



clm

# Kosteneffectiviteit van ammoniakmaatregelen

Rapport

Carin Rougoor en Frits van der Schans



Lucht



Biodiversiteit



Onderzoeken

CLM-1123



Dit is een rapportage van CLM Onderzoek en Advies  
September, 2022  
CLM-publicatienr. 1123

Opdrachtgever: ABN AMRO

Auteurs: Carin Rougoor en Frits van der Schans

Foto omslag: Pixabay

CLM Onderzoek en Advies  
Gutenbergweg 1  
4104 BA Culemborg

Postbus 62  
4100 AB Culemborg

[www.clm.nl](http://www.clm.nl)  
0345-470700

# **Kosteneffectiviteit van ammoniak- maatregelen**

# INHOUD

<b>1. Achtergrond van de studie</b>	<b>3</b>
<b>1.1 Doelstelling van de studie</b>	<b>3</b>
<b>1.2 Werkwijze en leeswijzer</b>	<b>4</b>
<b>2. Beschrijving maatregelen</b>	<b>6</b>
<b>2.1 Bedrijfsbeëindiging en -verplaatsing</b>	<b>6</b>
2.1.1 Opkoop productierechten (fosfaat en stikstof) incl. slopen van stallen	6
2.1.2 Opkoop productierechten, kwalitatieve verplichting op, en afwaarderen van gronden	7
2.1.3 Verplaatsen van het bedrijf naar elders in Nederland	7
<b>2.2 Techniek</b>	<b>7</b>
2.2.1 Dagontmesting met (mono)vergisten en scheiden van de mest	8
2.2.2 Emissiearme vloer	8
2.2.3 Toevoegmiddelen (o.b.v. struvietvorming)	9
2.2.4 Nieuwe innovatie zoals Lely Sphere, JOZ Gazoo, Hanskamp CowToilet, etc.	9
<b>2.3 Management</b>	<b>10</b>
2.3.1 Maximaal weiden van melk- en jongvee	11
2.3.2 Emissiearme mestaanwending incl. met water verdunnen	11
2.3.3 Emissiearme voeding van de dieren	12
2.3.4 Minimale jongveebezetting	12
<b>3. Kostenefficiëntie maatregelen</b>	<b>13</b>

<b>3.1 Methodiek</b>	<b>13</b>
3.1.1 Berekening stikstofstromen	13
3.1.2 Bedrijfsopzet	14
3.1.3 De totale ammoniakemissie van het referentiebedrijf	15
<b>3.2 Kosten van emissiereducerende maatregelen</b>	<b>16</b>
3.2.1 Bedrijfsbeëindiging: Opkoop productierechten en stallen	16
3.2.2 Bedrijfsbeëindiging: Opkoop productierechten en stallen en afwaardering grond	17
3.2.3 Bedrijfsverplaatsing	18
3.2.4 Extensivering en omschakeling naar biologische bedrijfsvoering	18
3.2.5 Dagontmesting en monomestvergisting	19
3.2.6 Emissiearme vloer	21
3.2.7 Toevoegmiddelen	23
3.2.8 Nieuwe innovaties: Lely Sphere	24
3.2.9 Maximaal weiden van melk- en jongvee	24
3.2.10 Verdunnen van mest in de stal	26
3.2.11 Emissiearme voeding	26
3.2.12 Minder jongvee	27
3.2.13 Combinatie van maatregelen	28
3.2.14 Zekerheid van emissiereductie	29
3.2.15 Samenvattend overzicht	30
<b>4. Neveneffecten en onzekerheden</b>	<b>34</b>
<b>4.1 Monomestvergisting</b>	<b>34</b>
4.1.1 Klimaat	34
4.1.2 Biodiversiteit	34
<b>4.2 Emissiearme vloer</b>	<b>35</b>
4.2.1 Klimaat	35
4.2.2 Biodiversiteit	35
<b>4.3 Toevoegmiddel mest</b>	<b>35</b>
4.3.1 Klimaat	35
4.3.2 Biodiversiteit	36
4.3.3 Overig	36
<b>4.4 Technisch innovaties</b>	<b>36</b>
4.4.1 Klimaat	36
4.4.2 Biodiversiteit	36

<b>4.5</b>	<b>Maximaal weidegang</b>	<b>36</b>
4.5.1	Klimaat	36
4.5.2	Biodiversiteit	37
4.5.3	Overig	37
<b>4.6</b>	<b>Verdunnen mest</b>	<b>37</b>
4.6.1	Klimaat	37
4.6.2	Biodiversiteit	38
<b>4.7</b>	<b>Minder jongvee</b>	<b>38</b>
4.7.1	Klimaat	38
4.7.2	Biodiversiteit	38
<b>4.8</b>	<b>Eiwitarm voer</b>	<b>38</b>
4.8.1	Klimaat	38
4.8.2	Biodiversiteit	38
<b>5.</b>	<b>Tot slot</b>	<b>39</b>
<b>5.1</b>	<b>Effectieve aanpak van stikstofbeleid</b>	<b>39</b>
<b>5.2</b>	<b>Gebiedsgerichte aanpak</b>	<b>40</b>
<b>5.3</b>	<b>Opkoop van bedrijven</b>	<b>41</b>
<b>5.4</b>	<b>Technische maatregelen</b>	<b>42</b>
<b>5.5</b>	<b>Managementmaatregelen</b>	<b>42</b>
<b>5.6</b>	<b>Meervoudige technische maatregelen</b>	<b>42</b>
	<b>Referenties</b>	<b>44</b>
	<b>Bijlagen</b>	<b>46</b>
	<b>Bijlage 1: Kritische inbreng en feedback</b>	<b>46</b>
	<b>Bijlage 2: Uitgangspunten studie</b>	<b>47</b>
	<b>Bijlage 3 Resultaten van contantewaardeberekening</b>	<b>49</b>





# 1. ACHTERGROND VAN DE STUDIE

## 1.1 Doelstelling van de studie

De stikstofproblematiek staat hoog op de agenda, en geeft veel discussie en onzekerheden binnen de landbouw. De doelen zijn benoemd (verregaande reductie van de stikstofemissie), maar de wijze waarop dit kan worden gerealiseerd, moet nog worden uitgewerkt. ABN AMRO heeft CLM Onderzoek en Advies daarom gevraagd om de kosteneffectiviteit in beeld te brengen van maatregelen om de ammoniakemissie van melkveebedrijven te reduceren. Deze vraag is relevant omdat de overheid ten behoeve van het herstel van natuur in Natura2000-gebieden de stikstofdepositie op de natuur aanzienlijk wil verminderen. Daarbij wil de overheid in de nabijheid van Natura2000-gebieden de ammoniakemissie van veehouderijbedrijven in het algemeen en die van melkveebedrijven in het bijzonder, verminderen. Naast deze stikstofopgave zullen melkveebedrijven de komende jaren te maken krijgen met andere duurzaamheidsopgaven, o.a. op het gebied van klimaat, biodiversiteit en waterkwaliteit. Daarom heeft ABN AMRO ook gevraagd een indicatie te geven welke gevolgen deze stikstofmaatregelen hebben voor andere duurzaamheidsthema's.

Doelstellingen van de studie zijn:

- Inventariseren van mogelijkheden om de ammoniakemissie van melkveebedrijven te verminderen;
- Berekenen van de kosteneffectiviteit van deze maatregelen;
- Analyseren (kwalitatief) van neveneffecten van de maatregelen op andere (duurzaamheids)thema's;
- Opstellen van aanbevelingen (voor o.a. melkveehouders, beleidsmakers en bestuurders) hoe de maatregelen in praktijk kunnen bijdragen aan de gestelde doelen.

## 1.2 Werkwijze en leeswijzer

Met deze studie berekenen we effecten op bedrijfsniveau van maatregelen in de volgende categorieën:

- Krimp van de veestapel door bedrijfsbeëindiging
- Toepassing van technische maatregelen, en
- Toepassing van managementmaatregelen.

De studie is gericht op maatregel- en bedrijfsniveau:

- Analyse op maatregelniveau. Wat is de kosteneffectiviteit van de verschillende maatregelen, uitgedrukt in euro per kg reductie van de ammoniak- en stikstofemissie (zie kader voor het onderscheid tussen stikstof en ammoniak)?
- Analyse op bedrijfsniveau (uitgaande van een bedrijf met gemiddelde omvang). Wat zijn de kosten (en opbrengsten) op bedrijfsniveau voor de verschillende maatregelen, rekening houdend met een specifiek vereiste/gewenste emissiereductie?

### **Kader 1: Stikstof en ammoniak**

Stikstof (N) kan in verschillende vormen emitteren. Vanuit verkeer en industrie emitteert stikstof vooral in de vorm van stikstofoxiden ( $\text{NO}_x$ ). Vanuit de landbouw komt stikstof vooral vrij in de vorm van ammoniak ( $\text{NH}_3$ ). Beide vormen dragen bij aan de depositie op de natuur. Voor beleidsmakers is met name relevant hoeveel stikstof (N) vanuit verschillende bronnen (landbouw, verkeer, industrie) emitteert, hoe dit kan worden verminderd, en welke kosten dit met zich meebrengt. Binnen de landbouw is de aandacht specifiek gericht op ammoniak.

Als in deze rapportage wordt gesproken over 'stikstof' wordt stikstof in de vorm van ammoniak bedoeld. Als wordt verwezen naar bronnen waar 'ammoniak' wordt gebruikt, zoals de Regeling Ammoniak en Veehouderij, benoemen we uit oogpunt van herkenbaarheid ook de waarden in kg ammoniak.

Door de kosten uit te drukken per kg stikstof kunnen kosten van maatregelen worden vergeleken met bijvoorbeeld maatregelen in de industrie. Omdat binnen de landbouw wel wordt gerekend in kilogrammen ammoniak, geven we in het samenvattend overzicht in hoofdstuk 4 ook aan wat de kosten per kg ammoniak zijn:

- 1 kg ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) komt overeen met  $(14/17=)$  0,82 kg stikstof (N)
- € 1,- /kg ammoniak komt overeen met  $(1/0,82 =)$  € 1,21 / kg stikstof



Deze studie is gericht op individuele ondernemers, omdat ondernemers beslissen over de maatregelen die zij (wel of niet) nemen. Dit betekent een focus op bedrijfsniveau waardoor de kosten en effecten van maatregelen desgewenst kunnen worden opgeschaald naar het niveau van een gebied of de gehele sector. Daarbij is het wel belangrijk rekening te houden met de kanttekeningen dat berekeningen zijn uitgevoerd voor één bedrijfstype, dat niet alle maatregelen op alle bedrijven mogelijk zijn en dat sprake kan zijn van interacties van maatregelen.

De maatregelen zijn beschreven en toegelicht in hoofdstuk 2. De kostenefficiëntie ten aanzien van de reductie van de ammoniakemissies (euro per kg N-emissiereductie) is beschreven in hoofdstuk 3. Bedragen worden exclusief BTW weergegeven. In hoofdstuk 4 zijn neveneffecten van de maatregelen benoemd en in hoofdstuk 5 worden enkele overwegingen gemaakt en aanbevelingen gedaan voor het gebruik van de resultaten van deze studie.



## 2. BESCHRIJVING MAATREGELEN

### 2.1 Bedrijfsbeëindiging en -verplaatsing

Om de ammoniak-/stikstofemissie van bedrijven tot een minimum te beperken is beëindiging van veehouderijbedrijven een van de maatregelen die de overheid voor ogen staat. Op de achterblijvende locatie (opstallen en gronden) zijn nieuwe activiteiten mogelijk. De nieuwe activiteiten dienen te passen binnen bestemmingsplannen/omgevingsplannen. Voor de opstallen zijn mogelijkheden vaak beperkt, maar voor de gronden zijn er vaak diverse andere agrarische mogelijkheden. Daarnaast komen er ook steeds vaker mogelijkheden in de richting van duurzame energieproductie (zonnevelden). Dit alles is reden om de categorie 'beëindiging' uit te werken in een drietal concrete maatregelen.

#### 2.1.1 Opkoop productierechten (fosfaat en stikstof) incl. slopen van stallen

Van een melkveebedrijf nabij Natura2000 worden de fosfaatrechten en stikstofvergunningen gekocht. Het bedrijf zal op die locatie eindigen. De opstallen zullen worden gesloopt en juridisch wordt vastgelegd dat vestiging van een nieuw veehouderijbedrijf op die locatie niet mogelijk is. De door de overheid aangekochte fosfaatrechten worden niet meer uitgegeven, hetgeen leidt tot een krimp van de melkveestapel. De aankoop van productierechten en de vergoeding voor sloop van de opstallen zal plaatsvinden tegen huidige marktwaarden.

Deze maatregel zal zo goed als mogelijk aansluiten op de Landelijke beëindigingsregeling veehouderijlocaties (Lbv). Die regeling biedt subsidie aan veehouders om te stoppen met hun bedrijf of een locatie van hun bedrijf. Het doel van de regeling is om de stikstofbelasting vanuit de veehouderij te verlagen, zodat natuur die daarvoor gevoelig is, kan herstellen.

### **2.1.2 Opkoop productierechten, kwalitatieve verplichting op, en afwaarderen van gronden**

Van een melkveebedrijf nabij Natura2000 worden de fosfaatrechten en stikstofvergunningen gekocht. Op de gronden worden kwalitatieve verplichtingen gevestigd welke juridisch worden vastgelegd (bij notaris of in bestemmingsplan). Door deze verplichtingen zijn niet alle agrarische activiteiten op de gronden mogelijk en neemt de waarde van de gronden af. Die waardedaling zal de overheid voor haar rekening nemen. Voor deze studie wordt aangenomen dat de beperkingen zodanig zijn dat een waardedaling van 30% is te verantwoorden.

Deze maatregel zal zo goed als mogelijk aansluiten op de Regeling provinciale aankoop veehouderijen nabij natuurgebieden (Rpav), ook wel de 'Maatregel gerichte opkoop' genoemd. Het achterliggende doel van deze regeling komt sterk overeen met de hiervoor genoemde Lbv. Recente aanpassingen van de Rpav maakt het mogelijk dat ook gronden onder en rond de bedrijfsgebouwen kunnen worden aangekocht.

### **2.1.3 Verplaatsen van het bedrijf naar elders in Nederland**

De emissie van stikstof is een lokaal / regionaal vraagstuk, waardoor verplaatsing van het bedrijf naar elders een optie kan zijn. Bij deze maatregel wordt een verplaatsingssubsidie geboden waarmee het melkveebedrijf op een andere locatie verder kan. Deze subsidie vormt een vergoeding voor enerzijds het laten vervallen (mogen intrekken) van de stikstofvergunning en anderzijds het kunnen verplaatsen van het bedrijf. De (bedrijfsmatige) opstallen worden gesloopt, waarbij een sloopvergoeding voor de opstallen tegen huidige marktwaarden zal worden geboden.

