassing van mestscheiding onder de rooster vraagt een investering van 253 tot 375 duizend euro. De extra jaarkosten bedragen hierbij 20 tot 32 duizend euro per jaar.

Uit de analyse blijkt dat dunne mestfracties, zoals urine en gier, met name op zandgrond tot positieve economische resultaten leiden door de besparing op stikstofkunstmest. De dunne fracties gaan echter gepaard met lage EOS-aanvoer in vergelijking met de referentie met drijfmest. Hierbij speelt ook de fosfaattoestand een belangrijke rol, bij een hoge fosfaattoestand worden dunne producten vanwege hun lage aandeel P_2O_5 aantrekkelijker. Dikke fracties, zoals feces en digestaat dragen minder bij aan kunstmestbesparing maar verhogen de EOS-aanvoer.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

De Nederlandse landbouw staat voor belangrijke opgaven: toekomstperspectief voor de ondernemers, meer gesloten kringlopen (o.a. via kunstmestvervangers), lagere emissies van stikstof en broeikasgassen en het klimaatakkoord. In de publiek-private samenwerking Betere stal, betere mest, betere opbrengt wordt gekeken naar hoe meststromen die worden geproduceerd in nieuwe, innovatieve stalsystemen integraal tot waarde kunnen worden gebracht. Hierbij wordt gekeken naar de gehele keten 'voer-dier-stal-mest-bodem-plant' waarbij focus ligt op duurzaamheid, met name circulariteit, economische rendabiliteit, en minder verliezen van stikstof en broeikasgasemissies. In deze PPS wordt gezocht naar een combinatie van innovatieve stalsystemen en verwerkingstechnieken van mest welke ervoor zorgen dat de aansluiting tussen stal, mestproducten en veld (gewasbehoefte) wordt verbeterd. Dit levert voor de veehouderij, biogasproducenten en akkerbouwers een economische waarde op. Onder anderen hierdoor zal de druk op de mestmarkt kunnen afnemen en daarmee de ongewenste milieubelasting. Een beter en gericht gebruik van dierlijke mest verhoogt de nutriëntenbenutting, waardoor het risico op uit- en afspoeling afneemt. Kringlopen worden eerder gerealiseerd waardoor onnodige logistieke bewegingen worden voorkomen. Veehouders worden gemakkelijker grondgebonden en de uitstoot van stikstof en broeikasgassen kan over de gehele keten worden verlaagd.

1.2 Doel

Werkpakket 4 focust op het uitvoeren van de duurzaamheidsanalyse van verschillende combinaties van innovatieve stalsystemen en mestverwerkingstechnieken. Hierbij wordt in kaart gebracht wat de economische haalbaarheid is van deze combinaties en welke milieuwinst er kan worden gehaald door te kijken naar reducties van ammoniak- en broeikasgasemissies. Daarnaast wordt gekeken naar de veldtoepassingen van de mestproducten die worden geproduceerd en hoe deze van waarde kan zijn voor de akkerbouw.

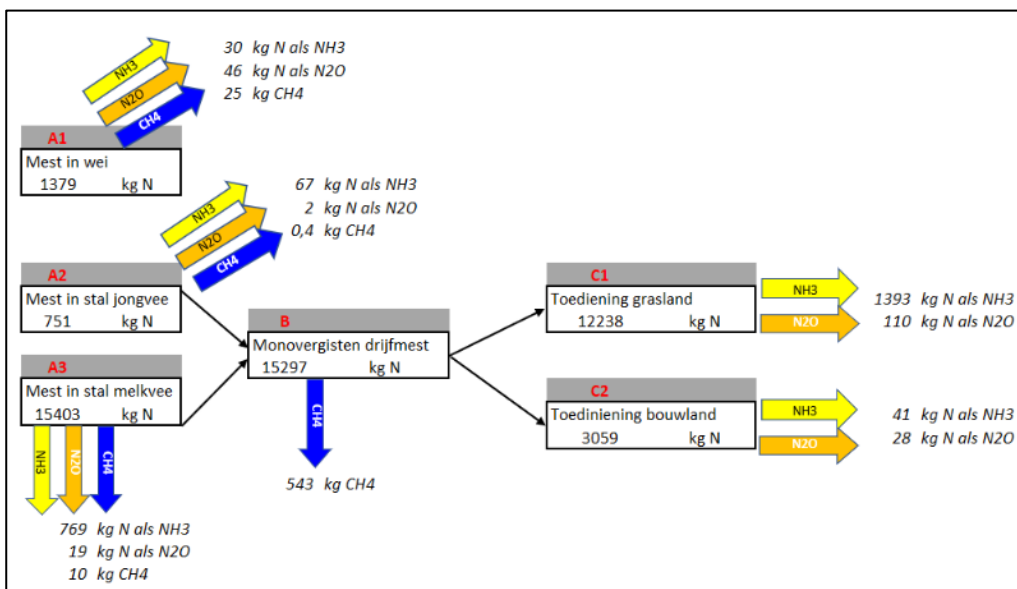
Dit wordt gedaan door middel van het opstellen van scenario's voor verschillende veehouderijsectoren (i.e., melkveehouderij, varkenshouderij en kalverhouderij). In elk scenario wordt gekeken naar een innovatief stalsysteem en (mestverwerkingstechnieken. Vervolgens wordt op ketenniveau (stal, verwerking en aanwending) een modelmatige analyse uitgevoerd welke de emissies van ammoniak en broeikasgassen in kaart brengt, als ook de massabalansen van de verschillende mestproducten welke worden geproduceerd. Daarnaast wordt een kosten-baten analyse uitgevoerd om in kaart te brengen wat de investeringskosten zijn voor elke scenario en of dit economisch haalbaar is in de praktijk. Hierdoor ontstaat een compleet beeld van zowel de praktische toepassing en haalbaarheid als de consequenties voor milieu en economie, waarbij uiteindelijk een overzicht wordt gemaakt van geoptimaliseerde ketens.

2 Methode

2.1 Berekening emissies

Voor het uitvoeren van de modelmatige duurzaamheidsanalyse, worden verschillende scenario's met mestbewerkingstechnieken opgesteld en doorgerekend. Om de massabalansen en emissies voor het gehele mestverwerkingsproces te bepalen, is gewerkt met een modelstudie waarin de hoeveelheden en samenstelling van de mestproducten worden weergegeven en bij elke stap in het mestverwerkingsproces de emissies berekend worden (zie figuur 1). Het model is opgebouwd uit verschillende blokken, waarbij elk blok een (bewerkings)stap representeert. Het model start bij de uitscheiding van mest in de stal (en weide indien van toepassing) en eindigt met het moment dat mestproducten op het land worden aangewend. Bij deze laatste stap worden emissies tijdens toediening (op eigen land maar ook van afgevoerde mest naar een akkerbouwer) van mestproducten meegenomen, maar worden verliezen die daarna in de bodem optreden (o.a. nitraatuitspoeling, denitrificatie) buiten beschouwing gelaten. In deze modelstudie zijn alleen de emissies die ontstaan uit de mest berekend. Emissies die ontstaan door enterische fermentatie, het gebruik van fossiele brandstoffen, elektriciteit of grondstoffen zijn niet meegenomen.

Het startpunt van het model is de samenstelling van mest 'onder de staart': de uitgescheiden vrachten stikstof, fosfor (fosfaat), koolstof en organische stof (respectievelijk N, P [P_2O_5], C en OS). Vervolgens worden de methaan- en stikstofhoudende emissies berekend die vrijkomen bij de bewerking, opslag en toediening van de mestproducten in het veld. In bijlage 1 zijn de uitgangspunten voor de modelstudie beschreven. Voor alle scenario's zijn per stap in het mestverwerkingsproces de stikstofhoudende emissies berekend middels emissiefactoren. De ammoniakemissies die in dit rapport worden gepresenteerd geven de totale emissies tijdens bewerking, opslag en aanwending in het veld, inclusief aanwending op land van derden (zie bijlage 1 voor de gebruikte emissiefactoren). Voor de verschillende mestproducten zijn de emissiefactoren voor aanwenden van drijfmest en/of kunstmest als basis gebruikt. Voor berekening van deze emissies is voor gras- en bouwland gekozen voor de aanwendtechniek die het meeste voorkomt in Nederland op de verschillende gronden (Van Bruggen et al., 2023).



Figuur 1 Voorbeeld schematische weergave voor berekening emissies.

De methaanemissie is berekend op basis van het OS-gehalte van de mestproducten dat afhangt van de ouderdom van de mest.

Om de totale uitstoot van broeikasgasemissies per scenario in kaart te brengen, zijn de methaan- en lachgasemissies omgerekend naar CO₂-equivalenten¹ met de volgende rekenregels (Myhre et al., (2013):

1 kg methaan = 28 CO₂-equivalenten

1 kg lachgas = 265 CO₂-equivalenten

2.2 Scenario's

Hier worden de verschillende scenario's welke zijn doorgerekend gepresenteerd. Elk scenario bevat ten minste een innovatief stalsysteem, eventueel gecombineerd met verdere be- of verwerking van de meststromen. De scenario's worden vergeleken met een referentiescenario, welke voor alle sectoren een scenario betreft welke gangbaar is voor de sector in Nederland: een gangbaar stalsysteem, langdurige opslag van drijfmest, geen verdere verwerking van de mest, en aanwending van drijfmest met de meest voorkomende aanwendingstechniek. De emissies van ammoniak en broeikasgassen (methaan en lachgas) welke vrijkomen bij de opgestelde scenario's worden vergeleken met de emissies van het referentiescenario om te bepalen of er een reductie plaatsvindt.

2.2.1 Melkveehouderij

Voor de melkveehouderij zijn er twee stalsystemen doorgerekend: het CowToilet en de Lely Sphere. Hiervoor zijn verschillende scenario's opgesteld, met en zonder verdere bewerking van de mest. Verder zijn er twee scenario's met gangbaar stalsysteem doorgerekend waarbij de drijfmest wordt gescheiden met een vijzelpers en de dunne fractie wordt aangezuurd en met stikstof verrijkt middels het N2 Applied proces. In scenario 3.1 wordt de dikke fractie niet verder verwerkt. In scenario 3.2 wordt de dikke fractie centraal vergist en als digestaat aangewend. Het N2 Applied proces betreft de toepassing van plasmatechnologie, waarbij stikstof uit de lucht wordt gefixeerd en aan de mest wordt toegevoegd. (Puente et al., 2025). In tabel 1 is een overzicht van de scenario's weergegeven.

Het CowToilet is een automatisch urineopvangsysteem wat is geplaatst in een krachtvoerbox. De natuurlijke zenuwreflex tussen de staart en de achter-uier wordt gestimuleerd, welke een plasneiging bij de koe veroorzaakt. Als de koe urineert, wordt deze urine opgevangen in een reservoir en afgezogen naar een opslag. Hierdoor komt deze urine niet op de vloer (en in de kelder) en leidt dit tot een zuivere urinefractie. Wanneer een koe buiten het CowToilet urineert, komt deze urine wel op de vloer en in de kelder terecht. De kelder bevat daardoor wel drijfmest, maar met minder urine.

Het Lely Sphere systeem is een combinatie van scheiden bij de bron en een end-of-pipe maatregel. In de roosterspleten worden geperforeerde metalen strips gelegd. De urine vloeit door deze giergaten naar de onderliggende kelder en de feces blijft op de vloer liggen. Een mestrobot raapt de feces op en stort deze af in een aparte afstort. Vervolgens wordt de lucht uit de kelder afgezogen door de Lely Sphere N-Capture, waarin stikstof met een aangezuurde oplossing uit de lucht wordt gefilterd (luchtwasser). Door het afzuigen van de lucht in de kelder en het feit dat de mestafstort een sifon bevat, ontstaat er een onderdruk in de kelder. Hierdoor blijven de gaatjes in de vloer open voor urinepassage en wordt de lucht vlak boven de vloer ook afgezogen. Dit systeem produceert drie mestproducten: feces rijk aan fosfaat en organische stof, gier rijk aan kalium en spuiwater rijk aan stikstof.

¹ Eén CO₂-equivalent staat gelijk aan het effect dat de uitstoot van 1 kg CO₂ heeft.

Tabel 1 *Opgestelde scenario's voor de melkveehouderij*

Scenario	Stalsysteem	Tussenbewerking	Bemestingsproducten	Toepassing
0	Referentie – gangbare stal	Geen	Drijfmest	Grasland/bouwland
1.1	CowToilet	Geen	Urine Feces	Grasland Bouwland/grasland
1.2.1	CowToilet	<i>Urine:</i> filteren <i>Feces en jongveemest:</i> vergisten eigen bedrijf	Urine Digestaat	Grasland Bouwland/grasland
1.2.2	CowToilet	<i>Urine:</i> filteren <i>Feces en jongveemest:</i> vergisten bij centrale	Urine Digestaat	Grasland Bouwland/grasland
1.3	CowToilet	<i>Urine:</i> aanzuren (toepassing N2 applied) <i>Feces en jongveemest:</i> vergisten eigen bedrijf	Aangezuurde urine Digestaat	Grasland Bouwland/grasland
1.4	CowToilet	<i>Urine:</i> filteren <i>Feces en jongveemest:</i> vergisten en verdunnen	Urine Digestaat	Grasland Bouwland/grasland
1.5	CowToilet	<i>Urine:</i> filteren <i>Feces en jongveemest:</i> vergisten en aanzuren	Urine Digestaat	Grasland Bouwland/grasland
2.1	Lely Sphere	Geen	Drijfmest jongvee Feces (verdund) Urine (verdund)	Grasland/bouwland Grasland/bouwland Grasland
2.2	Lely Sphere	<i>Drijfmest en urine:</i> vergisten op bedrijf	Digestaat	Grasland/bouwland
2.3	Lely Sphere	<i>Urine:</i> filteren <i>Drijfmest:</i> vergisten op bedrijf	Urine (RENURE) Digestaat	Grasland Bouwland/grasland
2.4	Lely Sphere	<i>Urine:</i> filteren <i>Feces en jongveemest:</i> vergisten en verdunnen	Urine Digestaat	Grasland Bouwland/grasland
2.5	Lely Sphere	<i>Urine:</i> filteren <i>Feces en jongveemest:</i> vergisten en aanzuren	Urine Digestaat	Grasland Bouwland/grasland
3.1	Gangbaar + N2 applied	<i>Dunne fractie:</i> N2 applied <i>Dikke fractie:</i> geen verwerking	Dunne fractie Dikke fractie	Grasland Bouwland/grasland
3.2	Gangbaar + N2 applied	<i>Dunne fractie:</i> N2 applied <i>Dikke fractie:</i> vergisten	Dunne fractie Digestaat	Grasland Bouwland/grasland

2.2.2 Varkenshouderij

Voor de varkenshouderij is gekeken naar het Zonvarkensysteem, welke twee meststromen produceert: een dunne (urine) en dikke (feces) fractie. Deze meststromen worden niet verder verwerkt en als zodanig aangewend. Tabel 2 geeft de verdere details van dit scenario.

In het Zonvarkensysteem worden urine en feces bij de bron gescheiden. Het stalsysteem bevat losse tegels die via een railsysteem onder de roosters lopen.

Urine kan door gaatjes in de tegels worden opgevangen en de feces blijft op de tegels liggen welke naar buiten de stal kunnen worden getransporteerd via het railsysteem en buiten de stal van de tegels wordt geschraapt. Urine en feces worden vervolgens apart buiten de stal opgeslagen in een gesloten opslag.

Tabel 2 *Opgestelde scenario's voor de varkenshouderij*

Scenario	Stalsysteem	Tussenbewerking	Bemestingsproducten	Toepassing
0	Referentie – gangbare stal	Geen	Drijfmest	Grasland/bouwland
6.1	Zonvarken	Geen	Urine Feces	Grasland Bouwland

2.2.3 Kalverhouderij

Voor de kalverhouderij zijn twee stalsystemen doorgerekend, welke beiden mestscheiding bij de bron toepassen, waardoor er een dunne (urine) en dikke (feces) fractie wordt geproduceerd. Deze stalsystemen zijn doorgerekend zonder verdere bewerking van de meststromen, als ook verdere verwerking. Tabel 3 geeft een overzicht en details van de verschillende scenario's weer.

Het systeem van Thelosen heeft een roostervloer met daaronder een geperforeerde mestbanden en een v-vormige goot midden onder de mestband. Urine kan hierdoor continu afstromen waarbij het in een afgesloten urinekelder buiten de stal terecht komt. De fecesfractie komt op de mestband terecht en wordt dagelijks afgevoerd naar een afgesloten opslag buiten de stal. De frequentie waarmee de fecesfractie wordt afgevoerd (2 of 4 maal per dag) is afhankelijk van de leeftijd, en dus mestproductie, van de kalveren.

Het systeem van Van Beek scheidt de mest via een mestschuifstelsel onder een roostervloer. Feces en urine valt door de roosters en komt terecht op een v-vormige betonvloer, met in het midden een urinegoot. De dunne fractie loopt via de urinegoot naar een afgesloten urineput en de dikke fractie wordt met een schuif iedere twee uur afgevoerd naar een afgesloten mestkelder. Voor en na het schuiven van de mest wordt water op de betonvloer gespreid.

Tabel 3 *Opgestelde scenario's voor de kalverhouderij*

Scenario	Stalsysteem	Tussenbewerking	Bemestingsproducten	Toepassing
0	Referentie – gangbare stal	Geen	Drijfmest	Grasland/bouwland
4.1	Thelosen	Geen	Urine Feces	Grasland Bouwland/grasland
4.2	Thelosen	Urine: filteren Feces: afvoer naar landbouw	Urine Feces	Grasland Bouwland/grasland
5.1	Van Beek	Geen	Urine Feces	Afvoer naar SMG Afvoer naar SMG

2.3 Technische uitgangspunten en aannames

2.3.1 Gemiddeld bedrijf

Voor alle sectoren is uitgegaan van een gemiddeld bedrijf, op basis van de meest recente data van het CBS. De Lely Sphere en het CowToilet zijn geanalyseerd in de context van een gemiddeld melkveebedrijf welke bestaat uit 120 koeien met 60 hectare land waarvan 48 hectare gras en 12 hectare maïs (80%-20%). Het Zonvarkensysteem is geanalyseerd in de context van de dieren aantallen die op dit moment worden gehanteerd met het Zonvarkensysteem, met 715 vleesvarkens en 52 zeugen. Er is aangenomen dat het bedrijf geen landbouwgrond heeft en de mestfracties worden afgevoerd.

Voor de kalverhouderij is uitgegaan van een gemiddeld bedrijf met 693 vleeskalveren en 5 hectare bouwland.

2.3.2 Uitgangspunten stalsystemen

Raming investeringskosten en exploitatie

Als basis voor de berekening van de investeringskosten en exploitatieberekeningen zijn de modellen zoals deze voor Gollenbeek et al. (2020, 2021a en 2021b, 2022) zijn ontwikkeld gebruikt. Voor deze studie zijn de modellen omgebouwd naar de scenario's zoals beschreven in de voorgaande paragrafen.

Informatie van de investeringskosten van de stalsystemen en de benodigde uitrusting voor de behandeling van de meststromen is verkregen van de leveranciers van de systemen en van veehouders die de systemen in gebruik hebben. Daarnaast is voor mestopslagen en investeringen in bepaalde stalaanpassingen gebruikgemaakt van Kwantitatieve Informatie Veehouderij 2023-2024 (KWIN). Van de verschillende scenario's zijn steeds de extra investeringen bepaald ten opzichte van het reguliere stalsysteem (scenario 0). In Bijlage 2 zijn de belangrijkste uitgangspunten voor de raming van de investeringskosten en de exploitatieberekeningen weergegeven.

