

Uniforme effectinschatting voor landbouw-  
bronmaatregelen voor vermindering van  
ammoniakemissies

12 mei 2026

## Colofonwaterkw

<i>Document informatie</i>	
<i>Titel</i>	Uniforme effectinschatting landbouw-bronmaatregelen voor vermindering van ammoniakemissies
<i>Auteur</i>	
<i>Versie</i>	2
<i>Status</i>	Vastgesteld
<i>Datum</i>	12 mei 2026
<i>Bestandsnaam</i>	Uniforme effectinschatting landbouw-bronmaatregelen voor vermindering van ammoniakemissies
<i>ISO Document</i>	
<i>(ISO) Proces</i>	

Documenteigenaar	BIJ12	Secretariaat expertgroep
Proceseigenaar	Evert Visser	Projectleider
Procesverantwoordelijk	Evert Visser	Projectleider

<i>Versiebeheer/wijzigingshistorie</i>				
<i>Versie</i>	<i>Status</i>	<i>Datum</i>	<i>Beschrijving</i>	<i>Auteur</i>
0.6	Concept	28 februari 2026	Versie voorgelegd aan expert groep	Carin Rougoor/ Evert Visser/ Hans Langeveld
0.7	Definitief	31 maart 2026	Versie na verwerking commentaar en goedkeuring expert groep	Carin Rougoor/ Evert Visser
0.8	Definitief	15 april 2026	Versie voorgelegd aan de AAC LG (aanpassing layout-technische zaken)	Evert Visser
0.9	Definitief	4 mei 2026	Controle tekst i.s.m. afdeling Communicatie BIJ12	Evert Visser
1.0	Definitief	7 mei 2026	Versie gereed voor publicatie	Afdeling communicatie



## Inhoud

<b>Samenvatting</b> .....	4
<b>Inleiding</b> .....	5
<b>Terminologie</b> .....	6
<b>Overzicht van de maatregelen</b> .....	8
Tabel 1. Overzicht van de maatregelen.....	9
Opties met geen of te onzeker effect, onvoldoende afgebakend, enz. ....	12
<b>Stapelning van maatregelen</b> .....	14
<b>Gevolgen op landelijke schaal</b> .....	16
<b>Meervoudige doelen</b> .....	17
<b>Integrale sturing in overgangsgebieden</b> .....	18
<b>Evaluatie van bevindingen en suggesties voor vervolgwerk</b> .....	19
<b>Toepassing van de resultaten uit dit rapport</b> .....	20
<b>Bijlage 1 Experts</b> .....	21
Tabel A.1. Leden van de groep van experts.....	22
<b>Bijlage 2 Factsheets</b> .....	23
Aannames factsheets .....	24
1. Verlaging ruw eiwit in veevoer .....	25
2. Verlaging mestgift.....	27
3. Besproeien stalvloeren/roosters. ....	28
4. Meer weidegang toepassen.....	30
5. Mest aanzuren in stal (met b.v. zwavel- of salpeterzuur).....	32
6. Mest biologisch aanzuren in combinatie met vergisting .....	34
7. Aanzuren mest bij aanwending .....	36
8. Emissiearme vloer met mestschuif .....	38
9. Graslandbeheer (gras-klavermengsel) .....	40
10. Chemische luchtwassers .....	42
11. Biologische luchtwassers.....	43
12. Koelen mest .....	44
13. Cow toilet.....	45
14. Strippen mest (na mestscheiding).....	46
15. Lely Sphere.....	48
16. Bedrijfsbeëindiging / opkoop productierechten.....	49
17. Krimp van de veestapel op bedrijfsniveau .....	50
18. Dagontmesting (in combinatie met monovergisting) .....	52
19. Diepe mestinjectie op bouw- en grasland .....	53
20. Bedrijfsverplaatsing met inzet van BBT .....	55
21. Toevoegmiddelen aan mest.....	57
22. Windsingels.....	58
23. Beluchten van mest.....	59
24. Verdund aanwenden mest.....	60
25. Toepassing Renure.....	62
<b>Bijlage 3 Vergelijking met andere literatuur</b> .....	64
<b>Bijlage 4 Belangrijkste wijzigingen t.o.v. de 1ste editie van dit rapport</b> .....	67

## Samenvatting

### Uniform berekenen van effecten

Dit rapport presenteert het resultaat van actualisatie én aanvulling van een eind 2025 verschenen rapport met effectinschattingen voor bronmaatregelen in de landbouw in het kader van het IPO-project Uniforme Bronmaatregel Effectinschatting Stikstof. Experts met diverse achtergronden en kennis hebben, aan de hand van (recente) wetenschappelijke literatuur en vakinhoudelijke expertise, een overzicht met toelichting opgesteld van effecten van in totaal 20 bronmaatregelen in de landbouw op ammoniakemissies. Daarnaast zijn vijf opties besproken waarvan is vastgesteld dat die nauwelijks effect hebben op ammoniakemissies.

Per maatregel is een factsheet opgesteld waarin wordt omschreven op welke soort bedrijven de maatregel kan worden toegepast, onder welke voorwaarden dit dient te gebeuren, wat het effect is van de maatregel op de ammoniakemissie van het bedrijf, en in enkele gevallen waarom het effect optreedt. Hierbij hebben experts gekeken naar keteneffecten (effecten die in de voer-mestketen optreden, soms op andere bedrijven binnen deze keten) en effecten die op landelijke schaal kunnen optreden (gevolgen elders in de landbouw). Verder zijn neveneffecten van een maatregel (op andere domeinen, zoals waterkwaliteit, klimaat, biodiversiteit, diergezondheid en/of welzijn) in beeld gebracht. De experts hebben ook aangegeven in hoeverre borging van een maatregel mogelijk is en wat dat vergt, en welke effecten zij verwachten als meerdere maatregelen tegelijk worden geïmplementeerd.

### Betrouwbaarheid van effectinschattingen

In dit rapport worden ook uitspraken gedaan over de betrouwbaarheid van effect-inschattingen. In de meeste gevallen wordt de betrouwbaarheid van de emissiereductie beoordeeld als matig of als hoog. In de overige gevallen is de betrouwbaarheid beoordeeld als laag. De in dit rapport gemaakte inschattingen van effecten van bronmaatregelen wijken in enkele gevallen af van schattingen die elders zijn gerapporteerd. Redenen daarvoor worden in de factsheets benoemd.

### Toepassing van de resultaten

De in dit rapport genoemde effecten van bronmaatregelen zijn bedoeld voor het op een uniforme wijze kunnen berekenen van effecten van maatregelen, zodat provincies hier gebiedsprocessen op kunnen baseren en effecten van maatregelen die ze in gebiedsplannen opnemen, beter kunnen bepalen. De effectinschattingen zijn niet bedoeld voor berekeningen ter onderbouwing van vergunningverlening en kunnen in de huidige vorm niet gebruikt worden om plannen van individuele bedrijven juridisch te beoordelen. Het zijn namelijk geen kengetallen voor bedrijfsspecifieke doelsturing met wettelijke en juridische basis. Eveneens worden niet alle in dit rapport gepresenteerde effectinschattingen op dit moment meegenomen in de nationale emissie-monitoring.

Dit rapport met effectinschattingen is wél een bron van kennis en inspiratie voor ondernemers die maatregelen moeten nemen om bedrijfsspecifieke emissiereductiedoelen te halen, en voor provincies, die met dit rapport de effecten van maatregelen die ze in gebiedsplannen opnemen, beter kunnen bepalen. Het maakt immers kennis toegankelijk omtrent effecten van maatregelen, onzekerheden in de inschatting van die effecten, randvoorwaarden, borging, keten, neven- en landelijke effecten. In die zin is dit rapport een aanvulling op bestaande, veelal wetenschappelijke en niet voor iedereen toegankelijke literatuur. Er kan geen aanspraak gedaan worden op in dit rapport gepresenteerde informatie bij geschillen en/of toekomstige veranderingen in inzichten.

## Inleiding

Dit rapport beschrijft de opzet en resultaten van het project Uniforme Bronmaatregel Effectinschatting Stikstof, dat is uitgevoerd door het Interprovinciaal Programma Landelijk Gebied (IPLG) van het IPO in 2024/25 met een vervolg in de winter van 2025/2026. Doel van het project is "het vaststellen van een uniforme en gevalideerde dataset van bronmaatregel-effectrelaties van stikstof in de landbouw, gedragen door betrokken partijen zoals departementen, provincies en kennisinstellingen". Experts met diverse achtergronden en kennis hebben aan de hand van (recente) wetenschappelijke literatuur en vakinhoudelijke expertise, een eenduidig overzicht met toelichting opgesteld van effecten op ammoniakemissies van technische maatregelen die agrarisch ondernemers kunnen nemen op het bedrijf. Aan de hand van dit rapport, kunnen provincies inzicht krijgen in de effecten van dit soort maatregelen om emissies te reduceren, zodat ze beter inpasbaar zijn binnen gebiedsplannen en te gebruiken zijn voor gebiedsprocessen.

In het project zijn maatregelen meegenomen en besproken die in de provinciale plannen ten tijde van het NPLG (Nationaal Programma Landelijk Gebied) zijn genoemd om bij te dragen aan vermindering van ammoniakemissies. Deze zijn aangevuld met maatregelen die experts tijdens bijeenkomsten als kansrijk hebben aangemerkt. De aldus ontstane set van maatregelen en effectinschattingen heeft geleid tot een rapport dat in december 2025 op de website van BIJ12 is gepubliceerd. Diverse besprekingen in de loop van het jaar 2025 met medewerkers en bestuurders van provincies hebben geleid tot vragen over de bestaande effectinschattingen en suggesties voor nieuwe door te nemen maatregelen. Dit heeft geleid tot actualisatie van bestaande effectinschattingen én toevoeging van een tweetal nieuwe maatregelen. Dit rapport is het resultaat van deze actualisatie en aanvulling van de set maatregelen.

De samenstelling van de expertgroep is weergegeven in bijlage 1. De bevindingen van de expertgroep m.b.t. actualisatie van bestaande effectinschattingen en effecten van nieuwe maatregelen zijn weergegeven in factsheets die in bijlage 2 bij dit rapport worden gepresenteerd. In bijlage 3 wordt ingegaan op mogelijke verschillen in relatie tot eerdere wetenschappelijke overzichten van Wageningen Universiteit. In bijlage 4 staan de belangrijkste wijzigingen in deze tweede editie van het rapport.

## Terminologie

In deze studie worden verschillende termen gebruikt. Deze worden hier toegelicht.

### **Omschrijving**

Een omschrijving (van een bronmaatregel) is een beknopte, informatieve toelichting of uitleg over een bronmaatregel. Het doel is de belangrijkste aspecten en het werkingsmechanisme van de bronmaatregel in beeld te brengen. Voor de factsheets biedt een omschrijving de feitelijke basis voor verdere interpretatie.

### **Domein**

Onder domein wordt aangegeven binnen welke kaders de bronmaatregel kan worden geïmplementeerd. Het gaat in principe om dier- en staltypen, die aangeven op welke soort bedrijven maatregelen genomen kunnen worden.

### **Voorwaarden**

Een voorwaarde is een essentiële eis of factor waaraan moet worden voldaan om een maatregel succesvol te kunnen implementeren. In de factsheets verwijst een voorwaarde naar specifieke omstandigheden of vereisten die noodzakelijk zijn voor de effectieve implementatie en werking van de bronmaatregel.

### **Effect**

Het effect omschrijft de te verwachten reductie ten opzichte van het emissieniveau zonder de maatregel (referentiewaarde). De reductie wordt uitgedrukt als percentage ten opzichte van de referentiewaarde; hierbij wordt aangegeven of het gaat om de emissies die ontstaan in de stal, tijdens de mestopslag (in de put of externe opslag), in het veld of op bedrijfsniveau (= de som van stalemissies, emissies uit opslag en veldemissies). Doel hiervan is zo concreet mogelijk aan te geven welk effect kan worden verwacht.

### **Betrouwbaarheid**

De betrouwbaarheid beschrijft de mate van zekerheid over de werking van een maatregel: de kans dat emissies worden verlaagd binnen de genoemde (range van) percentages en wanneer voldaan is aan de voorwaarden. Dit is gebaseerd op de mate van beschikbaarheid van literatuur en meetresultaten. De volgende categorieën zijn hierbij aangehouden:

- Lage betrouwbaarheid: er is weinig zekerheid dat de maatregel werkt zoals aangegeven;
- Matige betrouwbaarheid: er bestaat een kans dat de maatregel voldoet zoals ingeschat, maar hierover is gemiddelde zekerheid;
- Hoge betrouwbaarheid: de kans is groot dat de maatregel voldoet aan de verwachtingen, mits wordt voldaan aan de voorwaarden.

### **Herkomst effectinschatting**

Het effect van een bepaalde maatregel kan op verschillende wijzen worden verkregen (gemeten, berekend of beredeneerd). Metingen kunnen hebben plaatsgevonden (tijdens onderzoek) op een proef- of praktijkbedrijf. Berekende effecten zijn gebaseerd op modellen, afgeleid van theorie en gevalideerd met meetgegevens. Wanneer geen metingen of berekeningen beschikbaar of mogelijk zijn, kan het effect zijn ingeschat op basis van expertoordeel.

### **Borging**

Borging is het proces waarbij de implementatie van een maatregel op de juiste wijze wordt uitgevoerd, onderhouden en gecontroleerd. De vraag of een maatregel goed of minder goed 'borgbaar' is, betreft de vraag in welke mate het bevoegd gezag de zorgvuldige uitvoering van een maatregel door ondernemers kan monitoren en documenteren, zodat de consistentie van het effect van een maatregel bij toepassing op meerdere bedrijven kan worden gegarandeerd. In de context van de factsheets verwijst borging naar methoden die ervoor zorgen dat emissieverlagende interventies daadwerkelijk zo goed mogelijk worden geïmplementeerd. De mogelijkheden van borging worden beschreven en geclassificeerd als eenvoudig of complex.

## **Keteneffecten**

Keteneffecten zijn effecten op de ammoniakemissie die optreden op andere plaatsen in de voer-ketenen, als gevolg van de maatregel. Maatregelen die vroeg in de keten op activiteiten op een bedrijf ingrijpen, zoals verlaging van het eiwitgehalte in het rantsoen of een emissiearme stalvloer, leiden tot een lagere (bij verlaging eiwitgehalte) of hogere hoeveelheid stikstof in de mest (bij emissiearme vloer). Dit betekent dat effecten van andere maatregelen (die aangrijpen op latere activiteiten op het bedrijf) worden beïnvloed.

Keteneffecten kunnen optreden op hetzelfde bedrijf, maar ook op andere bedrijven, zoals bij mestbewerking en -verwerking. Als een bedrijf mest bewerkt, waarna met de dunne fractie op een ander bedrijf kunstmest wordt vervangen, kan daar de ammoniakemissie veranderen.

## **Gevolgen op landelijke schaal**

Maatregelen kunnen ook gevolgen hebben voor de gehele Nederlandse landbouw. Zo zal - in de huidige situatie met een landelijk mestoverschot - een verminderd mestgebruik als maatregel op een bedrijf waarschijnlijk niet leiden tot een hoger mestgebruik elders binnen de Nederlandse landbouw. Elders neemt de ammoniakemissie dan niet toe. Maar als er geen mestoverschot meer is, kan die mest in theorie elders wél worden gebruikt (in plaats van kunstmest) en neemt daar de ammoniakemissie wél toe (landelijk waterbedeffect).

## **Neveneffecten**

Neveneffecten brengen in beeld welke effecten de beschreven maatregelen hebben in andere domeinen. De domeinen waarnaar wordt gekeken zijn:

- Waterkwaliteit: door wijzigingen in bemesting kan het risico op uit- en/of afspoeling van nutriënten toe- of afnemen. Dit kan gevolgen hebben voor de waterkwaliteit
- Klimaat: door de maatregel kan de emissie van broeikasgassen toe- of afnemen (koolstofdioxide, methaan en/of lachgas)
- Biodiversiteit: de maatregel kan bijdragen aan de biodiversiteit op en rondom het bedrijf, zowel in de bodem als daarboven.
- Diergezondheid en dierenwelzijn: de maatregel kan invloed hebben op diergezondheid en -welzijn.
- Overige effecten: een maatregel kan op nog meer aspecten invloed hebben. Deze worden ter plekke (in de factsheets) benoemd.

## **Meervoudige doelen**

Veel maatregelen kunnen voor verschillende doelen worden ingezet. De effecten die in dit rapport worden gepresenteerd betreffen verlaging van ammoniakemissies. De wijze van implementatie van de maatregelen, en dus ook de werking en de effecten, kan anders zijn als maatregelen voor andere doelen (bijvoorbeeld vermindering van uitstoot van broeikasgassen) worden ingezet. Dit geldt ook als maatregelen voor meerdere doelen tegelijk worden ingezet.

## **Rekenvoorbeeld**

Voor de meeste maatregelen zijn in de factsheets een rekenvoorbeeld opgenomen. Dit dient om te laten zien hoe de maatregel in de praktijk kan uitpakken.

## **Brongebruik**

Bij de beoordeling van de te verwachten effecten zijn alle bekende rapporten, literatuur en andere informatie (bijvoorbeeld uit praktijknetwerken) gebruikt die beschikbaar zijn. Hierbij is ook gebruik gemaakt van integrale overzichten in rapporten van bijv. Ros et al.<sup>1,2</sup> en Gies et al.<sup>3</sup>. Per maatregel wordt, indien beschikbaar, verwezen naar bronnen.

---

<sup>1</sup> G. H. Ros, H. Kager, G. Boom, en W. de Vries (2025). Verkenning effecten landbouwinnovaties. Potentieel van landbouwinnovaties om emissies van ammoniak en broeikasgassen naar de lucht en verliezen van nutriënten naar het water te verlagen. Wageningen, Wageningen Universiteit, Rapport 2024.159; 78 blz.; 1 fig.; 12 tab.; 103 ref.

<sup>2</sup> Ros, G.H. en W. de Vries (2025). Overzicht en prioritering van landbouwmaatregelen voor lucht-, water- en bodemkwaliteit en agrobiodiversiteit. Wageningen, Wageningen Universiteit, Rapport 2025.159; 79 blz.; 3 tab.; 52 ref.

<sup>3</sup> E. Gies, T. Cals, H. Kros, W. Kuindersma, en J.-C. Voogd (2023) Aanvullende generieke stikstof- en klimaatbeleidsmaatregelen. Wageningen Environmental Research, Rapport 3240.

## Overzicht van de maatregelen

Tabel 1 geeft een overzicht van de behandelde bronmaatregelen. In bijlage 2 zijn de maatregelen uitgebreid beschreven in factsheets. Veel maatregelen hebben betrekking op melkveebedrijven en sommige maatregelen zijn gericht op intensieve veehouderijbedrijven (pluimvee-, varkens- en kalverhouderij). Een deel van de maatregelen heeft betrekking op meerdere diersoorten. Daarnaast zijn op verzoek van enkele provincies in deze tweede editie van het rapport maatregelen opgenomen die (ook) genomen kunnen worden in de akkerbouw.

De geschatte reductie van ammoniakemissies varieert sterk. Van één maatregel (windsingels) wordt geen noemenswaardige reductie verwacht omdat deze ingrijpt op de verplaatsing van ammoniak in de lucht en de daaraan gekoppelde depositie. Daarnaast zijn er enkele maatregelen die te onzeker zijn (beluchten van mest en verdund aanwenden), of onvoldoende scherp afgebakend (toevoegmiddelen aan de mest). Bij de toepassing van Renure-meststoffen wordt stikstof uit dierlijke mest gericht teruggewonnen en vervolgens gebruikt worden als kunstmestvervanger. Renure kan dus bovenop de toegestane maximale dierlijke mestgift aangewend worden. Dit maakt dat de ammoniakemissie in principe niet afneemt. Zie bijlage 2 voor nadere toelichting op dit punt en andere maatregelen waarvan experts vinden dat ze geen of te onzeker effect hebben dan wel onvoldoende afgebakend zijn.

Alle andere maatregelen kunnen in meer of mindere mate bijdragen aan vermindering van ammoniakemissies. De reductiepercentages van afzonderlijke maatregelen kunnen niet onderling worden vergeleken of opgeteld, omdat deze soms worden uitgedrukt als percentage van de totale bedrijfsemissies, soms als percentage van de stalemissies, enz. Bij driekwart van de bronmaatregelen zijn de effectinschattingen gebaseerd op metingen. Voor sommige effectinschattingen geldt dat ze gebaseerd zijn op bronnen die gebaseerd zijn op metingen én op studies die gebruik maken van (model)berekeningen. In een enkel geval is de effectinschatting gebaseerd op expert oordeel (zie bijlage 1). De in dit rapport genoemde effecten wijken in enkele gevallen iets af van schattingen die elders worden gerapporteerd (zie bijlage 3).