De verplaatsingssubsidie sluit aan bij eerdere provinciale regelingen gericht op de verplaatsing van agrarische bedrijven. Binnen beëindigingsregelingen is als voorwaarde opgenomen dat de veehouder ook niet op een andere locatie dezelfde diersoorten mag gaan houden. Logischerwijs vervalt deze als over bedrijfsverplaatsing wordt gesproken.

## **2.2 Techniek**

Er zijn diverse technische maatregelen om de emissie van ammoniak uit stallen en van de bedrijven te reduceren. Onder de noemer van techniek worden er verschillende beschreven die een beeld geven van huidige en in de nabije toekomst mogelijke technieken.

### **2.2.1 Dagontmesting met (mono)vergisten en scheiden van de mest**

Mestvergisting is gericht op het produceren van methaan uit de (snel afbreekbare) organische stof van drijfmest. Die methaan wordt 'opgevangen' waarna het als brandstof, energiebron kan dienen. Om een zo hoog mogelijk rendement uit de mestvergister te halen is het van belang om de mest zo vers mogelijk -bij voorkeur 'dagvers'- te vergisten. Hiervoor is het nodig om de mest zo snel mogelijk af te voeren uit de stal (dagontmesting) naar de mestvergister. Op deze wijze wordt niet alleen het vergistingsproces geoptimaliseerd, maar ook de ammoniakemissie vanuit de mestopslag onder de stal verminderd. Een mestvergistingsinstallatie kan dus meerdere kansen voor veehouders opleveren:

- opwekken van duurzame energie;
- beperken van de uitstoot;
- produceren van homogene meststof die goed opneembaar is voor planten.

De kosten van een installatie voor monovergisting lopen sterk uiteen, afhankelijk van de omvang van het bedrijf en bedragen € 150.000,- tot € 600.000,-. Afzet van biogas op het gasnet vergt aanvullende investeringen, en het kunnen benutten van de restwarmte van de WKK (die het biogas omzet in elektriciteit) is belangrijk voor zowel het economisch als energetisch rendement.

### **2.2.2 Emissiearme vloer**

In de Regeling Ammoniak en Veehouderij (RAV) zijn diverse huisvestingsmaatregelen opgenomen met verschillende emissiereductieprincipes. Doordat al deze huisvestingstypen al in de RAV zijn vastgelegd, zijn ook de emissiereductiepotentiëlen duidelijk en vastgesteld. Het bestaan van veel subtypen huisvestingssystemen verklaart de soms brede range van emissiereductie. Bij de meeste systemen betreft het zogenaamde 'Categorie A' maatregelen. Deze maatregelen betreffen zeer frequent en zo volledig mogelijk (restloos) afvoeren van mest en urine naar de kelder in combinatie met een beperking van de luchtuitwisseling tussen stal en mestkelder. De emissiefactoren van deze huisvestingssystemen geven een emissiereductie van 6% tot 54% bij permanent opstallen ten opzichte van een standaard roostervloerstal ('overige huisvestingssystemen').

Bij deze maatregel gaan we uit van renovatie. Een bestaande roostervloer wordt vervangen door de meest kosteneffectieve ammoniak reducerende vloer<sup>1</sup>.

### **2.2.3 Toevoegmiddelen (o.b.v. struvietvorming)**

Toevoegmiddelen met als werkingsprincipe struvietvorming dragen bij aan het verlagen van de ammoniakemissie uit de stal. Het meest bekende toevoegmiddel is magnesiumchloride dat aan drijfmest kan worden toegevoegd. Het magnesium in deze stof bindt aan ammoniak en fosfaat, en vormt magnesiumammoniumfosfaat (struviet). Struviet is een natuurlijke meststof die zich goed hecht aan bodemdeeltjes. Hierdoor hebben gewassen langer de tijd om mineralen op te nemen, waardoor hogere opbrengsten en lagere kunstmestgiften mogelijk zijn. Deze toevoegmiddelen hebben zo niet alleen in de stal een positief effect op de ammoniakemissie maar ook in het land op de gewasgroei.

### **2.2.4 Nieuwe innovatie zoals Lely Sphere, JOZ Gazoo, Hanskamp CowToilet, etc.**

Er zijn diverse technieken in ontwikkeling en recent op de markt gekomen die (perspectief geven op) een aanzienlijke reductie van ammoniakemissie. Enkele technieken worden hieronder kort beschreven. Slechts één van deze innovatieve technieken wordt doorgerekend.

Lely Sphere is feitelijk een combinatie van verschillende maatregelen. Door een aanpassing in de roostervloer wordt (een groot deel van) de mest gescheiden van de urine. De urine loopt via kleine gaatjes een 'urinekelder' in en de mest wordt door een mestrobot naar een aparte mestkelder gebracht. Naast deze aanpassing in de vloer wordt continu lucht uit de urine- en mestkelder afgezogen waardoor een onderdruk ontstaat. De afgezogen lucht wordt door middel van een aangezuurde oplossing en een filtersysteem gewassen (ontdaan van stikstof). De stikstof die in het waswater wordt gevangen kan als meststof worden gebruikt. In de RAV lijst staat de Sphere voor een emissie van 3,6 kg NH<sub>3</sub> per dierplaats; dat is een reductie van ruim 70% ten opzichte van een standaard roostervloerstal ('overige huisvestingssystemen'). De kosten bedragen circa € 150.000 tot € 170.000,- voor een bedrijf met 120 melkkoeien.

---

<sup>1</sup> Recent heeft de Raad van State een streep gehaald door natuurvergunningen van drie bedrijven met een emissiearme vloer. De Raad stelt dat niet onomstotelijk vaststaat dat dit type stallen tot minder stikstofemissie leidt. Welke gevolgen dit heeft voor toepassing van deze systemen in de toekomst is onduidelijk.

JOZ Gazoo onttrekt -in twee processtappen- de stikstof uit de mest en maakt daarvan stikstof kunstmest. Allereerst wordt de mest gescheiden in een dikke en dunne fractie, waarna de ammoniak wordt onttrokken aan de dunne fractie. Dit wordt gedaan door middel van verdamping en de toepassing van een base of warmte. Tijdens het verdampingsproces ontstaan 2 producten: ammoniak en restwater. Het restwater kan worden uitgereden over het land of terug worden gepompt naar de stal, waarbij het over de roosters dient te worden gespreid. Hiermee wordt de besmeurde oppervlakte van de roosters schoongemaakt en een reductie van de ammoniakemissie uit de stal met ruim 60% -ten opzichte van een standaard roostervloerstal. - gerealiseerd. In het tweede deel van het verwerkingsproces wordt de ammoniak (gasvorm) die tijdens het verdampingsproces is vrijgekomen, opgevangen en bewerkt. Door het toevoegen van salpeterzuur aan de ammoniak ontstaat er kalkammonsalpeter. Ofwel: vloeibare kunstmest, Biogrow. De kosten bedragen circa € 150.000,- tot € 200.000,-. Intensieve melkveebedrijven hoeven met deze techniek veel minder mest af te zetten en minder kunstmest aan te kopen.

CowToilet wekt een plasreflex op bij de koe. De koe begint te plassen en het toilet vangt direct de urine op onder de staart van de koe. Door de urine niet in aanraking te laten komen met de mest in de mestkelder, ontstaat er minimaal ammoniakemissie en worden waardevolle nutriënten in zowel de mest als de urine behouden. De urine die opgeslagen wordt in een luchtdichte silo blijft stabiel in waarde:

- Stikstof                    6 kg/m<sup>3</sup>
- Fosfaat                    0 kg/m<sup>3</sup>
- Kali                        12 kg/m<sup>3</sup>

Het systeem heeft een voorlopige RAV-erkenning (BWL 2021.05). In combinatie met een betonnen roostervloer of dichte vloer in de categorie 'overig huisvestingssysteem' is de emissiefactor 8,4 kg NH<sub>3</sub> per dierplaats per jaar. Dat is een reductie van ruim 35% ten opzichte van een standaard roostervloerstal ('overige huisvestingssystemen'). De investeringskosten bedragen zo'n € 1.000,- per koe.

## 2.3 Management

Een viertal managementmaatregelen met een aanzienlijke reductie van de ammoniakemissie (meer weiden, mest met water verdunnen, eiwitarm voeren en minder jongvee) zijn beschreven.



### **2.3.1 Maximaal weiden van melk- en jongvee**

Ammoniak ontstaat als mest en urine in de stal bij elkaar komen. Als de koeien weiden, treedt deze vermenging niet (meer) op en zal de ammoniakemissie van de stalvloer en vanuit de stal na enige tijd sterk verminderen. De snelheid waarmee dat gebeurt hangt af van de bijdrage van stalvloer en mestkelder aan de ammoniakemissie. Op basis van analyses van de relatie tussen melkureum en ammoniakemissie in praktijkdata door Ogink et al. (2014) is een PAS-maatregel geformuleerd waarbij veehouders 5% reductie van de ammoniakemissie mogen inrekenen als er minstens 720 uur weidegang per kalenderjaar wordt toegepast. In Vlaanderen is een soortgelijke regeling van kracht, waarbij in vier trappen van weidegang de emissiereductie oploopt. Bij 700 uur 5%, bij 1400 uur 10%, bij 2100 uur 15% en bij 2800 uur 20%. De eventuele kosten van weidegang zijn sterk afhankelijk van de specifieke bedrijfssituatie. Veel studies geven aan dat -als een bedrijf over voldoende huiskavel beschikt- weidegang een hoger netto bedrijfsresultaat oplevert.

### **2.3.2 Emissiearme mestaanwending incl. met water verdunnen**

Verdunnen van mest met water zorgt voor het verlagen van de ammoniumconcentratie, waardoor de ammoniakemissie wordt gereduceerd. Verdunnen kan door water aan de mest in de kelder toe te voegen en of door de roosters met water te spoelen. De mate van verdunnen bepaalt het effect van de maatregel. Een halvering van de ammoniumconcentratie is mogelijk door de mest 1 op 1 aan te lengen met water. Dat zorgt voor een reductie van ammoniakemissie uit de kelder met circa 50%. Gezien het feit dat 30-50% van de stalemissie uit de kelder komt en 50-70% vanaf de roosters, kan het gelijktijdig spoelen van de roosters de emissiereductie vergroten. Uitgegaan wordt van een emissiereductie op stalniveau van ongeveer 25%.

Het verdunnen van drijfmest kan tijdens het aanwenden ook de ammoniakemissie verminderen. Maar omdat op alle gronden emissiearme mestaanwending verplicht is, is het extra effect van verdunde mest bij aanwenden beperkt.

Deze maatregel is met name toepasbaar als bedrijven over oppervlaktewater beschikken. Dan zijn de kosten beperkt tot de kosten van een grotere mestopslag. Als bedrijven geen beschikking hebben over oppervlaktewater, dan zou naast een grotere mestopslag een waterbassin moeten worden aangelegd. Dit lijkt geen realistisch scenario, dus dit laten we buiten beschouwing.

### 2.3.3 Emissiearme voeding van de dieren

Voor de melkveehouderij biedt het verlagen van het eiwitgehalte van het rantsoen perspectief om de ammoniakemissie te verlagen. Uiteraard geldt daarbij wel de randvoorwaarde dat de voorziening van energie en darm verteerbaar eiwit voldoende moeten zijn om de melk(eiwit)productie op peil te houden. Een gehalte in het totale rantsoen van 15% ruw eiwit lijkt haalbaar, zeker op bedrijven met een gedeelte snijmais.

De meeste betrouwbare indicator om deze maatregel te monitoren is het TAN-gehalte in de mest. Maar die waarneming vergt de analyse van aanvullende monsters hetgeen de nodige kosten en inspanningen vergt. Het ureumgehalte in de tankmelk geeft een iets minder effectieve waarneming. Deze analyse wordt al uitgevoerd door de zuivelindustrie en het resultaat wordt frequent teruggekoppeld aan melkveehouders.

De kosten van een eiwitarm rantsoen zijn afhankelijk van de bedrijfssituatie. Eiwitarm krachtvoer is in principe goedkoper dan eiwitrijk krachtvoer, maar het aankopen van extra (eiwitarm) voer brengt kosten met zich mee. Als deze maatregel breed wordt ingevoerd, kan het op termijn betekenen dat eiwitarme grondstoffen duurder worden. Per saldo geldt dat deze maatregel voor veel bedrijven op dit moment beperkt kosten met zich mee zal brengen. Bedrijven met uitsluitend grasland zullen moeite kunnen ondervinden om het eiwitgehalte in het rantsoen (zo) sterk te verlagen.

### 2.3.4 Minimale jongveebezetting

Deze maatregel is gericht op een minimaal aantal stuks jongvee. Dit is mogelijk door een langere levensduur van de melkkoeien en niet meer jongvee aanhouden dan stikt noodzakelijk voor de vervanging. Deze maatregel zorgt voor een lagere emissie van ammoniak en methaan. De gemiddelde afvoerleeftijd van Nederlandse melkkoeien verschilt tussen bedrijven. (Boer, 2013) geeft aan dat in de periode 2006 – 2011 de gemiddelde afvoerleeftijd 5,9 jaar was, terwijl dit op de 25% bedrijven met de hoogste afvoerleeftijd 7,1 jaar bedroeg. Er is een grote spreiding en er lijkt een verbetering mogelijk. Monitoring door Duurzame Zuivelketen (DZK) laat een toename van de levensduur van melkkoeien met 2 weken zien in 2019 t.o.v. 2011.

DZK heeft als doel voor 2030 geformuleerd dat op minimaal 90% van de melkveebedrijven de melkkoeien een levensduur hebben hoger dan het sectorgemiddelde in 2018. In deze studie gaan we ervan uit dat het mogelijk is een afvoerleeftijd van 7,0 jaar te behalen. Dit betekent dat jaarlijks 20% van de veestapel wordt vervangen. Hiervoor wordt in jaar 1 24% van de kalveren aangehouden (29 kalveren op een bedrijf met 120 melkkoeien), waarna in jaar 2 een selectie kan worden gemaakt tot 20% pinken (24 pinken).



## 3. KOSTENEFFICIENTIE MAATREGELEN

### 3.1 Methodiek

#### 3.1.1 Berekening stikstofstromen

Het effect van maatregelen op de emissie van ammoniak en de kosten van de maatregelen worden berekend voor een gemiddeld bedrijf. Zie paragraaf 3.1.2 voor een nadere beschrijving van dit bedrijf. De bedrijfsgegevens zijn gebruikt voor het opzetten van een rekenmodel in Excel met daarin de stikstofstromen op het bedrijf. De waarden worden gebaseerd op forfaitaire waarden uit het mestbeleid en emissiefactoren uit de literatuur. Zo wordt berekend wat de mestproductie in de stal is (op basis van excretieforfaits) en wat de ammoniakemissie in de stal is (op basis van RAV-gegevens) en wat dit betekent voor de hoeveelheid stikstof die vervolgens bij mestaanwending op het land komt (het verschil tussen beide). De emissie bij mestaanwending is afhankelijk gesteld van de emissiefactoren voor de verschillende mestaanwendingstechnieken. De stikstofexcretie tijdens weidegang is afhankelijk gesteld van het aantal uren weidegang. Ook voor emissie bij mestaanwending en emissie uit mestopslag is gebruik gemaakt van standaard emissiefactoren.