Aan de hand van schaalfactoren (Bijlage 2) zijn de beschikbare investeringskosten van de procesonderdelen omgerekend naar de schaal van het betreffende scenario. In de meeste gevallen is een default schaalfactor van 0,67 aangehouden. De factor is ontleend aan Towler and Sinnott (2012). Grofweg komt de toepassing van deze factor neer op een verdubbeling van de investeringskosten bij een driemaal zo grote capaciteit van de installatie of procesonderdeel. De investeringskosten van de procesonderdelen van een scenario zijn berekend aan de hand van vergelijking 1.

$$INV_{sc} = INV_{ref} \times (Schaal_{sc} / Schaal_{ref})^{schaalfactor}$$

Waarbij:

INV _{sc}	= Investeringskosten voor de schaal van het scenario (euro)
INV _{ref}	= Investeringskosten voor de schaal van de referentie (euro)
Schaal _{sc}	= Schaalgrootte van het scenario (betreffende dimensie van schaal ²)
Schaal _{ref}	= Schaalgrootte van de referentie (betreffende dimensie van schaal)
Schaalfactor	= Schaalfactor (dimensieloos)

Prijsopgaven uit het verleden zijn gecorrigeerd naar een geschatte prijs van 2024 door middel van toepassing van een inflatiecorrectie van 2% per jaar.

Bij de berekening van de exploitatie van de verschillende scenario's zijn steeds de meer- of minderopbrengsten ten opzichte van de exploitatie van een regulier stalsysteem (scenario 0) beschouwd. Met betrekking tot de exploitatie is rekening gehouden met kosten voor energie, verbruik van hulpstoffen, arbeid, rente, afschrijving, onderhoud en overige bedrijfskosten zoals kantoorkosten, verzekeringen, kosten nutsvoorzieningen.

Bij de berekeningen van de kosten voor afschrijvingen en rente is geen rekening gehouden met eventuele voordelen uit investeringssubsidies of fiscale regelingen zoals VAMIL en MIA.

Aan de opbrengstenkant is gekeken naar vermeden kosten voor mestafzet en vermeden kosten voor aankoop van kunstmest. In de scenario's waarin monovergisting is toegepast is daarnaast gerekend met opbrengsten uit vermeden energieverbruiken, verkoop van energie en inkomsten uit SDE-subsidie.

Eventuele meeropbrengsten als gevolg van verbetering van het stalklimaat zijn niet meegenomen in de exploitatieberekeningen.

2.3.3 Uitgangspunten mest

Voor de bemesting is bij de verschillende scenario's uitgegaan van de situatie na afbouw van de derogatie, waarbij de gebruiksnorm voor dierlijke mest van 170 kg stikstof per hectare van toepassing is voor zowel grasland als bouwland.

² De dimensie kan variëren afhankelijk van de schaalfactor die bepalend is voor de prijs. Voorbeelden: m³ voor silo's en tanks, kW voor een WKK installatie, m³/h voor groengasproductie etc.

Voor de gebruiksnorm voor fosfaat is uitgegaan van de fosfaattoestand 'ruim' van de percelen bij het bedrijf, hetgeen overeenkomt met een 60 kg P₂O₅/ha voor bouwland en 90 kg/ha voor grasland.

De besparingen voor aanwenden van mest, afzet van mest en inkoop van kunstmest bij de verschillende scenario's zijn vergeleken met het referentie bedrijf met dezelfde hectaren grond en dezelfde gebruiksnormen.

De besparing van kunstmest is berekend door het verschil in de gift werkzame stikstof tussen het scenario en de referentiesituatie te waarderen tegen de kunstmestprijs. Voor de percentages werkzame stikstof van de verschillende mestfracties in de scenario's is gebruikgemaakt van de wettelijke normen (Tabel 9 Werkzame stikstof landbouwgrond, RVO).

Het verschil in de gift fosfaat tussen het scenario en de referentie is eveneens gewaardeerd tegen de kunstmestprijs van fosfaat.

Wanneer in een scenario een Renure meststof wordt geproduceerd dat niet allemaal op het eigen bedrijf kan worden gebruikt, is aangenomen dat de afzetmarkt het product waardeert tegen 50% van de kunstmestwaarde. De afzetprijs van Renure vanaf het veehouderijbedrijf is berekend door 50% van de kunstmestwaarde te verminderen met de kosten voor transport en aanwenden van het product. Rekening is gehouden met opslagcapaciteit voor het Renure product op het veehouderijbedrijf. De gehanteerde tarieven voor mestafzet, transport, aanwenden en de gehanteerde kunstmestprijzen zijn opgenomen in Bijlage 2.

2.4 Uitgangspunten akkerbouw

2.4.1 Introductie

Voor de analyse is als referentie uitgegaan van de inzet van drijfmest uit de gangbare stalsystemen van de melkvee-, varkens-, en kalverhouderij. De referentiescenario's zijn vergeleken met gebruik van nieuwe mestproducten uit de verschillende scenario's. Deze mestproducten zijn bijvoorbeeld gier, urinefracties of digestaat. Voor zowel de drijfmest als de nieuwe mestproducten is nagegaan in welke mate ze kunstmest vervangen bij maximaal gebruik binnen de geldende gebruiksnormen (mest-N, werkzame N en fosfaat; zie ook hieronder). Deze mestproducten zijn bijvoorbeeld gier, urinefracties of digestaat. De nutriëntensamenstelling van de verschillende mestproducten (N, P₂O₅, K₂O en organische stof) is afkomstig uit de hiervoor beschreven analyse. Hierbij is gekeken hoe de mestproducten op basis van hun nutriëntensamenstelling (N, P₂O₅ en K₂O) binnen de gebruiksnormen en verdere restricties kunnen worden toegediend. Ook is gekeken naar de verhouding tussen nutriënten (zoals N/P, N/K, K/P) om een beeld te krijgen van de landbouwkundige toepasbaarheid. Deze verhoudingen zijn in de bijlage opgenomen. In de analyse is gekozen om een doorrekening te maken op bouwplanniveau voor een tweetal regio's: een kleiregio (Zuidwest-Nederland) en een zandregio (Zuidoost-Nederland). De gekozen klei regio is Zuidwest-Nederland, met een bouwplan met consumptieaardappel, suikerbiet, zaaiui, wintertarwe en graszaad. Voor de zandregio is gekeken naar Zuidoost-Nederland met een bouwplan die bestaat uit consumptieaardappel, suikerbiet, mais en conservengroenten. De gewasrotatie is weergegeven in Tabel 4.

Tabel 4 *Bouwplan per regio en bodemtype*

Bodemtype	Regio	Gewassen
Klei	Zuidwest-Nederland	Consumptieaardappel, suikerbiet, zaaiui, wintertarwe en graszaad
Zand	Zuidoost Nederland	consumptieaardappel, suikerbiet, mais, doperwt + stamslaboon, peen

2.4.2 Gebruiksnormen en restricties bij gebruik dierlijke mestproducten

Bij de analyse is rekening gehouden met de geldende gebruiksnormen per bodemtype (klei en zand). Voor dierlijke mest is ervan uitgegaan dat er maximaal 170 kg N per ha mag worden toegediend.

De werkzame stikstofgift (gewasgebruiksnorm) varieert op bouwplanniveau tussen de 135 kg en 220 kg N per hectare, afhankelijk van de regio. Voor gebruik van dierlijke mestproducten is rekening gehouden met de wettelijke werkingscoëfficiënten (zie Tabel 5). Deze zijn van invloed op de besparing van kunstmest. Zo wordt voor urine bijvoorbeeld gerekend met een werkingscoëfficiënt van 80%. Voor fosfaat is gerekend met meerdere fosfaattoestanden, variërend van 40 (toestand hoog) tot 80 kg P₂O₅ per ha (toestand laag). Voor elk mestproduct is daarnaast ook rekening gehouden met de wettelijke werkingscoëfficiënten. Deze zijn van invloed op de benutting en besparing van kunstmest.

Voor het zandbedrijf is ervan uitgegaan dat dierlijke mest, indien nodig voor alle gewassen kan worden toegediend. Voor klei is dat beperkt tot wintertarwe, graszaad en consumptieaardappelen, waarbij de volgende varianten zijn meegenomen:

1. Toepassing mestproduct uitsluitend bij graan en graszaad (zowel voorjaar als in de stoppel)
2. Toepassing bij graan, graszaad (beide zowel in voorjaar als in de stoppel) en consumptieaardappelen

Dit onderscheid is gemaakt, omdat akkerbouwers op klei vaak de voorkeur hebben om dierlijke mest aan graan- en graszaadgewassen toe te dienen en minder snel aan consumptieaardappelen. Bij de andere gewassen in het bouwplan (suikerbiet en zaaiui) wordt doorgaans weinig tot geen dierlijke mest toegediend. Daarnaast zijn er voor klei een aantal restricties toegepast voor wat betreft de maximale dossering. Voor voorjaarsbemesting is bedraagt de gift maximaal 30 ton per ha/jaar, dit geldt voor alle gewassen. Bij hogere giften is het lastiger om de mest zorgvuldig emissiearm toe te dienen. Bij graan en graszaad wordt er daarnaast nog een stoppeltoediening toegepast, waarbij maximaal 60 kg werkzame N per hectare wordt toegediend. Deze hoeveelheid werkzame N is gelijk aan de gebruiksnorm voor een groenbemester.

Tabel 5 Gehanteerde wettelijke werkingscoëfficiënten voor dierlijke mestproducten.

Mestproducten	Wettelijke N-werkingscoëfficiënt (%)
Urine	80
Drijfmest, digestaat	60
Feces, kalveren	40
Feces, varkens	55

2.4.3 Economische analyse

Voor de economische analyse zijn de economische effecten van de verschillende mestproducten uit de scenario's doorgerekend voor de beide bouwplannen in de geselecteerde regio's. Per mestproduct zijn de besparingen berekend op kunstmest-N, -P₂O₅ en -K₂O en omgerekend in euro's door de hoeveelheden te vermenigvuldigen met de kunstmestprijzen voor N, P₂O₅, K₂O (zie Tabel 6). De resultaten worden uitgedrukt op bouwplanniveau (per hectare). Het totale economische effect is vervolgens bepaald als het saldo van vermeden kunstmestkosten minus eventuele meerkosten voor aanvullende kunstmestbemesting. De gehanteerde prijzen zijn gebaseerd op de Kwantitatieve Informatie Akkerbouw en Vollegrondsgroenteteelt (KWIN) (Van der Voort, 2022). De kunstmestprijzen zijn omgerekend naar de kosten per kilogram zuivere (100%) stikstof, fosfaat en kalium en worden in Tabel 5 getoond.

Tabel 6 Kunstmest omgerekend naar €/kg N, P₂O₅ en K₂O

Kunstmesttype	Omgerekende prijs (€)	Omgerekend naar
Kalkammonsalpeter 27% N	1,785	€/kg N
Tripelsuperfostaat 44%	1,4	€/kg P ₂ O ₅
Kaliumchloride 60% K ₂ O	0,951	€/kg K ₂ O

3 Resultaten

3.1 Melkveehouderij

In de volgende secties worden de resultaten voor de melkveehouderij gegeven, waarbij eerst wordt beschreven in hoeverre de emissies van ammoniak en broeikasgassen veranderen in de verschillende scenario's ten opzichte van het referentiescenario. Daarna worden de resultaten van de kosten-baten analyse gepresenteerd, waarbij uiteen wordt gezet wat de investeringskosten zijn van elk scenario en of de implementatie van stalsystemen en bewerkingstechnieken rendabel zijn voor een gemiddeld bedrijf.

3.1.1 Emissies

De ammoniakemissie over de totale mestbewerkingsketen is weergegeven in tabel 7. Ten opzichte van het referentiescenario, waarbij geen mestbewerking plaatsvindt en drijfmest in de kelder van een gangbare stal wordt opgeslagen, laten alle scenario's een reductie zien behalve scenario 3.0

Scenario's 2.1–2.5 met het Lely Sphere stalsysteem zorgen voor een substantiële afname van de ammoniakemissie tussen de 40% en 50% met een gemiddelde van 46% minder emissie over de totale mestverwerkingsketen. Scenario 1.1–1.5 met het CowToilet stalsysteem laat een reductie tussen de 20% en 30% zien met een gemiddelde reductie van 24%. In scenario's 1.1 t/m 2.5 neemt de stalemissie aanzienlijk af ten opzichte van het referentiescenario, met waardes tussen de 35–65%. Bij aanwending blijven de emissies in 1.1–1.3 ongeveer gelijk aan het referentiescenario. Scenario's 1.4 en 1.5, waarbij digestaat respectievelijk wordt aangezuurd en verdund, neemt de emissie tijdens aanwending af met 20%. In scenario's 2.1–2.5 neemt de ammoniakemissie tijdens aanwending gemiddeld 32% af, waarbij scenario 2.4 en 2.5 de grootste emissiereductie tijdens aanwending laat zien met een afname van 37% ten opzichte van het referentiescenario. De extra emissies die vrijkomen bij de productie en opslag van de mestproducten wordt teniet gedaan door de forse emissiereductie welke kan worden gerealiseerd in de stal met beide stalsystemen als ook de reductie tijdens aanwending voor de meeste scenario's. Scenario 3.1 laat een lichte stijging zien ten opzichte van het referentiescenario (8%). Dit is geheel te wijden aan de emissies tijdens aanwending, waarbij de dikke fractie bovengrond moet worden aangewend, waarbij de emissies aanzienlijk hoger zijn dan wanneer dunne mest wordt geïnjecteerd. In scenario 3.2, waar de dikke fractie wordt vergist en emissiearm als digestaat wordt aangewend, vindt er een reductie van 16% plaats ten opzichte van het referentiescenario.

Tabel 7 Ammoniakemissies van verschillende scenario's van mestbewerking (kg NH₃/jaar)

Scenario	Stal	Wei	Externe opslag	Productie mestproducten	Opslag na bewerking	Aanwending	Totaal
Referentie	1.968	56	19			1.727	3.771
CowToilet 1.1	1.068	56	59			1.674	2.858
CowToilet 1.2.1	1.044	56	44	104		1.729	2.978
CowToilet 1.2.2	1.044	56	57	125		1.729	3.013
CowToilet 1.3	1.044	56	9	104		1.831	3.044
CowToilet 1.4	1.044	56	44	104		1.360	2.609
CowToilet 1.5	1.044	56	44	104		1.375	2.623
Lely Sphere 2.1	752	56	25		12	1.166	2.011
Lely Sphere 2.2	752	56		40	12	1.223	2.083
Lely Sphere 2.3	752	56		52	12	1.355	2.227
Lely Sphere 2.4	752	56		40	12	1.080	1.940
Lely Sphere 2.5	752	56		40	12	1.086	1.945
N2 applied 3.1	1.967	56			64	1.993	4.080
N2 applied 3.2	1.967	56			19	1.130	3.172

De broeikasgasemissie over de totale mestbewerkingsketen is weergegeven in tabel 8. Hierbij zijn de emissies van methaan en lachgas meegenomen en omgerekend naar CO₂-equivalenten.

Ten opzichte van dit referentiescenario, waarbij geen mestbewerking plaatsvindt en drijfmest in de kelder van een gangbare stal wordt opgeslagen, zorgen bijna alle scenario's voor een substantiële emissiereductie welke tussen de 40–65% ligt. Alleen bij scenario 1.1 en 2.1 blijven de broeikasgasemissies nagenoeg gelijk aan het referentiescenario en scenario's 3.1 en 3.2 laten een stijging zien van respectievelijk 25% en 9%. De grootste reductie vindt in de stal plaats, waarbij in alle scenario's zonder gangbaar stalsysteem is uitgegaan van stallen waar mest en/of urine dagelijks meermaals uit de stal wordt getransporteerd. Het vergisten van de mest zorgt voor verdere reductie aangezien de methaan wordt opgevangen in de vergister. In scenario's 1.1 en 2.1 worden de mestfractie niet vergist, maar voor langere tijd opgeslagen waardoor in deze scenario's de reductie in de stal teniet wordt gedaan door de toename in emissie tijdens externe opslag.

Tabel 8 Broeikasgasemissies van verschillende scenario's van mestbewerking (ton CO₂-eq./jaar)

Scenario	Stal	Wei	Externe opslag	Vergisting	Opslag na verwerking	Aanwending	Totaal
Referentie	453,9	22,4	75,5			54,0	606
CowToilet 1.1	462,9	22,4	47,9			66,9	600
CowToilet 1.2.1	66,2	22,4	3,2	17,8	47,4	64,3	221
CowToilet 1.2.2	80,1	49,1	4,1	21,6	57,6	78,4	291
CowToilet 1.3	66,2	22,4	3,4	17,8	47,4	68,5	226
CowToilet 1.4	66,2	22,4	3,2	17,8	47,4	64,3	221
CowToilet 1.5	66,2	22,4	3,2	17,8	47,4	64,3	221
Lely Sphere 2.1	202,6	22,4	328,7			69,5	623
Lely Sphere 2.2	202,6	22,4		10,2	47,2	68,1	350
Lely Sphere 2.3	202,6	22,4		10,6	50,7	68,0	354
Lely Sphere 2.4	202,6	22,4		10,2	47,2	68,1	350
Lely Sphere 2.5	202,6	22,4		10,2	47,2	68,1	350
N2 applied 3.1	453,9	22,4			220,3	63,0	760
N2 applied 3.2	453,9	22,4		1,0	133,8	63,0	674

3.1.2 Kosten-baten analyse

Tabel 9 toont de resultaten van de berekende investeringskosten en het exploitatieresultaat van de melkvee scenario's. Met het exploitatieresultaat is de som van kosten en opbrengsten bedoeld. In bijlage 3a is de opbouw van de investeringskosten per scenario weergegeven en zijn de kosten en opbrengsten van het scenario getoond.

Tabel 9 Investeringskosten in euro en het exploitatieresultaat in euro per jaar van de scenario's voor melkveebedrijven met 120 melkkoeien, afgerond op 1.000 euro.

Scenario	Toelichting	Investering Euro x 1.000	Exploitatie Euro/jaar	Exploitatie Euro/jaar
			Renure	Geen Renure
CowToilet 1.1	Geen verdere behandeling meststromen	159	-9.000	-29.000
CowToilet 1.2.1	Vergisten van mest uitgezonderd de urine opgevangen met het CowToilet	632	-19.000	-40.000
CowToilet 1.2.2	Als 1.2.1 maar centraal vergisten voor 4 bedrijven en productie van groengas	494	-25.000	-46.000
CowToilet 1.3	Als 1.2.1 en stikstofverrijking urine met behulp van het N2 applied proces	887	-55.000	-84.000
CowToilet 1.4	Als 1.2.1 en verdunnen van het digestaat bij toediening	632	-22.000	-42.000
CowToilet 1.5	Als 1.2.1 en aanzuren van het digestaat bij toediening	699	-30.000	-51.000
Lely Sphere 2.1	Geen verdere behandeling meststromen	168	-18.000	-31.000
Lely Sphere 2.2	Als 2.1 en vergisten van de feces en jongveemest	557	-53.000	-66.000
Lely Sphere 2.3	Als 2.2 en filteren van de gierfractie	584	-38.000	-73.000
Lely Sphere 2.4	Als 2.2 en verdunnen van digestaat bij toediening	557	-53.000	-70.000

Lely Sphere 2.5	Als 2.2 en aanzuren van digestaat bij toediening	624	-67.000	-80.000
N2 Applied 3.1	Referentiestal + scheiden mest + N2 Applied	524	-112.000 ¹⁾	
N2 Applied 3.2	Referentiestal + scheiden mest + N2 Applied (dikke fractie vergisten bij derden)	524	-112.000 ¹⁾	

- 1) *Het aandeel stikstofverrijking met behulp van het N2 Applied proces is aangemerkt als kunstmest. Het aandeel dierlijke mest stikstof dat in de dunne fractie aanwezig is blijft aangemerkt als dierlijke mest.*

De resultaten in tabel xx laten zien dat de investeringen om emissies in de stal te beperken al dan niet in combinatie met mestbehandeling voor de doorgerekende scenario's tot een toename van de exploitatiekosten leiden.