**Tabel 1. Overzicht van de maatregelen**

Maatregel	Domein	Effect	Betrouwbaarheid			Neveneffecten					Opmerkingen	
			Laag	Matig	Hoog	Waterkwaliteit	Klimaat	Biodiversiteit	Gezondheid en/of	Borging eenvoudig (+)		
<b>Verlaging ruw eiwit in veevoer</b>	Melkvee-, varkens-, en pluimvee-bedrijven	Afname stalemissie: Melkvee: 0-20%: 1% afname per gr. lager RE-gehalte rantsoen. Varkens: 0-25% en pluimvee: 0-10%			X	0	+	0	0	+	-	Randvoorwaarde: Effecten gelden binnen bepaalde grenzen. Bij melkvee voor eiwitgehalten tussen 150 en 170 g RE/kg. Borging: eenvoudig voor hokdieren; minder eenduidig voor melkvee.
<b>Verlaging mestgift</b>	Bedrijven met akker- en/of grasland	10% afname veldemissies bij 10% minder dierlijke mest en kunstmest			X	+	0 / +	+	0	-		Borging: Controle op bedrijfsniveau via plaatsingsruimte en kunstmestaankoop.
<b>Besproeien stalvloeren / roosters</b>	Melkvee-bedrijven met ligboxenstal, varkens- en kalverhouderij	10-40% afname stalemissies		X		0	-	0	0	+		Randvoorwaarde: Vraagt voldoende waterbeschikbaarheid en mestopslag. Borging: Aanwezigheid sproeisysteem is eenvoudig te controleren.
<b>Meer weidegang</b>	Melkvee-bedrijven	500 uur extra weidegang geeft 3-7,5% afname bedrijfsemisies		X		-	0	+	+	-		Randvoorwaarde: Vraagt voldoende beweibare huiskavel. Borging: Beschikbaarheid huiskavel eenvoudig te bepalen. Controle uren beweiding vraagt echter meetsysteem op dierniveau (toegangspoortjes).

<b>Mest aanzuren in stal (bv. zwavel- of salpeterzuur)</b>	Melkvee-bedrijven met mestopslag	37-70% afname stalemissies			X	0	+	- / 0	-	+	Borging: via controle aankoopbonnen middelen. Verbruiksmeting doseersysteem lijkt wenselijk. Neveneffect: Risico corrosie mestopslag.
<b>Mest biologisch aanzuren i.c.m. vergisting</b>	Melkvee-bedrijven met mestopslag	37-70% afname stalemissies		X		0	+	- / 0	0	+	Vereist nog doorontwikkeling i.v.m. schuimvorming en stabilisatie pH
<b>Aanzuren mest bij aanwending</b>	Alle grondsoorten	25-65% afname veldemissies			X	0	0	- / 0	-	-	Neveneffect: Gevoeligheid sommige gewassen voor zwavel. Risico op teveel zwavel in de bodem.
<b>Emissiearme vloer met mestschuif</b>	Melkvee-bedrijven	20% afname stalemissies	X			0	-	0	+	+	Betrouwbaarheid: In praktijk valt werking vaak tegen. Werking staat ter discussie. Borging: relatief eenvoudig (aanwezigheid). Of schuif wordt gebruikt, is controleerbaar m.b.v. een sensor.
<b>Gras-klover mengsel</b>	Bedrijven met grasland	<1% afname bedrijfsemissies. 20-50% afname kunstmest-emissies		X		- / 0 / +	+	+	0	+	Borging: Indirect door registratie van aanvoer van kunstmest en krachtvoer
<b>Chemische luchtwasers</b>	Varkens-, pluimvee- en vleeskalverhouderijen	70-90% afname stalemissies			X	0	0	0	0	+	Borging: bepalen aanwezigheid is eenvoudig. Gebruik is controleerbaar via energie- en zuurgebruik. Er zijn protocollen voor borging van het gebruik.
<b>Biologische luchtwasers</b>	Varkens-, pluimvee- en vleeskalverhouderijen	70% afname stalemissies			X	0	0	0	0	+	Borging: bepalen aanwezigheid is eenvoudig. Er zijn protocollen voor borging van het gebruik.
<b>Koelen mest</b>	Varkens-bedrijven met mestopslag	40% afname emissies vanuit mestopslag		X		0	+	0	+	+	Borging: bepalen aanwezigheid is eenvoudig.
<b>Cowtoilet</b>	Melkvee-bedrijven	44% afname stalemissies		X	X	0	-	0	?	+	Borging: Eenvoudige controle van aanwezigheid. Monitoring van werking middels opgevangen urine

											(kan mee gefraudeerd). Aanvullende monitoring met camera's of bewegingsmeters.
<b>Strippen mest (na mestscheiding)</b>	Alle type bedrijven met roostervloer	tot 62% afname stalemissies		X	X	0	?	0	0	+	Randvoorwaarde: Vergunning voor opslag en gebruik zuur. Neveneffect: Risico bodemverzuring na toediening vloeibare fractie. Als dikke fractie als boxvulling wordt gebruikt of bovengronds wordt aangewend, kan effect lager zijn. Borging: Eenvoudige controle (aanwezigheid). De hoeveelheid geproduceerde stikstofmeststof is een indicatie voor de effectiviteit van de installatie.
<b>Lely Sphere</b>	Melkvee-bedrijven met roostervloer	75% afname stalemissies			X	0	?	0	0/+	+	Randvoorwaarde: Vraagt vergunning voor opslag en gebruik zuur. Neveneffect: Risico bodemverzuring bij toediening vloeibare fractie. Mogelijk verbetering stalklimaat. Borging: zie strippen
<b>Bedrijfsbeëindiging/opkoopt productierechten</b>	Bedrijven met rundvee, varkens of pluimvee	80 tot 100% afname stalemissies			X	-	+	0	0	+	Neveneffect: Omzetting gras- naar akkerland is slecht voor waterkwaliteit en biodiversiteit. Verlaagt druk op de mestmarkt. Borging: Innemen van rechten goed borgbaar (fysiek bezoek).
<b>Krimp veestapel per bedrijf</b>	Melkvee-, vleeskalver-, varkens- en pluimvee-bedrijven	Melkvee: 50% van bestaande stalemissies van de dieren die verdwijnen. Varkens- en pluimvee: 100% van stalemissie van dieren die verdwijnen		X		0/+	+ / +	0	0	-	Overige effecten: Verlaagt druk op de mestmarkt. Emissies opslag (d.w.z. 50% van de stalemissies) veranderen niet. Bij terugbrengen aantal dieren is het onduidelijk of het met mest besmeurd oppervlak ook wordt verlaagd.
<b>Dagontmesting (i.c.m. mono-vergisting)</b>	Rundvee- en varkens-bedrijven	40-77% afname stalemissies		X		0	+	0	+	+	
<b>Diepe mestinjectie</b>	Rundvee- en varkensmest	88% reductie veldemissie op grasland en 92%			X	-	-	-	0	?	Randvoorwaarde: Niet toepasbaar op veen en zware klei

<b>e op bouw- en grasland</b>	op bouw- en grasland	op bouwland i.v.m. ondiepe injectie									
<b>Bedrijfsverplaatsing met inzet van BBT</b>	Alle veehouderij-bedrijven	Reductie van emissie door inzet van BBT als randvoorwaarde bij verplaatsing		X		?	?	?	?	+	Gevolgen en effecten afhankelijk van maatregelen die op nieuwe locatie worden genomen

## Opties met geen of te onzeker effect, onvoldoende afgebakend, enz.

<b>Toevoegmiddelen mest</b>	<b>Melkvee-bedrijven</b>	<b>15-25% afname bedrijfsemissies</b>	<b>X</b>	<b>?</b>	<b>?</b>	<b>?</b>	<b>?</b>	<b>+</b>	<b>Toepassing in stal en veld. Effect afhankelijk van toevoegmiddel. Maatregel is daarmee onvoldoende scherp afgebakend. Borging: via aankoopbonnen.</b>	
<b>Windsingels</b>	Alle veehouderij-bedrijven	In de praktijk vrijwel nihil (<1%) afname van de stalemissies	X		0	0	+	0	+	Maatregel heeft vrijwel geen effect op ammoniakemissie. Neveneffect: positieve bijdrage aan landschap. Kan natuurlijke ventilatie belemmeren. Borging: eenvoudig (controle aanwezigheid).
<b>Beluchten mest</b>	Varkens- en melkvee-bedrijven met mestopslag	Tegenstrijdige resultaten	X		+	+	-	+	+	Er is teveel onzekerheid om de maatregel op te voeren. Borging: aanwezigheid van beluchting kan ter plaatse worden gecontroleerd.
<b>Verdund aanwenden mest</b>	Melkvee-bedrijven	0-36% afname veldemissies bij gebruik van sleepvoet; enkel toegestaan op klei en veen	X		-	-	0	0	-	Maatregel is verplicht op klei- en veengrond sinds 2019. Borging alleen mogelijk door fysieke controle tijdens uitrijden.
<b>Toepassen van Renure</b>	Bedrijven met akker- en/of grasland	Geen relevante afname van ammoniakemissies te verwachten		X	0	-	0	0		Doordat Renure kunstmest vervangt (en niet dierlijke mest), is geen afname van ammoniakemissie te verwachten. Neveneffect: klimaatwinst van minder kunstmestgebruik staat tegenover energiegebruik nodig voor terugwinnen van stikstof uit dierlijke mest.

Voor ruim de helft van de maatregelen wordt de betrouwbaarheid van de vastgestelde emissiereductie door de experts beoordeeld als hoog. In veel (niet alle) gevallen gaat het hier om een effect waarbij een range is weergegeven (bijvoorbeeld een afname van 0-30% als het eiwitgehalte van varkensvoer wordt verlaagd). Voor de overige maatregelen is de betrouwbaarheid beoordeeld als matig of laag.

Maatregelen die primair gericht zijn op vermindering van ammoniakemissie kunnen ook effect hebben op andere duurzaamheidsthema's (zogenaamde neveneffecten). In de factsheets staat vermeld of een effect is te verwachten op waterkwaliteit, klimaat, biodiversiteit, diergezondheid en/of -welzijn, en zo ja, of dit een positief, neutraal of negatief effect is.

In de tabel wordt ingegaan op de mogelijkheden voor borging van de maatregelen, zodat een provincie weet of het effect van een maatregel bij toepassing op meerdere bedrijven consistent is en gegarandeerd kan worden. Volgens de experts is voor veel maatregelen een (relatief) eenvoudige borging mogelijk.

## Stapeling van maatregelen

Veel maatregelen hebben impact op slechts een deel van de emissies die op een bedrijf kunnen optreden. Er zijn maatregelen die alleen stalemissies verlagen, of alleen de emissies in het veld. Het combineren – stapelen – van bronmaatregelen leidt in de praktijk vaak tot andere reducties dan op basis van effecten van individuele maatregelen kan worden verwacht. Dit komt omdat maatregelen de effectiviteit van andere maatregelen beïnvloeden. Als meerdere maatregelen gezamenlijk worden geïmplementeerd kunnen de effecten van individuele maatregelen niet zonder meer bij elkaar worden opgeteld. De volgende mechanismes zijn hier debet aan:

- Bij maatregelen die leiden tot minder N in de uitgescheiden mest (zoals minder eiwit in het rantsoen):
  - is het effect van maatregelen die op de stalemissie ingrijpen, in absolute zin kleiner.
  - Zijn er geen gevolgen voor emissie bij aanwending, omdat de toegestane hoeveelheid bemesting in de melkveehouderij ook bij de forfaitaire variant rekening houdt met deze factor, via het ureumgehalte in de melk.
- Bij maatregelen die tot minder ammoniakemissie vanuit de stal leiden door aanpassingen in de stal (bijv. emissiearme vloeren) blijft er meer stikstof achter in de mest:
  - Is het effect van andere maatregelen die op de stalemissie ingrijpen minder in absolute zin.
  - Als de hoeveelheid toegediende mest bij aanwending niet wordt aangepast, zal dit leiden tot hogere emissie bij aanwending.

De te verwachten emissiereductie van gecombineerde – gestapelde – maatregelen is in veel gevallen dus **lager** dan de som van individuele bronmaatregelen afzonderlijk. Het werkingsmechanisme van een deel van de maatregelen is dat het de Totale Ammoniakale Stikstof (TAN)<sup>4</sup> in de mest verlaagt. Het reductiepercentage (bijvoorbeeld een 10% lagere TAN en daardoor 10% lagere ammoniakemissie) blijft vaak hetzelfde, maar omdat er minder TAN aanwezig is zal het effect van een extra maatregel – uitgedrukt in kg of kton reductie – lager zijn.

Het volgende vereenvoudigde rekenvoorbeeld laat zien hoe dit werkt:

- Stel dat een technische aanpassing in de stal normaal gesproken de stalemissie verlaagt met 20 %.
- Bij een normaal dieet levert dit bij melkvee in een stal een reductie op van 20 % \* 13 kg per melkkoe.
- Een verlaagd eiwitgehalte in het dieet van de dieren zal de hoeveelheid beschikbare TAN in de mest verlagen. Uit de fiches blijkt dat een verlaging tot ongeveer 10% minder TAN in de mest voor voermaatregelen bij melkvee mogelijk is.
- De verlaging van de emissie door de stalmaatregel levert dan 20% van 90% op.

In onderstaande tabel staat dit voorbeeld uitgewerkt voor een melkveestal, uitgaande van een verlaagd eiwitgehalte in het voer (met een ammoniakemissiereductie van 10% tot gevolg), gevolgd door een emissiereductie van 20% door een stalaanpassing. Uitgangspunt is een emissie van 13 kg ammoniak per koe. De combinatie van deze twee maatregelen geeft eerst een reductie van 10% door de voermaatregel, waardoor de emissie  $13 - 1,3 = 11,7$  kg ammoniak wordt. Door de stalaanpassing is de uiteindelijke emissie  $(100 - 20\%) * 11,7 = 9,4$  kg ammoniak (-3,6 kg t.o.v. de standaard situatie). De totale reductie is dus geen  $(10\% + 20\%) = 30\%$ , maar 'slechts' 28%  $(= 3,6/13)$ .

---

<sup>4</sup> TAN is dat deel van de stikstof dat in de vorm van ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) en ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) in de mest aanwezig is.

<b>Standaard = 13 kg NH<sub>3</sub>/koe</b>	<b>Effect losse maatregel</b>		<b>Stapeleffect</b>	
	<b>%</b>	<b>kg NH<sub>3</sub>/koe</b>	<b>%</b>	<b>kg NH<sub>3</sub>/koe</b>
<b>Verlaagd eiwitgehalte voer</b>	-10%	-1,3 kg		
<b>Stalmaatregel</b>	-20%	-2,6 kg		
<b>Verlaagd eiwitgehalte + stalmaatregel</b>			-28%	-3,6 kg

Enkele uitgangspunten voor het combineren (stapelen) van bronmaatregelen:

- Het verlagen van de stikstofexcretie (in het begin van de voer-mestketen, bijvoorbeeld door het verlagen van het eiwitgehalte in het voer) is het meest effectief, want dat werkt overall door waar emissie plaatsheeft: stal, opslag, en aanwending. Wat er niet in gaat komt er later ook niet uit.
- Het verlagen van emissies in de stal (b.v. door de vloer vaker schoon te maken) leidt tot een hoger stikstofgehalte in de mest. Hierdoor hebben maatregelen die emissies verlagen tijdens de opslag of tijdens het toedienen van de mest een groter effect op de hoeveelheid ammoniak die in kg wordt verminderd. De emissiereductie in % van de uit te rijden mest blijft gelijk<sup>5</sup>.
- In gesloten stalsystemen (stallen voor varkens en pluimvee) met een luchtwasser leidt verlaging van het eiwitgehalte van het voer of een emissiearme vloer tot een vermindering van het rendement van de luchtwasser (in kg uitgedrukt, emissiereductie in % van de totale N in de mest blijft gelijk). Deze maatregelen verlagen de emissies in de stal, en hiermee de invoer van de luchtwasser.
- Meer beweiden leidt tot een geringere hoeveelheid mest in de stal, en verlaagt dus het rendement van maatregelen die stalemissies verlagen (b.v. het vaker schoonmaken van de vloer, koelen van mest, additieven toevoegen aan mest in de put).

Op bedrijfsniveau liggen sommige combinaties van maatregelen niet voor de hand, bijvoorbeeld omdat ze bedrijfstechnisch lastig te combineren zijn, of omdat de effectiviteit van de maatregelen afneemt door andere maatregelen. Voorbeelden daarvan zijn:

- Technisch moeilijk te combineren: vergaande verlaging van het ruw eiwit in veevoer in combinatie met veel weidegang. Vers gras bevat veel ruw eiwit. Als een koe veel vers weidegras eet, vergt het veel vakmanschap om het RE-gehalte van het totale rantsoen op (bijv.) 155 RE/kg DS te houden<sup>6</sup>.
- Combinatie van maatregelen die elkaars effectiviteit verlagen: meer weidegang in combinatie met een LelySphere of (een andere vorm van) dagontmesting met vergisting ligt niet voor de hand. De hoge investering in dit soort systemen vergt dat dieren de meeste tijd in de stal doorbrengen.
- Verder zijn er maatregelen die in feite varianten van elkaar zijn, en waarbij een boer dus slechts een van deze maatregelen zal kiezen, denk bijvoorbeeld aan een chemische of biologische luchtwasser, een koetoilet of een andere vorm van mestscheiding.

Op gebiedsniveau is het overigens wel mogelijk verschillende type maatregelen te combineren zonder dat dit ten koste gaat van de effectiviteit. Zo kan het ene bedrijf inzetten op een LelySphere terwijl een ander bedrijf via maximalisatie van de beweiding emissiereductie realiseert.

<sup>5</sup> Deze redenering is gebaseerd op berekeningen met forfaitaire waarden voor het stikstofgehalte van de mest. Indien wordt gerekend met het daadwerkelijke stikstofgehalte in de mest zou de boer minder dierlijke mest (met een hoger N gehalte) mogen toedienen om binnen de norm van 170 k N te blijven. In dat geval blijft de emissie(reductie) gelijk.

<sup>6</sup> <https://www.verantwoordeveehouderij.nl/nl/verantwoorde-veehouderij/show-15/veel-vers-gras-en-een-laag-re-lijken-sleutels-voor-lage-emissies.htm>

## **Gevolgen op landelijke schaal**

Maatregelen beïnvloeden verschillende activiteiten op het bedrijf, en daarmee vervolgactiviteiten zowel binnen als buiten het bedrijf (mest bevat bijvoorbeeld minder stikstof).

Doordat veel bedrijven meer mest produceren dan ze op eigen land mogen toedienen leidt een eventuele verlaging van de plaatsingsruimte op eigen bedrijf (bijvoorbeeld doordat op een deel van de gronden geen dierlijke mest wordt gebruikt) ertoe dat er (meer) mest wordt afgevoerd. Gevolg hiervan kan zijn dat ontvangende bedrijven die nog niet de maximale toegestane hoeveelheid dierlijke mest op hun bedrijf toedienen ertoe overgaan om hun mestgift te verhogen. De als gevolg hiervan toenemende ammoniakemissie is een landelijk effect.

Wanneer er nergens plaatsingsruimte is en de mest wordt geëxporteerd naar een naburig land, dan zal de emissie daar plaatsvinden, en de emissie in Nederland verminderen.

## Meervoudige doelen

Maatregelen hebben vaak verschillende effecten. Omdat in dit rapport vermindering van ammoniakemissies centraal staat, worden andere effecten beschouwd als neveneffecten. Stuur men op meerdere doelen, dan kan dat gevolgen hebben voor het beoogde hoofdeffect van de maatregelen (vermindering van ammoniakemissie). In zijn algemeenheid is het aan te bevelen integraal te sturen op meerdere doelen. Uit tabel 1 blijkt dat dit ook mogelijk is; maatregelen dragen bij aan vermindering van de ammoniakemissie, en soms ook aan andere doelen.

Indien integraal wordt gestuurd op meervoudige doelen (bijvoorbeeld ammoniak, broeikasgassen en waterkwaliteit - uit- en afspoeling van nutriënten), kan het beoogde effect op deze thema's in bepaalde gevallen niet maximaal zijn. Dit wordt zichtbaar in de volgende voorbeelden:

- Eiwitarm voeren biedt perspectief voor verlaging van de ammoniakemissie. Structuurarm voer draagt bij aan verlaging van de methaanemissie. Dit maakt dat het niet eenvoudig is zodanig te voeren dat voor beide doelen maximaal reductie wordt bereikt. De kans is groot dat er voor beide doelen een vermindering wordt gerealiseerd. Deze zal echter lager zijn dan als op één doel wordt gestuurd.
- Veel staltechnieken zijn gericht op één emissie (alleen ammoniak, of alleen broeikasgassen).

In zogenaamde overgangsgebieden staat integrale sturing centraal. Dat lichten we hieronder verder toe.

## Integrale sturing in overgangsgebieden

Overgangsgebieden zijn gebieden rondom kwetsbare gebieden waar functies en activiteiten een bijdrage moeten leveren aan natuurherstel. Een vaste definitie van overgangsgebieden ontbreekt echter; het betreft gebieden waar landbouw en natuur samenkomen (Boezeman et al., 2024)<sup>7</sup>.