Om inzicht te krijgen in de kosten van de maatregelen bepalen we waar de maatregel ingrijpt en wat dit betekent voor de stikstofexcretie, de hoeveelheid mest tijdens beweiding en tijdens mestaanwending en mogelijke wijziging in emissiefactoren. Waar mogelijk vergelijken we het resultaat met gegevens uit de literatuur. Als een maatregel investeringskosten voor de melkveehouder met zich meebrengt, wordt dit omgerekend naar jaarkosten. Hierbij wordt lineair afgelost in de tijd, gedurende een afschrijvingstermijn zoals deze vermeld wordt in KWIN Veehouderij (veelal 20 jaar voor gebouwen, 10 jaar voor apparatuur) en een rentepercentage van 4%. Daarnaast wordt per jaar gerekend met 2% van de investeringskosten voor onderhoud.

Opkoopregelingen vanuit de overheid brengen kosten voor de overheid met zich mee. Hierbij rekenen we met jaarlijks 2,25% rente over de gemaakte kosten. Dit percentage is de standaarddiscontovoet zoals geadviseerd door de werkgroep discontovoet 2020. Daarnaast rekenen we met een afschrijvingstermijn van 25 jaar. Richtlijn is dat voor de afschrijvingsperiode de gemiddelde gebruiksduur wordt genomen. Door opkoop zullen emissies in

feite 'voor altijd' verdwijnen. Daarmee zou ook de afschrijvingstermijn oneindig zijn. PBL (2020) nuanceert dit echter; ook een maatregel als opkoop heeft een beperkte houdbaarheid. Er worden na verloop van tijd bijvoorbeeld uitzonderingen gemaakt. Een andere mogelijke benadering is gebruik van de contante waarde berekening. We kijken dan naar een totale periode van 25 jaar en berekenen de contante waarde van de benodigde investeringen op dit moment. In bijlage 3 geven we de resultaten van deze benadering weer. Door uit te gaan van stikstofstromen wordt er bij het stapelen van maatregelen rekening mee gehouden dat het totale effect van de gecombineerde maatregelen veelal kleiner is dan de som van de individuele effecten. Zo zal bij een emissiearme stal het voordeel van een extra uur weidegang minder groot zijn dan bij een gewone roostervloer. Dit komt doordat de stalemissie, die door weidegang deels wordt voorkomen, met een emissiearme vloer al lager is.

### 3.1.2 Bedrijfsopzet

In de berekeningen gaan we uit van een melkveebedrijf afgeleid van de gemiddelde omvang van volledig grondgebonden melkveebedrijven. De volledige grondgebondenheid hebben we gedefinieerd door te stellen dat het bedrijf met derogatie (van 250 kg N/ha) alle mest op het eigen land mag gebruiken<sup>2</sup>. Er is voldoende jongvee ter vervanging van het melkvee (25% vervanging), de koeien en het jongvee worden beperkt geweid en er is een reguliere melkveestal met roostervloer. Dit alles leidt concreet tot de uitgangspunten in Tabel 3.1. In Bijlage 2 staat meer achtergrondinformatie over de gehanteerde uitgangspunten.

Tabel 3.1 Gegevens referentiebedrijf

Kenmerk	Waarde
<b>Oppervlakte (ha)</b>	70,0
<b>    waarvan grasland</b>	56,0
<b>Aantal melkkoeien</b>	120
<b>Aantal pinken/vaarzen</b>	30
<b>Aantal kalveren</b>	33
<b>Melkproductie (kg/koe/jaar)</b>	9.000
<b>Intensiteit (kg melk/ha)</b>	15.428
<b>Ureumgehalte tankmelk (mg/100 ml)</b>	20

Bij de doorrekening van de maatregelen wordt uitgegaan van de bestaande wet- en regelgeving.

<sup>2</sup> Bij de start van deze studie was nog niet bekend dat de derogatie de komende jaren langzaam zal worden afgebouwd. We berekenen de kosteneffectiviteit van de maatregelen dan ook binnen de situatie met derogatie (tenzij bij een maatregel specifiek anders wordt vermeld).

### 3.1.3 De totale ammoniakemissie van het referentiebedrijf

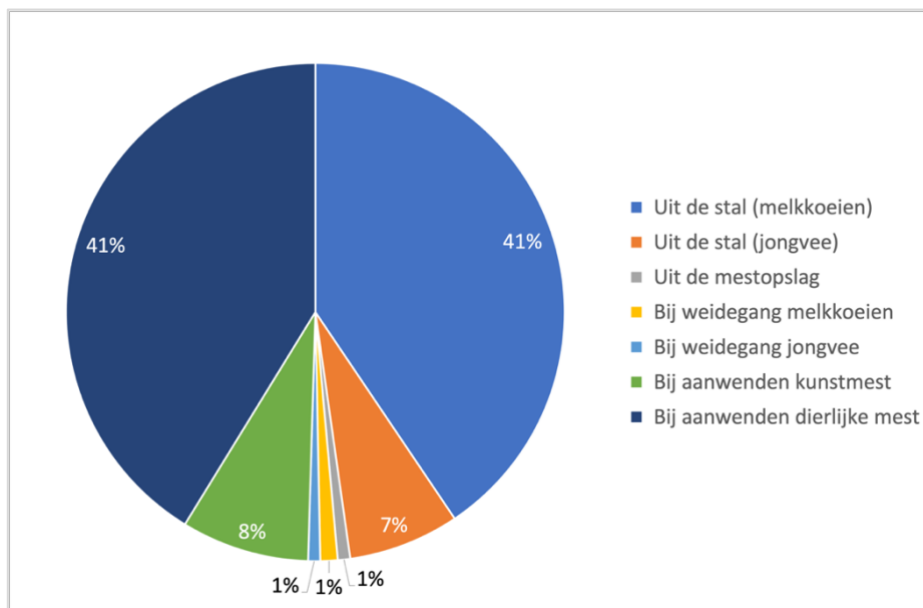
Op basis van bovenstaande informatie is een inschatting gemaakt van de ammoniakemissie van dit bedrijf. Hierbij is uitgegaan van de NEMA-emissiecijfers voor mestaanwending (Zie Van Bruggen et al., 2020), en de emissiefactoren voor stalsystemen volgens de RAV. Daarbij is gerekend met de aanname dat 20% van de bedrijven een mestopslag buiten de stal heeft. Resultaten staan weergegeven in Tabel 3.2 en Figuur 3.1.

Tabel 3.2 Ammoniakemissie van het referentiebedrijf in de uitgangssituatie (in kg NH<sub>3</sub> en in kg stikstof per dierplaats en voor het bedrijf als geheel)

	Kg ammoniak per		Kg stikstof per	
	dierplaats	bedrijf	dierplaats	bedrijf
<b>Uit de stal (melkkoeien)</b>	13	1.560	10,7	1.285
<b>Uit de stal (jongvee)</b>	4,4	277	3,6	228
<b>Uit de mestopslag</b>		31		26
<b>Bij weidegang melkkoeien</b>		43		36
<b>Bij weidegang jongvee</b>		30		25
<b>Bij aanwenden kunstmest</b>		319		263
<b>Bij aanwenden dierlijke mest</b>		1.586		1.306
<b>TOTAAL</b>		<b>3.847</b>		<b>3.168</b>

De totale emissie van het referentiebedrijf is 3.168 kg stikstof per jaar, ofwel 26,4 kg N per melkkoe per jaar. Deze waarde ligt in dezelfde ordegrrootte als de cijfers van Agrimatie, waarbij de ammoniakemissie per melkkoe in Nederland gemiddeld op 31,2 kg per jaar uitkomt, ofwel 25,7 kg N per melkkoe per jaar.

Uit Figuur 3.1 blijkt in een oogopslag dat de belangrijkste bronnen van ammoniakemissie van het referentiebedrijf de stal (melkkoeien + jongvee) en de mestaanwending (dierlijke mest + kunstmest) zijn. In totaliteit komt ongeveer de helft van de ammoniakemissie vrij uit de stal en opslag en de andere helft van de emissie vanaf het veld.



Figuur 3.1 Ammoniakemissie van het referentiebedrijf (procentuele verdeling).

## 3.2 Kosten van emissiereducerende maatregelen

In deze paragraaf berekenen we de kosten van de verschillende maatregelen. De berekeningen kennen onzekerheden, zowel ten aanzien van de te verwachten emissiereductie als ten aanzien van de kosten van de maatregelen. Om een indicatie te geven hoe groot deze onzekerheid is, berekenen we voor elke maatregel een realistische onder- en bovengrens voor de kosten per kg ammoniak. De kosten voor een individueel bedrijf zullen hoogstwaarschijnlijk tussen deze onder- en bovengrens liggen. Hoewel we nu spreken over uitkoop door de overheid, naast maatregelen door melkveehouders, wil dit niet zeggen dat de kosten ook volledig door deze partijen worden gedragen. Door subsidie kan de overheid bijvoorbeeld ook een deel van bedrijfsinvesteringen financieren.

### 3.2.1 Bedrijfsbeëindiging: Opkoop productierechten en stallen

Het bedrijf heeft een fosfaatproductie van 6.194 kg fosfaat. De huidige marktprijs voor fosfaatrechten is circa € 150,- per kg fosfaat. Daarmee komen de kosten voor opkoop van alle fosfaatrechten van het bedrijf op € 929.070,-. In het concept landelijke beëindigingsregeling veehouderij wordt een vervangingswaarde per m<sup>2</sup> stal per diercategorie gerekend, afhankelijk van de leeftijd van de stal. Als we uitgaan van een stal van 20 jaar oud, en een oppervlakte per melkkoe van 9 m<sup>2</sup>, dan komt de vervangingswaarde op € 543.024,-. Totale kosten van opkoop zijn daarmee 1,47 miljoen euro. Als de stal slechts 10 jaar oud is, loopt de vervangingswaarde op tot € 724.024,-, en de totale kosten van opkoop worden dan € 1,65 miljoen.



In de opkoopregelingen worden geen beperkingen aan de grond gesteld en daarom gaan we ervan uit dat de ammoniakemissie bij mestaanwending en beweiding op deze locatie kan blijven bestaan. Alleen de ammoniakemissie vanuit de stal en de mestopslag vervalt. Dit is een reductie van 1.538 kg stikstof, ofwel een afname van 48,6%. Op basis van de uitgangspunten hierboven beschreven komen we tot jaarkosten van bijna € 76.107,- ofwel € 49,- per kg stikstofreductie bij een stal van 20 jaar oud. De jaarkosten lopen op tot ruim € 85.000,- bij een stal van 10 jaar oud, hetgeen overeenkomt met € 56,- per kg stikstof.

### 3.2.2 Bedrijfsbeëindiging: Opkoop productierechten en stallen en afwaardering grond

De stikstofemissie kan verder worden beperkt door voorwaarden te stellen aan de grond. Binnen het concept landelijke beëindigingsregeling veehouderij wordt aangegeven dat de stikstofemissie niet meer mag bedragen dan 15% van de stalemissie voor de sluiting. In Tabel 3.3 staat aangegeven wat dit betekent voor de situatie na opkoop. In deze optie is er sprake van afwaardering van de gronden en daarom nemen we aan dat voor het bedrijf de derogatie vervalt en dat de kunstmestgift op de gronden wordt gehalveerd. Dit alles geeft een reductie van 1.861 kg stikstof op bedrijfsniveau. Zie Tabel 3.3. Op de 70 ha bedraagt de stikstofemissie dan nog 1.307 kg. Akkerbouwmatige teelt blijft dan goed mogelijk<sup>3</sup>. De totale jaarkosten bedragen € 155.440,-, waarmee de kosten per kg stikstofreductie € 84 bedragen.

Tabel 3.3 Stikstofemissie (in de vorm van ammoniak) op het referentiebedrijf en na opkoop productierechten en stallen en afwaardering grond.

	Referentiebedrijf	Na opkoop
<b>Emissie uit de stal</b>	1.513	227*
<b>Emissie uit mestopslag</b>	26	0
<b>Emissie bij weidegang</b>	61	61
<b>Emissie aanwending dierlijke mest</b>	1.306	888**
<b>Emissie kunstmest</b>	263	131***
<b>Totale emissie</b>	<b>3.168</b>	<b>1.307</b>

\* 15% van emissie uit de stal op het referentiebedrijf

\*\* 170 kg N uit dierlijke mest i.p.v. 250 kg N op het referentiebedrijf

\*\*\* Halvering kunstmestgebruik

<sup>3</sup> Bij toepassing 170 kg N uit dierlijke mest door middel van mestinjectie treedt naar schatting 1% ammoniakemissie op, ofwel 119 kg NH<sub>3</sub>-N op 70 ha. Dit komt overeen met 145 kg ammoniak.

### 3.2.3 Bedrijfsverplaatsing

De daadwerkelijke emissievermindering op landelijk niveau door bedrijfsverplaatsing is beperkt. Doordat mogelijk een stalsysteem met hoge emissiefactor wordt vervangen door een emissiearme stal, kan de emissie verminderen. Zie hiervoor de maatregel 'emissiearme stal'. Het doel van bedrijfsverplaatsing is verplaatsing van de emissie en daarmee vermindering van de ammoniakdepositie op nabijgelegen natuur. Omdat de maatregel in principe geen invloed heeft op de totale stikstofemissie, kan alleen worden berekend wat de kosten zijn voor de reductie op een specifieke locatie.

We onderscheiden twee situaties:

- Bedrijfsverplaatsing, waarbij de grond gangbare landbouwgrond blijft. Dit geeft plaatselijk eenzelfde emissiereductie als opkoop van productierechten en stallen; 1.538 kg stikstof. Vergoeding voor de sloop van de stal bedraagt naar schatting bijna € 40.000,- (€ 35,-/m<sup>2</sup>). De nieuwbouw van een stal voor 120 melkkoeien schatten we op ruim € 900.000,- aan de hand van de vervangingswaarde van een nieuwe stal, zoals deze in de landelijke beëindigingsregeling wordt voorgesteld. De kosten van de emissiereductie zijn dan € 33,- per kg stikstof.
- Bedrijfsverplaatsing, waarbij de grond wordt afgewaardeerd. Dit geeft een reductie van 85% van de stalemissies en daarnaast ook minder emissies vanaf de percelen, ofwel 1.784 kg stikstof (zie boven). De kosten nemen met ruim € 1,4 miljoen toe, waardoor de emissiereductie circa € 71,- per kg stikstof kost.