CowToilet

Toepassing van het CowToilet (scenario 1.1) vraagt voor een bedrijf met 120 melkkoeien een investering van circa 159.000 euro. Met behulp van het CowToilet wordt circa 30% van de urineproductie van de melkkoeien opgevangen. Wanneer de urine als Renure meststof kan worden ingezet leidt de toepassing van het CowToilet tot circa 9.000 extra jaarkosten. Wanneer de urine als dierlijke mest wordt beschouwd leidt dat een verhoging van de jaarkosten tot circa 29.000 euro, omdat minder voordeel behaald kan worden uit vermindering van het af te voeren mestvolume en de aankoop van kunstmest. In bijlage 4 is de berekening weergegeven van de kosten voor het aanwenden en afzetten van mestfracties van scenario 1.1 weergegeven ten opzichte van de referentiesituatie. De berekening in de bijlage dient als voorbeeld van de wijze waarop voor de verschillende scenario's het verschil in kosten voor bemesting en mestafzet is berekend.

De bedrijfsgrootte van 120 melkkoeien is te klein om rendabel monomestvergisting te kunnen toepassen (scenario 1.2.1). Opgemerkt wordt dat bij de toepassing van het CowToilet de mest wordt opgevangen in de bestaande mestkelders en niet 'dagvers' kan worden afgevoerd naar de vergister. Een zekere hoeveelheid mest blijft in de kelders aanwezig. Hierbij is uitgegaan van een hoeveelheid van 14 dagen mestproductie. Dit levert een minder hoge biogasopbrengst op dan wanneer de mest bijvoorbeeld enkele malen per dag uit de stal wordt afgevoerd en direct in de vergister wordt gebracht.

Ook wanneer met 4 melkveebedrijven met 120 melkkoeien een gezamenlijke vergister wordt geëxploiteerd (scenario 1.2.2) voor de productie van groengas, leidt dit nog steeds tot een toename van de jaarkosten per bedrijf ten opzichte van scenario 1.1 zonder vergisting. Vergisting met productie van groengas is voor deze omvang niet haalbaar.

Scenario 1.3 betreft de uitbreiding van scenario 1.2.1 (CowToilet + vergisting) met de behandeling van de urinefractie met plasmatechnologie volgens het N2 applied proces. Via het plasmaproces wordt stikstof uit de lucht omgezet en toegevoegd aan de urinefractie. De totale investering voor een bedrijf met 120 melkkoeien voor het CowToilet, de vergisting van mest en het N2 applied proces is geraamd op 887.000 euro. Hierbij wordt opgemerkt dat de N2 applied installatie een aanzienlijk grotere capaciteit heeft dan benodigd is voor de behandeling van de urinefractie in dit scenario. Een aandachtspunt van de plasmatechnologie betreft het elektriciteitsverbruik. In dit scenario is gerekend met de verrijking van stikstof van de urinefractie met 1,5 keer het $N_{\min}$ gehalte van de urine. Dit komt overeen met 1.073 kg N per jaar. Voor deze hoeveelheid stikstofverrijking is ruim 33.000 kWh elektriciteit nodig, ofwel circa 30 kWh per kg N. Wanneer dit scenario in de praktijk zou worden toegepast nemen de jaarkosten toe ten opzichte van de referentie met circa 55.000 euro in het geval de verrijkte urine als Renure meststof kan worden ingezet. Indien de urinefractie niet als Renure meststof kan worden toegepast bedragen de extra jaarkosten circa 84.000 euro.

In scenario 1.4 en 1.5 zijn varianten op scenario 1.2.1, waarbij respectievelijk het digestaat voor toediening op het land wordt verdund of aangezuurd. Beide maatregelen leiden tot een toename van de jaarkosten. Bij verdunnen van mest vormen de hogere kosten voor aanwenden van het grotere mestvolume de oorzaak van de toename van de jaarkosten. Bij het aanzuren van het digestaat is een extra installatie nodig voor de toediening van het zuur en zorgt het verbruik van zuur voor de toename van de jaarkosten.

Lely Sphere

De benodigde extra investeringen ten opzichte van de referentiesituatie voor toepassing van het Lely Sphere concept op een bedrijf met 120 melkkoeien zijn geraamd op 168.000 euro. De toepassing leidt tot extra jaarkosten. Wanneer de gierfractie als Renure meststof kan worden gebruikt bedragen de extra jaarkosten circa 18.000 euro. Wanneer de gierfractie als dierlijke mest wordt beschouwd zijn de extra jaarkosten geraamd op 31.000 euro.

Bij deze bedrijfsomvang is het niet rendabel om de fecesfractie en de mest van het jongvee te vergisten (Scenario 2.2).

In scenario 2.3 is het effect van een extra filtratie van de gierfractie beschouwd. Voor de productie van Renure meststoffen dient een behandeling van de dierlijke mest te worden toegepast met het doel de $N_{\min}/N_{\text{totaal}}$ verhouding te verhogen. De filtratie van de gierfractie komt tegemoet aan deze voorwaarde. Indien de gefilterde gierfractie inderdaad als Renure meststof kan worden toegepast leidt de filtratie stap tot een kleine daling van de jaarkosten ten opzichte van de situatie waarbij de gierfractie niet gefilterd wordt. Indien de gierfractie alsnog niet als Renure wordt aangemerkt heeft filtratie weinig zin en leidt filtratie enkel tot extra kosten.

Scenario 2.4 en 2.5 zijn varianten op scenario 2.2, waarbij respectievelijk het digestaat voor toediening op het land wordt verdund of aangezuurd. Beide maatregelen leiden tot een toename van de jaarkosten. Bij verdunnen van mest vormen de hogere kosten voor aanwenden van het grotere mestvolume de oorzaak van de toename van de jaarkosten. Bij het aanzuren van het digestaat is een extra installatie nodig voor de toediening van het zuur en zorgt het verbruik van zuur voor de toename van de jaarkosten.

De ramingen van de investeringen en de exploitatiekosten van de verschillende scenario's zijn weergegeven in bijlage 3a.

N2 Applied

De investeringskosten voor de toepassing van het N2 Applied proces voor een bedrijf van 120 melkkoeien zijn geraamd op 524.000 euro. De toepassing leidt tot een toename van de exploitatiekosten van circa 112.000 euro per jaar. De ramingen van de investeringen en de exploitatiekosten van de verschillende scenario's zijn weergegeven in bijlage 3a.

De huidige beschikbare unit van het N2 Applied proces heeft een capaciteit van 7.000 kg N verrijking per jaar. Bij de bepaling van de investeringskosten is uitgegaan van een schaalbare procescapaciteit, waarbij de voor het scenario berekende stikstofverrijking van ruim 10.000 kg N met één unit kan worden geleverd tegen een beperkte extra investering ten opzichte van de huidige beschikbare unit.

De exploitatiekosten worden voor het belangrijkste deel bepaald door energiekosten en kapitaalslasten. De vermeden inkoopkosten voor kunstmest zijn relatief beperkt. Niet alle met stikstof verrijkte dunne mest kan op het bedrijf zelf worden toegepast. Dat komt omdat het aandeel dierlijke mest stikstof in de dunne fractie beperkend blijft voor het gebruik. Voor het deel van de verrijkte dunne fractie dat van het bedrijf moet worden afgevoerd is gerekend met de mestafzetprijs verminderd met de waarde van toegevoegde stikstof tegen 50% van de kunstmestprijs. Hierbij wordt er vanuit gegaan dat de toegevoegde stikstof binnen de kunstmestruimte van de afnemer kan worden ingezet.

De investeringskosten en exploitatiekosten van scenario 3.1 en 3.2 zijn aan elkaar gelijk. Het enige verschil tussen scenario 3.1 en 3.2 is dat de dikke fractie van de scheider in scenario 3.1 wordt afgezet in de landbouw en in scenario 3.2 naar een vergistingsinstallatie van derden. Voor de kosten van afzet naar de vergister van derden is gerekend met dezelfde kosten als de mestafzetkosten naar de landbouw. Om die reden is het exploitatieresultaat van de beide scenario's gelijk.

3.2 Varkenshouderij

In de volgende secties worden de resultaten voor de varkenshouderij gegeven, waarbij eerst wordt beschreven in hoeverre de emissies van ammoniak en broeikasgassen veranderen ten opzichte van het referentiescenario. Daarna worden de resultaten van de kosten-baten analyse gepresenteerd, waarbij uiteen wordt gezet wat de investeringskosten zijn en of de implementatie van stalsystemen rendabel zijn voor een gemiddeld bedrijf.

3.2.1 Emissies

De ammoniakemissie over de totale mestbewerkingsketen is weergegeven in tabel 10. Ten opzichte van het referentiescenario, waarbij geen mestbewerking plaatsvindt en drijfmest in de kelder van een gangbaar stalsysteem wordt opgeslagen, laat het Zonvarken stalsysteem over de gehele keten een reductie zien van 56%. De dikke fractie wordt centraal vergist, waarna zowel de dunne fractie als het digestaat emissiearm kunnen worden aangewend. Hierdoor nemen de emissies tijdens aanwending af met 20% ten opzichte van het referentiescenario. De stalemissie van het Zonvarken stalsysteem neemt met 70% af ten opzichte van het referentiescenario.

Tabel 10 Ammoniakemissies van verschillende scenario's van mestbewerking (kg NH₃/jaar)

Scenario	Stal	Externe opslag	Aanwending	Totaal
Referentie	497		61	558
Zonvarken	149	47	49	244

De broeikasgasemissie over de totale mestbewerkingsketen is weergegeven in tabel 11. Hierbij zijn de emissies van methaan en lachgas meegenomen en omgerekend naar CO₂-equivalenten. Ten opzichte van het referentiescenario, waarbij geen mestbewerking plaatsvindt en drijfmest in de kelder van een gangbare stal wordt opgeslagen, zorgt het Zonvarkensysteem voor een reductie van 68% over de gehele mestverwerkingsketen. Deze reductie komt met name door de significante reductie welke plaatsvindt in de stal, waarbij in het Zonvarken systeem minimale methaanemissies plaatsvinden. De extra emissie die het Zonvarkensysteem met zich meebrengt tijdens externe opslag en vergisting worden hierdoor teniet gedaan.

Tabel 11 Broeikasgasemissies van verschillende scenario's van mestbewerking (ton CO₂-eq./jaar)

Scenario	Stal	Externe opslag	Vergisting	Aanwending	Totaal
Referentie	318			21	340
Zonvarken	10	78	7	13	108

3.2.2 Kosten-baten analyse

In tabel 12 zijn de investeringen en jaarkosten van meststelsysteem en opslagen van het Zonvarken concept weergegeven.

Tabel 12 Investeringskosten in euro en het exploitatieresultaat in euro per jaar van het Zonvarken concept voor een varkensbedrijf met 52 zeugenplaatsen en 715 vleesvarkensplaatsen, afgerond op 1.000 euro.

Scenario	Toelichting	Investering Euro x 1.000	Exploitatie Euro/jaar	Exploitatie Euro/jaar
			Renure	Geen Renure
Zonvarken	Meststelsysteem en opslagen	290	-26.000	-41.000

De extra investering voor het meststelsysteem voor de scheiding van urine en feces en de benodigde opslag van de mestfracties zijn geraamd op 290.000 euro. De toepassing leidt bij de bedrijfsomvang van 52 zeugen- en 715 vleesvarkensplaatsen tot extra jaarkosten van 26.000 euro wanneer de urinefractie als Renure meststof wordt toegepast. Wanneer de urinefractie niet als Renure fractie kan worden gebruikt bedragen de extra jaarkosten 41.000 euro.

Opgemerkt wordt dat bij het Zonvarken concept de benodigde extra investeringskosten voor emissiereductie niet beperkt blijven tot het meststelsysteem. De wijze van varkenshouden volgens dit concept is mede van invloed op de emissies. Voor wat betreft de berekening van de extra investeringen en jaarkosten ten opzichte van de referentiestal is het niet goed mogelijk om te bepalen welk deel van de investering van het huisvestingssysteem moet worden toegerekend aan maatregelen om emissies te reduceren. Zie ook hoofdstuk Discussie. De extra jaarkosten zoals hier gepresenteerd hebben enkel betrekking op de jaarkosten van de extra investering voor het meststelsysteem en opslagen en op de kosten voor mestaanwending en afzet.

3.3 Kalverhouderij

In de volgende secties worden de resultaten voor de kalverhouderij gegeven, waarbij eerst wordt beschreven in hoeverre de emissies van ammoniak en broeikasgassen veranderen in de verschillende scenario's ten opzichte van het referentiescenario. Daarna worden de resultaten van de kosten-baten analyse gepresenteerd, waarbij uiteen wordt gezet wat de investeringskosten zijn van elk scenario en of de implementatie van stalsystemen en bewerkingstechnieken rendabel zijn voor een gemiddeld bedrijf.

3.3.1 Emissies

De ammoniakemissie over de totale mestbewerkingsketen is weergegeven in tabel 13. Ten opzichte van het referentiescenario, waarbij geen mestbewerking plaatsvindt en drijfmest in de kelder van een gangbaar stalsysteem wordt opgeslagen, laten alle scenario's een reductie over de gehele mestketen zien, met reducties tussen de 25–45%. Scenario 3.2 geeft hierbij de grootste reductie (45%). De reductiepercentages over de gehele keten worden met name gerealiseerd door de reductie van ammoniak in de stal door het scheiden van de mest aan de bron. De hogere emissies tijdens aanwending welke te wijten is aan het aanwenden van de dikke en dunne fractie, in tegenstelling tot het aanwenden van drijfmest in het referentiescenario, worden deels teniet gedaan door de ammoniakreductie welke worden gerealiseerd in de stal.

Tabel 13 Ammoniakemissies van verschillende scenario's van mestbewerking (kg NH₃/jaar)

Scenario	Stal	Externe opslag op bedrijf	Aanwending	Totaal
Referentie	2.595	16	164	2.755
Thelosen 4.1	1.287	5	628	1.920
Thelosen 4.2	1.287	20	198	1.505
Van Beek 5.1	1.287	87	625	1.999

De broeikasgasemissie over de totale mestbewerkingsketen is weergegeven in tabel 14. Hierbij zijn de emissies van methaan en lachgas meegenomen en omgerekend naar CO₂-equivalenten.

Ten opzichte van het referentiescenario, waarbij geen mestbewerking plaatsvindt en drijfmest in de kelder van een gangbare stal wordt opgeslagen, zorgt alleen scenario 3.2 met het stalsysteem van Thelosen voor een afname in broeikasgassen van bijna 40%. In dit scenario wordt de mest vergist, waarbij een groot deel van de methaan wordt opgevangen in de vergister. Voor de andere scenario's is een zweer geringe reductie te zien, waarbij emissies over de gehele keten nagenoeg gelijk blijven. Ondanks de significante reducties in de stal bij deze scenario's, zorgt het niet verder verwerken van de mest voor een toename in broeikasgasemissies verderop in de keten, tijdens de langdurige opslag van de mestfracties.

Tabel 14 Broeikasgasemissies van verschillende scenario's van mestbewerking (ton CO₂-eq./jaar)

Scenario	Stal	Externe opslag op bedrijf	Vergisting	Aanwending	Totaal
Referentie	273	17		55	344
Thelosen 4.1	69	218		51	338
Thelosen 4.2	121	32	5	51	209
Van Beek 5.1	19	285		41	346

3.3.2 Kosten-baten analyse

Tabel 15 toont de resultaten van de berekende investeringskosten en het exploitatieresultaat van de kalverhouderij scenario's. Met het exploitatieresultaat is de som van kosten en opbrengsten bedoeld. In bijlage 3c is de opbouw van de investeringskosten per scenario weergegeven en zijn de kosten en opbrengsten van het scenario getoond.

Tabel 15 *Investeringskosten in euro en het exploitatieresultaat in euro per jaar van de scenario's voor kalverbedrijven met 693 kalveren, afgerond op 1.000 euro.*

Scenario	Toelichting	Investering Euro x 1.000	Exploitatie Euro/jaar	Exploitatie Euro/jaar
			Renure	Geen Renure
Thelosen 4.1	Geen verdere behandeling van urine en feces	375	-17.000	-52.000
Thelosen 4.2	Afzet fecesfractie naar vergister	375	-17.000	-52.000
Van Beek 5.1	Geen verdere behandeling van urine en feces	253	-5.000	-40.000

De resultaten in tabel 15 laten zien dat de investeringen om emissies in de stal te beperken al dan niet in combinatie met mestbehandeling voor de doorgerekende scenario's tot een toename van de exploitatiekosten leiden.

Mestscheiding aan de bron met behulp van geperforeerde mestbanden onder de roosters vraagt voor de bedrijfsgrootte van 693 kalveren een extra investering van circa 375.000 euro. De jaarkosten van dit scenario zijn bedrage 17.000 euro wanneer de urinefractie als Renure meststof kan worden gebruikt. Wanneer de urinefractie niet als Renure fractie kan worden ingezet zijn de exploitatiekosten circa 35.000 euro per jaar hoger, namelijk 52.000 euro per jaar.

Bij het scenario waarbij de fecesfractie wordt afgezet naar een centrale vergistingsinstallatie (3.2) is ervan uitgegaan dat de kosten voor levering aan de vergister gelijk zijn aan kosten voor reguliere mestafzet. Om deze reden zijn de jaarkosten voor het kalverbedrijf gelijk aan de jaarkosten waarbij geen verdere behandeling van de mestfractie plaatsvindt. De vergister wordt in dit scenario door derden geëxploiteerd.

Toepassing van mestscheiding met behulp van een mestschuif en een V-vormige vloer met urinegoot onder de roosters vraagt een extra investering van circa 253.000 euro voor de bedrijfsgrootte van 693 kalveren. Dit is de belangrijkste reden waarom de jaarkosten van dit scenario lager zijn dan de jaarkosten van scheiding met behulp van mestbanden.

3.4 Akkerbouw

Tabel 16 en Tabel 17 tonen de economische effecten van maximaal gebruik van verschillende mestproducten bij een fosfaattoestand neutraal (gebruiksnorm van 70 kg P₂O₅ per ha) op zowel het klei- als het zandbedrijf. Voor zand is daarnaast in Tabel 18 een variant opgenomen met fosfaattoestand hoog (gebruiksnorm van 40 kg P₂O₅ per ha). In de tabellen worden de effecten van mestproducten per sector/diersoort weergegeven, waarbij altijd het verschil t.o.v. gebruik van drijfmest is weergegeven. Deze effecten zijn uitgedrukt per hectare op bouwplanniveau. Daarnaast worden de gevolgen voor de verschillende nutriënten N, P₂O₅ en K₂O weergegeven. Een positief getal duidt op een besparing van het betreffende nutriënt, waar een negatief getal wijst op extra kunstmestkosten.