Het zijn zones tussen intensief agrarisch gebied en natuurgebieden (zoals Natura 2000-gebieden), bedoeld om de stikstofdruk op natuurgebieden te verminderen, de biodiversiteit en waterkwaliteit te verbeteren, effecten van klimaatverandering op te vangen en de landbouw te extensiveren. Daarmee creëren zij een geleidelijke overgang tussen intensieve landbouwgebieden en natuurgebieden. In deze zones worden de verschillende opgaven integraal opgepakt en multifunctioneel ingericht. Het worden geen natuurgebieden; er blijft ruimte voor landbouw, recreatie en andere ecosysteemdiensten (Salverda & Pleijte, 2022)<sup>8</sup>.

In het voormalige Nationale Programma Landelijk Gebied (NPLG) zijn provincies door het Rijk gevraagd om deze overgangsgebieden uit te werken. Provincies kunnen hier gemotiveerd van afwijken, mits zij onderbouwen hoe zij hier op een andere manier invulling aan geven. In de eerste provinciale uitwerkingen was de precieze invulling van de overgangszones echter vaak nog onvoldoende concreet. Veel plannen benoemen de zones, maar specificeren niet welke maatregelen daadwerkelijk worden genomen. Bovendien ontbreekt vaak een samenhangende visie op de inrichting van deze zones, zoals de beoogde doelen, de gewenste combinatie van functies en de acceptabele mate van landbouwintensiteit (Haan et al., 2021)<sup>9</sup>.

Overgangsgebieden zijn geen strikt afgebakende gebieden. Ecologisch en hydrologisch systeemherstel zijn leidend voor hun omvang. Voor het behalen van de doelen van de Vogel- en Habitatrichtlijn zijn extensief gebruikte overgangsgebieden rondom Natura 2000-gebieden noodzakelijk. Deze zones variëren in breedte van circa 500 tot 2000 meter, om de effecten van stikstofdepositie en wateronttrekking op natuurgebieden te beperken (PBL, 2025)<sup>10</sup>. In deze zones staat extensief grondgebruik en natuurinclusieve landbouw centraal.

De combinatie van landbouwmaatregelen in overgangsgebieden moet daarom niet alleen gericht zijn op de reductie van ammoniakemissies, maar ook afgestemd worden op, en bij voorkeur bijdragen aan, de maatregelen die nodig zijn voor de andere opgaven in deze gebieden.

Gies et al. (2025)<sup>11</sup> hebben verschillende maatregelen gedefinieerd voor natuurinclusieve bedrijfssystemen in de grondgebonden sectoren, met name de melkveehouderij en akkerbouw. Het gaat om een samenhangende combinatie van maatregelen, zoals agrarisch natuurbeheer, meer landschapselementen, meer weidegang, meer kruidenrijk grasland, een lagere krachtvoergift, meer gebruik van vaste mest en geen kunstmest, emissiearme stalsystemen, een lagere veebezetting per hectare, een extensiever bouwplan met meer maai- en rustgewassen en beperkt tot geen gebruik van gewasbeschermingsmiddelen. Een deel van deze maatregelen staat ook in deze rapportage, vanwege de bijdrage aan vermindering van de ammoniakemissie.

De scenarioberekeningen in Gies et al. (2025) laten zien dat de maatregelen in samenhang leiden tot een vermindering van landbouwemissies (ammoniak, broeikasgassen en nitraat). Tegelijkertijd dragen de maatregelen bij aan een toename van de biodiversiteit en aan een gevarieerd en klimaatbestendig landschap.

---

<sup>7</sup> Boezeman et al., 2024. *Ex ante analyse Nationaal Programma Landelijk Gebied: provinciale programma's en rijksmaatregelen*. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving, Wageningen: Wageningen University & Research, Delft: Deltares, Bilthoven: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu.

<sup>8</sup> Salverda, I.E., M. Pleijte, 2022. Verkenning van het provinciale beleid voor overgangszones die grenzen aan natuur; *Leren over governance-uitdagingen voor een integrale gebiedsaanpak*. Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WOT-rapport 143

<sup>9</sup> Haan et al., 2021. *Naar een natuurinclusieve ruimtelijke inrichting rond Natura 2000-gebieden, een verkenning*. BügelHajema, H+N+S Landschapsarchitecten, Sweco, TAUW e Witteveen+Bos.

<sup>10</sup> PBL (2025), *Landbouw- en Natuurverkenning: Zoeken naar een nieuwe balans tussen landbouw en natuur in 2050*. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving (in samenwerking met WUR en Deltares).

<sup>11</sup> Gies, E., Berkhof, M., Nieuwenhuizen, W., Cals, T., de Adelhart Toorop, R., Evers, A., van Geel, W., Kros, H., & Voogd, J. C. (2025). *Wat kan natuurinclusieve landbouw bijdragen aan de milieupgaven? Een modelmatige verkenning naar de bijdrage van natuurinclusieve landbouw aan de opgaven stikstof, klimaat en waterkwaliteit in het landelijk gebied*. Rapport Wageningen Environmental Research; No. 3411. <https://doi.org/10.18174/685603>

## Evaluatie van bevindingen en suggesties voor vervolgwerk

Met dit rapport is gewerkt aan uniformering van effectinschattingen voor bronmaatregelen in de landbouw. Het is aan te bevelen om de in dit rapport vermelde maatregelen met een lage en matige betrouwbaarheid nader te onderzoeken om de effectiviteit beter te kunnen bepalen.

Daarnaast heeft de wijze van toepassing van maatregelen in de praktijk veel invloed op de effectiviteit van de maatregel. Daarom is het van belang om te onderzoeken hoe de effectiviteit geborgd kan worden, bijvoorbeeld met metingen of sensoren, door in te zetten op een (separate) borgingsagenda met instrumenten als educatie en training, en door aandacht te besteden aan het verdienvermogen van ondernemers die maatregelen moeten nemen.

Voor wat betreft het (terug)verdienvermogen voor ondernemers die emissiebeperkende maatregelen (moeten) nemen, is een optie om in vervolgwerk een indicatie van de kosten van maatregelen te geven, met rangschikking van maatregelen op kosteneffectiviteit (ammoniakemissiereductie per euro) en voor sommige maatregelen ook de sociaal-maatschappelijke neveneffecten. Hiermee kan worden ingeschat of maatregelen betaalbaar zijn, en wie welk deel van de rekening betaalt of moet betalen. Dit mede in relatie tot (de berekening van) keteneffecten en compensatiemogelijkheden die daarmee inzichtelijk worden.

Verder zijn de volgende onderzoeksvragen van belang:

- Doorrekening van (stapelen van) maatregelen op bestaande bedrijven, de keten en over sectoren. Dit zou onderzocht kunnen worden met de modellen NEMA en INITIATOR eventueel na aanpassing. Het is gewenst om daarbij aan te sluiten op bestaande doorontwikkeling van WUM, NEMA en INITIATOR tot REMAS en reNEMA.
- Onderzoek naar integrale maatregelen en de effectiviteit t.a.v. doelbereik. Hierbij kan het enerzijds gaan om individuele maatregelen met relatief veel synergie (positieve scores) op doelbereik op meerdere duurzaamheidsdomeinen (ammoniakemissie, klimaat, biodiversiteit, waterkwaliteit en diergezondheid/welzijn), en anderzijds om combinaties van maatregelen (maatregelarrangementen) met relatief veel synergie op deze domeinen. Hierbij kunnen verschillende bedrijfsstijlen doorgenomen worden, zoals volledig grasgevoerd, grondgebonden, biologisch, natuurinclusief, etc. Dit vergt goede karakterisering, maar kan boeren en provincies handen en voeten geven bij omschakeling naar duurzamere vormen van landbouw.

## Toepassing van de resultaten uit dit rapport

De in dit rapport genoemde effecten van bronmaatregelen zijn bedoeld voor het op uniforme wijze kunnen berekenen van effecten van maatregelen, zodat provincies hier gebiedsprocessen op kunnen baseren en effecten van maatregelen die ze in gebiedsplannen opnemen, beter kunnen bepalen. De effectinschattingen zijn niet bedoeld voor berekeningen ter onderbouwing van vergunningverlening en kunnen niet gebruikt worden om plannen van individuele bedrijven juridisch te beoordelen. Het zijn geen kengetallen voor bedrijfsspecifieke doelsturing met wettelijke en juridische basis. Eveneens worden niet alle in dit rapport gepresenteerde effectinschattingen op dit moment meegenomen in de nationale emissie monitoring.

Dit rapport is wél een bron van kennis en inspiratie voor ondernemers die maatregelen moeten nemen om bedrijfsspecifieke emissiereductiedoelen te halen, en voor provincies, die zoals gezegd met dit rapport de effecten van maatregelen die ze in gebiedsplannen opnemen, beter kunnen bepalen. Het maakt immers kennis toegankelijk omtrent effecten van maatregelen, onzekerheden in de inschatting van die effecten, randvoorwaarden, borging, keten, neven- en landelijke effecten. In die zin is dit rapport een aanvulling op bestaande, veelal wetenschappelijke en niet voor iedereen toegankelijke literatuur. Er kan tenslotte geen aanspraak gedaan worden op in dit rapport gepresenteerde informatie bij geschillen en/of toekomstige veranderingen in inzichten.

## Bijlage 1 Experts

### Samenstelling van de groep experts

De groep experts bestond voor deze tweede editie van het rapport met Uniforme effectinschattingen uit zeven leden (zie tabel A1). Zij zijn afkomstig van de Wageningen Universiteit & Research Research (Edo Gies), Wageningen Universiteit & Research en NMI (Gerard Ros), CBS (Merel van der Most), PBL (Lena Schulte-Uebbing) en de provincies Noord-Brabant (Theo van de Ven), Zeeland (Sander van Schilt) en Gelderland (Nick van den Broek). De experts zijn ieder op eigen wijze en terrein deskundig en betrokken bij het stikstofdossier. Edo Gies en Gerard Ros zijn als wetenschappelijk onderzoeker betrokken bij provinciale scenariostudies en effectevaluaties. Merel van der Most beheert namens de taakgroep Landbouw van de Emissieregistratie het NEMA-model. Lena Schulte-Uebbing is betrokken bij beleidsgerichte verkenningen, analyses en evaluaties op het terrein van landbouwemissies. Theo van de Ven is projectleider innovatie veehouderij en beleidsadviseur bij de provincie Noord-Brabant. Sander van Schilt is vergunningverlener natuurbescherming stikstof bij de provincie Zeeland en Nick van den Broek is in een soortgelijke functie werkzaam bij de provincie Gelderland. Tezamen vormen de leden van de expertgroep een evenwichtige vertegenwoordiging uit de wereld van onderzoek, beleid en praktijk van vergunningverlening.

Voor de eerste editie van dit rapport (gepubliceerd 19 december 2025 op de website van BIJ12) waren Jan-Willem Erisman (Centrum voor Milieuwetenschappen Leiden; Universiteit Leiden), Cor van Bruggen (CBS) en Jannie de Bruine (Omgevingsdienst Noord Holland Noord) als experts betrokken.

Jan-Willem Erisman heeft feedback gegeven op een conceptversie van deze tweede editie van het rapport Uniforme effectinschattingen voor bronmaatregelen in de landbouw op ammoniakemissies. Wij zijn hem daarvoor zeer erkentelijk.

### Werkwijze, rollen en inhoudelijke verantwoordelijkheid voor dit rapport

De leden van de expertgroep zijn bijgestaan door een voorzitter (Frits van de Schans, CLM Onderzoek en Advies) en twee inhoudelijk adviseurs (Carin Rougoor van CLM en Hans Langeveld van Biomass Research). De inhoudelijk adviseurs hebben in afstemming met de IPLG-projectleider (Evert Visser) conceptteksten voorbereid ter bespreking tijdens vijf achtereenvolgende bijeenkomsten om effectinschattingen te actualiseren en nieuwe maatregelen toe te voegen. Zij hebben de inbreng van experts tijdens bijeenkomsten verwerkt, evenals schriftelijke input op conceptteksten voor, tijdens en na bijeenkomsten. Vanuit provincies was een toehoorder aanwezig (Arnout Heuven, provincie Overijssel), om in 2025 opgehaalde vragen en behoeften van provincies nader toe te lichten.

De rol van experts bij de totstandkoming van dit rapport is geweest te reflecteren op conceptteksten van de inhoudelijk adviseurs en IPLG-projectleider tijdens vijf achtereenvolgende bijeenkomsten gedurende de maanden september 2025 t/m maart 2026. Zij hebben aldus kennis ingebracht om te komen tot een inschatting van de effectiviteit van maatregelen, met alle kanttekeningen die daarbij horen (zie bijlage 2 en de paragraaf over toepassing van resultaten van dit rapport).

Inhoudelijke eindverantwoordelijkheid voor dit rapport ligt volledig bij het IPO – Interprovinciaal Programma Landelijk Gebied (IPLG).

**Tabel A.1. Leden van de groep van experts**

<b>Naam</b>	<b>Rol</b>	<b>Organisatie</b>	<b>Functie binnen de organisatie</b>
<b>Nick van den Broek</b>	Expert	Provincie Gelderland	Vergunningverlener N2000/Omgevings wet en beleidsadviseur Landbouw
<b>Edo Gies</b>	Expert	WUR	Wetenschappelijk onderzoeker Regionale ontwikkeling en ruimtegebruik
<b>Merel van der Most</b>	Expert	CBS	Onderzoeker Milieustatistieken en beheerder WUM en NEMA-modellen
<b>Gerard Ros</b>	Expert	WUR en NMI	Wetenschappelijk onderzoeker bodem, agronomie gedrag van nutriënten in de landbouw
<b>Sander van Schilt</b>	Expert	Provincie Zeeland	Vergunningverlener N2000/Omgevings wet
<b>Lena Schulte-Uebbing</b>	Expert	PBL	Wetenschappelijk onderzoeker landbouwemissies en stikstof
<b>Theo van de Ven</b>	Expert	Provincie Noord-Brabant	Projectleider Innovatie Veehouderij, Beleidsadviseur Landbouw
<b>Frits van der Schans</b>	Voorzitter	CLM Onderzoek en Advies	Adviseur
<b>Carin Rougoor</b>	Inhoudelijk adviseur	CLM Onderzoek en Advies	Adviseur
<b>Hans Langeveld</b>	Inhoudelijk adviseur	Biomass Research	Adviseur/oprichter
<b>Arnout Heuven</b>	Gedelegeerd opdrachtgever, toehoorder	Provincie Overijssel	Adviseur beleidsinformatie
<b>Evert Visser</b>	Projectleider	IPO/IPLG	Adviseur Informatievoorziening Landelijk Gebied

## Bijlage 2 Factsheets

Deze bijlage bevat de volledige beschrijving, analyse en berekeningen per maatregel (factsheets).

1. Verlaging ruw eiwit in veevoer.....	26
2. Verlaging mestgift.....	28
3. Besproeien stalvloeren/roosters.....	29
4. Meer weidegang toepassen .....	31
5. Mest aanzuren in stal (met b.v. zwavel- of salpeterzuur) .....	33
6. Mest biologisch aanzuren in combinatie met vergisting .....	35
7. Aanzuren mest bij aanwending .....	37
8. Emissiearme vloer met mestschuif. ....	39
9. Graslandbeheer (gras-klovermengsel) .....	41
10. Chemische luchtwassers .....	43
11. Biologische luchtwassers.....	44
12. Koelen mest .....	45
13. Cow toilet .....	46
14. Strippen mest (na mestscheiding).....	47
15. Lely Sphere.....	49
16. Bedrijfsbeëindiging / opkoop productierechten.....	50
17. Krimp van de veestapel op bedrijfsniveau .....	51
18. Dagontmesting (in combinatie met monovergisting).....	53
19. Diepe mestinjectie op bouw- en grasland .....	54
20. Bedrijfsverplaatsing met inzet van BBT .....	56
Opties die bij voorkeur niet als "maatregel" worden opgevoerd.....	58
21. Toevoegmiddelen aan mest.....	59
22. Windsingels.....	60
23. Beluchten van mest .....	59
24. Verdund aanwenden mest.....	60
25. Renure .....	63

## Aannames factsheets

### Emissies vanuit stal en opslag en veldemissies

Ammoniakemissie bestaat uit stalemissies, emissies uit mestopslag en veldemissies als gevolg van aanwending van mest. In onderstaande factsheets worden de emissies uitgedrukt als percentage van de stalemissie, of als percentage van de veldemissies, of (in enkele gevallen) als percentage van het bedrijfstotaal. Het effect op de totale emissies van het bedrijf wordt niet weergegeven, omdat dit van bedrijf tot bedrijf kan verschillen. Globaal geldt dat circa 50% van de totale ammoniakemissie vanuit de landbouw is afkomstig is uit stal en opslag en voor de overige 50% het gevolg van bemesting met dierlijke mest en kunstmest en beweiding.

### Aannames berekeningen

De gevolgen van maatregelen op een bedrijf worden berekend voor het betreffende bedrijf en de bijbehorende grond. Effecten op andere bedrijven worden alleen kwalitatief weergegeven. Voor de voorbeeldberekeningen zijn de volgende aannames gedaan:

- Een voorbeeldbedrijf heeft 100 melkkoeien met een stalsysteem met een emissiefactor van 13 kg ammoniak per dierplaats per jaar. De stalemissie is daarmee 1300 kg ammoniak per jaar. Ook de veldemissies zijn 1300 kg ammoniak per jaar
- Een voorbeeld varkensbedrijf heeft 4.000 varkens met een emissie van 1,6 kg ammoniak per dierplaats, De stalemissie is daarmee 6.400 kg NH<sub>3</sub>/jaar
- Bij aanwending van mest houdt de agrarier rekening met de daadwerkelijke N-gehalten van de mest. Dit betekent dat wijziging van de mestsamenstelling als gevolg van genomen maatregelen, in principe geen invloed heeft op de hoeveelheid toegepaste N per hectare. Dit uitgangspunt is gekozen zodat helder staat beschreven wat het effect van de specifieke maatregel is. In praktijk is het belangrijk het risico te onderkennen dat een agrarier geen rekening houdt met gewijzigde mestsamenstelling bij de bemesting, waardoor een vorm van afwenteling ontstaat. Dit risico ontstaat bij maatregelen in de melkveehouderij waarbij de melkproductie per koe en het ureumgetal niet wijzigen, maar de mestsamenstelling op moment van aanwending wel (zoals het geval is bij bijvoorbeeld de maatregelen 'emissiearme vloer' en 'aanzuren van mest'). Als de melkveehouder de bemesting dan uitvoert op basis van (gelijkblijvende) forfaitaire waarden, neemt de hoeveelheid N via bemesting iets toe.

### Toelichting beoordeling neveneffecten

Voor iedere maatregel wordt weergegeven wat mogelijke neveneffecten zijn. Hierbij wordt de volgende beoordeling gehanteerd:

- 0: geen effect op dit thema
- +: een gunstig effect op dit thema
- -: een ongunstig effect op dit thema
- -/0/+ : het effect kan zowel positief, negatief als neutraal zijn.

## 1. Verlaging ruw eiwit in veevoer

<b>Omschrijving</b>	Veevoer bevat eiwitten. Wanneer de hoeveelheid eiwit in veevoer wordt verlaagd, daalt de hoeveelheid overtollige stikstof die in de mest en urine terechtkomt. Hierdoor daalt de ammoniakemissie		
<b>Domein</b>	Toepasbaar voor melkvee (170 tot 150 gram RE in het rantsoen), pluimvee (230 tot 170 gram) en varkens (160 tot 135 gram)		
<b>Voorwaarden</b>	Indien toegepast bij melkveebedrijven, gelden de effecten alleen binnen bepaalde grenzen. Bij melkvee is dit tussen een eiwitgehalte van 150 en 170 gram ruw eiwit per kilogram droge stof in het totale rantsoen. Indien toegepast bij pluimveebedrijven of varkenshouders, moet er uitgegaan worden van het <a href="#">standaard</a> eiwitgehalte in het voer. Bij aanwending van mest wordt rekening gehouden met wijzigingen in N-gehalte van de mest, zodat N-gift per hectare gelijk blijft.		
<b>Effect</b>	<p><b>Melkvee:</b> 0 – 20% reductie stalemissie. 1 gram eiwitreductie staat gelijk aan 1% stikstofemissiereductie vanuit de stal. Deze reductie is lineair in het traject tussen een RE gehalte van 170 en 150 gram. Vervolgens daalt de behaalde reductie per vermindering van eiwitgehalte.</p> <p><b>Varkens:</b> 0-25% reductie stalemissie. Afnemende reductie bij een lager eiwitgehalte. Op <a href="#">praktijkbedrijven</a> bleek 1 gram eiwitverlaging te leiden tot 1-1,2% ammoniakreductie -.</p> <p><b>Pluimvee:</b> 0-10% reductie stalemissie. Afnemende reductie bij een lager eiwitgehalte. Een daling van 1 gram eiwit zorgt voor 1% minder <a href="#">stikstofuitscheiding</a>. Effecten variëren tussen leghennen, vleeskuikens, kalkoenen en eenden.</p>		
<b>Betrouwbaarheid</b>	Alle diersoorten: hoog		
<b>Berekend of gemeten</b>	Melkvee: o.a. voederproeven in combinatie met modelberekeningen (2017) Varkens: ammoniakmetingen in stallen (2011/12) Pluimvee: metingen en schattingen met wisselende resultaten (vanwege grote invloed van vochtgehalte strooisel op de ammoniakemissie) (2012)		
<b>Neveneffecten</b>	Stikstof uit- en afspoeling/waterkwaliteit	0	Uitspoeling blijft gelijk, omdat N-gift gelijk blijft.
	Broeikasgasemissies	0/+	Mogelijk minder broeikasgasemissies als minder krachtvoer wordt aangevoerd
	Biodiversiteit	-/0/+	Effect afhankelijk van wijzigingen in de teelt. Minder mest is gunstig voor biodiversiteit, meer mais (ten koste van gras) is negatief
	Dierwelzijn/gezondheid	0	Geen effect. Er zit een kritische ondergrens aan het eiwitgehalte in relatie tot productie en gezondheid
	Overig	0	Geen effect
<b>Borging</b>	Voor varkens- en pluimveehouderij is dit relatief eenvoudig via aankoop van voer te verifiëren. Voor melkveehouderij kan het worden ingeschat via de Kringloopwijzer, maar dit is relatief fraudegevoelig.		
<b>Rekenvoorbeeld</b>	<u>Voorbeeld 1, huidige situatie:</u> Een stal met 100 melkkoeien, zonder emissieverlagende maatregelen, heeft	<u>Voorbeeld 1, nieuwe situatie:</u> Wanneer het eiwitgehalte met 10 gram daalt (van 162 naar 152 g/kg ds)	<u>Voorbeeld 1, reductie:</u> Totale reductie is 130 kg/NH <sub>3</sub> /jaar.