### 3.2.4 Extensivering en omschakeling naar biologische bedrijfsvoering

Omschakeling naar biologische bedrijfsvoering, in combinatie met extensivering door uitbreiding van het areaal, is ook een mogelijkheid om de emissies te beperken. We gaan ervan uit dat de kosten voor omschakeling naar biologische bedrijfsvoering gecompenseerd zullen worden door de hogere melkprijs voor biologische melk. We zullen deze kosten niet nader specificeren. Wel geven we een inschatting van de effecten voor de ammoniakemissie van het bedrijf. We doen hiervoor de volgende aannames (op basis van gegevens uit Agrimatie over de biologische melkveehouderij):

- De melkproductie per koe daalt naar circa 6.800 kg melk
- Melkproductie per ha daalt naar 7.500 kg per ha. Hierdoor daalt de stikstofexcretie per dier. We nemen aan dat de emissie per dier uit de stal hierdoor met eenzelfde factor daalt.
- Het bedrijfsareaal moet worden vergroot naar 109 ha (88 ha grasland en 21 ha maisland)
- Er wordt geen kunstmest aangewend

De stikstofemissie van het totale bedrijf wordt dan 2.521 kg. Een afname met 647 kg N, oftewel een reductie van 20,4%. Deze emissie wordt gerealiseerd op

een groter areaal dan het referentiebedrijf. Als de ammoniakemissie per hectare wordt uitgedrukt, is deze op het biologisch bedrijf 49% lager dan op het referentiebedrijf.

### 3.2.5 Dagontmesting en monomestvergisting

De totale emissie van het bedrijf in de referentiesituatie is 3.168 kg N. Door dagontmesting en monomestvergisting zijn de volgende effecten te verwachten:

- Dagontmesting: emissie uit de stal (1.285 kg N door melkkoeien + 228 kg N door jongvee) wordt voor een groot deel voorkomen. We gaan uit van een stalsysteem (bijv. A1.9) met een emissiefactor van 6 kg NH<sub>3</sub> per koe per jaar (d.w.z. 5 kg N per koe per jaar). Dit komt globaal overeen met het reductiepotentieel van 40 tot 50% dat Kager e.a. (2021) noemen bij snelle afvoer van de mest uit een melkveestal. Uitgangspunt is dat de meerkosten bij nieuwbouw beperkt blijven tot een mestschuif. De kosten van een dichte vloer komen op hoofdlijnen overeen met de kosten van een roostervloer.
- Emissie uit toepassing van digestaat: Volgens Rietra e.a. (2015) is bij emissiearme toediening de ammoniakemissie uit digestaat (6-8% van de toegediende N) iets lager dan die van onbehandelde mest (8-11%). Volgens Evers e.a. (2020) is deze emissie juist iets hoger. Omdat hier geen helder eenduidig beeld naar voren komt, zijn we uitgegaan van gelijkblijvende ammoniakemissie bij aanwending van het digestaat.
- Emissie uit kunstmest gaat iets omlaag omdat 10 kg N per ha minder uit kunstmest kan worden toegediend. Reden hiervoor is het iets hogere stikstofgehalte in de dierlijke mest, doordat er minder ammoniakemissie uit de stal is.

Op basis van deze aannames komen we tot een totale stikstofemissie van 2.530 kg N, ofwel een reductie van 20,1%.

Voor monomestvergisting is een bepaalde schaalgrootte nodig. De coöperatie Jumpstart ging uit van een minimale omvang van 175 melkkoeien voor een WKK (waarmee elektriciteit wordt geproduceerd vanuit het geproduceerde biogas). Voor de omzetting van biogas naar groen gas dat kan worden geleverd aan het netwerk, wordt een ondergrens van 300 tot 400 melkkoeien genoemd. In deze berekening gaan we uit van een WKK-installatie, waarbij de mestvergister samen met een buurbedrijf wordt aangeschaft om voldoende omvang te hebben.

- Investering:
  - › Een mestschuif kost ongeveer € 420,- per dierplaats. Ofwel € 50.400,- op bedrijfsniveau. Een mestschuif wordt in 10 jaar afgeschreven, met een restwaarde van 10%, ofwel een afschrijving van 9% per jaar. De jaarkosten zijn € 6.744,-.
  - › Monomestvergister: De uiteindelijke investering hangt, naast de capaciteit, voor een groot deel af van de bedrijfsspecifieke situatie. Kleine systemen zijn beschikbaar vanaf circa € 120.000,- tot € 350.000,-<sup>4</sup>. We gaan hier uit van het gemiddelde: € 235.000,- en een afschrijvingstermijn van 20 jaar. Jaarkosten (bestaande uit aflossing, rente en onderhoud) zijn hiermee € 21.385,-.
  - › De totale investering zorgt voor een jaarlijkse kostenpost van € 28.129,-.
- Reductie:
  - › Emissiereductie van 20,1% betekent 638 kg N op bedrijfsniveau.
- Opbrengsten:
  - › De vergister met WKK-installatie levert groene stroom en warmte. Het SDE-garantiebedrag dat voor de productie van groene energie wordt gegeven is medio 2022 16,7 cent per kWh<sup>5</sup>. De productie van elektriciteit kan circa 118.800 kWh per jaar bedragen<sup>6</sup>. Dit is een electriciteitsopbrengst van € 19.840,- .

De jaarlijkse kosten minus opbrengsten bedragen € 8.289,-. Als we dit toerekenen aan de stikstof, betekent dit een kostenpost van € 13 per kg stikstofreductie.

### Varianten

Toepassing van volledig opstallen: Als geen weidegang wordt toegepast (waarvoor kan worden gekozen om een meer constante aanvoer van mest naar de vergister te garanderen) zal de stikstofemissie op bedrijfsniveau, met name vanuit de stal, weer iets toenemen. De totale reductie is dan 321 kg N, ofwel 10,1%. Daar komt bij dat de weidepremie van € 1,50 per 100 kg melk vervalst. Dit is een verlaging van de inkomsten van € 16.200,-. Daar staat tegenover dat alle mest wordt vergist en dus meer elektriciteit wordt opgewekt. De opbrengst uit electriciteitsproductie stijgt daardoor naar € 22.545,-.

---

<sup>4</sup> <https://www.dlvadvies.nl/energie/nieuws/monomestvergisting-als-verdienmodel/1594>

<sup>5</sup> <https://www.boerderij.nl/mestvergisting-wordt-aantrekkelijk-gemaakt>

<sup>6</sup> <https://nos.nl/artikel/2135952-onze-boerderij-kan-op-onze-eigen-mest-draaien>. Daarnaast nemen we aan dat de productie 12% lager is dan maximaal haalbaar, doordat de koeien 12% van de tijd weiden.

Jaarlijkse kosten minus opbrengsten bedragen dan € 24.489,-, ofwel € 68,- per kg stikstofemissiereductie. Omdat volledig opstallen vanuit stikstofemissiereductie geen voor de hand liggende maatregel is, laten we deze variant buiten beschouwing in het samenvattend overzicht. Belangrijk om te vermelden dat de gekozen uitgangspunten (zoals de emissiefactor bij aanwending van het digestaat, de prijs van de mestvergistingsinstallatie en het garantiebedrag voor groene energie) grote invloed hebben op de uitkomsten. Ook de wijze waarop met allocatie wordt omgegaan (welke kosten worden toegerekend aan ammoniakemissiereductie en welke aan groene stroomproductie) heeft grote invloed. Om een indruk te geven van de onzekerheden, rekenen we ook de volgende situaties door:

- Prijs van de installatie is 15% hoger, de electriciteitsopbrengst is 15% lager. Kosten stijgen naar € 23,- per kg stikstofemissiereductie.
- Prijs van de installatie is 10% lager, de electriciteitsopbrengst is 10% hoger. Kosten nemen € 3,- per kg af en worden € 10,- per kg stikstofemissiereductie.

### 3.2.6 Emissiearme vloer

Een gemiddelde stal heeft per koe een emitterend oppervlak van 5,5 m<sup>2</sup>. Een gemiddelde emissiearme vloer reduceert<sup>7</sup> 5 tot 7 kg NH<sub>3</sub> (d.w.z. 4 tot 6 kg N) ten opzichte van de reguliere roostervloer en kost bij renovatie van de bestaande stal € 65,- tot 175,- /m<sup>2</sup> (bron: DLV-advies). Een mestschuif kost ongeveer € 420,- per dierplaats. Uitgangspunt is dat de melkveehouder de bestaande vloer versneld zal vervangen, omdat een emissiereductie moet worden gerealiseerd. De meerkosten zullen in praktijk lager zijn als de stal sowieso moet worden gerenoveerd of vervangen. Dit bespreken we onder 'varianten'.

De totale kosten zijn voor twee verschillende vloeren, met 5 en 7 kg reductie ammoniakemissie, berekend. Daarbij is uitgegaan van een afschrijving in 20 jaar, 4% rente en 2% onderhoud (conform omschreven in KWIN-veehouderij, 2021-2022). Voor de mestschuif wordt (conform KWIN) uitgegaan van een afschrijftermijn van 10 jaar en een restwaarde van 10%.

---

<sup>7</sup> Omdat in de RAV-emissies worden weergegeven in kg ammoniak, geven we hier de emissie primair ook weer in kg ammoniak. Zie kader 1 in hoofdstuk 1 voor de omrekening naar kg stikstof.

Dat geeft de volgende berekening van de gemiddelde investeringskosten en de kosten per jaar:

- Vloer met 5 kg reductie van de ammoniakemissie (zoals de A1.26 – ligboxenstal met hellende V-vormige vloer, geprofileerde rubber matten, met centrale giergoot en mestschuif):
  - › Kosten vloer:  $5,5 \text{ m}^2 \times \text{€ } 65,- = \text{€ } 355,-$  per koe, afschrijving in 20 jaar.
  - › Kosten mestschuif: € 420,- per koe, afschrijving in 10 jaar.
  - › Effecten reductie emissie: 456 kg N, ofwel 553 kg ammoniak op bedrijfsniveau. Dit is 14,4%.
  - › Kosten totaal: € 10.620,- per bedrijf per jaar ofwel € 23,- per kg reductie van de stikstofemissie.
- Vloer met 7 kg reductie van de ammoniakemissie (zoals de A1.9 – ligboxenstal met roostervloer voorzien van een bolle rubber toplaag en afdichtflappen in de roosterspleten, met mestschuif):
  - ›  $5,5 \text{ m}^2 \times \text{€ } 175,- = \text{€ } 960,-$  per koe
  - › Mestschuif € 420,- per koe
  - › Reductie: 638 kg N op bedrijfsniveau ofwel 20,1%
  - › Kosten: € 17.227,- per bedrijf per jaar, d.w.z. € 27,- per kg stikstof.

PBL berekent dat door vervanging van een deel van de melkveestallen door emissiearme stallen de landelijke ammoniakemissie in 2030 met 2,6 tot 3,7 kton kan zijn gereduceerd, en dat de kosten hiervan 27 miljoen euro bedragen. Ofwel gemiddeld € 9,- per kg ammoniak (= € 11,-/kg N). Deze berekende kosten zijn lager dan de door ons berekende kosten. Dit kan deels worden verklaard doordat PBL rekent met een hogere emissiereductie per stal, vanwege de verwachting dat in de nabije toekomst door verdergaande technische ontwikkelingen hogere reducties gerealiseerd kunnen worden. Daarnaast is de aanname dat een deel van de stallen bij nieuwbouw zonder meerkosten emissiearm kunnen worden gebouwd.

### Varianten

In deze berekening is uitgegaan van de reductiepercentages van vloeren zoals deze in de RAV zijn opgenomen. Momenteel is volop discussie over de juistheid van deze cijfers. Mocht blijken dat de emissiereductie lager is dan volgens deze RAV-cijfers, dan zal dit grote invloed hebben op de prijs per kg reductie. Als de reductie maar tweederde is van de waarde in de RAV, wordt de prijs per kg stikstofreductie 1,5 maal zo groot. Dit hanteren we als bovengrens voor de prijs. Het is niet aannemelijk dat in de praktijk de emissies structureel lager zijn dan volgens de RAV.

Als een melkveestal aan vervanging toe is, en op dat moment wordt gekozen voor een emissiearme vloer, is het niet reëel de volledige prijs van de



emissiearme vloer toe te rekenen aan de ammoniakreductie. KWIN-V (2021/'22) geeft een overzicht van de extra jaarkosten van emissiearme vloersystemen.

Deze bedragen € 21,- en € 54,- per dierplaats voor respectievelijk RAV A1.26 (5 kg reductie van de ammoniakemissie) en RAV A1.9 (7 kg reductie van de ammoniakemissie). Als we deze cijfers hanteren voor het berekenen van de kosten, dan komen we op kosten van respectievelijk € 16,- en € 12,- per kg stikstof. Dit hanteren we als ondergrens.

### 3.2.7 Toevoegmiddelen

Er zijn diverse middelen die aan de mest kunnen toegevoegd en bijdragen aan een lagere ammoniakemissie. Zo vermindert de toevoeging van magnesiumchloride aan de mest de emissie. Het bedrijf Farmin die dit product op de markt brengt, stelt dat de ammoniakemissie hierdoor 30% lager wordt<sup>8</sup>. Op de Dairy Campus wordt het effect van dit toevoegmiddel op stalniveau onderzocht. Het te verwachten effect is nog niet vastgesteld. Maar als daadwerkelijk 30% reductie op stalniveau wordt gerealiseerd, daalt de emissie uit de melkveestal naar 9,1 kg ammoniak per melkkoe (t.o.v. 13 kg ammoniak in de uitgangssituatie) en naar 3,1 kg ammoniak voor jongvee. Als we aannemen dat de magnesiumchloride geen invloed heeft op de ammoniakemissie bij aanwending, dan daalt de totale emissie van het bedrijf met 406 kg N tot 2.761 kg stikstof, ofwel een reductie van 12,8%.

Het product FarMin-g wordt juni 2022 geleverd tegen een prijs van € 0,39 per kg. Voor een bedrijf met 120 melkkoeien is naar schatting 12.000 kg FarMin-g per seizoen nodig. De kosten komen daarmee op € 4.680,- per jaar:

- Reductie: 406 kg N op bedrijfsniveau (-12,8%)
- Kosten: € 4.680,- per bedrijf per jaar, d.w.z. € 12,- / kg stikstof.