Tabel 16 Economische effecten van gebruik van nieuwe mestproducten en verandering van EOS-aanvoer t.o.v. gebruik van drijfmest in het bouwplan Zuidwest Nederland (klei bij een fosfaattoestand neutraal). Het betreft de variant waarin ook dierlijke mest is toegediend aan de consumptieaardappelen

Sector	Product	N (€/ha)	P ₂ O ₅ (€/ha)	K ₂ O (€/ha)	Totaal (€/ha)	Δ EOS (kg/ha)
Melkvee	Drijfmest (Referentie)					
	Gier	14	-54	0	-39	-879
	Mengmest	-28	29	-56	-56	450
	Digestaat, 2.2	-33	29	0	-4	149
	Digestaat, 2.3	-8	29	-55	-35	162
	Drijfmest (melkvee + kalveren) 1.1	-1	9	-8	0	123
	Urine 1.1/1.2	88	-59	0	29	-933
	Digestaat 2.2/2.3	-3	10	-8	-1	-338
Kalveren	Urine (N2 Applied) 2.3	103	-61	0	42	-694
	Drijfmest (Referentie)					
	Gier	30	-40	0	-10	-627
	Feces	-109	42	-87	-154	702
Varkens	Drijfmest, vleesvarkens (Referentie)					
	Gier	54	-62	-25	-33	-429
	Feces	-125	2	-34	-157	138

In Tabel 16 zijn de economische resultaten weergegeven van het gebruik van de doorgerekende mestproducten binnen het bouwplan voor Zuidwest-Nederland (klei). Hieruit komt naar voren dat wat betreft de dunne mestproducten alleen de urine van het CowToilet een positief effect oplevert. Dit komt met name doordat N-kunstmest tot een besparing leidt, deze is groter dan de extra kosten voor P₂O₅. Het gebruik van de andere dunne mestproducten (gier van Lely Sphere, gier van kalveren en varkens) leidt tot een lager economisch resultaat (€-10 tot €-39 per ha) in vergelijking met drijfmest. De besparing op vooral N-kunstmest en wegen niet op tegen de extra kosten voor P₂O₅ -kunstmest en soms K₂O-kunstmest. Het gebruik van deze dunne mestfracties zorgt echter voor een lagere EOS-aanvoer dan in de referentiesituatie. Mengmest, digestaat en fecesfracties hebben vaak een negatief economisch resultaat, maar zorgen in de meeste gevallen wel voor een hogere EOS-aanvoer dan met drijfmest. Het minder resultaat t.o.v. drijfmest komt doordat deze producten relatief meer P₂O₅ bevatten dan drijfmest, waardoor er meer kunstmest-N en -K₂O nodig is.

Tabel 17 Economische effecten van gebruik van nieuwe mestproducten en verandering van de EOS-aanvoer t.o.v. gebruik van drijfmest in het bouwplan van Zuidoost Nederland (zand) bij een fosfaattoestand neutraal

Sector	Product	N (€/ha)	P ₂ O ₅ (€/ha)	K ₂ O (€/ha)	Totaal (€/ha)	Δ EOS (kg/ha)
Melkvee	Drijfmest (Referentie)					
	Gier	59	-66	45	38	-1068
	Mengmest	-71	8	-130	-192	94
	Digestaat, 2.2	-76	8	-51	-118	-208
	Digestaat, 2.3	-51	8	-129	-171	-194
	Drijfmest (melkvee + kalveren) 1.1	-8	8	-53	-54	92
	Urine 1.1/1.2	59	-79	45	25	-1274
	Digestaat 2.2/2.3	-12	8	-53	-58	-492
Kalveren	Urine (N2 Applied) 2.3	59	-82	17	-6	-1054
	Drijfmest (Referentie)					
	Gier	59	-38	33	53	-610
	Feces	-111	42	-91	-161	693
Varkens	Drijfmest, vleesvarkens (Referentie)					
	Gier	0	-60	-23	-83	-423
	Feces	-184	2	-33	-214	142

In Tabel 17 zijn de economische resultaten weergegeven van het gebruik van de doorgerekende mestproducten binnen het bouwplan voor Zuidoost-Nederland (zand) bij een neutrale fosfaattoestand. Voor de producten uit de melkveehouderij blijkt dat zowel de gier van de Lely Sphere (+€38/ha) als de urine van het CowToilet (+€25/ha) een positief economisch effect opleveren. Dit komt vooral door de grotere besparing op N- en K₂O-kunstmest. Deze baten zijn groter dan de extra kosten voor P₂O₅. Een nadeel is echter dat de dunne mestfracties weinig EOS aanvoeren. Mengmest en digestaat (meerdere producten) leiden daarentegen vaker tot een negatief economisch resultaat, met name doordat er meer N kunstmest benodigd is. Deze producten voeren ten opzichte van de referentie en dunne mestfracties wel meer EOS aan. Bij kalveren is gier (+€53/ha) economisch gezien het meest voordelig door een besparing op N en K₂O wat de extra kosten voor P₂O₅ compenseert, maar voert wel het minste EOS aan. Het gebruik van gier van het varkensbedrijf (-€83/ha) en feces (-€214) leidt tot hogere kosten. Waar gier leidt tot een daling van EOS aanvoer, laat feces daarentegen een stijging zien.

Tabel 18 *Economische effecten van gebruik van nieuwe mestproducten en verandering van de EOS-aanvoer t.o.v. gebruik van drijfmest in het bouwplan van Zuidoost Nederland (zand) bij een fosfaattoestand hoog*

Sector	Product	N (€/ha)	P ₂ O ₅ (€/ha)	K ₂ O (€/ha)	Totaal (€/ha)	Δ EOS (kg/ha)
Melkvee	Drijfmest (Referentie)					
	Gier	128	-32	120	216	-487
	Mengmest	-49	0	-84	-133	-22
	Digestaat, 2.2	-52	0	-39	-91	-194
	Digestaat, 2.3	-38	0	-83	-121	-186
	Drijfmest (melkvee + kalveren) 1.1	-14	0	-40	-54	-23
	Urine 1.1/1.2	128	-45	120	203	-693
	Digestaat 2.2/2.3	-16	0	-40	-56	-357
	Urine (N2 Applied) 2.3	128	-48	92	172	-472
Kalveren	Drijfmest (Referentie)					
	Gier	60	-38	34	56	-603
	Feces	-140	0	-106	-246	51
Varkens	Drijfmest, vleesvarkens (Referentie)					
	Gier	100	-21	14	94	-206
	Feces	-108	0	-20	-129	74

In Tabel 18 zijn de economische resultaten weergegeven van het gebruik van de doorgerekende mestproducten binnen het bouwplan voor Zuidoost-Nederland (zand) bij een hoge fosfaattoestand. Voor de producten uit de melkveehouderij blijkt dat gier (+€216/ha), urine van het CowToilet (+€203/ha) en urine met het N2 applied proces (+€172/ha) positieve economische resultaten opleveren. Deze producten voeren echter in vergelijking met de andere producten minder EOS aan. Voor de overige mestproducten zijn de economische baten negatief.

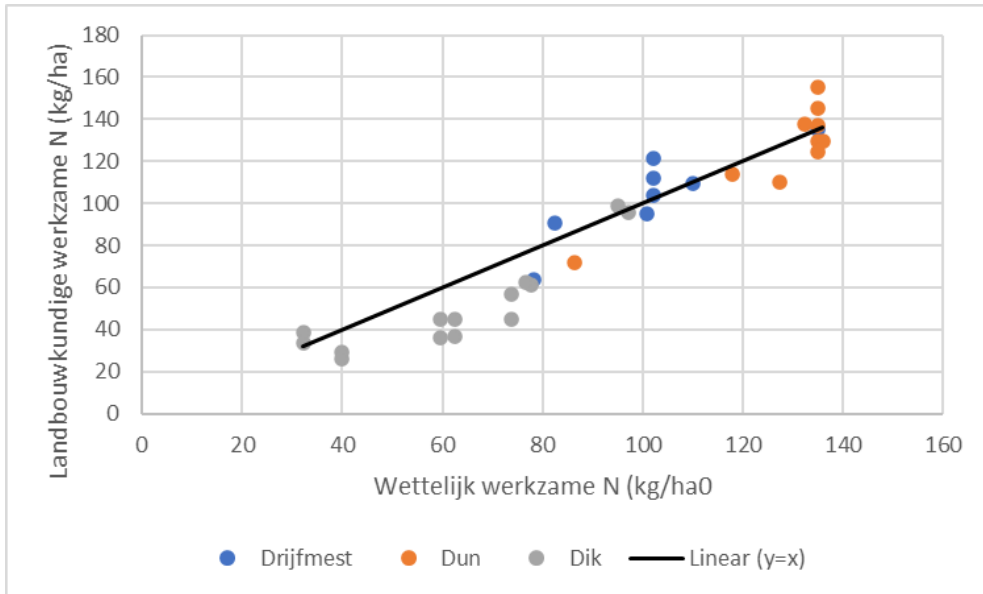
Bij kalveren is gier het meest gunst (+€56/ha), terwijl feces een negatief resultaat laat zien van -€246/ha. Feces voert wel de meeste EOS aan. Bij varkens is gier het meest gunst (+94/ha), maar voert het minste EOS aan, voor feces is dit het omgekeerde met een negatief economisch resultaat (-€129/ha), maar een hogere EOS aanvoer.

Wanneer de economische resultaten van de verschillende fosfaattoestanden op zand worden vergeleken, dan valt op dat bij een hoge fosfaattoestand de dunne fracties economische het meest gunstig uitpakken ten opzichte van de neutrale fosfaattoestand. Dit komt door de lagere P₂O₅-gehalten, waardoor hogere besparingen kunnen worden gerealiseerd op N en K₂O.

In het algemeen zijn de economische effecten van de urine- en gierfracties op het zandbedrijf wat hoger dan op het kleibedrijf. Dat komt, doordat op het zandbedrijf meer urineproduct kan worden gebruikt dan op het kleibedrijf, omdat er op het zandbedrijf geen restricties zijn opgelegd voor de doseringen.

In Figuur 2 is de aangevoerde wettelijke werkzame N uitgezet tegen de landbouwkundige werkzame N zoals die kan worden berekende met de kengetallen uit het handboek bodem en bemesting.

Bij de landbouwkundig werkzame N betreft het de eerstejaars werking. Uit de figuur blijkt dat bij de fecesachtige producten de landbouwkundige werkingscoëfficiënt vaak lager is dan de wettelijke werkingscoëfficiënt. Bij de dunne producten is dat in een aantal gevallen ook het geval. Dit speelt o.a. bij toediening op kleigrond met graslandapparatuur, waardoor er meer ammoniak vervluchtigt dan bij toediening met een bouwlandinjecteur op zandgrond. Door de hogere ammoniakvervluchtiging daalt de landbouwkundige werkingscoëfficiënt. Maar ook het aandeel minerale N in de totale N speelt hierbij een rol, deze liep uiteen van ruim 70% naar bijna 90%.



Figuur 2 *Wettelijke werkzame N-aanvoer versus landbouwkundige werkzame N-aanvoer bij de verschillende mestproducten*

Discussie & conclusie

3.5 Discussie

3.5.1 Nauwkeurigheid mestemissiemodel

Emissies in de stal

De ammoniakemissie in de stal is voor zover mogelijk berekend op basis van RAV emissiefactoren. Wanneer deze niet beschikbaar waren, is gebruik gemaakt van voorlopige RAV emissiefactoren of praktijkmetingen. Voor het Zonvarkensysteem waren echter geen van deze opties beschikbaar en is gebruik gemaakt van een indicatieve emissiereductie ten opzichte van een gangbare stal welke modelmatig is berekend door Aarnink et al. (2021). Eind 2025 wordt een publicatie van Wageningen Livestock Research verwacht waarbij emissiereductie op basis van praktijkmetingen voor het Zonvarkensysteem worden gepresenteerd. De emissiereductie in deze publicatie zal leidend zijn ten opzichte van de indicatieve emissiereductie welke voor de huidige studie is gebruikt. Een overzicht van de gebruikte emissiefactoren zijn weergegeven in Bijlage 1.

Emissies tijdens vergisting

Tijdens vergisting van mestproducten zijn naast de productie van CH₄ en CO₂ ook de verliezen uit de vergister en WKK meegenomen. Hierbij is aangenomen dat er 0,5% verlies optreedt uit de vergistingsinstallatie en 1% uit de WKK. Echter is het door de diversiteit aan verliesbronnen tijdens vergisting (en het wel of niet opwaarderen van het biogas middels een WKK) en de gebruikte meetmethoden om de CH₄-emissies te meten, lastig om een vaste factor voor deze verliezen te bepalen. Groenestein et al. (2020) geven een overzicht van de beschikbare publicaties die informatie geven over het CH₄-verlies uit vergistingsinstallaties, waarbij waardes van 1-15% CH₄-verlies voorkomen. Per vergistingsinstallatie, unit voor het opwaarderen van biogas en/of WKK-installatie zal moeten worden gekeken of de gebruikte waardes in deze studie representatief zijn voor de specifieke installatie.

Emissies tijdens aanwending

De laatste stap in elk scenario is aanwending van de mest(producten), waarbij het model de NH₃- en N₂O-emissies berekent. Deze stikstofhoudende emissies worden berekend met een specifieke emissiefactor die voor het betreffende stikstofgas tijdens aanwending is bepaald (uit Van Bruggen et al., 2023). De emissiefactor geeft aan hoeveel van de in de mest aanwezige TAN (totaal ammoniakaal stikstof) emitteert. Emissies die vrijkomen tijdens aanwending vormen een grote onzekerheid: er zijn geen emissiefactoren bepaald voor stikstofconcentraten of specifieke dunne mestfracties zoals urine. De mestfracties die in de scenario's van deze studie worden gevormd, zijn op basis van expert judgement vergeleken met emissiefactoren voor ammoniak van kunstmestproducten, dunne, en dikke mestfracties om zo emissiefactoren toe te kennen die het beste aansluiten op het mestproduct (Van Dijk et al., 2020). Voor emissies van N₂O tijdens aanwending is nog minder bekend en de meest recente emissiefactoren kennen voor alle mestproducten of kunstmestproducten eenzelfde emissiefactor toe, welke is gebruikt in deze modelstudie. Dit vergroot de onzekerheid van de emissies tijdens aanwending die zijn berekend. Meer onderzoek naar emissies tijdens aanwenden kan de nauwkeurigheid van de berekeningen, en dus potentiële emissiereducties, vergroten.

Aanwendtechniek en emissies

Voor het berekenen van stikstofhoudende emissies tijdens aanwenden, is onderscheid gemaakt tussen aanwendtechnieken aangezien dit invloed heeft op de hoeveelheid ammoniak die emitteert. Voor berekening van deze emissies is voor gras- en bouwland gekozen voor de aanwendtechniek die het meeste voorkomt in Nederland op de verschillende gronden (Van Bruggen et al., 2023).

3.5.2 Kosten-baten analyse

Exploitatie

De exploitatieberekeningen laten voor alle doorgerekende scenario's een negatief resultaat zien bij de in dit rapport gehanteerde uitgangspunten. De hier beschouwde scenario's om emissies te reduceren, al dan niet in combinatie met behandeling van mest, leiden tot hogere kosten voor het veehouderijbedrijf. In de praktijk kunnen zich andere omstandigheden voordoen, waarbij de kosten minder hoog zijn en/of eventuele voordelen juist groter zijn. Opgemerkt wordt dat investeringssubsidies en voordelen uit fiscale regelingen in dit rapport bewust niet zijn meegenomen voor een 'eerlijke' vergelijking van de scenario's. In de praktijk kan in bepaalde gevallen uiteraard wel gebruik worden gemaakt van deze regelingen, waardoor de exploitatieberekening gunstiger uitpakt. Daarnaast hangt de mate van besparing van mestafzetkosten en kunstmestkosten bij toepassing van mestbehandeling sterk samen met de aanwezige gebruiksruiimte voor stikstof en fosfaat en de prijzen voor mestafzet en kunstmest. Gedurende de looptijd van dit onderzoek is bijvoorbeeld de prijs voor afzet van rundvee drijfmest grofweg verdubbeld. (Gemiddeld ruim 15 euro per kuub in 2022 en ruim 30 euro per kuub in 2024 op basis van DCA-noteringen). Bij hogere prijzen is de haalbare kostenbesparing van mestbehandeling groter.

Vergisting

De mogelijke biogasopbrengst uit dierlijke mest speelt een belangrijke rol bij de bepaling van de haalbaarheid van een aantal scenario's voor de melkveehouderij die in deze studie zijn belicht. De berekening van de biogasproductie is uitgevoerd conform de berekeningswijze zoals beschreven in het rapport van Gollenbeek et al. (2022). De auteurs geven in dit rapport aan dat de berekeningswijze een redelijk goede voorspelling geeft van de gemiddelde biogasopbrengsten bij vergisting van rundveemest die in de literatuur wordt vermeld. Echter, de haalbare biogasproductie uit mest van een individueel bedrijf kan sterk afwijken van de berekende biogasproductie op basis van de uitgangspunten van het rekenmodel, afhankelijk van onder andere het in de praktijk toegepaste rantsoen, stalsysteem en wijze van mestopslag. Dit betekent dat de uitkomsten van de modelberekeningen met name voor scenario's voor vergisting op bedrijfsniveau en kleine clusters zowel in positieve als negatieve zin kunnen afwijken van de hier gepresenteerde resultaten.

Verder is bij de berekening van het exploitatieresultaat van de scenario's waarbij vergisting onderdeel was van de exploitatie steeds gerekend met de basisbedragen SDE++ 2024. Het is mogelijk dat overeenkomsten kunnen worden afgesloten voor de levering van energie en groenwaarde met vergoedingen die hoger liggen dan de basisbedragen van de SDE-regeling. Uiteraard pakt de exploitatie van het vergistingsproces gunstiger uit wanneer hogere vergoedingen uit de markt verkregen kunnen worden. De vergoedingen die markt bereid is te betalen kunnen echter (sterk) fluctueren als gevolg van vraag en aanbod, beleid en maatschappelijke ontwikkelingen.

Voor de omvang van de bedrijfssituaties en de gehanteerde uitgangspunten in dit rapport is toepassing van vergisting niet haalbaar gebleken. Onder andere omstandigheden en bedrijfsgrootten zijn echter wel haalbare business cases mogelijk. In het rapport 'Technische en economische haalbaarheidsstudie van mestvergisting in Noord-Holland' (Smit et al. 2024), werd geconcludeerd dat groengasproductie perspectiefvol is voor kleine clusters van 4 tot 7 melkveebedrijven wanneer het biogas in een centrale HUB wordt opgewerkt tot groengas. Ook wanneer het biogas direct geleverd kan worden aan een afnemer biedt dat perspectief haalbare business cases voor kleinere en grotere clusters van melkveebedrijven. Vanaf de aanvoercapaciteit van mest van meer dan 3.000 melkkoeien zou volgens de auteurs centrale vergisting perspectiefvol zijn.

Renure

In april 2024 heeft de Europese Commissie een voorstel goedgekeurd dat lidstaten de mogelijkheid geeft om onder voorwaarden voor bepaalde meststoffen uit dierlijke mest (Renure) een aanvullende stikstofgift van 100 kg N per hectare toe te staan, boven de norm van 170 kg N per hectare voor dierlijke mest. In het voorstel zijn een drietal producten genoemd: ammoniumzouten, mineralenconcentraat en struviet.

In dit rapport zijn verschillende scenario's doorgerekend waarbij producten ontstaan die weliswaar voldoen aan de technische voorwaarden zoals opgenomen in het voorstel van Europese Commissie, maar als product niet in het voorstel van de Europese Commissie zijn opgenomen. In dit rapport is het effect van het al dan niet als Renure meststof kunnen gebruiken van het product in beeld gebracht. Echter, het is niet bekend of en wanneer dat wettelijk mogelijk wordt voor alle producten die zich in de hier doorgerekende scenario's technisch kwalificeren als Renure meststof.

Omdat mineralenconcentraat wel als product genoemd is in het voorstel van de Europese Commissie lijkt toepassing van omgekeerde osmose perspectief te bieden om Renure producten te produceren uit gier- of urinefracties. Voor de bedrijfsgrootten die in deze studie zijn beschouwd is dat bedrijfseconomisch niet haalbaar. Mogelijk biedt een centrale opwerking van deze fracties met behulp van omgekeerde osmose wel perspectief.