	<p>voer dat gemiddeld over het jaar 162 gram eiwit per kg droge stof bevat. De stalemissie is 1.300 kg NH<sub>3</sub>/jaar, veldemissie is 1.300 kg NH<sub>3</sub>/jaar; bedrijfsemissie 2.600 kg NH<sub>3</sub>/jaar.</p> <p><u>Voorbeeld 2. Huidige situatie:</u> Een stal met 100 melkkoeien, gevoerd met voer dat gemiddeld over het jaar 162 gram eiwit per kilogram droge stof bevat. Er is een emissiearme vloer; de stalemissie is 900 kg NH<sub>3</sub>/jaar, veldemissie is 1.300 kg NH<sub>3</sub>/jaar. Totale bedrijfsemissie is 2.200 kg NH<sub>3</sub>/jaar</p>	<p>daalt de stalemissie met 10%. Stalemissie is dan <math>1.300 * 0,9 = 1.170</math> kg NH<sub>3</sub>/jaar. Veldemissie verandert niet of beperkt.</p> <p><u>Voorbeeld 2. nieuwe situatie:</u> Wanneer het eiwitgehalte met 10 gram daalt, van 162 naar 152, daalt de stalemissie met 10%. <math>900 * 0,9 = 810</math> kg NH<sub>3</sub>/jaar. Veldemissie verandert niet of beperkt.</p>	<p><u>Voorbeeld 2. reductie:</u> Totale reductie is 90 kg NH<sub>3</sub>/jaar.</p>
<p><b>Keteneffecten</b></p>	<p>Bij een verlaging van het eiwitgehalte in het voer vermindert het stikstofgehalte in de mest. Hiermee daalt de emissie van de vloer, uit de put. Dit houdt in dat eventuele maatregelen die ingrijpen op de vloeremissie, in absolute zin minder effectief zijn. Effect van andere maatregelen zoals emissiearme vloeren wordt hiermee beperkter. Emissie bij mesttoediening kan mogelijk iets afnemen door lagere TAN, maar dit is nog niet aangetoond.</p>		
<p><b>Literatuurlijst</b></p>	<p>Groenestein K, Bikker P, van Bruggen C, Ellen H, van Harn J, Huijsmans J, Ogink N, Şebek L &amp; Vermeij I (2019). PAS. Aanvullende reservemaatregelen Landbouw: uitwerking van een Quick scan. Livestock Research, Wageningen. Rapport 1145, 53 pp. Ros et al 2024 Verkenning effecten landbouwinnovaties. Wageningen Universiteit, Rapport 2024.159 RVO, regeling ammoniak en veehouderij, <a href="https://wetten.overheid.nl/BWBR0013629/2023-04-01">https://wetten.overheid.nl/BWBR0013629/2023-04-01</a> Veldkamp, 2012, ammoniak pluimvee, <a href="https://edepot.wur.nl/206238">https://edepot.wur.nl/206238</a> Smits, 2012, ammoniak vleesvarkens, <a href="https://edepot.wur.nl/212436">https://edepot.wur.nl/212436</a> Bougouin, A., et al., Nutritional and environmental effects on ammonia emissions from dairy cattle housing: A meta-analysis. Journal of Environmental Quality, 2016. 45(4): p. 1123-1132. Sajeev, E.P.M., et al. Evaluating the potential of dietary crude protein manipulation in reducing ammonia emissions from cattle and pig manure: A meta-analysis. Nutrient cycling in agroecosystems., 2017.</p>		

## 2. Verlaging mestgift

<b>Omschrijving</b>	Minder aanwending van stikstof vanuit dierlijke mest en/of kunstmest. Dit kan bedrijfsbreed (verlaging op alle percelen) of door enkele (delen van) percelen niet te bemesten, boven op de 4% verplichting.		
<b>Domein</b>	Bedrijven met akkerland en/of grasland		
<b>Voorwaarden</b>	Geen voorwaarden aan verbonden		
<b>Effect</b>	Reductie van de veldemissies. Als de totale mestgift 10% wordt verlaagd (10% minder kunstmest en 10% minder dierlijke mest) dalen de veldemissies met 10%		
<b>Betrouwbaarheid</b>	Hoog		
<b>Berekend of gemeten</b>	Beredeneerd		
<b>Neveneffecten</b>	Stikstofuit- en afspoeling/waterkwaliteit	+	Doordat er minder wordt bemest, daalt de kans op uit- en afspoeling
	Broeikasgasemissies	0/+	Minder kunstmestgebruik zorgt voor vermindering in N <sub>2</sub> O emissies en minder CO <sub>2</sub> als gevolg van kunstmestproductie
	Biodiversiteit	+	
	Dierenwelzijn/gezondheid	0	
	Overig	-	Minder mestplaatsingsruimte, druk op mestmarkt neemt toe, meer mestafzetkosten, met groter risico op overbemesting
<b>Borging</b>	Controle op bedrijfsniveau via mestboekhouding inclusief kunstmestaankopen.		
<b>Rekenvoorbeeld</b>	<u>Voorbeeld, huidige situatie:</u> Een bedrijf met stalemissie van 1.300 kg NH <sub>3</sub> /jaar en veldemissie van 1.300 kg NH <sub>3</sub> /jaar	<u>Voorbeeld, nieuwe situatie:</u> De boer besluit om 10% minder te bemesten. De stalemissies blijven gelijk op 1300 kg NH <sub>3</sub> /jaar. De veldemissie daalt 10%. Veldemissie = 1.300 * 0,90 = 1.170 kg NH <sub>3</sub> /jaar.	<u>Voorbeeld, reductie:</u> Totale reductie is 130 kg NH <sub>3</sub> /jaar. Dit is een reductie van 5 % op bedrijfsniveau.
<b>Keteneffecten</b>	Kans op bemesting boven de norm neemt toe wanneer de druk op te mestmarkt toeneemt.		
<b>Literatuurlijst</b>			

### 3. Besproeien stalvloeren/roosters.

<b>Omschrijving</b>	Door het besproeien van de stalvloeren (10 l/per dag/m <sup>2</sup> ) wordt urine verdund, de omzetting naar ammoniak vertraagd en de blootstelling van urine aan de lucht verminderd. Dit verlaagt de ammoniakemissies in de stal. Direct effect is het verlagen van de vloeremissie. Dit leidt tot een verdunning van de mest in de opslag en daardoor tot een verlaging van de emissie uit de mestput. Zie voor het effect bij aanwending van verdunde mest de factsheet 'Verdund aanwenden mest'. Dit effect wordt hier buiten beschouwing gelaten.		
<b>Domein</b>	Melkveebedrijven met ligboxstallen, varkenshouderij, kalverhouderij		
<b>Voorwaarden</b>	Voldoende waterbeschikbaarheid, zeker bij droogte Bij bemesting wordt rekening gehouden met het (gewijzigde) N-gehalte van de mest.		
<b>Effect</b>	10-40% NH <sub>3</sub> reductie van de stalemissie (voor grondloze bedrijven is dit daarmee ook de reductie van de bedrijfsemissie)		
<b>Betrouwbaarheid</b>	Matig / onduidelijk. Deel van het onderzoek loopt nog.		
<b>Berekend of gemeten</b>	Berekend & gemeten		
<b>Neveneffecten</b>	Stikstofuit- en -afspoeling/ waterkwaliteit	0	
	Broeikasgasemissies:	-	Kleine toename door meer transport van water en mest. Ook is er meer kans op N <sub>2</sub> O emissies bij mestaanwending.
	Biodiversiteit:	0	
	Dierwelzijn/gezondheid:	0	
	Overig:	-	Grotere mestopslag vereist; hogere transportkosten als mest moet worden afgezet. Ook moet er voldoende water beschikbaar zijn.
<b>Borging</b>	Aanwezigheid sproeisysteem is eenvoudig controleerbaar (met watermeter erop is daadwerkelijk gebruik ook te monitoren)		
<b>Rekenvoorbeeld</b>	<u>Oude situatie:</u> Een stal met 100 melkkoeien, zonder emissieverlagende maatregelen. De stalemissie is 1.300 kg NH <sub>3</sub> /jaar, veldemissie is 1.300 kg NH <sub>3</sub> /jaar; bedrijfsemissie 2.600 kg NH <sub>3</sub> /jaar.	<u>Nieuwe situatie:</u> De boer gaat in de stal water sproeien. De veldemissie blijft gelijk De nieuwe stalemissie ligt tussen de 1.300 * 0,90 = 1.170 en 1.300 * 0,60 = 780 kg NH <sub>3</sub> /jaar	<u>Reductie:</u> De behaalde reductie ligt tussen de 130 en 520 kg NH <sub>3</sub> /jaar Dit is een afname van tussen de 5 en 20% op bedrijfsniveau
<b>Keteneffecten</b>	Zie de factsheet 'verdund aanwenden van mest' voor de gevolgen bij aanwending.		
<b>Literatuurlijst</b>	<p>Akiyama H, Yan X &amp; K Yagi (2010) Evaluation of effectiveness of enhanced-efficiency fertilizers as mitigation options for N<sub>2</sub>O and NO emissions from agricultural soils: meta-analysis. Global Change Biology 16, 1837-1846.</p> <p>Anonymus (1998) Adviesbasis bemesting grasland en voedergrassen. Commissie bemesting Grasland en voedergrassen. Themaboekje 1998. PR Lelystad. Pp53</p> <p>Berntsen P, Menkveld N, Rougoor C &amp; F van der Schans (2022). Pragmatische aanpak stikstofcrisis. Effectiviteit en kosten van stikstof reducerende maatregelen in de melkveehouderij. ABN-publicatie, 35 pp.</p> <p>Dooren, H.J.C. van, K. Blanken, N.W.M. Ogink, 2022. Reductie van ammoniakemissie door gebruik van water in melkveestallen; Resultaten van</p>		

	emissiemetingen op Dairy Campus. Wageningen Livestock Research, Openbaar Rapport 1304.
--	---

## 4. Meer weidegang toepassen

<b>Omschrijving</b>	De melkkoeien worden 500 uur extra (of een veelvoud daarvan) per jaar geweid. Hierdoor vermindert de tijd dat de mest in de stal ligt, en het vermindert de vermenging van mest en urine in het veld. Zowel stal- als veldemissie wordt hierdoor verlaagd.		
<b>Domein</b>	Melkveebedrijven		
<b>Voorwaarden</b>	Er is voldoende ruime huiskavel voor meer weidegang (als dieren te intensief weiden op klein perceel, treedt vervuiling en meer ammoniakemissie op) Om ammoniakemissie te verlagen moet de stal opdrogen tijdens weidegang (bij vrije keuze weidegang deel van stal afsluiten voor koeien), of stal wordt gereinigd op moment dat dieren gaan weiden		
<b>Effect</b>	Zowel de veldemissies als de stalemissies nemen af. Bij 500 uur extra weidegang per jaar is de ammoniakemissiereductie circa 3% tot 7,5% van de totale bedrijfsemisies. Dit effect is niet lineair en neemt toe naar mate de weidegang toeneemt, tot een punt waarna meer weidegang voor weinig vermindering in stikstofemissies zorgt en het effect afvlakt.		
<b>Betrouwbaarheid</b>	Matig. Ingerekende effecten op ammoniak vanuit de stal (minder snelle uitdoving) als ook <b>tijdens</b> beweiding staan nog ter discussie. Huidige emissiefactoren NEMA staan ter discussie (nog niet gepubliceerd onderzoek WUR).		
<b>Berekend of gemeten</b>	Berekend		
<b>Neveneffecten</b>	Stikstofuit- en -afspoeling/ waterkwaliteit	-	Beperkt verhoogd risico op nitraatuitspoeling
	Broeikasgasemissies:	+ / 0 / -	Minder methaan (door vers gras), minder dieselgebruik, mogelijk meer lachgasemissie
	Biodiversiteit:	+	Koeienflatsen vormen een mini-ecosysteem
	Dierwelzijn/gezondheid :	+	Positief voor dierwelzijn (klauw- en uiergezondheid)
	Overig	+	Weidegang draagt bij aan het landschap en aan maatschappelijke waardering melkveehouderij
<b>Borging</b>	Eenvoudige controle op voldoende beschikbaarheid huiskavel en of het bedrijf is ingericht op weidegang (aanwezigheid voldoende huiskavel, afrastering, drinkbakken etc.). Hoeveel uren daadwerkelijk wordt geweid is alleen te controleren met een meetsysteem op koeniveau (weidepoortjes). Veel technieken beschikbaar, maar lage implementatiegraad, dus moeilijk in praktijk. Ook borgen van weidegang jongvee is moeilijk.		
<b>Rekenvoorbeeld</b>	<u>Huidige situatie:</u> Een stal met 100 melkkoeien, zonder emissieverlagende maatregelen. Er is 720 uur weidegang. De stalemissie is 1.300 kg NH <sub>3</sub> /jaar, veldemissie is 1.300 kg NH <sub>3</sub> /jaar; bedrijfsemisie 2.600 kg NH <sub>3</sub> /jaar.	<u>Nieuwe situatie:</u> De boer verhoogde de weidegang met 500 uur. Totaal wordt 1220 uur. De nieuwe totale bedrijfsemisie ligt tussen de 2.600* 0,97 = 2.522 en 2600* 0,925= 2.405 kg NH <sub>3</sub> /jaar	<u>Reductie:</u> Totale reductie is 78 tot 195 kg/NH <sub>3</sub> /jaar Dat is een bedrijfsreductie van tussen de 3 en 7,5% in ammoniakemissie
<b>Keteneffecten</b>	Beweiden heeft effect op de emissies die in de stal vanaf de stalvloer en uit de put komen. Maatregelen zoals een emissiearme vloer zullen hierdoor minder effect hebben.		

**Literatuurlijst**

Oenema J & K Verloop (2018). CDM Advies: Effecten van beweiding en mesttoediening op ammoniakemissies. Plant Research Wageningen, 16 pp.

Verbeek-Schilder en Verhoeven, 2024. De emissiearme bedrijfsvoering. Een praktische en onderbouwde aanpak om ammoniakemissie te reduceren op grondgebonden melkveebedrijven, 31 pp.

Onze analyse wijkt af van Ros et al. (2024); aangezien hij geen aantal uren noemt, wij hebben het gespecificeerd.

## 5. Mest aanzuren in stal (met b.v. zwavel- of salpeterzuur)

<b>Omschrijving</b>	Het aanzuren van mest in de opslag met behulp van verzurende middelen. Hierdoor verschuift het chemisch evenwicht in de mest. Vluchtig ammoniakgas (NH <sub>3</sub> ) wordt omgezet in niet-vluchtig ammonium (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )		
<b>Domein</b>	Melkveebedrijven met een mestopslag		
<b>Voorwaarden</b>	Aanvullende voorschriften voor gebruik en opslag van zwavel- of salpeterzuur . Toepassing bij voorkeur in combinatie met dagontmesting. De effectiviteit is afhankelijk van de wijze van implementatie (type zuur, etc.) Bij bemesting wordt rekening gehouden met het (gewijzigde) N-gehalte in de mest		
<b>Effect</b>	37-70% emissiereductie op stalniveau.		
<b>Betrouwbaarheid</b>	Hoog. Standaard praktijk in Denemarken, procesmatig onderbouwd omdat diffusie van ammoniak afhangt van pH. Bij een pH van 5,5 is de NH <sub>3</sub> -emissie gering.		
<b>Berekend of gemeten</b>	Berekend & gemeten, veldproeven, lab-proeven, en grootschalige uitrol (in buitenland)		
<b>Neveneffecten</b>	Stikstofuit- en -afspoeling/ waterkwaliteit:	0	
	Broeikasgasemissies:	+	Leidt tot methaanemissiereductie vanuit de mest (72% tot 99%)
	Biodiversiteit:	-/0	Zuur vormt een potentieel risico voor de biodiversiteit
	Dierwelzijn/gezondheid :	-/0	Zwavel op grasland kan risico vormen voor koeien bij te hoge S-giften (bij gebruik zwavelzuur)
	Overig:	-	Risico aantasting opslag (corrosie); veiligheids-risico door opslag en gebruik sterk zuur.
<b>Borging</b>	Controle via aankoopbonnen van middelen. Verbruiksmeting op het doseersysteem lijkt wenselijk.		
<b>Rekenvoorbeeld</b>	<u>Huidige situatie:</u> Een stal met 100 melkkoeien, zonder emissieverlagende maatregelen. De stalemissie is 1.300 kg NH <sub>3</sub> /jaar, veldemissie is 1.300 kg NH <sub>3</sub> /jaar; bedrijfsemis­sie 2.600 kg NH <sub>3</sub> /jaar.	<u>Nieuwe situatie</u> De boer besluit een van de bovengenoemde middelen te gebruiken. Stalemissie na implementatie ligt tussen de 1.300*0,63 = 819 en 1.300 * 0,30 = 390 kg NH <sub>3</sub> /jaar.	<u>Reductie</u> Behaalde reductie ligt tussen de 481 en 910 kg NH <sub>3</sub> /jaar. Op bedrijfsniveau is dit een reductie in ammoniakemissie van tussen de 19 en 35%
<b>Keteneffecten</b>	Het aanzuren van mest leidt tot lagere emissies vanuit de stal. Bij aanwending bevat de mest zuur. Deze maatregel beïnvloedt daarmee ook de emissie bij aanwending. Zie hiervoor de factsheet over aanzuren mest bij aanwending.		
<b>Literatuurlijst</b>	<p>Habtewold, J., Gordon, R., Sokolov, V., VanderZaag, A., Wagner-Riddle, C., &amp; Dunfield, K. (2018). Reduction in Methane Emissions From Acidified Dairy Slurry Is Related to Inhibition of Methanosarcina Species. <i>Frontiers in Microbiology</i>, 8. doi:10.3389/fmicb.2018.02806</p> <p>Sommer, S.G., Clough, T.J., Balaine, N., Hafner, S.D., &amp; Cameron, K.C. (2017). Transformation of Organic Matter and the Emissions of Methane and Ammonia during Storage of Liquid Manure as Affected by Acidification. <i>Journal of Environmental Quality</i>, May-June, 514-521. doi:10.2134/jeq2016.10.0409.</p>		

[VERA-Urkunde006\\_JH-Forsuring-NH4.indd](#)

van Boxmeer, E., & Ogink, N. (2023). *Mestadditieven voor ammoniakemissiereductie uit rundveemest*. (Rapport / Wageningen Livestock Research; No. 1443). Wageningen Livestock Research. <https://doi.org/10.18174/635331>

Puente-Rodríguez, D., Gollenbeek, L., Verdoes, N., & Bos, A. P. (2022). *Perspectief van het aanzuren van mest in Nederland om methaan- en ammoniakemissie te reduceren*. (Rapport / Wageningen Livestock Research; No. 1375). Wageningen Livestock Research. <https://doi.org/10.18174/572080>

## 6. Mest biologisch aanzuren in combinatie met vergisting

<b>Omschrijving</b>	Bij biologisch aanzuren produceren bacteriën melkzuur in de mest. Dit remt de werking van het enzym urease en daarmee wordt de ammoniakemissie verminderd. Met makkelijk afbreekbare koolstofverbindingen (bijv. door toevoeging van melasse) en/of organische zuren wordt het proces op gang gebracht. Dit biologisch aanzuren van mest biedt perspectief in het bijzonder in combinatie met vergisten tot groengas. Door de aanzuring blijft het digestaat minder ammoniakgevoelig bij aanwending.		
<b>Domein</b>	Melkveebedrijven met een mestopslag		
<b>Voorwaarden</b>	De effectiviteit is afhankelijk van de wijze van implementatie (type zuur, etc.) Bij bemesting wordt rekening gehouden met het (gewijzigde) N-gehalte in de mest.		
<b>Effect</b>	37-70% reductie van de ammoniakemissie op stalniveau		
<b>Betrouwbaarheid</b>	Matig / onduidelijk: Biologisch aanzuren is inpasbaar, maar vereist nog doorontwikkeling i.v.m. schuimvorming en stabilisatie van pH. Effecten aangetoond op lab en veldschaal. Wordt anno 2025 getoetst op bedrijfsniveau.		
<b>Berekend of gemeten</b>	Berekend & gemeten		
<b>Neveneffecten</b>	Stikstofuit- en -afspoeling/ waterkwaliteit	0	N-gift blijft gelijk.
	Broeikasgasemissies	+	Afvangen methaan in vergister
	Biodiversiteit	-/0	Zuur vormt een potentieel risico voor de biodiversiteit
	Dierwelzijn/gezondheid	0	Geen effect
	Overig	0	Geen effect
<b>Borging</b>	Controle via aankoopbonnen van middelen / registratie vergister.		
<b>Rekenvoorbeeld</b>	<u>Huidige situatie:</u> Een stal met 100 melkkoeien, zonder emissieverlagende maatregelen. De stalemissie is 1.300 kg NH <sub>3</sub> /jaar, veldemissie is 1.300 kg NH <sub>3</sub> /jaar; bedrijfsemissie 2.600 kg NH <sub>3</sub> /jaar.	<u>Nieuwe situatie</u> De boer besluit een van de bovengenoemde middelen te gebruiken. Stalemissie na implementatie ligt tussen de 1.300*0,30 = 390 en 1.300 * 0,63 = 819 kg NH <sub>3</sub> /jaar.	<u>Reductie</u> Behaalde reductie ligt tussen de 481 en 910 kg NH <sub>3</sub> /jaar.
<b>Keteneffecten</b>	Het aanzuren van mest leidt tot lagere emissies vanuit de stal en mesttoediening.		
<b>Literatuurlijst</b>	Bussink DW & AMD Van Rotterdam-Los (2013). Perspectieven om broeikasgas- en ammoniakemissie te reduceren door het aanzuren van mest. NMI-rapport 1426.N.11, 61 pp.  Bussink DW, JPM Sanders en J Boode (2025) Praktijkproef biologisch aanzuren mest in een rundveestal. NMI  Puente-Rodríguez, D. Gollenbeek, L.R., Verdoes, N. & Bos, A.P., 2022. Perspectief van het aanzuren van mest in Nederland om methaan- en ammoniakemissie te reduceren. Wageningen Livestock Research, Rapport 1375.		