#### Varianten

De grootste onzekerheid ten aanzien van toevoegmiddelen is de feitelijke reductie van de stikstofemissie. Er zijn meerdere producten in ontwikkeling en onderzoek en weinig reducties zijn definitief vastgesteld. Dit geeft ook onzekerheid over de kosten van deze maatregel. Als in praktijk blijkt dat het effect niet 30% emissiereductie is maar bijvoorbeeld 15%, dan stijgen de kosten bij dit product naar 22,- per kg stikstof. Daar staat tegenover dat in de berekening geen rekening is gehouden met verlaging van de emissies bij mestaanwending. Als ook daarbij wordt gerekend met 30% minder emissie,

---

<sup>8</sup> <https://www.mestverwaarding.nl/kenniscentrum/2470/farmin-levert-mestadditief-op-basis-van-magnesiumchloride>

dan neemt de reductie toe tot 805 kg stikstof (-25%) en bedragen de kosten slechts € 6,- per kg gereduceerde stikstof.

### 3.2.8 Nieuwe innovaties: Lely Sphere

Er zijn verschillende innovaties in ontwikkeling waaronder Lely Sphere, JOZ Gazoo, Hanskamp CowToilet. Van deze technieken is nu nog enkel de Lely Sphere opgenomen in de RAV-lijst, en wel met een emissiewaarde van 3,6 kg ammoniak (A 1.39). Als we ervan uitgaan dat dit stalsysteem alleen wordt toegepast bij de melkkoeien (dus niet jongvee) dan wordt op bedrijfsniveau een emissiereductie van in totaal 856 kg N (1.039 kg NH<sub>3</sub>), ofwel 27% gerealiseerd. Uit de berekening komt naar voren dat 13 kg N / ha uit dierlijke mest niet als ammoniak emitteert en daarmee behouden blijft voor aanwending. Er kan dus in principe met een iets lagere kunstmestgift worden volstaan.

- Investering           € 170.000,- op bedrijfsniveau
- Reductie               856 kg N op bedrijfsniveau, ofwel 27%
- Kosten                 € 15.470,- per jaar, d.w.z. € 18,- per kg stikstof

De volledige impact van nieuwe innovaties zoals Lely Sphere op het gehele bedrijfssysteem, inclusief de mogelijke (vermeden) emissies buiten het bedrijf, zijn nog niet bekend. Die zullen pas goed duidelijk worden als systemen in de praktijk worden toegepast. Zo is een mogelijk effect op ammoniakemissie bij mestaanwending (doordat mest en urine zijn gescheiden) niet meegenomen, omdat effecten hiervan niet duidelijk zijn.

#### Varianten

De Lely Sphere is een voorlopige emissiefactor toegekend binnen de RAV. Mogelijk blijkt in praktijk dat de reductie minder of juist meer is dan deze voorlopige factor. Als de reductie maar tweederde is van de gestelde waarde, dan wordt de prijs per kg stikstof ruim € 27,-. Als zou blijken dat het bovenverwachting werkt, en dat een emissie van 2,4 (i.p.v. 3,6) op stalniveau kan worden gerealiseerd, dan dalen de kosten naar € 16,- per kg stikstof.

### 3.2.9 Maximaal weiden van melk- en jongvee

Om te berekenen wat de vermindering van de stikstofemissie door meer weidegang is, gaan we uit van de emissiecijfers van Van Bruggen et al. (2020); 4% van de TAN in de weidemest emitteert als ammoniak. Daarnaast nemen we aan dat tijdens de extra uren weidegang de ammoniakemissie uit de stal nul is. In het basisscenario worden de melkkoeien 1080 uur geweid. Bij meer weidegang, daalt de emissie. De berekende stikstofemissie op bedrijfsniveau staat weergegeven in Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Gevolgen van verschillende uren weidegang voor de stikstofemissie

Scenario	Stikstofemissie bedrijf (kg stikstof)	Verandering
<b>Opstallen alle dieren</b>	3.561	+12,4%
<b>Referentie (1.080 uur weidegang)</b>	3.168	
<b>1.400 uur weidegang melkkoeien</b>	3.082	-2,7%
<b>2.100 uur weidegang melkkoeien</b>	2.895	-8,6%
<b>2.800 uur weidegang melkkoeien</b>	2.707	-14,6%

Ook in de literatuur wordt beweiding als mogelijkheid genoemd om de stikstofemissie te beperken:

- In de PAS was een maatregel opgenomen dat minstens 720 uur weidegang 5% ammoniakemissiereductie op stalniveau geeft (Mosquera et al., 2017). Dit komt globaal overeen met onze berekening waarbij een verhoging met 720 uur weidegang een reductie van de stalemissie met 7% tot gevolg heeft, en een totale emissie neemt 6% af.
- CDM (2021) berekent dat een toename van de weidegang met 180 uur landelijk 0,7 kton ammoniakemissiebeperking geeft, ofwel 1,5% van de ammoniakemissie uit de melkveehouderij. Dit komt geheel overeen met onze resultaten waarbij een toename van 180 uur ook resulteert in een reductie van 1,5%.
- PBL (2020) gaat uit van een emissiereductie van 0,5 kton ammoniak als het aantal uren weidegang toeneemt door de afspraak over uren weidegang in het covenant weidegang te verhogen van minimaal 720 naar minimaal 1.220 uur. Ofwel 0,9% reductie vanuit de melkveehouderij. In praktijk betekent dit dat alleen de melkveebedrijven die nu tussen de 720 en 1.220 uur per jaar weiden, de weidegang (iets) zullen vergroten. Dit is een beperkte groep (48% van de melk- en kalfkoeien weidden in 2020 tussen de 720 en 1.440 uur per jaar (CBS)). Als we er van uitgaan dat dit gemiddeld een toename van ruim 100 uur weidegang betekent, komt het verwachte effect overeen met onze berekening.

Er is geen eenduidige informatie over de kosten van opstallen en beweiding, waardoor het moeilijk is om de kosten per kg stikstof te berekenen. Vooralsnog is uitgegaan van € 0,- extra kosten voor verruiming van weidegang.

Op sommige bedrijven is vanwege de verkaveling een aanzienlijke verruiming van weidegang niet mogelijk. Op andere bedrijven is meer weidegang kostbaar en op extensieve bedrijven met een goede verkaveling kan meer

weidegang zelfs kosten besparen. Extra kosten zijn mogelijk voor bijvoorbeeld een kavelpad of koetunnel.

Met een investering van € 200.000,- en de gebruikelijke kosten voor rente en afschrijvingen, komen de kosten voor extra weidegang op € 39,- per kg gereduceerde stikstofemissie.

### 3.2.10 Verdunnen van mest in de stal

De kosten van mest verdunnen met water zijn de kosten voor extra mestopslag. De melkkoeien produceren 15,9 m<sup>3</sup> mest in 7 maanden (bron: Tabel 6 meststoffenwet). Als deze mest wordt verdund met eenzelfde hoeveelheid water, betekent dit een extra mestopslag van 120 melkkoeien x 15,9 m<sup>3</sup> = 1.900 m<sup>3</sup>. De kosten van mestopslag zijn sterk afhankelijk van het type opslag. We rekenen hier met een gemiddeld benodigde investering van € 50,-/ m<sup>3</sup>, ofwel € 95.000,- op bedrijfsniveau. Bij een emissiereductie van gemiddeld 25% op stalniveau, wordt uiteindelijk op bedrijfsniveau 288 kg stikstof minder geëmitteerd. Naast extra mestopslag moet jaarlijks 1.900 m<sup>3</sup> extra worden aangewend. Ervan uitgaande dat zodebemesting € 3,- per kuub kost, is dit een extra kostenpost van € 5.700,-. Zo komen we tot het volgende overzicht van de kosten:

- Investering € 95.000,-
- Extra mestaanwending € 5.700,- per jaar
- Reductie 288 kg stikstof op bedrijfsniveau, ofwel 10%
- Kosten € 14.345,- per jaar, d.w.z. € 50,- per kg stikstof.

#### Varianten

Het uitrijden van met water verdunde mest mag op klei en veen op de grond (dus niet emissiearm). De verwachting is dat daarmee de ammoniakemissie bij aanwending niet lager is dan bij emissiearme aanwending. Bedrijven op zandgrond die mest verdunnen in de stal, zullen dit wel emissiearm moeten aanwenden. CDM (2020) komt op basis van expert judgement tot de inschatting dat door verdunning de ammoniakemissie bij aanwending met 20 tot 30% kan verminderen. Als we dit meenemen in de analyse, wordt het stikstofvoordeel ruim 700 kg ammoniak. De kosten halveren daardoor naar € 23,- per kg gereduceerde stikstof.

### 3.2.11 Emissiearme voeding

Een lager ruw-eiwitgehalte van de voeding zal zowel in de stal als bij mestaanwending de emissie verlagen. We berekenen het effect van eiwitarme voeding door ervan uit te gaan dat het ureumgehalte door verandering in de voeding daalt naar 17 mg ureum per 100 gram melk. De stikstofexcretie van de melkkoeien daalt hierdoor (volgens tabel 6 uit de mestwetgeving) van 120 kg N per jaar naar 115 kg N, een afname met 4%.

Daarnaast kan eiwitarme voeding bijdragen aan verlaging van het TAN-gehalte in de mest.

Šebek e.a. (2017) berekenen dat door voer- en managementmaatregelen de TAN-productie 14% kan dalen. Dit is deels het gevolg van emissiearme voeding, deels van andere maatregelen. We rekenen daarom met een beperkte afname van het TAN-gehalte met 5% (aanvullend op de lagere stikstofexcretie). De totale stikstofemissie neemt hierdoor op bedrijfsniveau 163 kg af, een reductie van 5,2%.

NB. Een ureumgehalte van 15 (mg per 100 gram) wordt veelal als ondergrens genoemd. Dit zou een emissiereductie van ruim 7% op bedrijfsniveau geven. Er zijn geen kosten verbonden aan emissiearme voeding.

Ook in de literatuur wordt aanpassing van de veevoeding genoemd als maatregel om de ammoniakemissie te beperken:

- Binnen de PAS was een maatregel geformuleerd waarbij veehouders 10% van de ammoniakemissie uit de stal mogen inrekenen als het ureumgehalte in de afgelopen 3 jaar gemiddeld lager dan 19 was (Mosquera et al., 2017). Dit komt overeen met onze berekening, waarbij de reductie op stalemissies 11% bedraagt (163 kg van 1.513 kg).
- CDM (2021) berekent dat door een lager ruweiwitgehalte (gemiddeld 160 RE/kg DS) de landelijke ammoniakemissie met 3,5 kton ammoniak kan dalen op een totaal van 49,4 kton ammoniak vanuit de melkveehouderij. Dit is een reductie van 7%. Dit komt overeen met onze inschatting van maximaal ruim 7%.
- PBL (2020) hanteert de vuistregel dat 10 gram verlaging van het eiwitgehalte in het rantsoen leidt tot 10% minder ammoniakemissie. Deze reductie is toegepast op alle emissies (uit stal, opslag en veld). De totale landelijke reductie kan dan oplopen tot 6,4 kton ammoniak, ofwel 11%. Dit is hoger dan de door ons berekende waarde van maximaal 7% reductie.

In de literatuur worden dus vergelijkbare waarden gevonden voor deze maatregel.

### **3.2.12 Minder jongvee**

Als niet 33 en 30 stuks jongvee wordt aangehouden maar 29 en 24, dan neemt de stikstofemissie op bedrijfsniveau met 68 kg af, ofwel 2,2%. De opfok van minder jongvee kan op bedrijfsniveau kosten besparen. Wel is het belangrijk te realiseren dat er op enig moment te weinig jonge dieren beschikbaar kunnen zijn om oudere dieren te vervangen. Aan dat risico zitten kosten verbonden. In totaliteit worden aan deze maatregelen geen kosten toegerekend.

### 3.2.13 Combinatie van maatregelen

De afzonderlijke maatregelen kunnen ook gecombineerd worden toegepast. Niet alle combinaties zijn in praktijk realistisch. Zo vraagt verlaging van het ruweiwitgehalte een nauwkeurige sturing van het rantsoen. Dit is lastig in combinatie met maximale weidegang. We geven twee mogelijke combinaties van maatregelen weer, te weten:

Combinatie A:

- een emissiearme vloer met een norm van 6 kg ammoniak (jaarkosten € 17.227,-);
- minder jongvee (29 kalveren en 24 pinken);
- een verruimde weidegang waarbij de melkkoeien 2.800 uur per jaar weiden
- door de verlaagde emissie vanuit de stal kan de kunstmestgift worden verlaagd

Dit bedrijf verlaagt de emissie met 33% ofwel 1.045 kg stikstof. De kosten voor deze maatregelen bedragen per jaar € 17.227,- ofwel € 16,- per kg stikstof. Uitgaande van de eerdergenoemde variatie en onzekerheden voor de emissiearme vloer, variëren de kosten voor emissiereductie voor dit bedrijf van € 6,- tot € 20,- per kg stikstof.

Combinatie B:

- een emissiearme vloer met een norm van 6 kg ammoniak (jaarkosten € 17.227,-);
- minder jongvee (29 kalveren en 24 pinken);
- een eiwitarme voeding hetgeen resulteert in 17 mg ureum per 100 ml melk;
- door de verlaagde emissie vanuit de stal kan de kunstmestgift worden verlaagd.

Dit bedrijf verlaagt de emissie met 25% ofwel 797 kg stikstof. De kosten voor deze maatregelen bedragen per jaar € 17.227,- ofwel € 22,- per kg stikstof. Uitgaande van de eerdergenoemde variatie en onzekerheden voor de emissiearme vloer, dan variëren de kosten voor emissiereductie voor dit bedrijf van € 8,- tot € 29,- per kg stikstof.

Reijs e.a. (2021) hebben een totaalpakket voor de melkveehouderij doorgerekend. Op bedrijfsniveau neemt in die berekeningen de ammoniakemissie af met 25% per fosfaatrecht. De emissiereductie per fosfaatrecht is voor combinatie A 31%. Dit percentage wijkt af van de hiervoor genoemde 33% reductie vanwege de beperkte afname van het aantal fosfaatrechten doordat er minder jongvee wordt gehouden.



De emissiereductie waarmee Reijs e.a. (2021) rekenen, is iets lager dan in deze studie. Dit komt doordat Reijs e.a. uitgaan van een emissiearme vloer met een emissiefactor van 8,6 kg ammoniak en in deze studie wordt uitgegaan van 6 kg ammoniak.

Reijs e.a. berekenen de economische effecten voor het totale maatregelenpakket, rekening houdend met andere bedrijfsontwikkelingen tot 2030 zoals groei van de veestapel. Het totaaleffect wordt berekend op -€ 1,07 per 100 kg melk, resulterend in 25% emissiereductie. De combinatie van maatregelen zoals door ons is berekend komt neer op -€ 1,60 per 100 kg melk, resulterend in 31% emissiereductie. Beide studies verschillen enigszins in opzet. Zo nemen Reijs e.a. (2021) ook 'bedrijfsontwikkelingen tot 2030' mee. Uitkomsten van de studies zijn dus niet volledig vergelijkbaar, maar de berekende kosten door Reijs e.a. zullen grotendeels worden veroorzaakt door de genomen maatregelen. De studies komen op een kostenpost van respectievelijk € 1,07/25% (= € 0,04) en € 1,60/31% (= € 0,05) per 100 kg melk per procent emissiereductie op het bedrijf. Het lijkt dus realistisch te stellen dat de kosten van emissiereductie via een combinatie van technische en managementmaatregelen op melkveebedrijven circa 5 cent per 100 kg melk per procent emissiereductie bedragen.