Verdamping

In de rekenmodellen is geen rekening gehouden met verschillen in de verdamping van water uit mest vanuit de verschillende stalsystemen. Wanneer mestfracties snel uit de stal worden afgevoerd naar gesloten opslagen vindt minder verdamping plaats ten opzichte van de referentiesituatie. Als gevolg van de verschillen in de hoeveelheid verdamping die bij de verschillende scenario's plaatsvindt, treden verschillen in de volumes aan te wenden en/of af te zetten mestfractie op. De invloed van deze verschillen op de exploitatie is niet meegenomen. De berekening van de bespaarde mestafzetkosten ten opzichte van het referentiescenario pakt om deze reden te gunstig uit voor scenario's waarbij snelle afvoer van mest uit de stal naar gesloten opslagen plaatsvindt.

Zonvarken

In dit rapport zijn de meerkosten van investeringen in emissiebeperkende maatregelen in stalsystemen en/of mestbehandelingsprocessen bepaald ten opzichte van een referentiestal op basis van conventionele huisvesting zonder emissiebeperkende maatregelen en/of mestbehandeling. Bij het Zonvarken concept zijn deze maatregelen deels geïntegreerd in het dierhouderijsysteem als geheel. Een vergelijking van de exploitatieverschillen tussen het Zonvarkenconcept en de referentiestal zou daarom het gehele stalsysteem moeten omvatten. Een dergelijk vergelijk was echter niet mogelijk omdat niet alle benodigde informatie kon worden verkregen. Om die reden zijn bij het Zonvarken scenario enkel de meerkosten van het meststelsysteem en opslagen beschouwd en is alleen de invloed daarvan op de exploitatie doorgerekend. Hoe de exploitatiekosten van het Zonvarkens concept zich als geheel verhouden tot de referentiesituatie is op basis van de beperkte vergelijking in dit rapport niet te zeggen.

3.5.3 Effect uitgangspunten op resultaten

De uitgangspunten welke als input dienen voor de gebruikte modellen hebben een sterk effect op de resultaten van de geanalyseerde scenario's. De uitgangspunten welke het meeste invloed hebben gehad op de resultaten, worden hier besproken.

Bedrijfsomvang

Voor alle sectoren is uitgegaan van een bedrijf met het aantal dieren (en hoeveelheid grond) van een gemiddeld Nederlands bedrijf. Als gevolg is de kosten-baten analyse voor het bewerken en verwerken van mest doorgerekend op bedrijfsniveau. Dit heeft significante gevolgen voor de resultaten, aangezien is gebleken dat veel be- en verwerkingstechnieken economisch niet rendabel zijn wanneer deze worden uitgevoerd om bedrijfsniveau en dus relatief kleine schaal. Wanneer wordt gekozen voor het verwerken van mest in clusters bedrijven, of op grootschalig, centraal niveau, veranderen de resultaten en zijn de meeste technieken in de praktijk economisch haalbaar en rendabel. Voor analyses van mestbe- en verwerking op grotere schaal, kan worden verwezen naar Gollenbeek et al., 2021a-b; 2022 en Smit et al., 2024.

Bestemming dikke fractie

Bij de scenario's waarbij drijfmest wordt gescheiden in een dikke en dunne fractie, zorgt externe opslag en het aanwenden van de dikke fractie vrijwel altijd voor een stijging van ammoniakemissies over de gehele keten, waarbij emissiereducties van emissiearme stallen of verwerkingstechnieken deels of geheel teniet worden gedaan door de stijging in emissies tijdens externe opslag en aanwenden.

Dit is het gevolg van de hoge ammoniakemissies die wordt toegekend aan het bovengronds uitrijden van de dikke fractie, welke aanzienlijk hoger is dan de ammoniakemissies die vrijkomen bij het (emissiearm) injecteren van dunne mest (zie Bijlage 1 voor de gehanteerde emissiefactoren). Wanneer uit zou worden gegaan van het vergisten (of op een andere manier bewerken) van de dikke fractie, kan het resultaat significant veranderen, waarbij over de gehele keten een hogere reductie wordt behaald dan een scenario waarbij de dikke fractie als zodanig wordt aangewend. In deze studie is gekozen om verdere bewerking van de dikke fractie niet mee te nemen, aangezien dit op bedrijfsniveau niet rendabel is. Echter kan verder onderzoek uitwijzen of bij bepaalde scenario's een hogere emissiereductie kan worden behaald wanneer er wel wordt gekozen voor het verder bewerken van de dikke fractie.

3.5.4 Akkerbouw

De doorgeresende scenario's laten zien dat het economische resultaat sterk afhankelijk is van de nutriëntensamenstelling van het mestproduct en de daarbij geldende restricties. Op het zandbedrijf en met name bij lage fosfaattoestand van de bodem kan er met urine- en gierfracties worden bespaard op (vooral) kunstmest-N en -K₂O. Het gevolg is wel dat de EOS-aanvoer wordt verlaagd in vergelijking met gebruik van drijfmest. Voor een voldoende organische stofvoorziening zal dan op een andere manier organische stof moeten worden aangevoerd, bijvoorbeeld door gebruik van compost of extra groenbemesters. Producten die voortkomen uit de fecesfracties besparen minder kunstmest dan drijfmest, maar hebben daarentegen een hogere EOS-aanvoer. Concreet betekent dat dunne mestfracties zoals gier en urine tot grotere kunstmestbesparingen leiden, maar hierbij minder EOS aanvoeren. Terwijl producten gebaseerd op feces tot hogere kunstmestkosten leiden, maar hierbij meer EOS aanvoeren. Hoewel in de analyse vooral gekeken is naar de effecten van afzonderlijke producten kan ook worden gekozen voor een mix van urine- en fecesproducten.

De kunstmest-N-besparing is berekend op basis van de wettelijke werkingscoëfficiënt van de mestproducten. Bij de dunne mestproducten (urine en gier) is uitgegaan van een wettelijke werkingscoëfficiënt van 80% zoals die geldt voor dunne fracties. Indien deze producten op termijn worden aangemerkt als RENURE-meststof geldt een wettelijke werkingscoëfficiënt van 100%. Dit zou leiden tot een nog grotere kunstmest-N-besparing. Hierbij moet wel de kanttekening worden gemaakt dat de landbouwkundige werkingscoëfficiënt vaak lager is dan 100% en ook in een aantal gevallen lager dan de wettelijke werkingscoëfficiënt van 80% (zie Figuur 1). Hierdoor stijgen de risico's van opbrengstdervingen met name in gebieden met strenge gebruiksnormen. Bij de fecesproducten moet wel worden opgemerkt dat de landbouwkundige werking de eerstejaars werking betreft. Omdat deze producten relatief veel organische N bevatten komt er ook in latere jaren nog N vrij.

In het onderzoek is alleen gekeken in hoeverre de onderzochte mestproducten om kunstmest te vervangen en de bijbehorende besparingen en kosten. De kosten van het toedienen van de mestproducten zelf zijn hierin niet meegenomen. Dit kan echter van invloed zijn op het uiteindelijke economische resultaat, omdat de onderzochte mestproducten zoals digestaat doorgaans in grotere volumes worden toegediend dan kunstmest. Dit betekent dat er mogelijk hogere kosten verbonden zijn aan transport en toediening van de mestproducten. Een ander aspect is dat akkerbouwers momenteel in de praktijk vaak een vergoeding ontvangen voor het afnemen van dierlijke mest. Wanneer akkerbouwers voor de mestproducten moeten betalen kunnen positieve economische effecten afnemen. Het uiteindelijke economische effect zal dus afhangen van de toedieningskosten en of er al dan niet kosten moeten worden voor de mestproducten.

3.6 Conclusie

3.6.1 Melkveehouderij

Het toepassen van een emissiearme stal heeft in alle gevallen een positief effect op de reductie van ammoniakemissie over de gehele mestketen, ongeacht de verdere bewerkingsstappen die worden toegepast. Het CowToilet zorgt voor een gemiddelde reductie van 24% over de gehele keten en de Lely Sphere voor een gemiddelde reductie van 46%.

De broeikasgasemissies over de gehele mestketen neemt alleen af wanneer de gescheiden fracties verder worden bewerkt. Wanneer dit niet het geval is (scenario 1.1 en 2.1) blijven de broeikasgasemissies nagenoeg gelijk aan het referentiescenario door de langdurige opslag voor aanwending. Het scheiden en bewerken van de dunne fractie met het N₂ applied proces (scenario 3.1 en 3.2) laat alleen een reductie zien in ammoniakemissies wanneer de dikke fractie wordt vergist en het digestaat emissiearm kan worden aangewend.

3.6.2 Varkenshouderij

Het Zonvarken systeem zorgt voor zowel een reductie van de ammoniak- als broeikasgasemissies (respectievelijk 56% en 69%). Hierbij is aangenomen dat de dikke fractie gemiddeld elke 3 weken wordt opgehaald om centraal te worden vergist, waarnaar het digestaat emissiearm kan worden aangewend in de landbouw. Voordelen die het systeem kent op het staklimaat en het dierenwelzijn zijn niet gekwantificeerd in deze studie, maar kunnen als additionele voordelen worden meegenomen wanneer een vergelijking wordt gemaakt met een gangbaar gesloten varkensbedrijf.

3.6.3 Kalverhouderij

Voor beide stalsystemen (Thelosen en Van Beek) waarbij mest wordt gescheiden bij de bron, kan een ammoniakreductie over de gehele mestketen worden behaald van ongeveer 30%. Wanneer wordt gekozen voor vergisting van de dikke fractie, kan een reductie van 45% worden behaald en daarnaast een reductie in broeikasgassen van bijna 40%. In de scenario's zonder vergisten blijven de broeikasgasemissies nagenoeg gelijk aan het referentiescenario.

3.6.4 Exploitatie

Alle in deze studie doorgerekende scenario's om te komen tot emissiereducties op ketenniveau laten een toename van de exploitatiekosten op bedrijfsniveau zien. Toepassing van vergisting kan onder de juiste omstandigheden opbrengsten genereren. Schaalgrootte en prijzen voor levering van de geproduceerde energie vormen hierbij bepalende factoren. Vergisting op bedrijfsniveau is voor de bedrijfsomvang die in deze studie is gehanteerd vanuit financieel perspectief niet haalbaar. Bij vergisting van de meststromen van een aantal bedrijven tezamen kan een omvang worden bereikt waarbij vergisting wel rendabel wordt. Het kunnen toepassen van mestbewerkinsproducten als Renure meststof heeft eveneens een positief effect op de exploitatie door besparing op mestafzetkosten en op inkoop van kunstmest. Hierbij dient te worden opgemerkt dat de mestproducten die ontstaan bij de hier doorgerekende scenario's weliswaar voldoen aan de technische voorwaarden zoals opgenomen in het voorstel van de Europese Commissie, maar als product niet in het voorstel voor Renure van de Europese Commissie zijn opgenomen. Voor de scenario's in dit rapport zijn de besparingen van de productie van Renure meststoffen niet voldoende om de extra kosten van maatregelen om de emissies te reduceren te kunnen dekken.

3.6.5 Akkerbouw

Uit de analyse komt naar voren dat dunne mestfracties zoals urine en gier, met name op zandgrond tot positieve economische resultaten leiden door de besparing op N-kunstmest mindere mate op K₂O en economisch het meest gunstig zijn bij een lage fosfaattoestand doordat minder P₂O₅-kunstmest hoeft te worden toegediend. De dunne fracties gaan echter gepaard met een lage EOS-aanvoer, in vergelijking met de referentie met drijfmest. Daarbij speelt ook de fosfaattoestand een belangrijke rol, bij een hoge fosfaattoestand worden dunne producten vanwege hun lage aandeel P₂O₅ aantrekkelijker. Dikke fracties, zoals feces en digestaat, dragen minder bij aan kunstmest besparing, maar verhogen de EOS-aanvoer. De analyse laat hiermee zien dat de geschiktheid van een mestproduct afhangt van de bodemtoestand en nutriëntenbehoeften. Daarnaast zullen in praktijk de toedieningskosten en mogelijke kosten of vergoedingen voor het gebruik van mestproducten van invloed zijn op het uiteindelijke economische resultaat.

Literatuur

Aarnink, A.J.A., J. de Groot, M. Booijen. 2021. *Analyse beschikbare technieken voor integrale emissiereductie in varkensstallen*. Wageningen Livestock Research, Rapport 1332.

Bruggen, C. van, A. Bannink, A. Bleeker, D.W. Bussink, H.J.C. van Dooren, C.M. Groenestein, J.F.M. Huijsmans, J. Kros, L.A. Lagerwerf, K. Oltmer, M.B.H. Ros, M.W. van Schijndel, L. Schulte-Uebbing, G.L. Velthof en T.C. van der Zee. 2023. *Emissies naar lucht uit de landbouw berekend met NEMA voor 1990-2021*. Wageningen, WOT Natuur & Milieu, WOT-technical report 242.

Gollenbeek L.R., J.P.B.F. van Gastel, F.A.M. Casu, N. Verdoes, 2021a. *Emissies en kosten van verschillende scenario's voor de verwaarding van kalvermest; NL Next level mestverwaarden*. Wageningen Livestock Research, Openbaar Rapport 1340.

Gollenbeek L.R., J.P.B.F. van Gastel, F.A.M. Casu, N. Verdoes, 2021b. *Emissies en kosten van verschillende scenario's voor verwaarding van varkensmest; NL Next Level Mestverwaarden*. Wageningen Livestock Research, Openbaar Rapport 1331.

Gollenbeek L.R., J.P.B.F. van Gastel, F.A.M. Casu, I. Huisman, N. Verdoes, 2022. *Berekeningen emissies en economie voor verschillende scenario's voor verwaarding van rundveemest; NL Next Level Mestverwaarden*. Wageningen Livestock Research, Openbaar Rapport 1372.

Groenestein, K., R.W. Melse, J. Mosquera, M. Timmermans. 2020. *Effect mestvergisting op de emissies van broeikasgassen uit mest van melkvee: een literatuur- en scenariostudie*. Wageningen Livestock Research, Rapport 1235.

Myhre, G., D. Shindell, F.M. Bréon, W. Collins, J. Fuglestedt, J. g, D. Koch, J.-F. Lamarque, D. Lee, B. Mendoza, T. Nakajima, A. Robock, G. Stephens, T. Takemura and H. Zhang. 2013. *Anthropogenic and Natural Radiative Forcing*. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Smit, H., Casu, F.A.M., van Gastel, J., Hekkert, G., Veraa, S. E., Uyttendaele, S., de Haas, M., van der Burgt, E., van de Weide, R., & van Dooremalen, C. (2024). *Technische en economische haalbaarheidsstudie van mestvergisting in Noord-Holland: Beoordeling van de technische en economische haalbaarheid van monomestvergisters in de grondgebonden melkveehouderij, in combinatie met de opwaardering van biogas tot groengas in Noord-Holland (resultaten Werkpakket 1 & 2)*. Wageningen Livestock Research, Openbaar Rapport 1510.

Van der Voort, M. (2022). KWIN-AGV 2022.

Bijlage 1 Uitgangspunten modelstudie

Tabel B1.1 *Uitgangspunten modelstudie voor analyse melkveehouderij.*

Weide	
BMP = 0,22 m ³ CH ₄ /kg OS	
MCF = 0,01	
Verhouding volume % CH ₄ -CO ₂ = 60-40	Groenestein et al., 2020
<i>Emissies</i>	
NH ₃ -N = 4,0% van TAN	Van Bruggen et al., 2023
N ₂ O-N = 2,5% van N-totaal ³	Van Bruggen et al., 2023
BMP & Afbraakconstante (Kh)	
BMP stal & opslag = 0,2942 m ³ CH ₄ /kg OS aanwezig	Massabalans
Kh stal en opslag = 0,0060	Massabalans
Kh vergisting = 0,15	Massabalans
Verhouding volume % CH ₄ -CO ₂ = 85-15	Groenestein et al., 2020
Mest in stal & opslag melkvee	
Gemiddelde opslagtermijn mest = referentie 90 dagen; mest naar vergister 1 dag	
Omzetting N-org in N-NH ₄ = referentie: 11%; korte opslag: 1%	
<i>Emissies</i>	
NH ₃ -N =	
Referentie: 14,2% van TAN	Van Bruggen et al., 2023
Lely Sphere: 77% reductie o.b.v. RAV	EF RAV 3 kg NH ₃ /dierplaats/jaar
CowToilet: 54% reductie o.b.v. RAV	EF RAV 6 kg NH ₃ /dierplaats/jaar
N ₂ O-N = 0,2% van N-totaal ³	Bruggen et al., 2023
Mest in stal & opslag jongvee	
Gemiddelde opslagtermijn mest = referentie 90 dagen; mest naar vergister 1 dag	
Omzetting N-org in N-NH ₄ = 11%	
<i>Emissies</i>	
NH ₃ -N = 14,3% van TAN	Bruggen et al., 2023
N ₂ O-N = 0,2% van N-totaal ³	Bruggen et al., 2023
Mest in opslag op bedrijf	
Gemiddelde opslagtermijn = 90 dagen	
Omzetting N-org in N-NH ₄ = 11%	
<i>Emissies</i>	
NH ₃ -N = 1,0% van TAN	Bruggen et al., 2023

³ N-totaal verwijst naar de totale N in de mestfractie (i.e., N-org + N-min/TAN)

N ₂ O-N = 0,2% van N-totaal ³	Bruggen et al., 2023
Toediening mestproducten	
Omzetting N-org in N-NH ₄ = 0%	Aanname dat alle mineralisatie is opgetreden
<i>Emissies drijfmest, digestaat</i>	
NH ₃ -N = 17% van TAN	Van Bruggen et al., 2023 (grasland zodebemester)
NH ₃ -N = 2% van TAN	Van Bruggen et al., 2023 (bouwland injectie)
N ₂ O-N = 0,9% van N-totaal ³	Van Bruggen et al., 2023
<i>Emissies urine</i>	
NH ₃ -N = 8% van TAN	Expert judgement (grasland injectie)
N ₂ O-N = 0,9% van N-totaal ³	Van Bruggen et al., 2023 (bouwland injectie)
<i>Emissies behandelde fracties op grasland</i>	
Plasmatechniek: NH ₃ -N = 12,9% van TAN	24% reductie bij pH 6 t.o.v. EF drijfmest (= 17% van TAN)
Aangezuurd digestaat: NH ₃ -N = 12,9% van TAN	24% reductie t.o.v. EF drijfmest (= 17% van TAN)
Verdund digestaat NH ₃ -N = 12,8% van TAN	25% reductie t.o.v. EF drijfmest (= 17% van TAN)

Tabel B1.2 *Uitgangpunten modelstudie voor analyse varkenshouderij.*

BMP & Afbraakconstante (Kh)	
BMP stal & opslag = 0,2942 m ³ CH ₄ /kg OS aanwezig	Massabalans
Kh stal en opslag= 0,009276	Massabalans
Kh vergisting = 0,15	Massabalans
Verhouding volume % CH ₄ -CO ₂ = 85-15	Groenestein et al., 2020
Mest in stal zeugen	
Gemiddelde opslagtermijn mest = referentie 90 dagen; Zonvarken 1 dag	
Omzetting N-org in N-NH ₄ = 11% referentie; Zonvarken 4,4%	
<i>Emissies</i>	
NH ₃ -N =	
Referentie: 13,2% van TAN	Van Bruggen et al., 2023
Zonvarken: 4,0% van TAN	70% reductie t.o.v. referentie (gangbaar). Aarnink et al., 2021
N ₂ O-N = 0,2% van N-totaal ³	Bruggen et al., 2023
Mest in stal vleesvarkens	
Gemiddelde opslagtermijn mest = referentie 90 dagen; Zonvarken 1 dag	
Omzetting N-org in N-NH ₄ = 11% referentie; Zonvarken 0,3%	
<i>Emissies</i>	
NH ₃ -N =	
Referentie: 16,7% van TAN	Van Bruggen et al., 2023
Zonvarken: 5,0% van TAN	70% reductie t.o.v. referentie (gangbaar). Aarnink et al., 2021
N ₂ O-N = 0,2% van N-totaal ³	Bruggen et al., 2023
Mest in opslag op bedrijf	

Gemiddelde opslagtermijn Zonvarken = 90 dagen

Omzetting N-org in N-NH₄ = 14%

Emissies

NH₃-N = 1,0% van TAN Bruggen et al., 2023

N₂O-N = 0,5% van N-totaal³ Bruggen et al., 2023

Toediening mestproducten

Omzetting N-org in N-NH₄ = 0% Aannee dat alle mineralisatie is opgetreden

Emissies drijfmest, digestaat, dunne fracties

NH₃-N = 2% van TAN Van Bruggen et al., 2023 (injectie bouwland)

N₂O-N = 1,3% van N-totaal³ Van Bruggen et al., 2023

Tabel B1.3 Uitgangpunten modelstudie voor analyse kalverhouderij.