	De Heij (2025) Acidification of Manure: Mechanisms of Ammonia Emission Reduction and Effects on Grassland Productivity and Quality - An extensive literature survey: 2000-2025
--	--

## 7. Aanzuren mest bij aanwending

<b>Omschrijving</b>	Dierlijke mest aanzuren bij aanwending gebeurt veelal met zwavelzuur, een gevaarlijke stof die op goede manier moet worden opgeslagen en bewerkt. Er zijn echter ook minder sterke zuren. Aanzuren remt het enzym urease, dat ureum omzet in ammoniak.		
<b>Domein</b>	Toepasbaar op alle grondsoorten. Biedt perspectief zowel in combinatie met sleepvoeten, injecteur als bij zodenbemesting (Bussink et al.; 2019). Toegepast in Denemarken.		
<b>Voorwaarden</b>	De bemesting wordt uitgevoerd met een sleepvoet, injecteur of bij zodebemesting. Bij bemesting wordt rekening gehouden met het (gewijzigde) N-gehalte van de mest.		
<b>Effect</b>	De te verwachten daling van de veldemissie bij rundvee ligt tussen de 25% en 40% (Ros et al.; 2025; tabel I.1.1 ). Aanzuren bij toediening van varkensmest geeft een daling van 40-65% (tabel I.1.3). Bij aanzuren tot pH 6,0-6,5 is de emissiereductie 25%. Aanzuren met vier liter zwavelzuur per ton mest leidt in een recent experiment tot een reductie van 55% (Huijsmans et al., 2025). Een lagere pH geeft een hogere reductie maar ook meer zwavelaanvoer (Landbouw Collectief, 2019).		
<b>Betrouwbaarheid</b>	Betrouwbaarheid: Hoog (Ros et al. (2025) tabel I.1.1 en tabel. I.1.3).		
<b>Berekend of gemeten</b>	Gemeten en berekend.		
<b>Neveneffecten</b>	Stikstofuit- en afspoeling/ waterkwaliteit:	0	Geen effect verwacht.
	Broeikasgasemissies: (kleine) toename door meer transport en kans op toename lachgasemissie	0	(Kleine) toename door meer transport en kans op toename lachgasemissie
	Biodiversiteit	-/0	De verzurende werking van zwavel kan een potentieel risico vormen voor de biodiversiteit (Puente-Rodriguez et al. 2022). Sommige gewassen zijn gevoelig voor zwavel
	Dierenwelzijn/ gezondheid:	-	Kans op problemen met diergezondheid (Puente-Rodriguez et al., 2022).
	Overig:	+	Betere stikstofopname geeft betere gewasopbrengst
<b>Borging</b>	Moeilijk (alleen door fysieke controle op moment van uitrijden)		
<b>Rekenvoorbeeld</b>	<u>Huidige situatie:</u> Een stal met 100 melkkoeien, zonder emissieverlagende maatregelen. De stalemissie is 1.300 kg NH <sub>3</sub> /jaar, veldemissie is 1.300 kg NH <sub>3</sub> /jaar; bedrijfsemis­sie 2.600 kg NH <sub>3</sub> /jaar. Bemesting vindt plaats via sleufbemesting op grasland met een emissiefactor van 17%.	<u>Nieuwe situatie:</u> De boer gaat de mest aanzuren bij aanwending zodat de emissie daalt naar 2% De stalemissie blijft gelijk (1.300 kg NH <sub>3</sub> /jaar). Bij een emissiereductie van 25% daalt de veldemissie naar 975 kg NH <sub>3</sub> /jaar.	<u>Reductie:</u> Ammoniakemissie in het veld wordt verlaagd met (0,25*1300 =) 325 kg NH <sub>3</sub> per jaar. De bedrijfsemis­sie wordt verlaagd van 2.600 naar 2.275 kg NH <sub>3</sub> /jaar.

<b>Keteneffecten</b>	Geen effect verwacht.
<b>Literatuurlijst</b>	<p>G.H. Ros, H. Kager, G. Boom, Wim de Vries (2025). Verkenning effecten landbouwinnovaties. Wageningen Universiteit, Rapport 2024.159.</p> <p>Bussink, W., G.H. Ros, D. Van Rotterdam (2019). Maatregelen om ammoniakverliezen in de rundveehouderij te beperken, NMI</p> <p>Landbouw Collectief (2019). Uit de gecreëerde stikstofimpasse. Den Haag, Het Landbouw Collectief.</p> <p>Huijsmans, J., B. Verwijs, W. de Visser, F. Hollewand, J. Mosquera (2025). Emissiereductie bij zodenbemesting van aangezuurde mest. Reductie ammoniakemissie bij het aanzuren van mest bij verschillende toedieningsmethoden gemeten met dynamische fluxkamers.</p> <p>Puente-Rodríguez, D., L. Gollenbeek, N. Verdoes, A.P. Bos (2022) Perspectief van het aanzuren van mest in Nederland om methaan- en ammoniakemissie te reduceren. Wageningen Livestock Research.</p> <p>De Heij, W. (2025). Acidification of Manure: Mechanisms of Ammonia Emission Reduction and Effects on Grassland Productivity and Quality. An extensive literature survey : 2000-2025. Food4Innovations Report 25-4-20</p>

## 8. Emissiearme vloer met mestschuif

<b>Omschrijving</b>	De installatie van een rubberen toplaag op de vloer met een mestschuif zorgt ervoor dat de vloer beter te reinigen is, en er minder urine op de roosters blijft liggen dat in contact komt met mest. Met als gevolg dat er minder ammoniak ontstaat.		
<b>Domein</b>	Melkveebedrijven, in de stal		
<b>Voorwaarden</b>	Het bedrijf moet een klassieke ligboxenstal zijn. Vormt onderdeel van een totaal stalsysteem, met specifieke maatregelen (zie leaflet stalsysteem RAV) Bij bemesting wordt rekening gehouden met het (gewijzigde) N-gehalte in de mest		
<b>Effect</b>	20% reductie op stalniveau (Er is voor gekozen uit te gaan van het 95% betrouwbaarheidsinterval, en dus niet van de gemiddelde RAV-waarden, zodat ook de onzekerheid wordt meegewogen. Met 95% zekerheid kan worden gesteld dat deze stallen <12,5 kg NH <sub>3</sub> /dierplaats emitteren. Voor de traditionele stal is deze 95%-grens 15 kg NH <sub>3</sub> /dierplaats. Een reductie van 20%)		
<b>Betrouwbaarheid</b>	Laag. In praktijk valt werking vaak tegen. Werking staat momenteel ter discussie		
<b>Berekend of gemeten</b>	Beredeneerd op basis expert judgment en onderzoeken waar is gemeten. Het effect van emissiearme stalsystemen wordt bepaald aan de hand van metingen die volgens meetprotocol worden gemeten. In praktijk bleek dit echter soms een overschatting. Een van de redenen kan zijn dat het effect van management niet goed wordt meegenomen (onderhoud mestschuif etc.)		
<b>Neveneffecten</b>	Stikstofuit- en -afspoeling/ waterkwaliteit:	0	N-gift blijft gelijk
	Broeikasgasemissie:	-	Kleine toename door energiegebruik schuif
	Biodiversiteit:	0	
	Dierwelzijn/gezondheid :	0/ +	Gunstig voor klauwgezondheid en beloopbaarheid; kans op uitglijden als de toplaag glad is
	Overig: geen	0	
<b>Borging</b>	Relatief eenvoudig (controle op aanwezigheid rubberen bollen, schuif en onderhoudsniveau. Of schuif altijd wordt gebruikt, is controleerbaar m.b.v. sensor)		
<b>Rekenvoorbeeld</b>	<u>Huidige situatie</u> Een stal met 100 melkkoeien, zonder emissieverlagende maatregelen. De stalemissie is 1.300 kg NH <sub>3</sub> /jaar, veldemissie is 1.300 kg NH <sub>3</sub> /jaar; bedrijfsemissie 2.600 kg NH <sub>3</sub> /jaar.	<u>Nieuwe situatie</u> De boer besluit een mestschuif te installeren. Na de implementatie daalt de stalemissie. Die wordt $1.300 * 0,8 = 1.040$ kg NH <sub>3</sub> /jaar	<u>Opgeleverde reductie</u> Dit is een reductie van 260 kg NH <sub>3</sub> /jaar. Op bedrijfsniveau is dit een ammoniakemissie reductie van 10%
<b>Keteneffecten</b>	Door een hoger TAN gehalte in de mest kan de emissie per kubieke meter toediening toenemen.		
<b>Literatuurlijst</b>	Brusselman E, Beck B, De Campeneere S, Demeyer P, Goossens K, Kerselaers E, Maertens L, Millet S, Reubens B, Riebbels G, Vandaele L, Vangeyte J & Zwertvaegher I (2016). Screening van maatregelen  Evers A, De Haan M, Migchels G, Joosten L & van Leeuwen M (2019). Effecten van ammoniak reducerende maatregelen in bedrijfsverband: Scenariostudie voor proeftuin Natura 2000 in veenweidegebied		

	Emissiefactor stalsystemen (Bijlage V en VI Omgevingsregeling): <a href="https://www.rvo.nl/onderwerpen/innovatieve-stalsystemen#nieuwe-en-bestaande-stalsystemen">https://www.rvo.nl/onderwerpen/innovatieve-stalsystemen#nieuwe-en-bestaande-stalsystemen</a>
--	--

## 9. Graslandbeheer (gras-klavermengsel)

<b>Omschrijving</b>	Klaver is een vlinderbloemige plant die via wortelknolletjes stikstof uit de lucht kan binden en in bruikbare vorm in de grond bewaart. Dit verhoogt de stikstofbeschikbaarheid in het grasland, waardoor de behoefte aan kunstmest kan dalen. Minder toepassing van kunstmest verlaagt de ammoniakemissie.		
<b>Domein</b>	Bedrijven met grasland (veelal melkveebedrijven)		
<b>Voorwaarden</b>	Melkveebedrijf met graslanden (op minerale gronden, d.w.z. klei, zand en/of loss) en is in staat om het gebruik hiervan aan te passen. Kunstmestgebruik moet worden verlaagd.		
<b>Effect</b>	20-50% reductie van NH <sub>3</sub> emissie als gevolg van kunstmestaanwending. Emissie bij aanwending van kunstmest is een zeer beperkt deel van totale bedrijfsemissies.		
<b>Betrouwbaarheid</b>	Matig		
<b>Berekend of gemeten</b>	Gemeten		
<b>Neveneffecten</b>	Stikstofuit- en -afspoeling / waterkwaliteit:	- /0/ +	Er wordt minder kunstmest gebruikt, maar het leidt niet per definitie tot minder uitspoeling.
	Broeikasgasemissie:	+	Doordat er minder kunstmest wordt geproduceerd daalt de emissie als gevolg van productie en transport van kunstmest.
	Biodiversiteit:	+	Grasland dat diverser is (flora); draagt bij aan de biodiversiteit
	Dierwelzijn/gezondheid:	0	
	Overig: geen	0	
<b>Borging</b>	Indirecte borging door registratie van aanvoer van kunstmest en krachtvoer		
<b>Rekenvoorbeeld</b>	<u>Huidige situatie</u> Gemiddelde kunstmestgebruik in 2022 was 100 kg N/hectare/jaar. Dit kan oplopen tot 140 kg N/hectare/jaar i.v.m met het verdwijnen van de derogatie. Dit voorbeeld zal werken met 120 kg N/hectare/jaar. Indien dit als KAS (kalk-amonsalpeter) wordt toegediend, gaat 2,5% stikstof verloren als NH <sub>3</sub> $120 * 0,025 = 3$ kg NH <sub>3</sub> -N ha/jaar. Dit is 3,6 kg NH <sub>3</sub> / ha / jaar	<u>Nieuwe situatie</u> De nieuwe emissie wordt tussen de $0,8 * 3,6 = 2,9$ kg NH <sub>3</sub> /ha/jaar $0,5 * 3,6 = 1,8$ kg NH <sub>3</sub> /ha/jaar	<u>Opgeleverde reductie</u> De opgeleverde reductie ligt tussen de 0,7 en 1,8 kg NH <sub>3</sub> /ha/jaar
<b>Keteneffecten</b>	Als maatregel, staat het effect van deze maatregel los van de stikstofketen zoals wordt beschreven in het hoofdstuk "keteneffecten". Het rantsoen wordt door de boer afgestemd op het RE-gehalte van grasklaver. De maatregel kan dus leiden tot rantsoenwijzigingen en via die weg de keten beïnvloeden.		

**Literatuurlijst**

Dewhurst, R. J.; Delaby, L.; Moloney, A.; Boland, T.; Lewis, E., 2009. Nutritive value of forage legumes used for grazing and silage. *Irish J. Agric. Food Res.*, 48 (2): 167-187

Broderick, Glen. (2002). An analysis of the relative value of lucerne and red clover silages for lactating cows.

Factsheet Gras/klaver. Wageningen University & Research.

Onze analyse wijkt af van Ros et al. (2024); aangezien hij de reductie uitdrukt t.o.v veldemissies, wij kijken alleen naar kunstmestemissies.

## 10. Chemische luchtwassers

<b>Omschrijving</b>	Chemische luchtwassers halen ammoniak uit de stallucht door de ventilatielucht uit de stal te "wassen" voordat het de open lucht in gaat. In chemische luchtwassers wordt het waswater zuur gemaakt om ammoniak en een deel van de geurverbindingen uit de stroom uitgaande stallucht te verwijderen. Dit zuur wordt in een externe tank bewaard. De stikstof wordt vastgelegd als herbruikbare meststof.		
<b>Domein</b>	Pluimvee- en varkens- en vleeskalverhouderijen . In de pluimveehouderij zijn veel filters geïnstalleerd voor het afvangen van fijnstof. Waarschijnlijk beschikt <5% van deze bedrijven over een luchtwasser die ook ammoniak kan afvangen.		
<b>Voorwaarden</b>	De maatregel is het meest effectief in een gesloten stalsystemen. Vergunning voor opslag van zuur.		
<b>Effect</b>	70-90% NH <sub>3</sub> reductie vanuit de stal (bij een gesloten stalsysteem)		
<b>Betrouwbaarheid</b>	Hoog		
<b>Berekend of gemeten</b>	Gemeten (tot 2024 RAV, daarna Omgevingsregeling waarden)		
<b>Neveneffecten</b>	Stikstofuit- en -afspoeling/ waterkwaliteit:	0	
	Broeikasgasemissie:	0	Meer emissie door energiegebruik, minder emissie door vervanging kunstmest
	Biodiversiteit:	0	
	Dierwelzijn/gezondheid:	0	
	Overig:	+	Minder geuremissie en fijnstof bij combi-luchtwasser, minder kunstmestgebruik doordat spuiwater als meststof wordt aangewend
<b>Borging</b>	Relatief eenvoudig (aanwezigheid luchtwasser is te controleren, of deze altijd in gebruik is, is controleerbaar via energie- en zuurgebruik). Er zijn duidelijke protocollen over de borging van het gebruik van luchtwassers. Deze dienen te worden gevolgd		
<b>Rekenvoorbeeld</b>	<u>Huidige situatie</u> Een vleesvarkensbedrijf met 4.000 varkens heeft een emissie van $1,6 * 4.000 = 6.400$ kg NH <sub>3</sub> /jaar	<u>Nieuwe situatie</u> De implementatie van deze maatregel zorgt ervoor dat de nieuwe emissie tussen de $0,3 * 6.400 = 1.940$ en $0,1 * 6.400 = 640$ kg NH <sub>3</sub> /jaar wordt	<u>Vershil</u> Dit levert een reductie op van tussen de 4.460 en 5.760 kg NH <sub>3</sub> /jaar vanuit de stal.
<b>Keteneffecten</b>	Dit is een maatregel die ingrijpt op de emissies uit de stal. Andere maatregelen die ook op deze plek in de keten ingrijpen, zullen daarom in absolute zin minder effectief zijn.		
<b>Literatuurlijst</b>	Laanen, L.; Plant, L.; De Cock, B.; Zwartvaegher, I; Brusselman, E., 2018 Meetploeg – Eindrapport meetcampagne luchtwassers en biobedden. Van Bruggen, C., Bannink, A., Groenestein, C. M., Huijsmans, J. F. M., & Lagerwerf, L. A. (2017). Emissies naar lucht uit de landbouw in 2017. J. Vonk et al. (2012) Naleeftekorten bij luchtwassers in de intensieve veehouderij. Effect op emissie(-reductie) van ammoniak. RIVM briefrapport		

## 11. Biologische luchtwassers

<b>Omschrijving</b>	Een biologische luchtwasser is een systeem dat ammoniak en andere gassen uit de stalventilatielucht verwijdert door microbiële omzetting in tegenstelling tot chemische luchtwassers die werken met zuren.		
<b>Domein</b>	Pluimvee- en varkens- en vleeskalverhouderijen.		
<b>Voorwaarden</b>	De maatregel is het meest effectief in een gesloten stalsystemen.		
<b>Effect</b>	70% NH <sub>3</sub> reductie vanuit de stal (bij een gesloten stalsysteem)		
<b>Betrouwbaarheid</b>	Hoog		
<b>Berekend of gemeten</b>	Gemeten (tot 2024 RAV, daarna Omgevingsregeling waarden)		
<b>Neveneffecten</b>	Stikstofuit- en -afspoeling/ waterkwaliteit:	0	
	Broeikasgasemissie:	0	Meer emissie door energiegebruik, minder emissie door vervanging kunstmest
	Biodiversiteit:	0	
	Dierwelzijn/gezondheid:	0	
	Overig:	+	Minder geuremissie en fijnstof bij combi-luchtwasser, minder kunstmestgebruik doordat spuiwater als meststof wordt aangewend
<b>Borging</b>	Relatief eenvoudig (aanwezigheid luchtwasser is te controleren, of deze altijd in gebruik is, is controleerbaar via energie- en zuurgebruik). Er zijn protocollen over borging van gebruik van luchtwassers. Deze dienen te worden gevolgd.		
<b>Rekenvoorbeeld</b>	<u>Huidige situatie</u> Een vleesvarkensbedrijf met 4.000 varkens heeft een emissie van $1,6 * 4.000 = 6.400$ kg NH <sub>3</sub> /jaar	<u>Nieuwe situatie</u> De maatregel zorgt ervoor dat de nieuwe emissie circa $0,3 * 6.400 = 1.940$ kg NH <sub>3</sub> /jaar wordt	<u>Vershil</u> Dit levert een reductie op van 4.460 kg NH <sub>3</sub> /jaar vanuit de stal.
<b>Keteneffecten</b>	Dit is een maatregel die ingrijpt op de emissies uit de stal. Andere maatregelen die ook op deze plek in de keten ingrijpen, zullen daarom in absolute zin minder effectief zijn.		
<b>Literatuurlijst</b>	Ros, Kager, Boom en De Vries (2024) Verkenning effecten landbouwinnovaties. Rapport 2024.159 Wageningen University & Research  Groot Wassink e.a. (2025) Goed benutten van biologische combi-luchtwassers. Rapport 1545 Wageningen University & Research		