### **3.2.14 Zekerheid van emissiereductie**

Het feitelijke effect van een maatregel is afhankelijk van het aantal bedrijven dat een maatregel toepast (implementatiegraad) en de zekerheid dat met een maatregel de genoemde emissiereductie wordt gerealiseerd. De implementatiegraad wordt in belangrijke mate bepaald door de praktische aspecten en kosten van de maatregel, de benodigde emissiereductie en de prikkels die een melkveehouder ontvangt om de maatregel te nemen. De zekerheid van de emissiereductie hangt samen met de onomkeerbaarheid van een maatregel. Zo kan een eenmaal gestopt bedrijf, waarvan vergunningen zijn ingetrokken, niet zomaar weer beginnen. Maar een managementmaatregel kan van de ene op de andere dag worden doorgevoerd én gestopt. Naast de onomkeerbaarheid van de maatregel speelt ook de borging van de maatregel een rol. Bij maatregelen die juridisch vastliggen in een vergunning (zoals een stalsysteem) of wetgeving (zoals emissiearme mestaanwending) is de naleving sterker geborgd dan bij managementmaatregelen.

Dit alles overziende leidt tot de opvatting dat de zekerheid van emissiereductie het grootst is bij structuurmaatregelen. Het beëindigen of verplaatsen van een bedrijf of de omschakeling naar een biologische bedrijfsvoering zijn (vrijwel) permanent. Stalmaatregelen en andere systemen om de emissie te reduceren hebben ook een vrij grote mate van zekerheid,

mits de emissiereductie van het systeem goed en eenduidig is vastgesteld. De effecten van maatregelen als meer weidegang en eiwitarme voeding zijn relatief sterk afhankelijk van de wijze van uitvoering. Controle daarop is veelal moeilijk, hoewel nieuwe registratietechnieken en sensoren ook daar uitkomst kunnen bieden.

Een sluitende doelgerichte monitoring van de stikstofemissie van melkveebedrijven is momenteel niet beschikbaar. Een stoffenbalans zou daarvoor soelaas kunnen bieden. Het is gewenst om de komende jaren een juridisch sluitende, doelgerichte monitoring te ontwikkelen, zodat de meest kosteneffectieve maatregelen zonder enige terughoudendheid kunnen worden genomen.

### **3.2.15 Samenvattend overzicht**

In Tabel 3.5 staan effecten en benodigde investeringen van de uitgewerkte maatregelen samengevat weergegeven, op bedrijfsniveau. Deze bedragen zijn exclusief BTW. In Tabel 3.6 staat weergegeven wat de procentuele wijziging van de stikstofemissie is en wat de kosten hiervan zijn per kg reductie en per 100 kg melk. In figuur 3.2 staat dit schematisch weergegeven. We benoemen hierbij ook de maatregel 'bedrijfsverplaatsing', waarbij het relevant is te benadrukken dat daarbij sprake is van een verplaatsing van de emissies. De genoemde wijziging in emissies geldt dus voor de regio waaruit het bedrijf wordt verplaatst.

Tabel 3.5 Effecten, benodigde investeringen en overige meerkosten of -opbrengsten ten opzichte van het referentiebedrijf met 56 ha gras en 14 ha bouwland, 120 melkkoeien, een melkproductie van 9000 kg melk per koe per jaar met 1080 uur weidegang en een oorspronkelijke emissie van 3.168 kg stikstof.

Maatregel	wijziging emissie (in kg stikstof)	Benodigde investering			berekende jaarkosten	overig per jaar		netto jaarkosten
		naar afschrijvingstermijn				kosten	opbrengst elektriciteit	
		25 jaar	20 jaar	10 jaar				
1. Bedrijfsbeëindiging 1 (stal en rechten)	-1.538	€ 76.107			€ 76.107			€ 76.107
2. Bedrijfsbeëindiging 2 (stal, rechten, grond)	-1.861	€ 155.440			€ 155.440			€ 155.440
3. Bedrijfsverplaatsing (stal)	-1.538	€ 50.785			€ 50.785			€ 50.785
4. Bedrijfsverplaatsing (incl. afwaardering grond)	-1.861	€ 126.806			€ 126.806			€ 126.806
5. Omschakeling naar biologisch - extensivering	-647				-			-
6. Vergisting verse mest	-638		€ 235.000	€ 50.400	€ 28.129		€ 19.840	€ 8.289
7. Emissiearme vloer -5 kg	-456		€ 42.600	€ 50.400	€ 10.620			€ 10.620
8. Emissiearme vloer -7 kg	-638		€ 115.200	€ 50.400	€ 17.227			€ 17.227
9. Toevoegmiddel mest	-406					€ 4.680		€ 4.680
10. Lelysphere	-856		€ 170.000		€ 15.470			€ 15.470
11. Verdunnen mest	-288		€ 95.000		€ 8.645	€ 5.700		€ 14.345
12. Weiden 2800 uur	-461				€ 0			€ 0
13. Minder jongvee	-68				€ 0			€ 0
14. Eiwitarm voer	-163				€ 0			€ 0
15. Combinatie A: 8, 12 en 13	-1.045		€ 115.200	€ 50.400	€ 17.227			€ 17.227
16. Combinatie B: 8, 13 en 14	-797		€ 115.200	€ 50.400	€ 17.227			€ 17.227

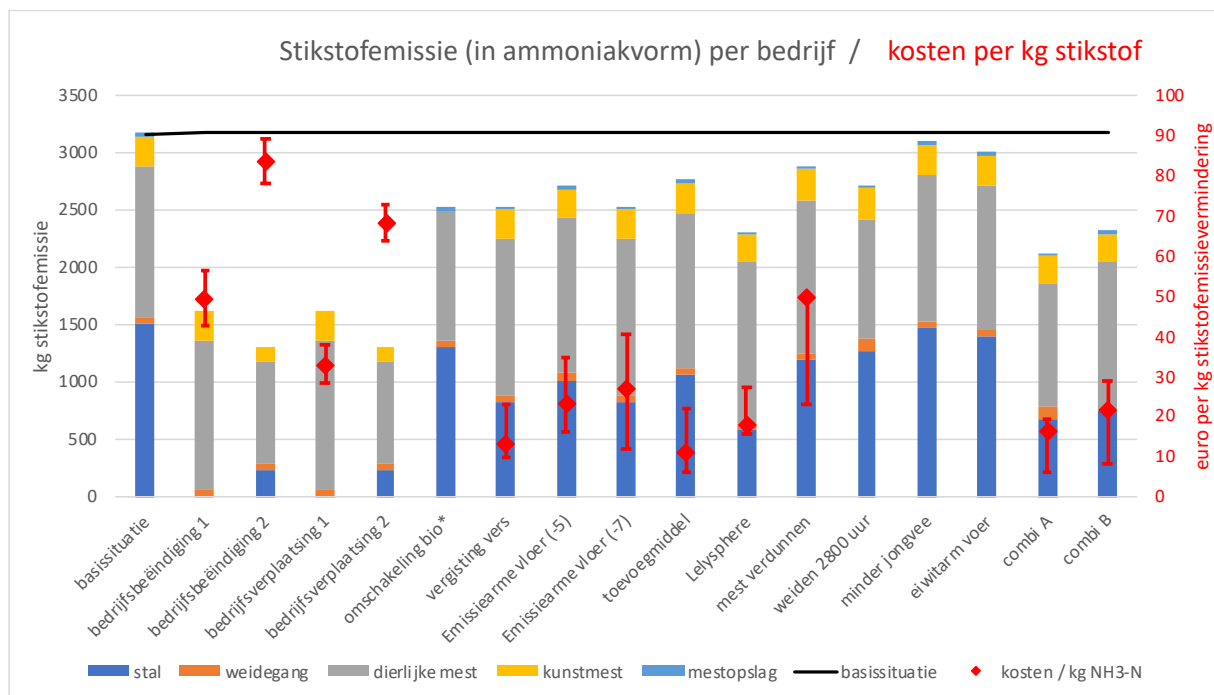
Tabel 3.6 Berekende procentuele wijziging van de ammoniakemissie en bijbehorende kosten per kg ammoniak, per kg N en per 100 kg melk (gemiddelde situatie).

Maatregel	Wijziging emissie	kosten/kg stikstof	kosten/kg ammoniak	kosten/100 kg melk
1. Bedrijfsbeëindiging 1 (stal en rechten)	-49%	€ 49	€ 41	-
2. Bedrijfsbeëindiging 2 (stal, rechten, grond)	-59%	€ 84	€ 69	-
3. Bedrijfsverplaatsing 1 (stal)	-49%	€ 33	€ 27	€ 4,70
4. Bedrijfsverplaatsing 2 (incl. afwaardering grond)	-59%	€ 68	€ 56	€ 11,74
5. Omschakeling naar biologisch - extensivering	-20%	-	-	-
6. Vergisting verse mest	-20%	€ 13	€ 11	€ 0,77
7. Emissiearme vloer -5 kg	-14%	€ 23	€ 19	€ 0,98
8. Emissiearme vloer -7 kg	-20%	€ 27	€ 22	€ 1,60
9. Toevoegmiddel mest	-13%	€ 12	€ 9	€ 0,43
10. Lelysphere	-27%	€ 18	€ 15	€ 1,43
11. Verdunnen mest	-9%	€ 50	€ 41	€ 1,33
12. Weiden 2800 uur	-15%	€ 0	€ 0	€ 0,00
13. Minder jongvee	-2%	€ 0	€ 0	€ 0,00
14. Eiwitarm voer	-5%	€ 0	€ 0	€ 0,00
15. Combinatie A: 8, 12 en 13	-33%	€ 16	€ 14	€ 1,60
16. Combinatie B: 8, 13 en 14	-25%	€ 22	€ 18	€ 1,60

De jaarkosten en de kosten per kg melk kunnen worden gespiegeld aan het bedrijfsresultaat en/of het saldo per 100 kg melk. Dit geeft een beeld in welke mate de meerkosten het bedrijfsresultaat beïnvloedt. Het gemiddeld inkomen uit het bedrijf van melkveehouders bedroeg in 2021 gemiddeld € 32.000,- per onbetaalde arbeidsjaar eenheid (waarbij een melkveebedrijf mogelijk meer dan 1 aje kent). Het inkomen per 100 kg melk bedroeg € 4,40 in 2020 en € 5,50 in 2021. Uit Tabel 3.5 en Tabel 3.6 blijkt dat de netto jaarkosten kunnen oplopen tot ruim € 17.000,- op bedrijfsniveau en € 1,60 per 100 kg melk. De maatregelen kunnen dus leiden tot verlaging van het inkomen met gemiddeld 30 tot 40%.

Zoals aangegeven kennen zowel de schattingen van de emissies als de schattingen van de bijbehorende kosten veel onzekerheden. In de figuur is dit weergegeven door bij de prijs per kg ammoniak een onzekerheidsmarge weer te geven. Zie hiervoor de berekeningen per maatregel onder 'varianten'. Omdat de maatregelen sterk verschillend van aard zijn, zijn per maatregel verschillende aannames gedaan om deze 'varianten' te berekenen.

Door een combinatie van maatregelen lijkt een emissiereductie van 30% op bedrijfsniveau mogelijk. Dit vereist zowel aanpassingen in de 'hardware' (een emissiearme vloer) als verregaande optimalisatie van het management (meer weiden of voeraanpassingen, minder jongvee).



\* De emissie is weergegeven op bedrijfsniveau. De omschakeling naar biologisch betekent een groei van het bedrijfsareaal van 70 naar 109 ha. Als emissies per ha zou worden weergegeven, komt omschakeling naar biologisch hierdoor gunstiger uit met een reductie van 49%. Dit grotere effect wordt grotendeels veroorzaakt door de extensivering bij omschakeling naar biologisch.

Figuur 3.1 Overzicht van stikstofemissie totale bedrijf na toepassing van maatregelen (linker as) en een inschatting van de kosten per kg stikstofemissiereductie (rechter as). De verticale lijn geeft de range van de kosten weer, op basis van de berekende varianten.



## 4. NEVENEFFECTEN EN ONZEKERHEDEN

In dit hoofdstuk geven we een overzicht van neveneffecten van de verschillende maatregelen en onzekerheden hieromtrent. We benoemen hierbij effecten ten aanzien van klimaat (emissies van broeikasgassen en energiegebruik) en biodiversiteit. Als een maatregel daarnaast relevante effecten heeft op andere duurzaamheidsthema's, wordt dit ook benoemd. Het uiteindelijke doel van de emissiebeperkende maatregelen is vermindering van stikstofdepositie op natuur. Als een maatregel de ammoniakemissie reduceert, draagt het daarmee dus uiteindelijk ook bij aan de natuurdoelen en biodiversiteit in de omgeving van het bedrijf. Dit geldt in feite voor alle genoemde maatregelen. Omdat dit het hoofddoel is van de maatregel, benoemen we dit niet apart voor iedere maatregel. Als via een andere route ook een effect op biodiversiteit is te verwachten, wordt dit wel benoemd.

### 4.1 Monomestvergisting

#### 4.1.1 Klimaat

Monomestvergisting draagt positief bij aan de vermindering van de broeikasgasemissies door opwekking van energie. Mestvergisting maakt daarentegen dat er minder koolstof achterblijft in het digestaat dan in de oorspronkelijke mest, waardoor de aanvoer van organische stof op percelen vermindert. Bij grasland is de impact beperkt maar op maisland is verhoging van de organische stof van belang voor bodemkwaliteit. Hoewel mestvergisting de mogelijkheden verkleint om landbouwbodems te gebruiken als een opslagmogelijkheid voor organische stof (als klimaatmaatregel), zal het netto-effect van monovergisting voor klimaat zeker positief zijn, vanwege de omzetting van methaan naar energie.

#### 4.1.2 Biodiversiteit

Door vergisting zal een deel van de organische stof worden afgebroken en komt niet meer beschikbaar voor het land. Een lagere aanvoer van organische



stof kan negatieve gevolgen hebben voor bodembiodiversiteit, zo wordt gesteld. Dit blijkt echter (nog) niet uit onderzoek<sup>9</sup>.