BMP & Afbraakconstante (Kh)

BMP stal & opslag = 0,3488 m³ CH₄/kg OS aanwezig Massabalans

Kh stal en opslag = 0,0089 Massabalans

Kh vergisting = 0,15 Massabalans

Verhouding volume % CH₄-CO₂ = 85-15 Groenestein et al., 2020

Feces/drijfmest in stal

Gemiddelde opslagtermijn mest = referentie 90 dagen;

Thelosen 1 dag; Van Beek 1 dag

Omzetting N-org in N-NH₄ = referentie 16%; Thelosen 0,3%; Van Beek 0,3%

Emissies

NH₃-N =

Referentie: 25,8% van TAN Van Bruggen et al., 2023

Thelosen: 12,9% van TAN 50% reductie t.o.v. referentie (gangbaar)

Van Beek: 12,9% van TAN 50% reductie t.o.v. referentie (gangbaar)

N₂O-N = 0,2% van N-totaal³ Bruggen et al., 2023

Urine in stal

Gemiddelde opslagtermijn mest =

Thelosen: 90 dagen

Van Beek: 1 dag

Omzetting N-org in N-NH₄ = Thelosen: 16,5%; Van

Beek: 0,3%

Emissies

NH₃-N =

Thelosen: 12,9% van TAN 50% reductie t.o.v. referentie (gangbaar)

Van Beek: 12,9% van TAN 50% reductie t.o.v. referentie (gangbaar)

N₂O-N = 0,2% van N-totaal³ Bruggen et al., 2023

Mest in opslag op bedrijf

Gemiddelde opslagtermijn = 90 dagen

Omzetting N-org in N-NH₄ = 16%

Emissies

NH ₃ -N = 1,0% van TAN	Bruggen et al., 2023
N ₂ O-N = 0,5% van N-totaal ³	Bruggen et al., 2023

Toediening mestproducten

Omzetting N-org in N-NH ₄ = 0%	Aanname dat alle mineralisatie is opgetreden
<i>Emissies drijfmest, digestaat, dunne fracties</i>	
NH ₃ -N = 2% van TAN	Van Bruggen et al., 2023 (injectie bouwland)
N ₂ O-N = 0,9% van N-totaal ³	Van Bruggen et al., 2023
<i>Emissies dikke fractie, vaste mest</i>	
NH ₃ -N = 46% van TAN	Van Bruggen et al., 2023
N ₂ O-N = 0,9% van N-totaal ³	Van Bruggen et al., 2023

Samenstelling mest 'onder de staart'

Melkveehouderij					
	Jongvee drijfmest	Melkvee drijfmest	Melkvee feces	Melkvee gier	Melkvee urine (CowToilet)
N-min (kg/ton)	2,7	2,7	0,8	4,9	5,2
N-org (kg/ton)	1,7	2,3	2,7	1,6	1,7
N-tot (kg/ton)	4,4	5,0	3,5	6,5	6,9
P2O5 (kg/ton)	1,3	1,8	3,0	0,6	0,3
OS (kg/ton)	59,4	65,5	105,3	25,7	15,8
C (kg/ton)	27,9	30,8	49,5	12,1	7,4

Varkenshouderij		
	Vleesvarkens	Zeugen
N-min (kg/ton)	2,0	3,4
N-org (kg/ton)	1,2	2,6
N-tot (kg/ton)	3,2	6,0
P2O5 (kg/ton)	1,1	3,8
OS (kg/ton)	91,7	73,0
C (kg/ton)	43,1	34,3

Kalverhouderij		
	Feces	Gier
N-min (kg/ton)	1,3	4,9
N-org (kg/ton)	7,3	0,9
N-tot (kg/ton)	8,5	5,8
P2O5 (kg/ton)	6,0	0,4
OS (kg/ton)	185,3	10,4
C (kg/ton)	87,1	4,9

Mestvolumes

Melkveehouderij					
	Melkkoeien	Pinken	Kalveren	Droge koeien	Totaal
Volume (ton/jaar)	3012	285	225	312	3834

Varkenshouderij		
	Vleesvarkens	Zeugen
Volume (ton/jaar)	858	260

Kalverhouderij		
	Dikke fractie	Dunne fractie
Volume (ton/jaar)	369	1572

Bijlage 2 Uitgangspunten investeringskosten en exploitatieberekeningen

Tabel B2.1 *Uitgangspunten investeringen. Betreft gehanteerde referentiewaarden voor omrekening naar investering voor de dimensies / eenheden van de scenario's.*

Onderdeel	Waarde	Eenheid	Referentie / opmerking
CowToilet			
CowToilet (station, voercomputer, toilet)	27.000	€ / 25 koeien	Hanskamp (2023)
Bijkomende kosten (Montage, voervijzels, stalaanpassingen, luchtvoorziening, perslucht, stroom)	15%	Op investering CowToilet	Aanname
Lely Sphere			
Mestrobot (1 unit per 120 melkkoeien) ¹⁾	35.000	€	Lely (2024)
RVS inlays (per 120 melkkoeien)	35.000	€	Lely (2023)
Afstortplaats	2.500	€	Lely (2023)
Spuiwater silo	13.500	€	Lely (2023)
Kelderafzuigunits (Prijs voor 2 units tbv 120 melkkoeien)	50.000	€	Lely (2023)
Extra opslag capaciteit (1.000 m3)	60.000	€	KWIN (2023-2024)
Overige projectkosten realisatie	15	%	Aanname
N2-Applied			
Vijzelpers	31.500	€	Fabiton (2020)
N2 Applied proces unit (7.000 kgN/jaar)	250.000	€	N2 Applied (2023)
Montage en opstart	25.000	€	N2 Applied (2023)
Opslag behandelde dunne mest (1.000 m3)	60.000	€	KWIN (2023-2024)
Overige projectkosten realisatie	15	%	Aanname
Zonvarken			
Mestsysteem (stal 52 zeugen)	210.000	€	Zonvarken (2025)
Opslag urinefractie (500 m3)	45.000	€	KWIN (2023-2024)
Overige projectkosten realisatie	15	%	Aanname
Theolosen			
Extra kosten stalsysteem	500	€/dierplaats	KWIN en ondernemer
Van Beek			
Extra kosten stalsysteem	365	€/dierplaats	Van Beek en Zn
Mono mestvergisting			
Boerderij			
Biogasinstallatie, 590 m3 inhoud	120.000	€	Bioelectric (2020)
WKK 44 KWe	66.000	€	Biogas-E (2020)
Container tbv WKK en warmtevoorziening	111.000	€	Bioelectric (2020)
Gasdicht maken bestaande opslag, 700 m3	33.400	€	Info Jumpstart (2020)
Bijkomende investeringskosten	15	%	Deelnemer Jumpstart (2020)
Centraal			
Ontvangstsilo + spankap (1.000 m3)	60.000	€	KWIN (2023)
Vergister (3.000 m3)	998.000	€	CCS (2022)
Na-vergister / opslag digestaat (3.000 m3)	998.000	€	CCS (2022)
Bijkomende investeringskosten	15	%	
Groengas productie			
Groengas unit (60 m3/h)	740.000	€	CCS (2023)
Aanvullend leidingwerk en invoeding	50.000	€	CCS (2023)

Schaalfactoren		
Container tbv WKK en warmtevoorziening	0,25	Schatting
Groengas unit	0,2	Berekende waarde op basis van offertes
Overige (default)	0,67	Sinott and Towler, fluid processing

1) Aantal benodigde units wordt mede bepaald door de stallayout.

Tabel B2.2 *Uitgangspunten exploitatieberekeningen scenario's.*

Toelichting	Waarde	Eenheid	Referentie / opmerking
Specifiek voor stalsysteem / scenario			
Stroomverbruik CowToilet	4,5	kWh/ton	Hanskamp
Stroomverbruik mestrobot	1.100	kWh/collector/jaar	Lely
Stroomverbruik kelderafzuigunits	10.000	kWh/unit/jaar	Lely
Stroomverbruik N2 Applied proces	30	kWh/ kgN verrijking	Astudillo et al. (2019)
Spoelwater mestrobot	3	l/m2/d (bij 4,5 m2 per melkkoe)	Lely
Verdunning bij aanwenden	0,5	ton water/ton mest	Huijsman et al. (2015)
Aanzuren bij aanwenden	4	liter H2SO4 ((96% w/w) / ton	Huijsman et al. (2015)
Stikstofverrijking N2 Applied (urine fractie)	1,5	kgN/kgNmin	N2 Applied
Stikstofverrijking N2 Applied (drijfmest)	1,3	kgN/kgNmin	N2 Applied
Terugwinning warmte N2 Applied proces	65	%	N2 Applied
Waarvan benutbaar op bedrijf	50	%	Aanname
Financieringskosten			
Rentevoet	3	%	
Afschrijving	12	jaar	SDE termijn
Installatie gerelateerde kosten			
Onderhoud	2,9%	van investering	Sinott and Towler, fluid processing
Overige installatie gerelateerde kosten vergisting (verzekeringen, nutsvoorzieningen, analyses)	0,72	€/ton	Deelnemer Jumpstart
Energie			
Tarief elektriciteit	180	€/MWh	PBL (2020), ontwikkeling 2030
Verbruik elektriciteit vergister boerderij	4	kWh/ton	Deelnemer Jumpstart
Verbruik elektriciteit vergister centraal	3,3	kWh/ton	CCS
Tarief aardgas (bij vermeden inkoop)	1	€/m3	PBL (2020), ontwikkeling 2030
Aandeel benutbare warmte WKK	30	%	Aanname
Waarde verkoop warmte	50	% van aardgasprijs	Aanname
Verbruik warmte vergister	18% 21	van biogasproductie kWh/ton	Eindadvies SDE++
Regeneratie aminevloeistof groengas	8%	van biogas productie	CCS
Verbruik warmtepompen voor verwarming vergister	13	kWh/ton input	CCS
Verbruik groengasunit + compressie	8,3	kWh/ton input	CCS
SDE basisbedragen monomestvergisting ¹			
Gecombineerde opwekking <110 kW	0,2903	€/kWh	RVO, 2024
Gecombineerde opwekking 110-450 kW	0,2473	€/kWh	RVO, 2024
Gecombineerde opwekking >450 kW	0,1355	€/kWh	RVO, 2024
Groengas <110 kW	0,2187	€/kWh	RVO, 2024
Groengas 110-450 kW	0,1588	€/kWh	RVO, 2024
Groengas >450 kW	0,1001	€/kWh	RVO, 2024
Hulpstoffen			
Hulpstoffen groengasproductie	0,0125	€/m3 biogas	CCS (actief kool, amine wasvloeistof, THT -geurstof)
Zwavelzuur (96%)	0,30	€/kg	

Zwavelzuurverbruik	3,5 kg H ₂ SO ₄ / kg NH ₃ -N	Berekende waarde
Arbeid (bij toepassing vergisting)		
Beheer installatie	3.000 €/jaar	Schatting
Administratieve werkzaamheden	1.200 €/jaar	Schatting
Inhuur expertise (alleen bij verwerking mest)	5.000 €/jaar	Schatting
Mest		
Tarief mestafzet rundveemest (langjarig) ²	30 €/ton	Aanname
Tarief aanwenden drijfmest (zodebemester)	5,85 €/ton	KWIN Veehouderij 2023-2024
Tarief aanwenden vaste mestfracties	10 €/ton	
Extra kosten verdund aanwenden	2 €/ton	
Besparing inkoop stikstof kunstmest	1,24 €/kg N	Gemiddelde 2024-mei 2025 (Kalkammonsalpeter, Agrimatie)
Besparing inkoop fosfaat kunstmest	1,28 €/kg P ₂ O ₅	Gemiddelde 2024-mei 2025 (Tripelsuperfosfaat, Agrimatie)
Gebruiksnormen		
Stikstof grasland	170 kgN/ha	Zonder derogatie
Stikstof bouwland	170 kgN/ha	
Fosfaat grasland	90 kgP ₂ O ₅ /ha	Fosfaat toestand ruim
Fosfaat bouwland	60 kgP ₂ O ₅ /ha	Fosfaat toestand ruim
- Aangenomen is dat het SDE basisbedrag (inkomsten uit markt en subsidie) ontvangen wordt. - Het tarief voor mestafzet bedroeg zomer 2024 circa 30 €/ton.		

Bijlage 3a Resultaten berekening investerings en exploitatie melkveescenario's

Scenario 1.1 CowToilet, geen behandeling van mestfracties.

Tabel B3a.1 *Investerings scenario 1.1: Toepassing CowToilet op een melkveebedrijf met 120 melkkoeien. Geen behandeling van mestfracties.*

Investerings	Euro
Stalaanpassingen (meerkosten tov regulier)	159.000
Totaal investeringen	159.000

Tabel B3a.2 *Exploitatieresultaat scenario 1.1: Toepassing CowToilet op een melkveebedrijf met 120 melkkoeien. Geen behandeling van mestfracties. Urine aanwenden als dierlijke mest.*

Exploitatie	€/jaar	€/Melkkoe
Kosten		
Energie	3.100	26
Hulpstoffen	0	0
Arbeid	0	0
Onderhoud en overige bedrijfskosten	4.600	38
Afschrijving en financiering	16.800	140
Totaal kosten	24.500	205
Opbrengsten		
Vermeden inkoop kunstmest	400	3
Vermeden mestafzetkosten	-4.600	-39
Totaalopbrengsten	-4.300	-36
Opbrengsten minus kosten	-28.800	-240

Tabel B3a.3 *Exploitatieresultaat scenario 1.1: Toepassing CowToilet op een melkveebedrijf met 120 melkkoeien. Geen behandeling van mestfracties. Urine aanwenden als Renure.*

Exploitatie	€/jaar	€/Melkkoe
Kosten		
Energie	3.100	26
Hulpstoffen	0	0
Arbeid	0	0
Onderhoud en overige bedrijfskosten	4.600	38
Afschrijving en financiering	16.800	140
Totaal kosten	24.500	205

Opbrengsten		
Vermeden inkoop kunstmest	4.200	35
Vermeden mestafzetkosten	16.800	97
Totaal opbrengsten	15.800	132
Opbrengsten minus kosten	-8.700	-72

Scenario 1.2.1 CowToilet, vergisten van alle mestfracties exclusief opgevangen urine.

Tabel B3a.4 *Investerings scenario 1.2.1: Toepassing CowToilet op een melkveebedrijf met 120 melkkoeien en vergisten van alle mestfracties met uitzondering van opgevangen urine.*

Investerings	Euro	
Stalaanpassingen (meerkosten tov regulier)		159.000
Vergistingsinstallatie met WKK		332.000
Extra opslag digestaat		90.000
Overig		51.000
Totaal investeringen		632.000

Tabel B3a.5 *Exploitatieresultaat scenario 1.2.1: Toepassing CowToilet op een melkveebedrijf met 120 melkkoeien en vergisten van alle mestfracties met uitzondering van opgevangen urine . Urine aanwenden als dierlijke mest.*

Exploitatie	€/jaar	€/Melkkoe
Kosten		
Energie	14.200	119
Hulpstoffen	0	0
Arbeid	9.200	77
Onderhoud en overige bedrijfskosten	21.100	176
Afschrijving en financiering	61.400	512
Totaal kosten	105.900	883
Opbrengsten		
Vermeden warmtekosten	8.300	69
Vermeden elektriciteitskosten	5.900	49
SDE subsidie + vergoeding markt	51.400	429
Vermeden inkoop kunstmest	1.500	12
Vermeden mestafzetkosten	-700	-6
Totaal opbrengsten	66.400	554
Opbrengsten minus kosten	-39.500	-329

Tabel B3a.6 *Exploitatieresultaat scenario 1.2.1: Toepassing CowToilet op een melkveebedrijf met 120 melkkoeien en vergisten van alle mestfracties met uitzondering van opgevangen urine. Urine aanwenden als Renure.*

Exploitatie	€/jaar	€/Melkkoe
Kosten		
Energie	14.200	118
Hulpstoffen	0	0

Arbeid	9.200	77
Onderhoud en overige bedrijfskosten	21.100	176
Afschrijving en financiering	61.400	512
Totaal kosten	105.900	883
Opbrengsten		
Vermeden warmtekosten	8.300	69
Vermeden elektriciteitskosten	5.900	49
SDE subsidie + vergoeding markt	51.400	429
Vermeden inkoop kunstmest	5.900	49
Vermeden mestafzetkosten	15.800	132
Totaal opbrengsten	87.400	728
Opbrengsten minus kosten	-18.600	-155

Scenario 1.2.2 CowToilet, centraal vergisten van alle mestfracties exclusief opgevangen urine van 4 bedrijven met 120 melkkoeien.

Tabel B3a.7 *Investerings scenario 1.2.2: Toepassing CowToilet en centraal vergisten van alle mestfracties exclusief opgevangen urine van 4 bedrijven met 120 melkkoeien.*

Investeringen	Per bedrijf Euro	Totaal Euro
Stalaanpassingen (meerkosten t.o.v. regulier)	159.000	634.000
Vergistingsinstallatie (groengas) Inclusief opslagen	290.000	1.160.000
Overig	45.000	182.000
Totaal investeringen	494.000	1.976.000

Tabel B3a.8 *Exploitatieresultaat scenario 1.2.2: Toepassing CowToilet en centraal vergisten van alle mestfracties exclusief opgevangen urine van 4 bedrijven met 120 melkkoeien. Urine aanwenden als dierlijke mest.*

Exploitatie	Som 4 bedrijven €/jaar	€/Melkkoe
Kosten		
Transport van/naar vergister	9.000	19
Energie	17.800	37
Hulpstoffen	1.200	3
Arbeid	9.200	19
Onderhoud en overige bedrijfskosten	60.100	125
Afschrijving en financiering	187.400	390
Totaal kosten	275.700	574
Opbrengsten		
Vermeden warmtekosten		
Vermeden elektriciteitskosten		
SDE subsidie + vergoeding markt	87.000	181

Vermeden inkoop kunstmest	5.800	12
Vermeden mestafzetkosten	-2.700	-6
Totaal opbrengsten	90.100	188
Opbrengsten minus kosten	-185.500	-387
Per bedrijf	-46.400	

Tabel B3a.9 *Exploitatieresultaat scenario 1.2.2: Toepassing CowToilet en centraal vergisten van alle mestfracties exclusief opgevangen urine van 4 bedrijven met 120 melkkoeien. Urine aanwenden als Renure.*

Exploitatie	Som 4 bedrijven €/jaar	€/Melkkoe
Kosten		
Transport van/naar vergister	9.000	19
Energie	17.800	37
Hulpstoffen	1.200	3
Arbeid	9.200	19
Onderhoud en overige bedrijfskosten	60.100	125
Afschrijving en financiering	187.400	390
Totaal kosten	275.700	574
Opbrengsten		
Vermeden warmtekosten		
Vermeden elektriciteitskosten		
SDE subsidie + vergoeding markt	87.000	181
Vermeden inkoop kunstmest	23.600	49
Vermeden mestafzetkosten	63.300	132
Totaal opbrengsten	173.900	362
Opbrengsten minus kosten	-101.800	-212
Per bedrijf	-25.500	

Scenario 1.3 CowToilet en vergisten van alle mestfracties met uitzondering van opgevangen urine en stikstofverrijking urine met behulp van het N2 applied proces voor bedrijf met 120 melkkoeien.