## 12. Koelen mest

<b>Omschrijving</b>	Door het koelen van de mest in opslag (put) wordt de ammoniak minder vluchtig en neemt de microbiële productie van ammoniak af. Dit resulteert in een lagere ammoniakemissie vanuit de mestopslag.		
<b>Domein</b>	Bedrijven met stallen waar mest wordt opgeslagen (put of extern). Voor melkveebedrijven nog niet praktijkrijp		
<b>Voorwaarden</b>	Beschikbaarheid van (koud) grondwater Bij bemesting wordt rekening gehouden met het (gewijzigde) N-gehalte in de mest		
<b>Effect</b>	Voor varkenshouderijen is het effect gemiddeld 40% bedrijfsemis­sie reductie, hier wordt de techniek ook al toegepast. Emissiereductie van de stalemissie kon bij melkvee niet worden aangetoond. De techniek is voor melkvee ook nog niet praktijkrijp.		
<b>Betrouwbaarheid</b>	Matig		
<b>Berekend of gemeten</b>	Berekend & gemeten		
<b>Neveneffecten</b>	Stikstofuit- en -afspoeling / waterkwaliteit:	0	N-gift blijft gelijk
	Broeikasgasemissie:	+	(Sterke) reductie van methaanemissie (circa 69% minder methaanemissie vanuit de mest), verhoging energiegebruik
	Biodiversiteit:	0	
	Dierwelzijn/gezondheid :	+	Verbeterd stalklimaat door lagere NH <sub>3</sub> concentraties
	Overig:	0	
<b>Borging</b>	Relatief eenvoudig (aanwezigheid en gebruik koelsysteem).		
<b>Rekenvoorbeeld</b>	<u>Huidige situatie</u> Een vleesvarkensbedrijf met 4.000 varkens heeft een emissie van $1,6 * 4.000 = 6.400$ kg NH <sub>3</sub> /jaar	<u>Nieuwe situatie</u> Na het implementeren van de maatregel, wordt dit $0,6 * 6.400 = 3.840$ kg NH <sub>3</sub> /jaar	<u>Vershil</u> De Opgeleverde reductie is 2.560 kg NH <sub>3</sub> /jaar
<b>Keteneffecten</b>	Verlagen van emissies in de stal leidt tot meer stikstof in de mest; We gaan er vanuit dat bij aanwending rekening wordt gehouden met de daadwerkelijke gehalten in de mest, waardoor emissies in het veld bij toedienen van de mest gelijk blijven		
<b>Literatuurlijst</b>	Ros et al. (in pres); citerend uit Kager et al. (2021) Puente-Rodriguez, Vonk, Bos, Maasdam, Aarnink (2024) Mest koelen tegen het opwarmen van de aarde. WUR Opm.: Er staat een koeldekstelsysteem op de RAV-lijst (RAV-maatregel 3.2.3 (vleesvarkens), zonder emissiefactor. Document voor maatregel 3.2.3.2 (BWL 2019.05) uit 2020 verwijst naar ASG-rapport P 1.155.		

## 13. Cow toilet

<b>Omschrijving</b>	Een CowToilet vangt urine op tijdens het voeren. Urine en mest worden daardoor zoveel mogelijk gescheiden, waardoor ureasegestuurde ammoniakvorming op de vloer wordt voorkomen. Stikstof in de mest blijft beter behouden en de ammoniakemissie in de stal neemt af. De opgevangen urine kan gebruikt worden als bron van stikstof en kalium		
<b>Domein</b>	Melkveehouderij		
<b>Voorwaarden</b>	Ombouwen van een automatische voerplaats Bij bemesting wordt rekening gehouden met het (gewijzigde) N-gehalte in de mest		
<b>Effect</b>	CowToilet: 44% lagere stalemissies (Er is voor gekozen uit te gaan van het 95% betrouwbaarheidsinterval, en dus niet van de gemiddelde RAV-waarden, zodat ook de onzekerheid wordt meegewogen. Onderzoeken laten een ammoniakemissie van maximaal 8,45 kg NH <sub>3</sub> /dierplaats zien. Voor de traditionele stal is de 95%-grens 15 kg NH <sub>3</sub> /dierplaats. Een reductie van 44%)		
<b>Betrouwbaarheid</b>	Matig tot hoog		
<b>Berekend of gemeten</b>	Gemeten over een jaar		
<b>Neveneffecten</b>	Stikstofuit- en -afspoeling / waterkwaliteit:	0	
	Broeikasgasemissie:	-	Het toilet gebruikt elektriciteit.
	Biodiversiteit	0	
	Dierwelzijn/gezondheid:	?	Er is geen consensus over in hoeverre deze maatregel natuurlijk gedrag belemmert
	Overig:	0	
<b>Borging</b>	Relatief eenvoudig door te controleren op aanwezigheid van de apparatuur. Of het systeem in gebruik is kan worden gemonitord middels het meten van opgevangen urine, hoewel hier in principe mee kan worden gefraudeerd. Aanvullende monitoring is mogelijk middels camera's of bewegingsmeters met een logfunctie.		
<b>Rekenvoorbeeld</b>	<u>Oude situatie:</u> Een stal met 100 melkkoeien zonder emissieverlagende maatregelen geeft 1.300 kg NH <sub>3</sub> stalemissie per jaar.	<u>Nieuwe situatie:</u> Bij een reductiepercentage van 44% wordt de stalemissie 728 kg NH <sub>3</sub> per jaar	<u>Reductie:</u> Reductie is 572 kg NH <sub>3</sub> per jaar
<b>Keteneffecten</b>	Verliezen tijdens het toedienen van de urine in het veld zijn niet bekend.		
<b>Literatuurlijst</b>	Ros et al. (2024). Verkenning effecten landbouwinnovaties. Wageningen Universiteit, Rapport 2024.159 Hanskamp nieuwsbrief (2023)		

## 14. Strippen mest (na mestscheiding)

<b>Omschrijving</b>	Mestscheiding gevolgd door het strippen van de mest is een combinatie van fysieke en chemische technieken om ammoniakemissie te verminderen en stikstof te concentreren voor hergebruik. Mestscheiding verdeelt mest in vaste en vloeibare fracties. De vloeibare fractie wordt gestript waarbij ammoniak wordt afgevangen en omzet in ammoniumsulfaat, waardoor ammoniakemissie daalt en stikstof geconcentreerd wordt voor hergebruik.		
<b>Domein</b>	Alle type bedrijven met roostervloeren		
<b>Voorwaarden</b>	Vergunning voor opslag van zuur.		
<b>Effect</b>	De combinatie van mestscheiding en strippen leidt tot 62% reductie van stalemissies (in vergelijking met traditionele roostervloer). Er is geen rekening gehouden met mogelijke emissiereductie bij aanwending.		
<b>Betrouwbaarheid</b>	Matig tot hoog		
<b>Berekend of gemeten</b>	Gemeten		
<b>Borging</b>	Relatief eenvoudig door te controleren op aanwezigheid van de apparatuur. De hoeveelheid geproduceerde meststof is een indicatie voor de effectiviteit van de installatie		
<b>Neveneffecten</b>	Stikstofuit- en -afspoeling/ waterkwaliteit:	0	
	Broeikasgasemissie:	?	Reductie van kunstmestgebruik leidt tot een aanzienlijke vermindering van broeikasgassen. De installatie gebruikt energie.
	Biodiversiteit:	0	
	Dierwelzijn/gezondheid:	0	
	Overig:	-	Risico op verzuren van de bodem bij toediening vloeibare fractie. Als dikke fractie als boxvulling wordt gebruikt, of bovengronds wordt aangewend, kan effect op ammoniakemissie lager zijn.
<b>Borging</b>	Relatief eenvoudig door te controleren op aanwezigheid van de apparatuur. De hoeveelheid geproduceerde stikstofmeststof is een indicatie voor de effectiviteit van de installatie		
<b>Rekenvoorbeeld</b>	<u>Oude situatie:</u> Een stal met 100 melkkoeien zonder emissieverlagende maatregelen geeft 1.300 kg NH <sub>3</sub> stalemissie per jaar.	<u>Nieuwe situatie:</u> Bij een reductiepercentage van 62% wordt de stalemissie 494 kg NH <sub>3</sub> per jaar	<u>Reductie:</u> Reductie is 806 kg NH <sub>3</sub> per jaar Dit is een reductie van 31% op bedrijfsniveau
<b>Keteneffecten</b>	Deze maatregel grijpt in op de emissies vanuit de stal en wei. Maatregelen die op dezelfde plekken in de keten ingrijpen, worden in absolute zin, minder effectief. Verliezen tijdens het toedienen van de gewonnen stikstofmeststof in het veld zijn niet bekend.		
<b>Literatuurlijst</b>	Ros et al. (2024). Verkenning effecten landbouwinnovaties. Wageningen Universiteit, Rapport 2024.159 Borne Boeit (2023) Countus (2023): <a href="https://www.countus.nl/kenniscentrum/nieuws/wat-is-het-rendement-van-de-">https://www.countus.nl/kenniscentrum/nieuws/wat-is-het-rendement-van-de-</a>		



## 15. Lely Sphere

<b>Omschrijving</b>	De Lely Sphere zet in op een combinatie van technieken. Via een aangepaste stalvoer wordt de urine en mest zoveel mogelijk gescheiden en een mestrobot houdt de vloer schoon. Dit vermindert de ammoniakemissie. Daarnaast wordt de lucht boven de vloer en de mestput afgezogen naar een chemische luchtwasser.		
<b>Domein</b>	Alle type melkveebedrijven met roostervloeren		
<b>Voorwaarden</b>	Schoon werken. Gescheiden opvang van vaste fractie. Controle op urine gaatjes. Vergunning voor opslag van zuur.		
<b>Effect</b>	75% reductie van de ammoniakemissie in de stal (in vergelijking met traditionele roostervloer). Er is voor gekozen uit te gaan van het 95% betrouwbaarheidsinterval, en dus niet van de gemiddelde RAV-waarden, zodat ook de mate van onzekerheid wordt meegewogen. Met 95% zekerheid kan worden gesteld dat deze stallen <3,76 kg NH <sub>3</sub> /dierplaats emitteren. Voor de traditionele stal is deze 95%-grens 15 kg NH <sub>3</sub> /dierplaats. Een reductie van 75%)		
<b>Betrouwbaarheid</b>	Hoog		
<b>Berekend of gemeten</b>	Gemeten		
<b>Neveneffecten</b>	Stikstofuit- en -afspoeling/waterkwaliteit:	0	
	Broeikasgasemissie:	?	Reductie van kunstmestgebruik leidt tot een vermindering van broeikasgassen. De installatie gebruikt veel energie.
	Biodiversiteit:	0	
	Dierwelzijn/gezondheid:	0/+	Verbetering stalklimaat?
	Overig:	-	Risico op verzuren van de bodem bij toediening vloeibare fractie.
<b>Borging</b>	Relatief eenvoudig door te controleren op aanwezigheid van de apparatuur. De hoeveelheid geproduceerde meststof is een indicatie voor de effectiviteit van de installatie		
<b>Rekenvoorbeeld</b>	<u>Oude situatie:</u> Een stal met 100 melkkoeien zonder emissieverlagende maatregelen geeft 1.300 kg NH <sub>3</sub> stalemissie per jaar	<u>Nieuwe situatie:</u> Bij een reductiepercentage van 75% wordt de stalemissie 325 kg NH <sub>3</sub> per jaar	<u>Reductie:</u> Reductie is 975 kg NH <sub>3</sub> per jaar (bij volledig opstallen, zie bij keteneffecten invloed weidegang)
<b>Keteneffecten</b>	Ammoniakemissiereductie wordt minder als ook weidegang wordt toegepast, omdat bij weidegang de ammoniakemissie vanuit de stal al lager is en een deel van de mest niet in de stal maar in de wei terecht komt. Als 720 uur (=8% van de tijd) wordt beweeid, komt 8% van de mest niet in de stal. De stalemissie in de oude situatie is dan $0,92 \cdot 1.300 = 1.193$ kg ammoniak. De reductie door de Lelysphere is dan naar verwachting 75% hiervan, ofwel 895 kg ammoniak. De reductie (in kg ammoniak) door de Lelysphere is dus naar schatting circa 8% lager. Verliezen tijdens het toedienen van de gewonnen stikstofmeststof in het veld zijn niet bekend.		
<b>Literatuurlijst</b>	Ros et al. (2024). Verkenning effecten landbouwinnovaties. Wageningen Universiteit, Rapport 2024.159 <a href="https://wetten.nl - Regeling - Omgevingsregeling - BWBR0045528">wetten.nl - Regeling - Omgevingsregeling - BWBR0045528</a>		

## 16. Bedrijfsbeëindiging / opkoop productierechten

<b>Omschrijving</b>	Bedrijfsbeëindiging als maatregel; opkopen van productierechten (Fosfaatrechten, varkensrechten, pluimveerechten) en natuurvergunning intrekken. Eis van de LBV-regeling is dat minimaal 95% van de fosfaatrechten voor melkvee en 80% van de dierrechten voor pluimvee en varkens komt te vervallen. Deze factsheet brengt in beeld wat er gebeurt als een ondernemer stopt met het werk als veehouder.		
<b>Domein</b>	Het beëindigen van bedrijven met runderen, varkens of pluimvee.		
<b>Voorwaarden</b>	Voorwaarden worden gesteld in de overeenkomst met het Rijk		
<b>Effect</b>	80% tot 100% reductie van de stalemissies		
<b>Betrouwbaarheid</b>	Hoog		
<b>Berekend of gemeten</b>	Beredeneerd		
<b>Neveneffecten</b>	Stikstofuit- en -afspoeling/waterkwaliteit:	-	Mogelijk negatief effect op waterkwaliteit als grasland wordt omgezet in akkerbouwland
	Broeikasgasemissie:	+	Positief effect op klimaat (door minder methaanemissie)
	Biodiversiteit:	0	Effect op biodiversiteit hangt af van grondgebruik in de toekomst
	Dierwelzijn/gezondheid:	0	
	Overig	+	Verminderde mestproductie waardoor de druk op de mestmarkt afneemt
<b>Borging</b>	Innemen van de rechten is goed borgbaar. Na de implementatie van de maatregel, hoeft het bevoegde gezag slechts een tweetal keer fysiek langs te komen om te verifiëren dat de maatregel is geïmplementeerd.		
<b>Rekenvoorbeeld</b>	<u>Huidige situatie</u> Een stal met 100 melkkoeien, zonder emissieverlagende maatregelen. De stalemissie is 1.300 kg NH <sub>3</sub> /jaar, veldemissie is 1.300 kg NH <sub>3</sub> /jaar; bedrijfsemissie 2.600 kg NH <sub>3</sub> /jaar.	<u>Nieuwe situatie</u> Door te stoppen met de bedrijfsvoering, verdwijnt 95% tot 100% van de stalemissies van de veehouder. De nieuwe emissie ligt tussen 2.600 x 0 = 0 kg NH <sub>3</sub> / jaar tot 2.600*0,05= 130 kg NH <sub>3</sub> /jaar.	<u>Reductie</u> Behaalde reductie ligt tussen de 2.470 en 2.600 kg NH <sub>3</sub> /jaar
<b>Keteneffecten</b>	Afhankelijk van het toekomstig grondgebruik (door een ander bedrijf) kan de veldemissie toe- of afnemen		
<b>Literatuurlijst</b>			

## 17. Krimp van de veestapel op bedrijfsniveau

<b>Omschrijving</b>	Deze factsheet evalueert effecten van krimp als maatregel. Deze maatregel omschrijft bedrijf krimp als het houden van minder dieren op hetzelfde bedrijf.		
<b>Domein</b>	Alle veehouderijbedrijven (melkveehouderij, vleeskalverhouderij, varkenshouderij en pluimveehouderij).		
<b>Voorwaarden</b>	Bij alle bedrijven moeten de dierplaatsen die vrijkomen, in de stal worden afgeschermd van andere dieren om te voorkomen dat de oppervlakte besmeurde vloer gelijk blijft. Dit is essentieel. Gebeurt dit niet, dan kan er minder emissiereductie worden ingeboekt.		
<b>Effect</b>	<p><b>Melkvee</b> Het effect is afhankelijk van de emissiefactor van de stal, waarbij we ervan uitgaan dat de helft van de stalemissies van de vloer komen en de andere helft uit de put en dat de emissie vanuit de put niet wijzigt: Verdwijnen er dieren uit de stal, dan is het effect (aantal dieren dat er verdwijnt * de emissiefactor per dierplaats * 0,5) Indien de stal een gesloten vloer heeft, vindt er geen emissie vanuit de put plaats. Dan kan er worden gerekend met de volgende formule: aantal dieren dat er verdwijnt * de emissiefactor per dierplaats.</p> <p><b>Varkens- en pluimveehouderij</b> Het effect staat gelijk aan de emissiefactor die gekoppeld is aan de varkens of pluimvee op het bedrijf: omvang krimp (in aantal dieren) * emissiefactor per dier.</p>		
<b>Betrouwbaarheid</b>	Matig. Bij terugbrengen van het aantal dieren is het onduidelijk of het met mest besmeurd oppervlak in dezelfde mate wordt verlaagd.		
<b>Berekend of gemeten</b>	Berekend		
<b>Neveneffecten</b>	Stikstofuit- en -afspoeling/waterkwaliteit:	0/+	Als minder mest wordt aangewend, is dit gunstig. Het is echter niet zeker of minder dieren ook leidt tot minder mestaanwending
	Broeikasgasemissie:	+	Verminderde methaanuitstoot
	Biodiversiteit:	0/+	Als krimp leidt tot minder mestaanwending, kan dit positief bijdragen aan biodiversiteit
	Dierwelzijn/gezondheid:	0	
	Overig	+	Krimp van de veestapel is een vorm van extensivering met als voordeel dat het mestoverschot op eigen bedrijf afneemt. Verminderde mestproductie (door afoming van dierrechten bij verkoop) waardoor de druk op de mestmarkt afneemt.
<b>Borging</b>	Om het effect te behalen, moet er worden nageleefd dat de dierplaatsen die vrijkomen, niet toegankelijk zijn voor andere koeien. Dit kan het bevoegde gezag controleren door af en toe langs te komen.		
<b>Rekenvoorbeeld</b>	<p><u>Huidige situatie</u> Een stal, met open stalvloer heeft 100 melkkoeien. De stalemissie is 1.300 kg NH<sub>3</sub>/jaar, veldemissie is 1.300 kg NH<sub>3</sub>/jaar; bedrijfsemmissie 2.600 kg NH<sub>3</sub>/jaar.</p>	<p><u>Nieuwe situatie en behaalde reductie</u> 10% van de koeien verdwijnen. Er zijn nog 90 koeien over. De stal emissie van deze koeien is 13* 90 = 1.170 kg NH<sub>3</sub>/jaar De emissiereductie is: 10 * 13*0,5= 65 kg NH<sub>3</sub>/jaar Nieuwe stalemissie is 1.235 kg NH<sub>3</sub>/jaar. Wat een reductie van 2,5% is op bedrijfsniveau.</p>	

<b>Keteneffecten</b>	Door (voldoende) krimp van de veestapel zal de druk op de mestmarkt afnemen
<b>Literatuurlijst</b>	<a href="#">Hoofdcategorie A: Rundvee - Kenniscentrum InfoMil</a>