## 4.2 Emissiearme vloer

### 4.2.1 Klimaat

Het klimaateffect van een emissiearme vloer is afhankelijk van verschillende factoren, zoals:

- Energiegebruik. De vloer en bijbehorende apparatuur kan leiden tot een toename van het energiegebruik (door de mestrobot, etc.), met negatief klimaateffect als grijze energie wordt gebruikt.
- Methaanemissie uit de mest: door aanpassingen in het stalsysteem kan ook de methaanemissie uit de mest verminderen. Denk hierbij aan maatregelen waarbij het emitterend oppervlak wordt verkleind en/of mest en urine aan de bron worden gescheiden en de urine snel wordt afgevoerd dan wel afvoer van dagverse mest.
- Gevolgen voor kunstmestgebruik: als stikstof niet emitteert als ammoniak, blijft het beschikbaar voor bemesting. Dit betekent dat minder kunstmest (met bijbehorend klimaateffect) kan worden aangewend. In praktijk werd tot voor kort maar beperkt gekozen voor minder aanwending van kunstmest. Doordat de kunstmestprijzen dit jaar fors zijn gestegen, zullen melkveehouders waarschijnlijk echter kritischer worden t.a.v. het kunstmestgebruik.

### 4.2.2 Biodiversiteit

Geen specifiek effect is te verwachten.

## 4.3 Toevoegmiddel mest

### 4.3.1 Klimaat

Ook hier geldt dat het kunstmestgebruik in principe lager kan zijn, doordat meer stikstof uit dierlijke mest beschikbaar blijft voor de plant. Dit is een positief klimaateffect. Of in de praktijk minder kunstmest wordt gebruikt is onder andere afhankelijk van de kosten van kunstmest en de regelgeving die geldt voor toepassing van toevoegmiddelen.

---

<sup>9</sup> bron: <https://www.nieuweoogst.nl/nieuws/2021/02/19/digestaat-niet-slecht-voor-bodemleven>

### **4.3.2 Biodiversiteit**

In de regel zijn geen negatieve effecten op biodiversiteit te verwachten, onder andere omdat deze middelen vooraf moeten zijn getest op mogelijke neveneffecten.

### **4.3.3 Overig**

Magnesiumchloride bindt zich aan stikstof, maar ook aan fosfaat, zo wordt gesteld. De uitspoeling van fosfaat naar de bodem en het oppervlaktewater zou hierdoor afnemen. Hard wetenschappelijk bewijs is hiervoor (nog) niet.

## **4.4 Technisch innovaties**

### **4.4.1 Klimaat**

Technische innovaties om de ammoniakemissie te verminderen gaan veelal gepaard met een hoger energiegebruik. In dat geval heeft de technische innovatie een negatief klimaateffect. Daar staat tegenover dat de innovatie ook gevolgen kan hebben voor bijvoorbeeld de wijze van mestaanwending, en daarmee de emissie van lachgas, of met de wijze van mestopslag en bijbehorende methaanemissie. Ook kunnen technische innovatie leiden tot minder stikstofverlies, waardoor minder aankoop van kunstmest nodig is, met bijbehorende klimaatwinst.

### **4.4.2 Biodiversiteit**

Geen specifiek effect is te verwachten.

## **4.5 Maximaal weidegang**

### **4.5.1 Klimaat**

De relatie tussen weidegang en klimaat is complex, omdat allerlei aspecten van invloed zijn op de verschillende broeikasgassen CO<sub>2</sub>, methaan en lachgas. We noemen hier enkele belangrijke aspecten. Weidegang leidt tot minder mest in de opslag, waardoor methaanemissie uit de opslag afneemt. Door meer weidegang kan het gebruik van diesel voor onder andere voederwinning en mest aanwenden verminderen, waardoor de CO<sub>2</sub>-emissie afneemt. De methaanemissie vanuit de koe is o.a. afhankelijk van de ruwecelstof in het rantsoen. Bij beweiding wordt het gras veelal jonger gegeten (met minder methaan tot gevolg) dan bij maaien. Daar staat tegenover dat weidegang kan zorgen voor urineplekken in het land, met lachgasemissie tot gevolg. Ook wijzigingen in aankoop van (kracht)voer kunnen leiden tot een verandering van de broeikasgasemissie. Of meer

weidegang netto positief dan wel negatief uitpakt voor het klimaat zal per situatie verschillen.

#### 4.5.2 Biodiversiteit

Meer weidegang draagt positief bij aan biodiversiteit. Zo vormen mestflatten bijvoorbeeld een bron van insecten en kleine ongewervelde dieren die als voedsel dienen voor weidevogels.

#### 4.5.3 Overig

Meer weidegang draagt positief bij aan het landschap, diergezondheid en dierenwelzijn, waaronder mogelijkheden tot het vertonen van natuurlijk gedrag (Van den Pol – Van Dasselaar 2005). Op warme zonnige dagen kan weidegang ten koste gaan van dierenwelzijn.

### 4.6 Verdunnen mest

#### 4.6.1 Klimaat

Het verdunnen van mest leidt tot een (kleine) lagere methaanemissie vanuit de mest<sup>10</sup>. Daar staat tegenover dat veel meer -verdunde- drijfmest moet worden aangewend met als effect een groter verbruik van diesel en daarmee een hogere CO<sub>2</sub>-emissie.

Een globale inschatting van de verschillende emissies (zie kader) laat zien dat netto het verdunnen van mest waarschijnlijk een positieve bijdrage levert aan het klimaat. De mogelijke verlaging van het kunstmestgebruik heeft een positief klimaateffect.

#### Klimaateffect verdunnen van mest

##### Methaanemissie vanuit dierlijke mest

Een koe produceert in 7 mnd (71 kg OS\*15,9 ton =) 1128,9 kg OS, met een CH<sub>4</sub> emissie van 0,025 kg per kg OS (bron: Groenestein e.a. 2016), d.w.z. 28,2 kg CH<sub>4</sub>. Dit komt overeen met 706 kg CO<sub>2</sub>-eq.

##### Extra CO<sub>2</sub>-emissie door mestaanwending

Aanwending van 15,9 ton extra water kost circa 0,4 liter diesel \* 15,9 ton = 6,36 liter diesel extra. EF<sub>diesel</sub> is 2,657 (bron: [www.emissiefactoren.nl](http://www.emissiefactoren.nl)). Verdunning met water leidt dus tot extra emissie bij mestaanwending met 17 kg CO<sub>2</sub>/koe.

Het is niet exact bekend hoe groot het effect van mestverdunning op de emissie is, maar bovenstaande cijfers laten zien dat bij een effect van minimaal 3% emissiereductie, de methaanemissie vermindert met minimaal 0,03\*706 kg, oftewel 21 kg CO<sub>2</sub>-eq. Dit is al meer dan de extra emissie bij aanwending (17 kg CO<sub>2</sub>).

<sup>10</sup> bron: <https://edepot.wur.nl/566827>, infographic integraal aanpakken

#### **4.6.2 Biodiversiteit**

Geen specifiek effect is te verwachten.

### **4.7 Minder jongvee**

#### **4.7.1 Klimaat**

Minder jongvee aanhouden vermindert tevens de broeikasgasemissie, door minder voerverbruik, minder mestproductie (met bijbehorende methaan- en lachgasemissie) en minder methaanemissie vanuit het jongvee.

#### **4.7.2 Biodiversiteit**

Geen specifiek effect is te verwachten.

### **4.8 Eiwitarm voer**

#### **4.8.1 Klimaat**

De aankoop van eiwitarmere krachtvoer kan leiden tot het gebruik van minder eiwitrijke grondstoffen die veelal een grotere transportafstand hebben. Daarnaast kunnen ook de hoeveelheden gebruikte soja- en palmpitschroot afnemen met een geringere impact op regenwouden. In totaliteit kan eiwitarmere voer leiden tot een lagere broeikasgasemissie, gezien de hoge emissie die wordt toegerekend aan soja uit Zuid-Amerika.

#### **4.8.2 Biodiversiteit**

Minder eiwitrijk voer kan leiden tot een verschuiving van de herkomst van voeders. Als eiwitarm voer samengaat met bijvoorbeeld minder soja- en palmpitschroot, dan kan dit een positief effect op biodiversiteit hebben, vanwege de link tussen de teelt van deze gewassen en de ontbossing van regenwouden.

## 5. TOT SLOT



**Deze rapportage eindigt met enkele overwegingen en aanbevelingen welke kunnen worden benut voor het gebruik van de resultaten van deze studie.**

### 5.1 Effectieve aanpak van stikstofbeleid

Voor het realiseren van de stikstofdoelen die het kabinet heeft vastgelegd, is een zeer aanzienlijke hoeveelheid geld beschikbaar. Daarmee en daardoor kan de indruk worden gewekt dat voldoende geld beschikbaar is om de beoogde doelen te behalen. In de praktijk kan dat beeld toch anders uitvallen. Deels komt dit omdat het budget niet alleen is bestemd voor de aanpak van stikstof maar ook van klimaat, water (kwaliteit en kwantiteit) en biodiversiteit. Sowieso is het maatschappelijk gezien belangrijk om te kiezen voor een kosteneffectieve aanpak. Daarom is in deze rapportage de kosteneffectiviteit van verschillende type maatregelen (sanering bedrijven, technische en managementmaatregelen) becijferd.

De resultaten in deze rapportage laten zich niet lezen als dat de vijf meest kosteneffectieve maatregelen leiden tot de meest (kosten)effectieve aanpak van stikstof. De maatregelen in deze studie zijn doorgerekend voor een bedrijf van gemiddelde schaalgrootte. De enorme diversiteit tussen ondernemers en ondernemingen komt zodoende in deze studie beperkt aan bod. Zo heeft het bijvoorbeeld weinig zin om een ondernemer die het bedrijf wil beëindigen, een effectieve technische innovatie aan te bieden. Of een melkveebedrijf met een zeer intensieve bedrijfsvoering de suggestie te doen om de melkkoeien veel meer te gaan weiden, of een jonge ambitieuze boer om het bedrijf te beëindigen. Naast kosteneffectiviteit en neveneffecten van maatregelen is het van belang oog te hebben en houden voor de individuele ondernemer. Ook de ontwikkeling bij veehouderijbedrijven in de regio en de nabijheid van natuur speelt een grote rol. Maatwerk is dus vereist.

## 5.2 Gebiedsgerichte aanpak

De overheid staat een gebiedsgerichte aanpak voor om niet alleen het vraagstuk van stikstofemissie en -depositie, maar ook andere maatschappelijke opgaven aan te pakken. Te denken valt aan onder andere klimaat (energiegebruik en broeikasgasemissies), bodemdaling en water- en bodemkwaliteit. Voor de stikstofemissie vanuit de landbouw (ammoniakemissie) zijn concrete doelstellingen geformuleerd. De maatregelen in deze rapportage kunnen individueel en cumulatief bijdragen aan het realiseren van de stikstofdoelstelling in specifieke gebieden. Daarbij zijn ook de inzichten in mogelijke neveneffecten van groot belang. Als in een gebied een doelstelling voor de reductie van stikstofemissie is gedefinieerd (bijv. 30% of 50%) kunnen melkveehouders in dat gebied met de resultaten van deze rapportage zelf benaderen met welke maatregelen de beoogde doelstelling naar verwachting kan worden gerealiseerd. Daarmee is het mogelijk om 'bottum-up' op zoek te gaan naar een aanpak met een mix aan maatregelen die passen bij melkveehouders en andere bedrijven die stikstof uitstoten in een gebied.

### Voorbeeld

Voor een willekeurig gebied is het mogelijk om met de maatregelen uit deze studie globaal het effect van de aanpak op stikstof door te rekenen. Daarbij is het nodig om uit te gaan van allemaal gemiddelde bedrijven met een gemiddelde stikstofemissie.

- 15% van de bedrijven stopt, grond wordt niet afgewaardeerd. Reductie stikstofemissie:
  - › bedrijfsniveau: 49%
  - › gebiedsniveau: 7,5% ( $49\% * 15\%$ )
- 30% van de bedrijven kiest voor een emissiearme vloer, minder jongvee en voeraanpassingen. Reductie stikstofemissie:
  - › bedrijfsniveau: 25%
  - › gebiedsniveau: 7,5% ( $25\% * 30\%$ )
- 30% van de bedrijven kiest voor bedrijfsvoering met meer weidegang, in combinatie met een emissiearme vloer en minder jongvee. Reductie stikstofemissie:
  - › bedrijfsniveau: 33%
  - › gebiedsniveau: 10,0% ( $33\% * 30\%$ )
- 10% van de bedrijven kiest voor een Lelysphere. (of een innovatieve techniek met een vergelijkbare reductieeffect). Reductie stikstofemissie:
  - › bedrijfsniveau: 27%
  - › gebiedsniveau: 2,7% ( $27\% * 10\%$ )



- 10% van de bedrijven kiest voor (omschakeling naar) een biologische bedrijfsvoering gecombineerd met extensivering. Reductie stikstofemissie:
  - › bedrijfsniveau: 41%
  - › gebiedsniveau: 4,1% (41% \* 10%)
- 5% van de boeren neemt geen maatregelen, omdat ze bijvoorbeeld al een emissiearme stal hebben, of biologische bedrijfsvoering hebben

De totale reductie van de combinatie van maatregelen zou voor de melkveehouderij in dit gebied een reductie op kunnen leveren van bijna 32%. Naar verwachting zal dat zelfs nog iets hoger zijn omdat bedrijven de voor hun situatie de meest effectieve maatregel zullen willen nemen.

### 5.3 Opkoop van bedrijven

Er is een fundamenteel verschil tussen de opkoop van een bedrijf enerzijds en het nemen van technische en/of managementmaatregelen op een bedrijf anderzijds. Met de opkoop van een bedrijf door de overheid, en daarmee het 'doorhalen' van vergunningen en productierechten, zal de gehele melkveehouderij enigszins in omvang afnemen. Bij opkoop van enkele (tientallen) bedrijven is de impact voor de gehele sector -de keten van toeleveranciers en afnemers- beperkt. Dat zal veranderen als een groot aantal melkveebedrijven binnen korte tijd wordt opgekocht.

Met een aanzienlijke krimp van de melkveehouderij zien toeleverende bedrijven een deel van hun afzet afnemen en verwerkende bedrijven een deel van hun aanvoer wegvallen. Zij zullen hun productiecapaciteit moeten aanpassen met desinvesteringen tot gevolg en de werkgelegenheid op deze bedrijven zal afnemen. Maar ook bedrijven die indirect afhankelijk zijn van de omvang van de melkveehouderij, zullen (economische) effecten ondervinden. Een krimp van de melkveehouderij heeft niet alleen negatieve (economische) effecten. Er kunnen zich ook positieve effecten voordoen. Zo kan de 'laatste liter te verwerken melk' minder goed tot waarde worden gebracht en bij een kleinere omvang van de melkveehouderij nemen de kosten voor mestverwerking voor alle bedrijven met een mestoverschot af.