Tabel B3a.10 *Investerings scenario 1.3: Toepassing CowToilet, en vergisten van alle mestfracties met uitzondering van opgevangen urine en stikstofverrijking urine met behulp van het N2 applied proces voor bedrijf met 120 melkkoeien.*

Investerings	Totaal Euro
Stalaanpassingen (meerkosten t.o.v. regulier)	138.000
Vergistingsinstallatie (wkk) Inclusief opslagen	422.000
N2 applied proces	255.000
Overig	72.000
Totaal investeringen	887.000

Tabel B3a.11 *Exploitatieresultaat scenario 1.3: CowToilet en vergisten van alle mestfracties met uitzondering van opgevangen urine en stikstofverrijking urine met behulp van het N2 applied proces voor bedrijf met 120 melkkoeien. Urine aanwenden als dierlijke mest.*

Exploitatie	€/jaar	€/Melkkoe
Kosten		
Energie	20.200	168
Hulpstoffen	0	0
Arbeid	9.200	77
Onderhoud en overige bedrijfskosten	28.500	237
Afschrijving en financiering	88.400	736
Totaal kosten	146.200	1.218
Opbrengsten		
Vermeden warmtekosten	8.300	69
Vermeden elektriciteitskosten	11.200	99
SDE subsidie + vergoeding markt	48.100	401
Vermeden inkoop kunstmest	1.100	9
Vermeden mestafzetkosten	-7.000	-58
Totaal opbrengsten	62.400	520
Opbrengsten minus kosten	-83.800	-699

Tabel B3a.12 *Exploitatieresultaat scenario 1.3: CowToilet en vergisten van alle mestfracties met uitzondering van opgevangen urine en stikstofverrijking urine met behulp van het N2 applied proces voor bedrijf met 120 melkkoeien. Urine aanwenden als Renure.*

Exploitatie	€/jaar	€/Melkkoe
Kosten		
Energie	20.200	168
Hulpstoffen	0	0
Arbeid	9.200	77
Onderhoud en overige bedrijfskosten	28.500	237
Afschrijving en financiering	88.400	736
Totaal kosten	146.200	1.218
Opbrengsten		
Vermeden warmtekosten	8.300	69
Vermeden elektriciteitskosten	11.800	99
SDE subsidie + vergoeding markt	48.100	401
Vermeden inkoop kunstmest	7.300	61
Vermeden mestafzetkosten	15.800	132
Totaal opbrengsten	91.400	761
Opbrengsten minus kosten	-54.900	-457

Scenario 1.4: CowToilet, vergisten van alle mestfracties exclusief opgevangen urine en verdunnen van digestaat bij aanwenden.

Tabel B3a.13 *Investerings scenario 1.4: Toepassing CowToilet op een melkveebedrijf met 120 melkkoeien en vergisten van alle mestfracties met uitzondering van opgevangen urine.*

Investerings	Euro
Stalaanpassingen (meerkosten tov regulier)	159.000
Vergistingsinstallatie met WKK	332.000
Extra opslag digestaat	90.000
Overig	51.000
Totaal investeringen	632.000

Tabel B3a.14 *Exploitatieresultaat scenario 1.4: Toepassing CowToilet op een melkveebedrijf met 120 melkkoeien en vergisten van alle mestfracties met uitzondering van opgevangen urine. Digestaat verdunnen bij aanwending. Urine aanwenden als dierlijke mest.*

Exploitatie	€/jaar	€/Melkkoe
Kosten		
Energie	14.200	119
Hulpstoffen	0	0
Arbeid	9.200	77
Onderhoud en overige bedrijfskosten	21.100	176
Afschrijving en financiering	61.400	512
Totaal kosten	105.900	883
Opbrengsten		
Vermeden warmtekosten	8.300	69
Vermeden elektriciteitskosten	5.900	49
SDE subsidie + vergoeding markt	51.400	429
Vermeden inkoop kunstmest	1.500	12
Vermeden mestafzetkosten	-3.100	-26
Totaal opbrengsten	64.000	534
Opbrengsten minus kosten	-41.900	-349

Tabel B3a.15 *Exploitatieresultaat scenario 1.4: Toepassing CowToilet op een melkveebedrijf met 120 melkkoeien en vergisten van alle mestfracties met uitzondering van opgevangen urine. Digestaat verdunnen bij aanwending. Urine aanwenden als Renure.*

Exploitatie	€/jaar	€/Melkkoe
Kosten		
Energie	14.200	119
Hulpstoffen	0	0
Arbeid	9.200	77
Onderhoud en overige bedrijfskosten	21.100	176
Afschrijving en financiering	61.400	512
Totaal kosten	105.900	883

Opbrengsten		
Vermeden warmtekosten	8.300	69
Vermeden elektriciteitskosten	5.900	49
SDE subsidie + vergoeding markt	51.400	429
Vermeden inkoop kunstmest	5.900	49
Vermeden mestafzetkosten	12.100	100
Totaal opbrengsten	83.600	697
Opbrengsten minus kosten	-22.300	-186

Scenario 1.5: CowToilet, vergisten van alle mestfracties exclusief opgevangen urine en aanzuren van digestaat bij aanwenden.

Tabel B3a.16 *Investerings scenario 1.5: Toepassing CowToilet op een melkveebedrijf met 120 melkkoeien en vergisten van alle mestfracties met uitzondering van opgevangen urine.*

Investerings	Euro
Stalaanpassingen (meerkosten t.o.v. regulier)	159.000
Vergistingsinstallatie met WKK	332.000
Extra opslag digestaat	90.000
Installatie aanzuren	67.000
Overig	51.000
Totaal investeringen	699.000

Tabel B3a.17 *Exploitatieresultaat scenario 1.5: Toepassing CowToilet op een melkveebedrijf met 120 melkkoeien en vergisten van alle mestfracties met uitzondering van opgevangen urine. Digestaat aanzuren bij aanwending. Urine aanwenden als dierlijke mest.*

Exploitatie	€/jaar	€/Melkkoe
Kosten		
Energie	14.200	119
Hulpstoffen	2.700	22
Arbeid	9.200	77
Onderhoud en overige bedrijfskosten	23.000	192
Afschrijving en financiering	68.500	571
Totaal kosten	117.600	980
Opbrengsten		
Vermeden warmtekosten	8.300	69
Vermeden elektriciteitskosten	5.900	49
SDE subsidie + vergoeding markt	51.400	429
Vermeden inkoop kunstmest	1.500	12
Vermeden mestafzetkosten	-700	-6
Totaal opbrengsten	66.400	554
Opbrengsten minus kosten	-51.200	-426

Tabel B3a.18 *Exploitatieresultaat scenario 1.5: Toepassing CowToilet op een melkveebedrijf met 120 melkkoeien en vergisten van alle mestfracties met uitzondering van opgevangen urine. Digestaat aanzuren bij aanwending. Urine aanwenden als Renure.*

Exploitatie	€/jaar	€/Melkkoe
Kosten		
Energie	14.200	119
Hulpstoffen	2.700	22
Arbeid	9.200	77
Onderhoud en overige bedrijfskosten	23.000	192
Afschrijving en financiering	68.500	571
Totaal kosten	117.600	980
Opbrengsten		
Vermeden warmtekosten	8.300	69
Vermeden elektriciteitskosten	5.900	49
SDE subsidie + vergoeding markt	51.400	429
Vermeden inkoop kunstmest	5.900	49
Vermeden mestafzetkosten	15.800	132
Totaal opbrengsten	87.400	728
Opbrengsten minus kosten	-30.200	-252

Scenario 2.1: Lely Sphere.

Tabel B3a.19 *Investering scenario 2.1: Toepassing Lely Sphere op een melkveebedrijf met 120 melkkoeien.*

Investerings	Euro
Stalaanpassingen (meerkosten t.o.v. regulier)	139.000
Extra opslagcapaciteit	29.000
Totaal investeringen	168.000

Tabel B3a.20 *Exploitatieresultaat scenario 2.1: Toepassing Lely Sphere op een melkveebedrijf met 120 melkkoeien. Gierfractie aanwenden als dierlijke mest.*

Exploitatie	€/jaar	€/Melkkoe
Kosten		
Energie	3.800	32
Hulpstoffen	1.000	9
Arbeid	0	0
Onderhoud en overige bedrijfskosten	7.600	64
Afschrijving en financiering	17.800	148
Totaal kosten	30.200	252
Opbrengsten		
Vermeden inkoop kunstmest	4.800	40
Vermeden mestafzetkosten	-5.000	-42

Totaal opbrengsten	-200	-2
Opbrengsten minus kosten	-30.500	-254

Tabel B3a.21 *Exploitatieresultaat scenario 1.5: Toepassing Lely Sphere op een melkveebedrijf met 120 melkkoeien. Gierfractie aanwenden als Renure.*

Exploitatie	€/jaar	€/Melkkoe
Kosten		
Energie	3.800	32
Hulpstoffen	1.000	9
Arbeid	0	0
Onderhoud en overige bedrijfskosten	7.600	64
Afschrijving en financiering	17.800	148
Totaal kosten	30.200	252
Opbrengsten		
Vermeden inkoop kunstmest	9.500	79
Vermeden mestafzetkosten	3.200	27
Totaal opbrengsten	12.800	106
Opbrengsten minus kosten	-17.500	-146

Scenario 2.2: Lely Sphere en vergisten van feces en jongveemest.

Tabel B3a.22 *Investering scenario 2.2: Toepassing Lely Sphere op een melkveebedrijf met 120 melkkoeien en vergisten van feces en jongveemest.*

Investerings	Euro
Stalaanpassingen (meerkosten tov regulier)	139.000
Extra opslag digestaat	76.000
Vergistingsinstallatie (wkk)	296.000
Overig	46.000
Totaal investeringen	557.000

Tabel B3a.23 *Exploitatieresultaat scenario 2.2: Toepassing Lely Sphere op een melkveebedrijf met 120 melkkoeien en vergisten van feces en jongveemest. Gierfractie aanwenden als dierlijke mest.*

Exploitatie	€/jaar	€/Melkkoe
Kosten		
Energie	13.000	108
Hulpstoffen	1.000	9
Arbeid	9.200	77
Onderhoud en overige bedrijfskosten	18.900	158
Afschrijving en financiering	58.900	491
Totaal kosten	101.000	842
Opbrengsten		
Vermeden warmte kosten	6.300	52

Vermeden elektriciteitskosten	6.600	55
SDE + marktvergoeding	19.900	166
Vermeden inkoop kunstmest	4.900	40
Vermeden mestafzetkosten	-3.000	-25
Totaal opbrengsten	34.600	289
Opbrengsten minus kosten	-66.400	-553

Tabel B3a.24 *Exploitatieresultaat scenario 2.2: Toepassing Lely Sphere op een melkveebedrijf met 120 melkkoeien en vergisten van feces en jongveemest. Gierfractie aanwenden als Renure.*

Exploitatie	€/jaar	€/Melkkoe
Kosten		
Energie	13.000	108
Hulpstoffen	1.000	9
Arbeid	9.200	77
Onderhoud en overige bedrijfskosten	18.900	158
Afschrijving en financiering	58.900	491
Totaal kosten	101.000	842
Opbrengsten		
Vermeden warmte kosten	6.300	52
Vermeden elektriciteitskosten	6.600	55
SDE + marktvergoeding	19.900	166
Vermeden inkoop kunstmest	9.600	80
Vermeden mestafzetkosten	5.300	44
Totaal opbrengsten	47.600	397
Opbrengsten minus kosten	-53.400	-445

Scenario 2.3: Lely Sphere en vergisten van feces en jongveemest, filteren van de gierfractie.

Tabel B3a.25 *Investering scenario 2.3: Toepassing Lely Sphere op een melkveebedrijf met 120 melkkoeien en vergisten van feces en jongveemest en filteren gierfractie.*

Investeringskosten	Euro
Stalaanpassingen (meerkosten tov regulier)	139.000
Filtratie	20.000
Extra opslag digestaat	79.000
Vergistingsinstallatie (wkk)	300.000
Overig	46.000
Totaal investeringen	584.000

Tabel B3a.26 *Exploitatieresultaat scenario 2.3: Toepassing Lely Sphere op een melkveebedrijf met 120 melkkoeien en vergisten van feces en jongveemest en filteren gierfractie. Gierfractie aanwenden als dierlijke mest.*

Exploitatie	€/jaar	€/Melkkoe
Kosten		
Energie	13.000	108
Hulpstoffen	1.000	9
Arbeid	9.200	77
Onderhoud en overige bedrijfskosten	19.700	164
Afschrijving en financiering	61.700	514
Totaal kosten	104.700	872
Opbrengsten		
Vermeden warmte kosten	6.300	52
Vermeden elektriciteitskosten	6.600	55
SDE + marktvergoeding	21.900	183
Vermeden inkoop kunstmest	4.400	37
Vermeden mestafzetkosten	-7.500	-62
Totaal opbrengsten	31.700	264
Opbrengsten minus kosten	-72.900	-608

Tabel B3a.27 *Exploitatieresultaat scenario 2.3: Toepassing Lely Sphere op een melkveebedrijf met 120 melkkoeien en vergisten van feces en jongveemest en filteren gierfractie. Gierfractie aanwenden als Renure.*

Exploitatie	€/jaar	€/Melkkoe
Kosten		
Energie	13.000	108
Hulpstoffen	1.000	9
Arbeid	9.200	77
Onderhoud en overige bedrijfskosten	19.700	164
Afschrijving en financiering	61.700	514
Totaal kosten	104.700	872
Opbrengsten		
Vermeden warmte kosten	6.300	52
Vermeden elektriciteitskosten	6.600	55
SDE + marktvergoeding	21.900	183
Vermeden inkoop kunstmest	10.800	90
Vermeden mestafzetkosten	21.400	178
Totaal opbrengsten	67.000	558
Opbrengsten minus kosten	-37.700	-314

Scenario 2.4: Lely Sphere en vergisten van feces en jongveemest en verdunnen digestaat bij aanwenden.

Tabel B3a.28 *Investerings scenario 2.4: Toepassing Lely Sphere op een melkveebedrijf met 120 melkkoeien en vergisten van feces en jongveemest en verdunnen van digestaat bij aanwenden.*

Investerings	Euro
Stalaanpassingen (meerkosten t.o.v. regulier)	139.000
Extra opslag digestaat	76.000
Vergistingsinstallatie (wkk)	296.000
Overig	46.000
Totaal investeringen	557.000

Tabel B3a.29 *Exploitatieresultaat scenario 2.4: Toepassing Lely Sphere op een melkveebedrijf met 120 melkkoeien en vergisten van feces en jongveemest en verdunnen digestaat bij aanwenden. Gierfractie aanwenden als dierlijke mest.*

Exploitatie	€/jaar	€/Melkkoe
Kosten		
Energie	13.000	108
Hulpstoffen	1.000	9
Arbeid	9.200	77
Onderhoud en overige bedrijfskosten	18.900	158
Afschrijving en financiering	58.900	491
Totaal kosten	101.000	842
Opbrengsten		
Vermeden warmte kosten	6.300	52
Vermeden elektriciteitskosten	6.600	55
SDE + marktvergoeding	19.900	166
Vermeden inkoop kunstmest	4.900	40
Vermeden mestafzetkosten	-6.800	-57
Totaal opbrengsten	30.800	256
Opbrengsten minus kosten	-70.300	-586

Tabel B3a.30 *Exploitatieresultaat scenario 2.4: Toepassing Lely Sphere op een melkveebedrijf met 120 melkkoeien en vergisten van feces en jongveemest en verdunnen digestaat bij aanwenden. Gierfractie aanwenden als Renure.*

Exploitatie	€/jaar	€/Melkkoe
Kosten		
Energie	13.000	108
Hulpstoffen	1.000	9
Arbeid	9.200	77
Onderhoud en overige bedrijfskosten	18.900	158
Afschrijving en financiering	58.900	491
Totaal kosten	101.000	842

Opbrengsten		
Vermeden warmte kosten	6.300	52
Vermeden elektriciteitskosten	6.600	55
SDE + marktvergoeding	19.900	166
Vermeden inkoop kunstmest	9.600	80
Vermeden mestafzetkosten	5.300	44
Totaal opbrengsten	47.600	397
Opbrengsten minus kosten	-53.400	-445

Scenario 2.5: Lely Sphere en vergisten van feces en jongveemest en aanzuren digestaat bij aanwenden.

Tabel B3a.31 *Investerings scenario 2.5: Toepassing Lely Sphere op een melkveebedrijf met 120 melkkoeien en vergisten van feces en jongveemest en aanzuren van digestaat bij aanwenden.*

Investerings	Euro
Stalaanpassingen (meerkosten t.o.v. regulier)	135.000
Extra opslag digestaat	76.000
Vergistingsinstallatie (wkk)	296.000
Installatie aanzuren	67.000
Overig	46.000
Totaal investeringen	624.000

Tabel B3a.32 *Exploitatieresultaat scenario 2.5: Toepassing Lely Sphere op een melkveebedrijf met 120 melkkoeien en vergisten van feces en jongveemest en aanzuren digestaat bij aanwenden. Gierfractie aanwenden als dierlijke mest.*

Exploitatie	€/jaar	€/Melkko
Kosten		
Energie	13.000	108
Hulpstoffen	5.200	43
Arbeid	9.200	77
Onderhoud en overige bedrijfskosten	20.800	174
Afschrijving en financiering	66.000	550
Totaal kosten	114.200	952
Opbrengsten		
Vermeden warmte kosten	6.300	52
Vermeden elektriciteitskosten	6.600	55
SDE + marktvergoeding	19.900	166
Vermeden inkoop kunstmest	4.900	40
Vermeden mestafzetkosten	-3.100	-26
Totaal opbrengsten	34.500	288
Opbrengsten minus kosten	-79.700	-664

Tabel B3a.33 *Exploitatieresultaat scenario 2.5: Toepassing Lely Sphere op een melkveebedrijf met 120 melkkoeien en vergisten van feces en jongveemest en aanzuren digestaat bij aanwenden. Gierfractie aanwenden als Renure.*

Exploitatie	€/jaar	€/Melkkoe
Kosten		
Energie	13.000	108
Hulpstoffen	5.200	43
Arbeid	9.200	77
Onderhoud en overige bedrijfskosten	20.800	174
Afschrijving en financiering	66.000	550
Totaal kosten	114.200	952
Opbrengsten		
Vermeden warmte kosten	6.300	52
Vermeden elektriciteitskosten	6.600	55
SDE + marktvergoeding	19.900	166
Vermeden inkoop kunstmest	9.600	80
Vermeden mestafzetkosten	5.300	44
Totaal opbrengsten	47.600	397
Opbrengsten minus kosten	-66.600	-555

Scenario 3.1 (3.2): Referentiestal, mest scheiden, dunne fractie behandelen met N2 applied proces, dikke fractie afzetten in de landbouw (Scenario 3.2: afzet dikke fractie naar vergister van derden).