## 18. Dagontmesting (in combinatie met monovergisting)

<b>Omschrijving</b>	Dagontmesting verwijdert mest snel uit de stal waardoor de ammoniakvorming in de stal en mestkelder vermindert. Door vergisting ontstaat digestaat met een hoger TAN-gehalte. Onder gecontroleerde omstandigheden in de vergister geeft dit geen ammoniakemissie, maar bij open opslag en bij aanwending is de ammoniakemissie wel hoger dan van onbewerkte drijfmest.		
<b>Domein</b>	Rundvee- en varkensbedrijven		
<b>Voorwaarden</b>	De mest wordt dagelijks uit de stal verwijderd.		
<b>Effect</b>	40 tot 77% van de stalemissie. Dit effect kan lager zijn wanneer in de rundveehouderij de dikke fractie van het digestaat wordt gebruikt als boxvulling. Factoren als hokbevuiling en klimatisering spelen een belangrijke rol bij de uiteindelijke effectiviteit.		
<b>Betrouwbaarheid</b>	Matig		
<b>Berekend of gemeten</b>	Berekend		
<b>Borging</b>	Relatief eenvoudig te controleren door een logboek bij te houden op de mestverwerkingslocatie waarin staat welke boeren hoe vaak mest hebben gebracht om deze te laten vergisten. Toezicht & handhaving kan vervolgens de gegevens die in dit logboek staan vergelijken met het aantal dieren dat een boer heeft om na te gaan of de maatregel op de juiste manier wordt nageleefd.		
<b>Neveneffecten</b>	Stikstofuit- en -afspoeling/ waterkwaliteit:	0	
	Broeikasgasemissie:	+	Mestvergisting levert groene energie. Reductie CH <sub>4</sub> emissie uit stal en opslag
	Biodiversiteit:	0	
	Dierwelzijn/gezondheid:	+	Verbetering stalklimaat
	Overig		Meer mesttransportbewegingen
<b>Rekenvoorbeeld</b>	<u>Oude situatie:</u> Een stal met 100 melkkoeien zonder emissieverlagende maatregelen geeft 1.300 kg NH <sub>3</sub> stalemissie per jaar.	<u>Nieuwe situatie:</u> Bij een reductiepercentage van 40% wordt de stalemissie 780 kg NH <sub>3</sub> per jaar	<u>Reductie:</u> Reductie is 520 kg NH <sub>3</sub> per jaar, per bedrijf.
<b>Keteneffecten</b>			
<b>Literatuurlijst</b>	Verdoes, Nico, Flavia Casu, Jos van Gastel, Gijs Hekkert (2023) Berekeningen over emissies, massabalansen en economie bij gezamenlijke monomestvergisting. Scenariostudie voor energiecoöperatie Wijnjewoude. WLR rapport 1449 (Scenario 2B ) <a href="#">Verkenning kosteneffectiviteit van potentiële technische innovaties voor de reductie van de ammoniakemissie</a>		

## 19. Diepe mestinjectie op bouw- en grasland

<b>Omschrijving</b>	Bij diepe mestinjectie wordt de mest op 15-20 cm diepte ingebracht, waarna de gleuf met grond wordt bedekt. Omdat het contact met de lucht vrijwel tot nul is teruggebracht is het risico op ammoniakverliezen sterk verlaagd. Het is een oude techniek die in het verleden is uitgefaseerd in Nederland.		
<b>Domein</b>	De meest gangbare toepassing in Nederland is ondiepe mestinjectie (0-15cm), toegepast op bouw- en grasland bij toediening van rundvee- en varkensmest (Ros et al.; 2025). Diepe mestinjectie komt momenteel om economische redenen niet voor. Deze maatregel beschrijft emissiereductie door vervanging van ondiepe door diepe mestinjectie.		
<b>Voorwaarden</b>	Alleen toepasbaar op lichte klei en zand; niet toepasbaar op veen of zware klei.		
<b>Effect</b>	Vervanging van gangbare (ondiepe) injectie met diepe injectie geeft een reductie van veldemissie met 88% op grasland en 92% op bouwland. Reductie hangt af van de eerder gebruikte methode van toediening ('referentie'). Meer details, zie <a href="#">NEMA-rapport</a> , bijlage 18). De hier gebruikte referentie is ondiepe mestinjectie (zodebemesting). In vergelijking met andere toedieningstechnieken is de reductie 92% t.o.v. bemesting in sleufjes, en 94% t.o.v. bemesting in strookjes. Ros et al. (2025; tabel I.1.2; 65) schat de reductie op 95% [Data afkomstig uit Huijsmans et al. (1997), en Bussink en Bruins (1990).]		
<b>Betrouwbaarheid</b>	Hoog (Ros et al., 2025; tabel I.1.1, tabel I.1.2)		
<b>Berekend of gemeten</b>	Gemeten		
<b>Neveneffecten</b>	Stikstofuit- en afspoeling/ waterkwaliteit:	-	Enigszins verhoogd risico op nitraatuitspoeling (indien de totale werkzame N-gift niet wordt aangepast). In de praktijk is dit risico beperkt, zeker op grasland. De N-benutting op grasland is hoger.
	Broeikasgasemissies:		(Kleine) toename door kans op toename lachgasemissie. Indien een tweede bemestingsronde vervalt wordt minder diesel gebruikt.
	Biodiversiteit	-	Beperkt ( <a href="#">Huijsmans et al., 2008</a> ). Kan bewegingen van regenwormen negatief beïnvloeden als het leidt tot verdroging van de bovengrond (Onrust et al., 2019).
	Dierenwelzijn/gezondheid:	0	Geen
	Overig:		Betere stikstofopname geeft betere gewasopbrengst. Gebruik van zware machines is duurder. Schade aan graszode is moeilijk te kwantificeren.
<b>Borging</b>	Moeilijk, alleen door fysieke controle op moment van aanwending.		
<b>Rekenvoorbeeld</b>	<u>Huidige situatie:</u> Een stal met 100 melkkoeien, zonder emissieverlagende maatregelen. De stalemissie is 1.300 kg NH <sub>3</sub> /jaar, veldemissie is	<u>Nieuwe situatie:</u> De boer gaat zijn mest aanwenden en deze injecteren zodat de emissie daalt naar 2%	<u>Reductie:</u> Ammoniak in het veld verlaagd van 1300 kg NH <sub>3</sub> tot (2/17*1300 =) 150 kg NH <sub>3</sub> per jaar.

	1.300 kg NH <sub>3</sub> /jaar; bedrijfsemissie 2.600 kg NH <sub>3</sub> /jaar.	De stalemissie blijft gelijk (1.300 kg NH <sub>3</sub> /jaar). De nieuwe veldemissie ligt rond 150 kg NH <sub>3</sub> /jaar.	De bedrijfsemissie wordt verlaagd van 2.600 kg NH <sub>3</sub> /jaar naar 1450 kg NH <sub>3</sub> /jaar.
<b>Keteneffecten</b>	Volgens Ros et al., 2025 (p. 65) leidt injectie tot een verschuiving van mesttoediening van het groeiseizoen tot het voorjaar, wat de effectiviteit van de bemesting vergroot en verliezen naar het milieu vermindert.		
<b>Literatuurlijst</b>	<p>Loonen, J.W.G.M., J.H. Geurink, H. Hoekstra, J.F.M. Huijsmans, H. Snijders (1992). Eindrapport Werkgroep Mestinjectie. Onderzoekresultaten 1989-1991. CABO-DLO Verslag 161; IMAG-DLO Rapport 92-8 ; PR Rapport 140</p> <p>Ros, G.H., H. Kager, G. Boom, Wim de Vries (2025). Verkenning effecten landbouwinnovaties. Wageningen Universiteit, Rapport 2024.159.</p> <p>Bussink, D.W., M. Bruins (1992). Beperking ammoniakemissie bij toediening van dunne mest op grasland. <a href="https://edepot.wur.nl/47799">https://edepot.wur.nl/47799</a></p> <p>Kager, H., S. Hooiveld, I. Bouwers (2023). Stikstofmaatregelen akkerbouw provincie Zuid-Holland. Den Haag, Schuttelaar &amp; Partners.</p> <p>Landbouw Collectief (2019). Uit de gecreëerde stikstofimpasse. Den Haag, Het Landbouw Collectief.</p> <p>Bussink DW &amp; M Bruins (1992). Beperking ammoniakemissie bij toediening van dunne mest op grasland. Praktijkonderzoek 1, 51-55</p> <p>Huijsmans JFM, Hol JMG &amp; DW Bussink (1997). Reduction of ammonia emission by new slurry application techniques on grassland. In: Jarvis SC &amp; BF Pain (Eds.) Gaseous Nitrogen Emissions from Grasslands. CAB International, Wallingford, pp. 281-285.</p> <p>Huijsmans et al. (2008) Emissiearme mesttoediening. Ammoniakemissie, mestbenutting en nevenaspecten. PRI-rapport 195, 72 pp.</p> <p>Onrust, J., E. Wymenga, Th. Piersma, H. Olf (2019). Earthworm activity and availability for meadow birds is restricted in intensively managed grasslands. J Appl Ecol. 2019;56:1333-1342. DOI: 10.1111/1365-2664.13356</p>		

## 20. Bedrijfsverplaatsing met inzet van BBT

<b>Omschrijving</b>	Bedrijfsverplaatsing houdt in dat een bedrijf zijn werkzaamheden op locatie A beëindigt en deze vervolgens op locatie B hervat. Om milieuwinst te kunnen boeken, is de randvoorwaarde vereist dat op de nieuwe locatie de nieuwste beschikbare technologie (BBT) en managementmaatregelen worden toegepast		
<b>Domein</b>	Alle veehouderijbedrijven		
<b>Voorwaarden</b>	Er heeft reductie van emissie plaats door inzet van Best beschikbare techniek (BBTO of andere maatregelen)		
<b>Effect</b>	Afhankelijk van het type bedrijf dat wordt verplaatst, de uitgangssituatie op dit bedrijf en de technologieën en managementmaatregelen op het nieuwe bedrijf, kan de te behalen emissiereductie tussen de 20 en 60% zijn. De omvang van de emissiereductie hangt af van het verschil tussen de oude en de nieuwe stal. Eenzelfde bedrijf kan dus grote of kleine stappen maken qua emissiereductie. Naast deze emissiereductie, is een groot positief effect dat afhankelijk van de locatie, de depositie op natura2000 gebieden significant kan dalen.		
<b>Betrouwbaarheid</b>	Matig		
<b>Berekend of gemeten</b>	Beredeneerd		
<b>Borging</b>	Effect is relatief eenvoudig te borgen. Toezicht en handhaving moet Controleren of de werkzaamheden op locatie A zijn beëindigd Waarnemen welke maatregelen zijn geïmplementeerd op locatie B		
<b>Neveneffecten</b>	Stikstofuit- en -afspoeling/ waterkwaliteit:	X	Afhankelijk van de maatregelen op locatie B
	Broeikasgasemissie:	X	Afhankelijk van de maatregelen op locatie B
	Biodiversiteit:	X	Afhankelijk van de maatregelen op locatie B
	Dierwelzijn/gezondheid :	X	Afhankelijk van de maatregelen op locatie B
	Overig	X	Afhankelijk van de maatregelen op locatie B
<b>Rekenvoorbeeld</b>	<u>Oude situatie:</u> Een stal heeft 100 melkkoeien. De stalemissie is 1.300 kg NH <sub>3</sub> /jaar, veldemissie is 1.300 kg NH <sub>3</sub> /jaar; bedrijfsemmissie 2.600 kg NH <sub>3</sub> /jaar.	<u>Nieuwe situatie:</u> De stal gaat verplaatsen naar een nieuwe locatie Op deze nieuwe locatie worden er maatregelen geïmplementeerd die de stikstofemissie op bedrijfsniveau reduceren met 50%	<u>Reductie:</u> De behaalde emissiereductie is 1.300 kg NH <sub>3</sub> /jaar.
<b>Keteneffecten</b>			
<b>Literatuurlijst</b>	Verdoes, N., Casu, F., van Gastel, J., & Hekkert, G. (2023). <i>Berekeningen over emissies, massabalansen en economie bij gezamenlijke monomestvergisting: Scenariostudie voor energiecoöperatie Wijnjewoude</i> . (Rapport / Wageningen Livestock Research; No. 1449). Wageningen Livestock Research. <a href="https://doi.org/10.18174/640987">https://doi.org/10.18174/640987</a>		

## **Opties die bij voorkeur niet als “maatregel” worden opgevoerd.**

In deze sectie zijn opties opgenomen die wel zijn besproken, maar niet als maatregel door de provincies kunnen worden gebruikt. Dit kan te maken hebben met het feit dat een maatregel geen effect heeft (windsingel), of te breed is (toevoegmiddelen aan de mest). Er kan ook nog te veel onzekerheid over zijn (zoals het beluchten van mest om de maatregel op te voeren). Desondanks zijn deze maatregelen ten tijde van het NPLG relatief vaak genoemd door provincies. Renure staat recent in de schijnwerpers. Om duidelijkheid te geven, hebben we ervoor gekozen om deze opties wel mee te nemen in de lijst van factsheets, met kanttekeningen zoals hierboven vermeld (geen effect, te breed, enz.) met andere toelichting in onderstaande factsheets en tekst.

## 21. Toevoegmiddelen aan mest

<b>Omschrijving</b>	NH <sub>3</sub> ontstaat als gevolg van een chemische reactie, deze reactie kan worden vertraagd en/of gestopt met toevoegingsmiddelen. Er zijn meer dan 30 mogelijke varianten waarvan de effectiviteit verschilt.		
<b>Domein</b>	alle veehouderijbedrijven		
<b>Voorwaarden</b>	Is afhankelijk van het toevoegingsmiddel		
<b>Effect</b>	15-25% emissiereductie op bedrijfsniveau		
<b>Betrouwbaarheid</b>	Matig		
<b>Berekend of gemeten</b>	Berekend en gemeten		
<b>Neveneffecten</b>	Verschilt per middel		
<b>Borging</b>	Controle via aankoopbonnen van toevoegmiddelen		
<b>Rekenvoorbeeld</b>	<p><u>Huidige situatie:</u> Een stal met 100 melkkoeien, zonder emissieverlagende maatregelen. De stalemissie is 1.300 kg NH<sub>3</sub>/jaar, veldemissie is 1.300 kg NH<sub>3</sub>/jaar; bedrijfsemissie 2.600 kg NH<sub>3</sub>/jaar.</p>	<p><u>Nieuwe situatie:</u> Emissie na implementatie ligt tussen de <math>2600 * 0,85 = 2210</math> en <math>2600 * 0,75 = 1950</math> kg NH<sub>3</sub>/jaar.</p>	<p><u>Reductie:</u> Behaalde reductie ligt tussen de 390 en 650 kg NH<sub>3</sub>/jaar. Dit is een ammoniakemissiereductie op bedrijfsniveau van tussen de 15 en 25%</p>
<b>Keteneffecten</b>	Maatregelen zoals verlaging van RE in het voer, zorgen ervoor dat deze maatregel dezelfde procentuele effectiviteit behoudt, maar in absolute aantallen minder reductie oplevert. Maatregelen zoals bufferstroken worden wat betreft stikstofemissie reductie niet beïnvloed door deze maatregel.		
<b>Literatuurlijst</b>	Bakker R, Klijberg S, Verhoeven M & Saaltink R (2020). Additieven voor dierlijke mest. HAS Kennistransfer en Bedrijfsopleidingen. 131 pp. Den Bosch. Bobrowski AB, Van Dooren HJ, Ogink N, Hagenkamp-Korth F, Hasler M & Hartung E (2021) Reduction of ammonia emissions by using a urease inhibitor in a mechanically ventilated dairy housing system. Biosystems Engineering. 204 p 115-129.		

## 22. Windsingels

<b>Omschrijving</b>	Door het plaatsen van windsingels en/of landschapselementen rondom boerderijen kan ammoniak worden ingevangen		
<b>Domein</b>	Alle veehouderijbedrijven		
<b>Voorwaarden</b>	Het duurt zeker 10 jaar voordat substantiële effecten worden bereikt (groei van de beplanting)		
<b>Effect</b>	In de praktijk (eenvoudige windsingels met een beperkte omvang) wordt een zeer geringe werking (<1%) voorzien		
<b>Betrouwbaarheid</b>	Matig		
<b>Berekend of gemeten</b>	Combinatie van concentratiemetingen rondom landschapselementen die zijn vergeleken met modelberekeningen voor een situatie zonder landschapselement		
<b>Neveneffecten</b>	Stikstofuit- en -afspoeling / waterkwaliteit:	0	
	Broeikasgasemissie:	0	
	Biodiversiteit:	+	Bomen vormen een habitat voor dieren
	Dierwelzijn/gezondheid:	0	
	Overig:	+ & -	Positieve bijdrage aan landschap. Risico dat natuurlijke ventilatie uit melkveestallen wordt belemmerd.
<b>Borging</b>	Eenvoudig (fysieke controle)		
<b>Rekenvoorbeeld</b>	Geen significant effect voorzien		
<b>Keteneffecten</b>			
<b>Literatuurlijst</b>	Van Dijk, Dueck, Wamelink en Mosquera (2005) Invloed van een landschapselement (windsingel) op de verspreiding van ammoniak uit een varkenshouderij Onze analyse wijkt af van Ros et al. (2024); aangezien de expertgroep zich baseert op andere literatuur.		

## 23. Beluchten van mest

<b>Omschrijving</b>	Beluchten van mest gaat via bellenbeluchting, waarbij de mest van onderuit de mestkelder wordt belucht (in de varkenshouderij) of wordt gemixt met luchtmixsystemen (melkveehouderij)		
<b>Domein</b>	Varkenshouderij en melkveehouderij		
<b>Voorwaarden</b>			
<b>Effect</b>	Tegenstrijdige resultaten. Variërend van 'geen effect' (of zelfs meer ammoniak) tot een ammoniakreductie van 40% van de stalemissies		
<b>Betrouwbaarheid</b>	Laag		
<b>Berekend of gemeten</b>	Berekend & gemeten		
<b>Neveneffecten</b>	Stikstofuit- en -afspoeling/ waterkwaliteit:	+	Er vindt omzetting plaats van TAN naar organisch gebonden stikstof, hierdoor is er minder uitspoeling.
	Broeikasgasemissie:	+	Afname methaanemissie uit mest met circa 20%
	Biodiversiteit:	-	Er is meer organisch gebonden stikstof wat beter is voor bodembiodiversiteit.
	Dierwelzijn/gezondheid:	X	Onduidelijk omdat de ammoniakemissie hoger en lager kan zijn.
	Overig:	+	Geuremissie wordt (volgens de theoretische benadering) circa 20% tot 40% lager
<b>Borging</b>	Aanwezigheid van beluchting kan ter plaatse worden gecontroleerd		
<b>Rekenvoorbeeld</b>	<u>Oude situatie:</u>	<u>Nieuwe situatie:</u>	Reductie:
<b>Keteneffecten</b>			
<b>Literatuurlijst</b>	<p>Aarnink, A., De Groot, J., Ogink, N. (2019). Brongerichte maatregelen voor beperking emissies uit bestaande varkensstallen. Wageningen Livestock Research: rapport 1205.</p> <p>Calvet et al. (2017) Low frequency aeration of pig slurry affects slurry characteristics and emission of greenhouse gases and ammonia. Biosystems Engineering. Vol. 159, p. 121-132.  <a href="https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2017.04.011">https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2017.04.011</a></p> <p>Van Dooren e.a. (2015) Effect van het Aeromix systeem op ammoniakemissie in een melkveestal. Verkennend onderzoek op Dairy Campus. <a href="https://edepot.wur.nl/335747">https://edepot.wur.nl/335747</a></p> <p>Van Dooren e.a. (2022) Effect van frequent mixen van drijfmest op de ammoniakemissie bij melkvee. Onderzoek op Dairy Campus.  <a href="https://edepot.wur.nl/478047">https://edepot.wur.nl/478047</a></p>		

## 24. Verdund aanwenden mest

<b>Omschrijving</b>	Dierlijke mest met 1/3 water verdunnen voordat het wordt aangewend op landbouwgrond.		
<b>Domein</b>	Alleen beschreven voor melkveebedrijven (bemesten van grasland). Ook bij toepassing van varkensmest kan deze maatregelen worden genomen. Verdund toedienen op klei- en veengrond is verplicht sinds 2019.		
<b>Voorwaarden</b>	De grond waar de mest op wordt aangewend is kleigrond en/ of veengrond (op zandgrond werd geen effect gemeten) De bemesting wordt uitgevoerd met een sleepvoet		
<b>Effect</b>	De te verwachte daling van emissie op bedrijfsniveau ligt tussen de 0% en 18% NH <sub>3</sub> . De te verwachte daling van de veldemissie ligt tussen de 0% en 36% NH <sub>3</sub> . Slechte weersomstandigheden (warm en droog) kunnen daling reduceren. Omdat deze maatregel al verplicht is op klei- en veengrond is er geen bovenwettelijke effect.		
<b>Betrouwbaarheid</b>	Matig		
<b>Berekend of gemeten</b>	Gemeten en geschat		
<b>Neveneffecten</b>	Stikstofuit- en afspoeling/ waterkwaliteit:	-	Beperkt verhoogd risico op nitraatuitspoeling
	Broeikasgasemissies:		(Kleine) toename door meer transport en kans op toename lachgasemissie
	Biodiversiteit	0	
	Dierenwelzijn/gezondheid:	0	
	Overig:	+	Betere stikstofopname geeft betere gewasopbrengst
	Overig:	0	Maatregel is al sinds 2019 verplicht op klei- en veengrond
<b>Borging</b>	Moeilijk (alleen door fysieke controle op moment van uitrijden)		
<b>Rekenvoorbeeld</b>	<u>Huidige situatie:</u> Een stal met 100 melkkoeien, zonder emissieverlagende maatregelen. De stalemissie is 1.300 kg NH <sub>3</sub> /jaar, veldemissie is 1.300 kg NH <sub>3</sub> /jaar; bedrijfsemis­sie 2.600 kg NH <sub>3</sub> /jaar.	<u>Nieuwe situatie:</u> Aanwending verdunde mest met een sleepvoetbemester op kleigrond. De stalemissie blijft gelijk. De nieuwe veldemissie ligt tussen de 1.300 * 0 = 1.300 en 1.300 * 0,82 = 1066 kg NH <sub>3</sub> /jaar	<u>Reductie:</u> Behaalde reductie is 234 kg NH <sub>3</sub> /jaar. Dit is een reductie van 18% op bedrijfsniveau
<b>Keteneffecten</b>			
<b>Literatuurlijst</b>	Akiyama H, Yan X & K Yagi (2010) Evaluation of effectiveness of enhanced-efficiency fertilizers as mitigation options for N <sub>2</sub> O and NO emissions from agricultural soils: meta-analysis. Global Change Biology 16, 1837-1846. Berntsen P, Menkveld N, Rougoor C & F van der Schans (2022). Pragmatische aanpak stikstofcrisis. Effectiviteit en kosten van stikstof reducerende maatregelen in de melkveehouderij. ABN-publicatie. Holshof, Huijsmans, en Velthof (2023) Effect van toediening van verdunde drijfmest met een zodenbemester op grasopbrengst, ammoniak- en lachgasemissie op zandgrond.		