Becijferen van de economische effecten in de gehele keten van een krimp van de melkveehouderij is moeilijk. Duidelijk is wel dat er naast negatieve mogelijk ook positieve effecten zijn. De omvang van die effecten is sterk afhankelijk van de grootte van de eventuele krimp, de snelheid van die krimp en de voorzienbaarheid van die krimp. Een te voorziene krimp die rekening houdt met de investeringscyclus (afschrijvingen) binnen de keten, heeft veel minder impact dan een plotselinge, onvoorziene en relatief grote krimp.

Een vrijwillige opkoop van bedrijven die eerder besloten om te stoppen, heeft ook beperkt effect op bedrijven die willen continueren. De markten voor

productiemiddelen kunnen enigszins worden verstoord als er minder fosfaatrechten (hogere prijs voor fosfaatrechten) en meer gronden (lagere grondprijs) beschikbaar komen. Alles overziende is de impact voor continuerende bedrijven gering.

#### **5.4 Technische maatregelen**

Er is in deze studie (de kosteneffectiviteit van) een aantal technische maatregelen beschreven. Veel van de technische maatregelen vragen investeringen en leiden daardoor op bedrijfsniveau tot hogere kosten. Om de kosten van die maatregelen terug te kunnen verdienen, zal het verdienvermogen van het bedrijf moeten vergroten en daarvoor is bedrijfsvergroting de geëigende weg. Een andere optie is dat de technische maatregelen (deels) worden betaald door de overheid c.q. de samenleving. Als de overheid een deel van de kosten voor zijn rekening kan nemen, zal de druk op schaalvergroting minder groot zijn. Is dat niet mogelijk, dan zijn technische maatregelen en schaalvergroting bijna onlosmakelijk met elkaar verbonden. Overigens hoeft schaalvergroting geen probleem te zijn, maar is niet in alle situaties een gewenste ontwikkeling. Daarvoor aandacht hebben is belangrijk.

#### **5.5 Managementmaatregelen**

Bij managementmaatregelen zoals een eiwitarme voeding of meer weidegang kunnen variabele kosten (enigszins) toenemen. In deze studie worden die kosten als relatief beperkt ingeschat. Wel vergen managementmaatregelen inzet en inzicht van de ondernemer. Ondanks de relatief geringe kosten, kan een maatregel -zoals sterke verruiming van beweiding- behoorlijke impact hebben op de bedrijfsvoering en is soms zelfs niet te realiseren. De individuele bedrijfssituatie en in het bijzonder de motivatie van de ondernemer spelen hierbij een grote rol.

#### **5.6 Meervoudige technische maatregelen**

Veel technische (stikstof)maatregelen grijpen enkel in op de reductie van de stikstofemissie. Veelal zijn deze maatregelen noodzakelijk om een vergunning te krijgen. Na ontvangst van de vergunning wordt de stal aangepast en/of ingericht, waarna eenmalig een controle plaatsvindt. Voor de juiste toepassing van de technische maatregel is (vrijwel) geen aandacht meer, waardoor de gerealiseerde emissiereductie niet altijd in lijn is met de beoogde emissiereductie.

Er zijn ook meervoudige technische maatregelen die op meerdere aspecten aangrijpen. Voorbeeld hiervan is mestvergisting die gebruik maakt van dagverse mest. Een goed gebruik van die techniek is van het grootste belang van de melkveehouder. Het maximale rendement van de mestvergister kan alleen worden gehaald als de mest dagelijks uit de stal wordt verwijderd. Zo vormt de economisch aantrekkelijke methaanproductie de trigger om de ecologisch noodzakelijke ammoniakemissiereductie te realiseren.

## REFERENTIES

- Boer, M. en J. Zijlstra. (2013). *Verschillen tussen bedrijven in levensduur van melkvee*. Wageningen UR Livestock Research.
- Bruggen, C. v. (2020). *Emissies naar lucht uit de landbouw, 1990-2018. Berekeningen met het model NEMA*. Wageningen Universiteit en Research.
- CDM-advies 'Effecten van verdunning van mest bij mestaanwending op zandgrond' 06-01-2020
- CDM-advies 'Doorrekening bronmaatregelen in de melkveehouderij' 9-6-2021
- Evert, Aart, Fridtjof de Buissonjé, Roland Melse, Nico Verdoes, Michel de Haan (2019) Scenariostudie monovergisten op melkveebedrijf met veengrond. Proeftuin Veenweiden
- Groenestein, C.M., J. Mosquera, R.W. Melse (2016) Methaanemissie uit mest. Schatters voor biochemisch methaan potentieel (BMP) en methaanconversiefactor (MCF). Wageningen Universiteit en Research
- Kager, Harry, Margo Meijerink, Leon Jansen, Tom Broeze (2021) Oplossingsrichtingen emissiereductie melkvee- en varkenshouderij. Overzicht van huidige mogelijke maatregelen, technieken en oplossingen voor reductie van methaan en ammoniak in de melkvee- en varkenshouderij. Schuttelaar & Partners.
- KWIN Veehouderij 2021-'22
- Mosquera, J., A.J.A. Aarnink, H. Ellen, H.J.C. van Dooren, R.A. van Emous, J. van Harn, N.W.M. Ogink (2017) Overzicht van maatregelen om de ammoniakemissie uit de veehouderij te beperken. Geactualiseerde versie 2017. WUR
- Ogink N.W.M., C.M. Groenestein, J. Mosquera (2014) Actualisering ammoniakemissiefactoren rundvee: advies voor aanpassing in de Regeling ammoniak en veehouderij. Rapport 744. Wageningen UR Livestock Research.
- PBL (2020) Analyse Stikstofbronmaatregelen. Analyse op verzoek van het kabinet van zestien maatregelen om de uitstoot van stikstofoxiden en ammoniak in Nederland te beperken.
- Reijs, Joan, Alfons Beldman, Michel de Haan, Aart Evers, Gerben Doornewaard1 en Izak Vermeij (2021) Perspectief voor het verlagen van NH<sub>3</sub>-emissie uit de Nederlandse melkveehouderij. Wageningen Economic Research.
- Rietra, R.P.J.J., T.J.A. Gies, G.L. Velthof, K.B. Zwart (2015) Toepasbaarheid en effecten van bemesting met digestaat. Sluiten van mineralenkringloop in Groene Cirkels. Alterra.
- Šebek, L., G. Migchels en C. van Dijk (2017) Het verlagen van de TAN-excretie als maatregel om de ammoniakemissie op het melkveebedrijf te verminderen. Methodiek voor het vaststellen van de TAN-excretie:

model 'Bedrijfsspecifieke Emissie Ammoniak' (BEA) van de  
Krinloopwijzer. Wageningen University&Research  
Sectorrapportage Duurzame Zuivelketen  
Van den Pol – van Dasselaar (2005) Weidegang in beweging

BINternet (geraadpleegd 10 mei 2022)

<https://www.agrimatie.nl/Binternet.aspx?ID=15&Bedrijfstype=1&SelectedJaren=2021%402020%402019%402018&GroteKlassen=Alle+bedrijven>

# BIJLAGEN

## Bijlage 1: Kritische inbreng en feedback

We danken onderstaande personen voor hun kritische inbreng bij de opzet van het onderzoek en feedback op de resultaten:

Alfons Beldman	Wageningen Economic Research
Hans de Bie	VLB en Alfa Accountants en Adviseurs
Vera Dalm <sup>*)</sup>	Vereniging van Bos- en Natuurterreineigenaren
Peter Drenth	Provincie Gelderland
Trienke Elshof	LTO Noord
Hellen van Dongen	Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (DG Stikstof)
Hester Majj	Duurzame Zuivelketen en Friesland Campina
Rudy Rabbinge	Emeritus hoogleraar en lid Commissie Remkes
Maurice Vossen	ABN AMRO

<sup>\*)</sup> tevens commissaris/bestuurslid bij CLM Onderzoek en Advies



## Bijlage 2: Uitgangspunten studie

Tabel B1. Overzicht van uitgangspunten referentiebedrijf en vergelijking met het gemiddelde melkveebedrijf zoals dit in Agrimatie voor 2020 wordt benoemd

	Referentiebedrijf	Agrimatie (2020)
<b>Oppervlakte (ha)</b>	70,0	59,9
<b>waarvan gras</b>	56,0	49,0
<b>Melkkoeien</b>	120	106,9
<b>Pinken/vaarzen</b>	30	27,4
<b>Kalveren</b>	33	31,5
<b>Melkproductie (kg/koe)</b>	9.000	8.980
<b>Krachtvoergift (kg/100 kg melk)</b>	28	28,1
<b>Intensiteit (kg melk/ha)</b>	15.428	16.340
<b>Intensiteit (GVE/ha)</b>	2,20	2,32
<b>Intensiteit (kg N/ha)</b>	250	262
<b>Intensiteit (kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha)</b>	88	93
<b>Ureumgehalte tankmelk (mg/100 ml)</b>	20	-

Tabel B2. Overige uitgangspunten basisbedrijf t.a.v. stalsystemen, bemesting en beweiding

<b>Huisvesting melkvee</b>	Stal met roostervloer en mestopslag onder de stal Code RAV A 1.100 overige huisvestingsystemen
<b>Huisvesting jongvee</b>	Stal met roostervloer en mestopslag onder de stal
<b>Bemesting (dierlijke mest)</b>	Derogatie (250 kg N per ha); zodebemesting op grasland en injectie op bouwland
<b>Bemesting (kunstmest)</b>	Gem. 150 kg stikstof (KAS) en 0 kg fosfaat per ha
<b>Beweiding</b>	Melkkoeien: 1.080 uur per jaar Pinken/Vaarzen: 6 maanden 24 uur per dag Kalveren: 3 maanden 24 uur per dag

Tabel B3. Uitgangspunten t.a.v. GVE-normen en stikstof- en fosfaatproductie van dieren op het referentiebedrijf.

	Melkkoe	Pink	Kalf
<b>Aantal GVE</b>	1 GVE	0,7 GVE	0,4 GVE
<b>N-excretie</b>	120 kg N	66,9 kg N	32,3 kg N
<b>Fosfaatexcretie</b>	43,5 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	21,9 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	9,6 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>

Tabel B4. Gebruikte emissiefactoren en prijzen

Factor	Waarde	Bron
Emissie zodebemester	24% van TAN	Van Bruggen e.a. (2020)
Emissie mestinjecteur	2% van TAN	Van Bruggen e.a. (2020)
Emissiefactor kunstmest	2,5%	Van Bruggen e.a. (2020)
Emissiefactor weidegang	4% van TAN	Van Bruggen e.a. (2020)
Emissie uit mestopslag	1%	Van Bruggen e.a. (2020)
Grondprijns per ha	€ 67.100,-	Agrimatie 2021
Sloopkosten	€ 35,-/m <sup>2</sup>	www.boerenbusiness.nl

Uitgangspunten omrekening jaarkosten (gebaseerd op KWIN-V 2021-'22):

- opkoopregeling:
  - › 2,25% rente (standaarddiscontovoet (werkgroep discontovoet 2020)
  - › afschrijvingstermijn 25 jaar
- afschrijvingstermijn gebouwen: 20 jaar
- afschrijvingstermijn apparatuur: 10 jaar
- Rentepercentage 4%
- Onderhoudskosten apparatuur: 2% per jaar van totale investering

## Bijlage 3 Resultaten van contantewaardeberekening

Onderstaande tabel geeft de resultaten weer op basis van berekening van de contante waarde. Dit houdt in dat kosten en opbrengsten die de komende 25 jaar moeten worden gemaakt, worden omgerekend naar de huidige waarde, rekening houdend met 4% rente. Aanname die hierbij is gedaan is dat nadat de afschrijvingstermijn van een investering is afgelopen, eenzelfde investering nodig totdat 25 jaar is bereikt. Investerings in jaar 20 zijn gedeeltelijk meegenomen (om te komen tot jaar 25), te weten 25% van de investering met een afschrijvingstermijn van 20 jaar en 50% bij een afschrijving van 10 jaar. Resultaten laten zien dat de kosten per kg ammoniak overal lager uitkomen (doordat kosten in de toekomst 'goedkoper' zijn). De onderlinge verhouding tussen de maatregelen is bij deze berekeningswijze niet substantieel anders dan bij de benadering zoals deze in de hoofdtekst is beschreven.

Tabel B1. Resultaten van berekening op basis van netto contante waarde (25 jaar). Referentiebedrijf is 56 ha gras en 14 ha bouwland, 120 melkkoeien, een melkproductie van 9000 kg melk per koe per jaar met 1080 uur weidegang en een oorspronkelijke emissie van 3.168 kg stikstof (in de vorm van ammoniak).

Maatregel	wijziging emissie (in kg stikstof)	Benodigde investering			overig per jaar		netto contante waarde (25jr)	Netto contante waarde per kg N	
		naar afschrijvingstermijn			kosten	opbrengst elektriciteit		(per 25 jr)	(per jaar)
		25 jaar	20 jaar	10 jaar					
1. Bedrijfsbeëindiging 1 (stal en rechten)	-1.538	€ 1.472.094					€ 1.472.094	€ 957	€ 38
2. Bedrijfsbeëindiging 2 (stal, rechten, grond)	-1.861	€ 2.881.194					€ 2.881.194	€ 1.548	€ 62
3. Bedrijfsverplaatsing (stal)	-1.538	€ 941.328					€ 941.328	€ 612	€ 24
4. Bedrijfsverplaatsing (incl. afwaardering grond)	-1.861	€ 2.350.428					€ 2.350.428	€ 1.263	€ 51
5. Omschakeling naar biologisch - extensivering	-647						-		
6. Vergisting verse mest	-638		€ 235.000	€ 50.400		€ 19.840	€ 47.057	€ 74	€ 3
7. Emissiearme vloer -5 kg	-456		€ 42.600	€ 50.400			€ 143.410	€ 315	€ 13
8. Emissiearme vloer -7 kg	-638		€ 115.200	€ 50.400			€ 224.293	€ 352	€ 14
9. Toevoegmiddel mest	-406				€ 4.680		€ 73.291	€ 181	€ 7
10. Lelysphere	-856		€ 170.000				€ 189.396	€ 221	€ 9
11. Verdunnen mest	-288		€ 95.000		€ 5.700		€ 195.104	€ 677	€ 27
12. Weiden 2800 uur	-461						€ 0	€ 0	€ 0
13. Minder jongvee	-68						€ 0	€ 0	€ 0
14. Eiwitarm voer	-163						€ 0	€ 0	€ 0
15. Combinatie A: 8, 12 en 13	-1.045		€ 115.200	€ 50.400			€ 224.293	€ 215	€ 9
16. Combinatie B: 8, 13 en 14	-797		€ 115.200	€ 50.400			€ 224.293	€ 281	€ 11

## CLM Onderzoek en Advies

### Postadres

Postbus 62  
4100 AB Culemborg

### Bezoekadres

Gutenbergweg 1  
4104 BA Culemborg

T 0345 470 700

[www.clm.nl](http://www.clm.nl)

**Laat het goede groeien.**