Tabel B3a.34 *Investering scenario 3.1 en 3.2: Referentie stal waarbij drijfmest wordt gescheiden, de dunne fractie met stikstof wordt verrijkt met behulp van het N2 applied proces en aangewend in de landbouw en de dikke fractie onbehandeld wordt afgezet in de landbouw.*

Investerings	Euro
Scheider	34.000
N2 Applied proces	352.000
Opslag verrijkte dunne mest (NEO)	84.000
Overig	54.000
Totaal investeringen	524.000

Tabel B3a.35 *Exploitatieresultaat scenario 3.1 en 3.2: Toepassing van mestscheiding en stikstofverrijking van de dunne fractie met behulp van het N2 Applied proces voor een referentiestal met 120 melkkoeien. Het aandeel verrijkte stikstof in de dunne fractie wordt in de kunstmestruimte aangewend.*

Exploitatie	€/jaar	€/Melkkoe
Kosten		
Energie	55.500	463
Hulpstoffen	0	0
Arbeid	3.100	26
Onderhoud en overige bedrijfskosten	25.200	210
Afschrijving en financiering	55.400	462
Totaal kosten	139.200	1.160
Opbrengsten		
Inzet teruggewonnen warmte	11.300	94
Vermeden inkoop kunstmest	10.000	83
Vermeden mestafzetkosten	5.800	48
Totaal opbrengsten	27.000	225
Opbrengsten minus kosten	-112.200	-935

Bijlage 3b Resultaten berekening investerings en exploitatie scenario varkenshouderij

Tabel B3b.1 *Investerings scenario 3: Toepassing Zonvarkensysteem op een bedrijf met 52 zeugen- en 715 vleesvarkensplaatsen en afzet van de vaste mestfractie naar een vergistingsinstallatie van derden.*

Investerings	Euro
Meerkosten meststelsel	210.000
Extra opslag	42.000
Bijkomende kosten	38.000
Totaal investeringen	290.000

Tabel B3b.2 *Exploitatieresultaat scenario 3: Toepassing Zonvarkensysteem op een bedrijf met 52 zeugen- en 715 vleesvarkensplaatsen en afzet van de vaste mestfractie naar een vergistingsinstallatie van derden. Gierfractie aanwenden als dierlijke mest.*

Exploitatie	€/jaar
Kosten	
Energie	1.600
Hulpstoffen	0
Arbeid	0
Onderhoud en overige bedrijfskosten	5.800
Afschrijving en financiering	37.700
Totaal kosten	45.100
Opbrengsten	
Vermeden mestafzetkosten	4.200
Totaal opbrengsten	4.200
Opbrengsten minus kosten	-40.900

Tabel B3b.3 *Exploitatieresultaat scenario 3: Toepassing Zonvarkensysteem op een bedrijf met 52 zeugen- en 715 vleesvarkensplaatsen en afzet van de vaste mestfractie naar een vergistingsinstallatie van derden. Gierfractie aanwenden als Renure.*

Exploitatie	€/jaar
Kosten	
Energie	1.600
Hulpstoffen	0
Arbeid	0
Onderhoud en overige bedrijfskosten	5.800
Afschrijving en financiering	37.700
Totaal kosten	45.100
Opbrengsten	
Vermeden mestafzetkosten	19.400
Totaal opbrengsten	19.400
Opbrengsten minus kosten	-25.700

Bijlage 3c Resultaten berekening investerings en exploitatie scenario kalverhouderij

Tabel B3c.1 *Investerings scenario 3.1: Toepassing Thelosen systeem op een bedrijf met 693 kalverplaatsen.*

Investerings	Euro
Stalaanpassingen	375.000
Totaal investeringen	375.000

Tabel B3c.2 *Exploitatieresultaat scenario 3.1: Toepassing Thelosen systeem op een bedrijf met 693 kalverplaatsen. Gierfractie aanwenden als dierlijke mest.*

Exploitatie	€/jaar	€/dierplaats
Kosten		
Energie	2.100	3
Hulpstoffen		
Arbeid		
Onderhoud en overige bedrijfskosten	7.500	11
Afschrijving en financiering	42.400	61
Totaal kosten	52.000	75
Opbrengsten		
Vermeden kunstmestkosten	0	0
Vermeden mestafzetkosten	-200	-0
Totaal opbrengsten	-200	-0
Opbrengsten minus kosten	-52.200	-75

Tabel B3c.3 *Exploitatieresultaat scenario 3.1: Toepassing Thelosen systeem op een bedrijf met 693 kalverplaatsen. Gierfractie aanwenden als Renure.*

Exploitatie	€/jaar	€/dierplaats
Kosten		
Energie	2.100	3
Hulpstoffen		
Arbeid		
Onderhoud en overige bedrijfskosten	7.500	11
Afschrijving en financiering	42.400	61
Totaal kosten	52.000	75
Opbrengsten		
Vermeden kunstmestkosten	100	0
Vermeden mestafzetkosten	34.900	50
Totaal opbrengsten	-35.000	50
Opbrengsten minus kosten	-17.000	-25

Tabel B3c.4 *Investerings scenario 3.2: Toepassing Thelosen systeem op een bedrijf met 693 kalverplaatsen en afzet feces fractie naar externe vergister.*

Investerings	Euro
Stalaanpassingen	375.000
Totaal investeringen	375.000

Tabel B3c.5 *Exploitatieresultaat scenario 3.2: Toepassing Thelosen systeem op een bedrijf met 693 kalverplaatsen en afzet feces fractie naar externe vergister. Gierfractie aanwenden als dierlijke mest.*

Exploitatie	€/jaar	€/dierplaats
Kosten		
Energie	2.100	3
Hulpstoffen		
Arbeid		
Onderhoud en overige bedrijfskosten	7.500	11
Afschrijving en financiering	42.400	61
Totaal kosten	52.000	75
Opbrengsten		
Vermeden kunstmestkosten	0	0
Vermeden mestafzetkosten	-200	-0
Totaal opbrengsten	-200	-0
Opbrengsten minus kosten	-52.200	-75

Tabel B3c.6 *Exploitatieresultaat scenario 3.2: Toepassing Thelosen systeem op een bedrijf met 693 kalverplaatsen en afzet feces fractie naar externe vergister. Gierfractie aanwenden als Renure.*

Exploitatie	€/jaar	€/dierplaats
Kosten		
Energie	2.100	3
Hulpstoffen		
Arbeid		
Onderhoud en overige bedrijfskosten	7.500	11
Afschrijving en financiering	42.400	61
Totaal kosten	52.000	75
Opbrengsten		
Vermeden kunstmestkosten	100	0
Vermeden mestafzetkosten	34.900	50
Totaal opbrengsten	-35.000	50
Opbrengsten minus kosten	-17.000	-25

Tabel B3c.7 *Investerings scenario 4.1: Toepassing Van Beek systeem op een bedrijf met 693 kalverplaatsen.*

Investerings	Euro
Stalaanpassingen	253.000
Totaal investeringen	253.000

Tabel B3c.8 *Exploitatieresultaat scenario 4.1: Toepassing Van Beek systeem op een bedrijf met 693 kalverplaatsen. Gierfractie aanwenden als dierlijke mest.*

Exploitatie	€/jaar	€/dierplaats
Kosten		
Energie	2.100	3
Hulpstoffen		
Arbeid		
Onderhoud en overige bedrijfskosten	5.100	7
Afschrijving en financiering	32.900	48
Totaal kosten	40.000	58
Opbrengsten		
Vermeden kunstmestkosten	0	0
Vermeden mestafzetkosten	-200	-0,23
Totaal opbrengsten	-200	-0,23
Opbrengsten minus kosten	40.200	-58

Tabel B3c.9 *Exploitatieresultaat scenario 4.1: Toepassing Van Beek systeem op een bedrijf met 693 kalverplaatsen. Gierfractie aanwenden als Renure.*

Exploitatie	€/jaar	€/dierplaats
Kosten		
Energie	2.100	3
Hulpstoffen		
Arbeid		
Onderhoud en overige bedrijfskosten	5.100	7
Afschrijving en financiering	32.900	48
Totaal kosten	40.000	58
Opbrengsten		
Vermeden kunstmestkosten	0	0
Vermeden mestafzetkosten	34.900	-50
Totaal opbrengsten	34.900	-50
Opbrengsten minus kosten	-5.100	-7

Bijlage 4 Voorbeeldberekening besparing kosten aanwenden mest, mestafzet en besparing inkoop kunstmest

Voorbeeld berekening scenario 1.1 CowToilet

Tabel B4.1 Aanwending dierlijke mest op beschikbare grond bij gebruiksnorm van 170 kg N per hectare voor referentiesituatie melkveebedrijf met 120 melkkoeien zonder CowToilet.

Onderdeel	Tonnage	Gehalte	Vracht		
Beschikbaar		N	P205	N	P205
	ton/jaar	kg/ton	kg/ton	kg/jaar	kg/jaar
Weidemest melkkoeien	272	5,0	1,8	1.360	489
Weidemest jongvee	157	4,4	1,3	688	199
Drijfmest	3.860	4,4	1,7	17.142	6.499
Totaal beschikbaar	4.289			19.191	7.186
Gebruiksruimte	Oppervlakte	N	P205	N	P205
	ha	kg/ha	kg/ha	kg/jaar	kg/jaar
Grasland	48,0	170	90	8.160	4.320
Bouwland	12,0	170	60	2.040	720
Totaal gebruiksruimte	60,0			10.200	5.040
Invulling ruimte dierlijke mest				N	P205
	ton/jaar			kg/jaar	kg/jaar
Weidemest melkkoeien	272			1.360	489
Weidemest jongvee	157			688	199
Drijfmest	1.835			8.151	3.090
Aanwending	2.264			10.200	3.778
Percentage van gebruiksruimte				100%	75%
Afvoeren	2.024			8.991	3.408

Tabel B4.2 *Aanwending dierlijke mest op beschikbare grond bij gebruiksnorm van 170 kg N per hectare voor melkveebedrijf met 120 melkkoeien met CowToilet. Scenario 1.1. Urine toegepast als Renure.*

Onderdeel	Tonnage	Gehalte	Vracht		
Beschikbaar		N	P205	N	P205
	ton/jaar	kg/ton	kg/ton	kg/jaar	kg/jaar
Weidemest melkkoeien	272	5,0	1,8	1.360	489
Weidemest jongvee	157	4,4	1,3	688	199
Mengsel feces en jongveemest	3.404	4,3	1,9	14.767	6.364
Urine	456	6,4	0,3	2.900	135
Totaal beschikbaar	4.289			19.716	7.186
Gebruiksruimte	Oppervlakte	N	P205	N	P205
	ha	kg/ha	kg/ha	kg/jaar	kg/jaar
Grasland	48,0	170	90	8.160	4.320
Bouwland	12,0	170	60	2.040	720
Totaal gebruiksruimte	60,0			10.200	5.040
Invulling ruimte dierlijke mest				N	P205
	ton/jaar			kg/jaar	kg/jaar
Weidemest melkkoeien	272			1.360	489
Weidemest jongvee	157			688	199
Mengsel feces en jongveemest	1862			8.151	3.480
Urine (niet in ruimte dierlijke mest)	0			0	0
Totaal aanwenden	2.291			10.200	4.168
Percentage van gebruiksruimte				100%	83%
Afvoeren					
Meststromen (excl. urine fractie)	1.542			6.753	2.883

Tabel B4.3 *Besparing kosten aanwending, afzet van mest en inkoop kunstmest bedrijf met 120 melkkoeien en toepassing van CowToilet (scenario 1.1) en gebruik van urine als Renure ten opzichte van de situatie zonder toepassing van CowToilet.*

Onderdeel				
Vervanging kunstmest				
	ton/jaar			
Aanwenden urine	456		2.953	kgN/jaar
Vermeden N kunstmest inkoop		1,24 €/kgN	3.662	€/jaar
Fosfaat bemesting referentie	3.778 kg/jaar			
Fosfaat bemesting scenario	4.168 kg/jaar			
Vermeden P205 inkoop	390 kg/jaar	1,28 €/kgP205	449	€/jaar
Totaal vermeden kunstmest kosten			4.161	€/jaar
Mestafzetkosten				
		Tonnage	Tarief	Jaarkosten
		ton/jaar	€/ton	€/jaar
Referentie situatie	Afvoeren	2.024	30	60.773
Referentie situatie	Aanwenden	1.835	5,85	10.738
Totaal mestkosten		3.860		71.470
Scenario 1.1 CowToilet				
Mengsel feces en jongveemest	Aanwenden	1.862	5,85	10.892
Urine	Aanwenden	456	5,85	2.666
Mengsel feces en jongveemest	Afvoeren	1.525	30	46.272
Urine	Afvoeren	0		0
Totaal mestkosten scenario		3.860		59.830
Minderkosten mestafzet				11.641

Bijlage 5 Akkerbouw

Tabel B5.1 Dosering en verhoudingen tussen nutriënten bij gebruik van verschillende mestproducten in het bouwplan Zuidoost Nederland en een hoge fosfaattoestand

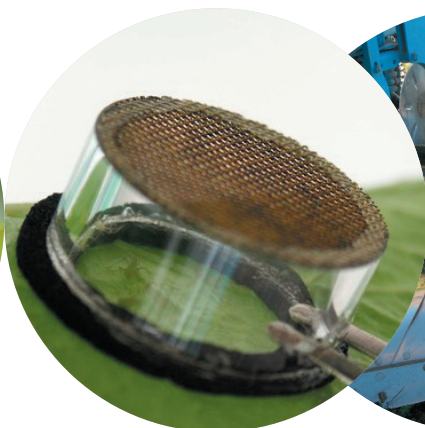
		Dosering (ton/ha)	N	P2O5	K2O	EOS	N/P	N/K2O	P2O5/K2O	EOS/P2O5	EOS/N
Melkvee	Drijfmest	24	106	40	128	951	2,6	0,8	0,3	23,8	9,0
	Gier	44	169	17	255	465	9,8	0,7	0,1	26,9	2,8
	Mengmest	17	59	40	40	930	1,5	1,5	1,0	23,2	15,6
	Digestaat, 2.2	16	57	40	88	757	1,4	0,6	0,5	18,9	13,3
	Digestaat, 2.3	17	70	40	41	765	1,8	1,7	1,0	19,1	10,9
	Drijfmest (melkvee + kalveren) 1.1	21	93	40	86	928	2,3	1,1	0,5	23,2	10,0
	Urine 1.1/1.2	26	169	8	306	258	21,3	0,6	0,0	32,7	1,5
	Digestaat 2.2/2.3	21	91	40	86	595	2,3	1,0	0,5	14,9	6,6
	Urine (N2 Applied) 2.3	19	169	6	225	479	29,0	0,8	0,0	82,4	2,8
Kalveren	Drijfmest	27	169	40	133	814	4,2	1,3	0,3	20,3	4,8
	Gier	29	169	13	169	211	13,1	1,0	0,1	16,3	1,3
	Feces	7	57	40	22	865	1,4	2,6	1,8	21,6	15,2
Varkens	Drijfmest, vleesvarkens	12	99	40	55	307	2,5	1,8	0,7	7,7	3,1
	Drijfmest, zeugen	15	79	40	73	308	2,0	1,1	0,6	7,7	3,9
	Gier	25	169	25	71	101	6,7	2,4	0,4	4,0	0,6
	Feces	6	33	40	34	380	0,8	1,0	1,2	9,5	11,4

Tabel B5.2 Dosering en verhoudingen tussen nutriënten bij gebruik van verschillende mestproducten in het bouwplan Zuidoost Nederland en een neutrale fosfaattoestand

		Dosering (ton/ha)	N	P2O5	K2O	EOS	N/P	N/K2O	P2O5/K2O	EOS/P2O5	EOS/N
Melkvee	Drijfmest	38	170	64	207	1533	2,6	0,8	0,3	23,8	9,0
	Gier	44	169	17	255	465	9,8	0,7	0,1	26,9	2,8
	Mengmest	29	104	70	70	1627	1,5	1,5	1,0	23,2	15,6
	Digestaat, 2.2	28	99	70	154	1325	1,4	0,6	0,5	18,9	13,3
	Digestaat, 2.3	30	123	70	71	1339	1,8	1,7	1,0	19,1	10,9
	Drijfmest (melkvee + kalveren) 1.1	37	162	70	151	1625	2,3	1,1	0,5	23,2	10,0
	Urine 1.1/1.2	26	169	8	306	258	21,3	0,6	0,0	32,7	1,5
	Digestaat 2.2/2.3	37	158	70	151	1040	2,3	1,0	0,5	14,9	6,6
	Urine (N2 Applied) 2.3	19	169	6	225	479	29,0	0,8	0,0	82,4	2,8
Kalveren	Drijfmest	27	170	40	134	821	4,2	1,3	0,3	20,3	4,8
	Gier	29	169	13	169	211	13,1	1,0	0,1	16,3	1,3
	Feces	12	100	70	39	1513	1,4	2,6	1,8	21,6	15,2
Varkens	Drijfmest, vleesvarkens	20	169	68	94	524	2,5	1,8	0,7	7,7	3,1
	Drijfmest, zeugen	26	137	70	127	539	2,0	1,1	0,6	7,7	3,9
	Gier	25	169	25	71	101	6,7	2,4	0,4	4,0	0,6
	Feces	10	59	70	60	665	0,8	1,0	1,2	9,5	11,4

Tabel B5.3 *Dosering en verhoudingen tussen nutriënten bij gebruik van verschillende mestproducten in het bouwplan Zuidwest Nederland en een neutrale fosfaattoestand*

		Dosering (ton/ha)	N	P2O5	K2O	EOS	N/P	N/K2O	P2O5/K2O	EOS/P2O5	EOS/N
Melkvee	Drijfmest	29	130	49	159	1177	2,6	0,8	0,3	23,8	9,0
	Gier	28	108	11	163	297	9,8	0,7	0,1	26,9	2,8
	Mengmest	29	104	70	70	1627	1,5	1,5	1,0	23,2	15,6
	Digestaat, 2.2	28	99	70	154	1325	1,4	0,6	0,5	18,9	13,3
	Digestaat, 2.3	30	123	70	71	1339	1,8	1,7	1,0	19,1	10,9
	Drijfmest (melkvee + kalveren) 1.1	29	130	56	121	1300	2,3	1,1	0,5	23,2	10,0
	Urine 1.1/1.2	25	159	7	289	244	21,3	0,6	0,0	32,7	1,5
	Digestaat 2.2/2.3	30	128	56	122	838	2,3	1,0	0,5	14,9	6,6
	Urine (N2 Applied) 2.3	20	170	6	227	483	29,0	0,8	0,0	82,4	2,8
Kalveren	Drijfmest	27	168	40	133	812	4,2	1,3	0,3	20,3	4,8
	Gier	25	147	11	147	184	13,1	1,0	0,1	16,3	1,3
	Feces	12	100	70	39	1513	1,4	2,6	1,8	21,6	15,2
Varkens	Drijfmest, vleesvarkens	20	170	69	95	528	2,5	1,8	0,7	7,7	3,1
	Drijfmest, zeugen	26	137	70	127	539	2,0	1,1	0,6	7,7	3,9
	Gier	25	165	25	69	98	6,7	2,4	0,4	4,0	0,6
	Feces	10	59	70	60	665	0,8	1,0	1,2	9,5	11,4



Wageningen University & Research

Open Teelten

Edelhertweg 1

Postbus 430

8200 AK Lelystad

T (+31) 320 29 11 11

www.wur.nl/openteelten

Rapport WPR-OT-1169

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.800 medewerkers (6.000 fte) en 12.900 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.