	Verloop, K., T. Verhoeff, J. Oenema, I. Hoving, B. Meerkerk, J. Huijsmans, G. Migchels, M. de Haan, N. van Eekeren (2018). Minder ammoniakemissie uit de melkveehouderij in het veenweidegebied.
--	--

## 25. Toepassing Renure

### *Samenvatting*

De stikstof uit dierlijke mest wordt gericht teruggewonnen. Hierdoor ontstaat Renure. Het wordt vervolgens gebruikt als kunstmestvervanger en kan dus bovenop de toegestane maximale dierlijke mestgift aangewend worden. Afhankelijk van de gebruikte bewerkingsstappen zal de emissie van  $\text{NH}_3$  in de stal lager zijn (zie factsheet 14), en het eindproduct is dan inzetbaar bij mesttoediening. Ten opzichte van de meest gebruikte kunstmest variant KAS is er weinig winst voor ammoniak te halen. Dit maakt dat de ammoniakemissie in principe niet afneemt. Voor wat betreft klimaateffecten staat  $\text{CO}_2$ -winst door verminderde kunstmestproductie tegenover energiegebruik benodigd voor het terugwinnen van stikstof uit dierlijke mest, dat verder voor een groot deel afkomstig is van plantaardig eiwit dat in het buitenland met veel kunstmest wordt gemaakt (bijv. import van soja uit Brazilië, de VS, enz.). Dat maakt dat Renure geen ammoniakemissiereductie noch klimaatwinst oplevert.

### *Achtergrond*

RENURE, een afkorting van "*Recovered Nitrogen from Manure*", verwijst naar stikstof die uit dierlijke mest wordt teruggewonnen en wordt omgezet in een geconcentreerd mestproduct. Hierbij worden technieken gebruikt zoals scheiding, strippen en filtratie, waardoor stikstof uit de mest wordt gehaald, en waarbij gasvormige verliezen in de stal en mestopslag wordt verlaagd als dagontmesting wordt toegepast, en de stikstof bijvoorbeeld wordt omgezet naar ammoniumzouten of mineralenconcentraten. Het doel is om van (een deel van de stikstof uit) onbewerkte mest een circulaire meststof te maken die qua werking en toepasbaarheid dicht bij kunstmest ligt. De gangbare drijfmest wordt hierbij gesplitst in een dikke fractie die rijk is aan fosfaat en organische stof, en een dunne fractie met veel stikstof en kalium, waarbij de stikstof via een nabewerking kan worden omgezet naar een ammoniumzout.

Juist de opgewerkte dunne fractie tot een ammoniumzout maakt het mogelijk om veel preciezer te bemesten gedurende het groeiseizoen dan met reguliere drijfmest. Doordat de stikstof in RENURE (in de meest opgewerkte vorm) een stabielere en makkelijker doseerbare vorm heeft, vermindert de kans op verliezen naar lucht en water ten opzichte van onbewerkte drijfmest. Aan de andere kant blijft na mestbewerking ook een dikke fractie over die niet meer via emissie-arme technieken kan worden toegediend, met bijbehorende hogere risico's op ammoniakvervluchtiging. Onder optimale omstandigheden kan dit de ammoniakemissie bij toediening van de kunstmestvervanger beperken, afhankelijk van de eigenschappen van het RENURE-product. Bovendien kan de uitstoot in eerdere schakels van de mestketen dalen wanneer technieken zoals mestvergisting, mestscheiding en stikstofstrippen worden ingezet, omdat daarbij ammoniak al vóór de veldtoepassing wordt afgevangen.

Toch betekent het gebruik van RENURE niet automatisch dat de ammoniakemissie in Nederland afneemt. Dat komt doordat het uiteindelijke effect niet alleen afhankelijk is van de eigenschappen van het product zelf, maar vooral van hoe het in de praktijk wordt gebruikt én wat dit betekent voor de inzet van de dikke fractie die na mestscheiding overblijft. De emissievoordelen treden alleen op wanneer RENURE zorgvuldig wordt toegepast; bijvoorbeeld via emissiearme aanwending (van de dunne fractie), direct onderwerken (van de dikke fractie of deze aanvullend aanzuren), conform de goede landbouwpraktijk (bijv. de 4 juistheden van bemesting). In het Commissievoorstel voor RENURE-meststoffen wordt de voorwaarde gesteld dat emissies bij aanwending zoveel mogelijk worden beperkt.

### *Aandachtspunten*

Er is in de literatuur discussie of de inzet van RENURE-producten zoals mineralenconcentraten en kunstmestvervangers leidt tot hogere ammoniakemissies. Dit hangt mede samen met de bestaande onzekerheid op de emissiefactoren alsook met het feit dat deze emissies samenhangen met de bodemgesteldheid (pH, infiltratie), het weer, en de gebruikte toedieningstechniek. Een paar aandachtspunten:

- Omdat de druk op de mestmarkt fors zal toenemen, wordt verwacht dat in 2026 en latere jaren niet alle mest tegen aanvaardbare kosten wordt verwerkt en geëxporteerd zal kunnen worden. Een deel van melkveebedrijven gaat daarom vanaf 2026 mogelijk minder dieren houden of geheel stoppen. Hierdoor daalt de ammoniakemissie. Als bedrijven erin slagen om na enkele jaren de kosten van mestverwerking en -export omlaag te brengen, kunnen zij weer meer dieren houden (waarbij het aantal dieren landelijk overigens daalt vanwege de geldende wetgeving rondom afroaming van productierechten bij verkoop). Door de inzet van RENURE is het mogelijk om binnen het stelsel van gebruiksnormen meer dieren te houden dan in de situatie zonder RENURE ([PBL, 2025a](#)) waardoor er netto 1 tot 2 kiloton extra kan vervluchtigen ([PBL, 2025b](#)).
- In potproeven was de stikstofwerking van mineralenconcentraten circa 90% van KAS, maar in veldproeven was de werking lager (72-84% voor bouwland, en 54-81% voor grasland, Velthof et al., 2020). Dat betekent dat er meer mineralenconcentraat moet worden toegediend dan kunstmest om eenzelfde hoeveelheid werkzame stikstof toe te dienen als kunstmest. De stikstofwerking van ammoniumsulfaat en ammoniumnitraat is gemiddeld vergelijkbaar met KAS (Velthof et al., 2021).
- De emissie van onbewerkte mest varieert van 2% (bouwlandinjectie) tot 17% (zodenbemesting op grasland) van de TAN. De emissiefactor voor KAS, de meest toegepaste kunstmest is 2,5%. Mineralenconcentraten bevatten veel TAN en hebben een hoge pH (> 7.5). Door de lagere viscositeit infiltreert het gemakkelijker in de bodem en wordt de ammoniakemissie verlaagd ten opzichte van drijfmest. Door het hogere TAN-gehalte is de emissie per eenheid mest in de praktijk hoger. De daadwerkelijke emissie is mede afhankelijk van de gebruikte toedieningstechniek. Bij een emissiearme toediening van het mineralenconcentraat is de emissie vergelijkbaar met die van kunstmest.
- Ammoniakemissie van kunstmeststoffen varieert van 0 (nitraat) tot 14,3% voor ureum. Voor ammoniumsulfaat is dat 11% en voor ammoniumnitraat is de emissiefactor 5,2%. Op kalkrijke gronden is de emissie gemiddeld 5% hoger. Vervanging van KAS door beide RENURE-meststoffen zal dus leiden tot hogere ammoniakemissies. Wel is er grote onzekerheid in de emissiefactoren, mede afhankelijk van bodemeigenschappen en wijze van toediening, maar deze is geldig voor alle huidige emissiefactoren.

#### *Andere ammoniakmaatregelen*

Het gebruik van RENURE als zodanig is geen maatregel om ammoniak te verlagen. De reductie van ammoniak is vooral gekoppeld aan de juiste bemestingspraktijk inclusief de meststofkeuze. De maatregel overlapt hiermee met een bestaande maatregel en behoeft geen eigen factsheet.

#### *Literatuur*

- Boerman D, Westhoek H & M Rubach (PBL 2025a) Effecten wijzigingen meststoffenwet. Analyse naar aanleiding van de motie Van Campen & Grinwis, PBL-rapport 5800, 36 pp.
- Smeets W, Hammingh P & D Stroeken (PBL 2025b) Emissieramingen luchtverontreinigende stoffen 2025. Rapportage bij de Klimaat- en Energieverkenning 2024, 155 pp.
- Velthof G, Ehlert P & O Schoumans (2021) Ammoniak- en broeikasgasemissies bij toepassing van kunstmestvervangers; een quickscan. WEnR-rapport 3124, 52 pp.

### Bijlage 3 Vergelijking met andere literatuur

De wereld van het stikstofonderzoek is continu in beweging. Met grote regelmaat verschijnen er nieuwe studies en worden bestaande inzichten aangepast. Bovendien zijn er vaak (soms subtiele) verschillen in uitgangspunten die ervoor zorgen dat vergelijkbare maatregelen in een andere setting een ander effect (lijken te) hebben. De effectinschatting in dit rapport zijn met de grootste zorgvuldigheid vastgesteld. In de praktijk wijken de hier gerapporteerde effecten (enigszins) af van elders genoemde cijfers. In een eerdere versie van het rapport is een vergelijking opgenomen van de effectinschattingen in dit rapport met effectinschattingen door Ros et al. (2025), ook in opdracht van het IPO<sup>12</sup>. Omdat de studie van Ros et al. (2025) anders van opzet is, met een analyse van maatregelen per diersoort, verschilt het aantal maatregelen met het aantal dat in dit rapport met Uniforme Effectinschatting wordt besproken (hier worden maatregelen zoveel mogelijk generiek – voor alle diersoorten tegelijk – besproken). Dat betekent bijvoorbeeld dat een maatregel m.b.t. het optimaliseren van het RE-gehalte in het veevoerrantsoen in dit rapport één maatregel is, terwijl het in de studie van Ros et al. (2025) uiteenvalt in drie maatregelen met aparte effectinschattingen voor rund, varken en pluimvee. Een ander verschil is dat Ros et al. (2025) zich richten op de uitstoot van ammoniak, methaan en lachgas, terwijl dit rapport zich primair richt op reductie van ammoniakemissie. Maatregelen als 'bodembeheer' worden in de studie van Ros et al. (2025) meegenomen vanwege lachgasemissiereductie, terwijl deze maatregel in dit rapport ontbreekt omdat ze slechts een gering effect heeft op de ammoniakemissie. Verder richten Ros et al. (2025) zich op zowel de korte als de lange termijn. Maatregelen op lange termijn zijn relevant, maar laten wij buiten beschouwing, omdat provincies daar in de planvorming op korte termijn (komende jaren) nog weinig mee kunnen, mede gelet op de vraagtekens die in in de studie van Ros et al. (2025) bij deze maatregelen nog staan.

Maatregel zoals beschreven in het rapport '25	Effect	Betrouwbaarheid in Tabel 1			Effect in studie Ros et al. (2025)	Verskil tussen inschatting dit rapport en de studie van Ros et al. (2025)
		Laag	Mati	Hoog		
<b>Verlaging ruw eiwit in veevoer</b>	Afname stalemissie. Melkvee: 1% afname per gr. lager RE-gehalte rantsoen. Varkens: 0-30% en pluimvee: 0-10% afname haalbaar			X	Melkvee, 0-20% reductie in NH <sub>3</sub> Varkens, 0-30% reductie NH <sub>3</sub> Pluimvee, verschilt per manier maar komt neer op tussen de 2 en 10%	Klein verschil (pluimvee).
<b>Bufferstrook</b>	100% afname van de veld-emissies op het areaal van de bufferstrook			X	0-5% voor NH <sub>3</sub> bij niet bemeste bufferstroken langs elk perceel,	Verskil ontstaat doordat experts kijken naar emissies van de bufferstrook (5% van het areaal), en Ros et al. naar totale veldemissies. Aanname is bemestingsruimte kleiner wordt en er daadwerkelijk minder wordt bemest.
<b>Verdund aanwenden mest</b>	0-36% afname veldemissies bij gebruik van sleepvoet; enkel toegestaan op klei en veen		X		5-36% voor NH <sub>3</sub>	Kleine afwijking ondergrens
<b>Spoelen van stal-vloeren / roosters</b>	10-40% afname van de stalemissies		X		13-40% emissiereductie in de stal	Kleine afwijking ondergrens
<b>Meer weidegang</b>	500 uur extra weidegang geeft 5-7,5% afname van de bedrijfsemissies		X		4-50% reductie bij optimalisatie	Schatting in ons rapport is specifiek voor aantal uren extra beweiding. Ros et al kijkt naar grotere range in uren
<b>Aanzuren mest</b>	37-70% afname van de stalemissies			X	40-70% voor NH <sub>3</sub>	Kleine afwijking ondergrens
<b>Toevoegmiddelen mest</b>	15-25% afname van de bedrijfsemissies			X	15-25% voor NH <sub>3</sub>	Geen afwijking
<b>Emissiearme vloer, roostervloer met rubber toplaag, met mestschuif</b>	0-10 % afname van de stalemissies	X			8-50%, waarbij verschillende typen stalvloeren samen worden genomen.	Ros et al. kijken naar andere systemen. Directe vergelijking niet mogelijk
<b>Gras-klover mengsel</b>	20-50% afname van kunstmest-emissies		X		0-20% reductie in NH <sub>3</sub> bij toediening	Ros et al. kwantificeert de reductie van de veldemissies, ons rapport alleen de reductie van de kunstmestemissies; voorwaarde is dat daadwerkelijk minder kunstmest wordt toegepast. Als dat geen randvoorwaarde is, nemen de emissies niet af.
<b>Chemische lucht-wassers</b>	70-90% afname van de stalemissies			X	70-90% reductie in NH <sub>3</sub>	Geen afwijking
<b>Koelen mest</b>	40% afname van emissies mestopslag		X		40% reductie in NH <sub>3</sub>	Geen afwijking
<b>Beluchten mest</b>	Tegenstrijdige resultaten	X			0-70% reductie mogelijk, wel alleen voor rundvee, niet varkens	Experts doen geen uitspraak. Geen conflict.
<b>Windsingels</b>	In de praktijk zeer geringe (<1%) afname van de stalemissies		X		0-20% vastlegging NH <sub>3</sub>	Ros et al. geeft hogere afname. Schatting in ons rapport is gebaseerd op een doorrekening van de WUR.
<b>Cowtoilet</b>	38% afname van de stalemissies		X	X	8-50%; Ros et al. vat verschillende systemen samen (mestrobot, Cowtoilet, Vrijlevenstal etc.)	Schatting in ons rapport (gebaseerd op informatie van de fabrikant) valt in range van de studie van Ros et al.
<b>Gazoo</b>	tot 62% afname van de stalemissies		X	X	8-50%, Ros et al. vat verschillende systemen samen (mestrobot, Cowtoilet, Vrijlevenstal etc.)	Schatting onze studie valt hoger uit. Experts geven afname op basis van informatie fabrikant.

<sup>12</sup> G. H. Ros, H. Kager, G. Boom, en W. de Vries (2025). Verkenning effecten landbouwinnovaties. Potentieel van landbouwinnovaties om emissies van ammoniak en broeikasgassen naar de lucht en verliezen van nutriënten naar het water te verlagen. Wageningen, Wageningen Universiteit, Rapport no 2024.159, 78 blz.

<b>Lely Sphere</b>	77% afname van de stalemissies		X	8-50%, Ros et al. vat verschillende systemen samen (mestrobot, Cowtoilet, Vrijlevenstal etc.)	Schatting onze studie valt hoger uit. Experts geven afname op basis van informatie fabrikant.
<b>Bedrijfs-beëindiging</b>	95 tot 100% afname van de stalemissies		X	Geen uitspraak Ros et al.	Geen uitspraak in de studie van Ros et al.
<b>Krimp bedrijf</b>	50% van bestaande stalemissies van het aantal dieren dat verdwijnt	X		Ros omschrijft hoe GVE maximalisatie kan leiden tot veestapelkrimp. 0-30% reductie. Deze maatregel staat niet een op een gelijk op die van ons.	Geen vergelijking mogelijk.



## Bijlage 4 Belangrijkste wijzigingen t.o.v. de 1ste editie van dit rapport

In deze tweede editie (2026) van het rapport "Uniforme effectinschattingen bronmaatregelen landbouw op ammoniakemissies" zijn, naast tekstuele aanpassingen, de volgende inhoudelijke aanpassingen en aanvullingen doorgevoerd in de hoofdtekst:

- De definitie van borging is aangepast.
- De volgorde van maatregelen in de overzichtstabel is aangepast, zodat deze overeenkomt met de volgorde van de factsheets.
- Er is een paragraaf toegevoegd waarin, met behulp van voorbeelden, wordt toegelicht waarom sommige combinaties van maatregelen niet voor de hand liggen.
- De term 'sectoreffecten' is vervangen door 'gevolgen op landelijke schaal', omdat de term 'sectoreffecten' verwarrend bleek.
- Informatie over overgangsgebieden is toegevoegd.
- Overzicht van onderzoeksvragen is geactualiseerd.
- De tekst over de 'toepassing van resultaten' is aangescherpt (in de samenvatting en aan het eind van de hoofdtekst).
- Informatie over experts, werkwijze en inhoudelijke eindverantwoordelijkheid is geactualiseerd (bijlage 1).

In de factsheets (bijlage 2) zijn de volgende wijzigingen doorgevoerd (naast kleine wijzigingen):

- Voorafgaande aan de factsheets is een pagina toegevoegd waarin de gebruikte aannames voor de (voorbeeldberekeningen in de) factsheets zijn benoemd, en wordt toegelicht hoe de neveneffecten zijn beoordeeld.
- Van iedere maatregel is kort het werkingsmechanisme omschreven.
- Nieuwe onderzoeksresultaten zijn toegevoegd waar dit van toepassing is.
- Er is aandacht besteed aan uniformering door eenzelfde weergave van de factsheets.
- In de inschatting van de effectiviteit van stalsystemen (vloeren, cowtoilet, Lely Sphere) is rekening gehouden met onzekerheid van de inschatting. Hierdoor wordt de effectiviteit van een systeem hoger ingeschat als het 95% betrouwbaarheidsinterval klein is, en wijken de emissiecijfers enigszins af van waarden zoals deze in de RAV/Omgevingswet zijn vermeld.
- Voor iedere factsheet is nagegaan of het 'domein' correct was omschreven. Voor verschillende factsheets bleek dat de maatregel in meer sectoren kan worden toegepast dan was vermeld. Dit is aangepast in de betreffende factsheets.
- De factsheet 'bufferstroken' is gewijzigd in 'verlaging mestgift', omdat dit de daadwerkelijke maatregel is waardoor de ammoniakemissie daalt.
- De factsheet 'aanzuren van mest' is gesplitst in drie factsheets: (1) mest aanzuren met middelen zoals zwavel- of salpeterzuur, (2) mest biologisch aanzuren i.c.m. vergisting en (3) aanzuren mest bij aanwending
- De factsheet over luchtwassers is opgesplitst naar (1) chemische en (2) biologische luchtwassers.
- De focus is verbreed van 'veehouderij' naar 'veehouderij en akkerbouw'. Er zijn enkele factsheets toegevoegd gericht op aanwending van mest, te weten: (1) aanzuren mest bij aanwending (factsheet 7), (2) diepe mestinjectie op bouw- en grasland (factsheet 19).
- De neveneffecten van maatregelen zijn opnieuw beoordeeld, en waar nodig is de beoordeling aangepast.
- Informatie over toepassing van Renure is toegevoegd (bij opties die geen noemenswaardig effect hebben op ammoniakemissie).