



Wageningen University & Research | Bijlage bij rapport *De integrale KPI-kernset duurzame landbouw*

Februari 2026 | 2026-002-2

Ammoniak

Nadere toelichting op de definitie, achtergronden en ontwikkelpunten van voorgestelde KPI's

René Schils,¹ Wim van Dijk,¹ Sander Gerritsen,¹ Joan Reijs²

¹ Wageningen University & Research, Wageningen Plant Research

² Wageningen University & Research, Wageningen Social & Economic Research

Gereviewd door Edo Gies (Wageningen University & Research, Wageningen Environmental Research, Regional Development and Spatial Use group)

Inhoudsopgave

1	Beschrijving van de KPI	2	2.3 Theoretisch haalbaar.....	10	
1.1	Definitie KPI.....	2	2.4 Drempel- en streefwaarden voor doelbereik	13	
1.2	Relatie KPI tot doelen.....	2			
1.3	Berekeningswijze en bestaande rekeninstrumenten.....	3	3	Handelingsperspectief en samenhang	14
1.4	Benodigde data en bronnen, inclusief bestaande datasystemen	6	3.1	Handelingsperspectief	14
1.5	Vereenvoudigingsopties	6	3.2	Neveneffecten.....	15
1.6	Verfijningsopties.....	6	4	Discussie	16
2	Referentiewaarden: wat weten we over KPI-scores?	8	4.1	Overwegingen bij de keuze voor deze KPI.....	16
2.1	Informatienet-benchmarks	8	4.2	Sterkte en zwakte van deze KPI	16
2.2	Praktijkresultaten pilots	10	5	Aanbevelingen voor verdere ontwikkeling...	18
			Literatuur		19

1 Beschrijving van de KPI

1.1 Definitie KPI

De KPI brengt de emissie van ammoniak (NH_3) in beeld van een bedrijf, in haar geheel of voor de onderdelen stal & opslag en veld (zie kader). De ammoniakemissie kan worden verlaagd door de hoeveelheid stikstof die melkvee opneemt met voer en/of de hoeveelheid stikstof die wordt toegediend aan de bodem te verlagen. Ook kunnen maatregelen worden genomen die de emissie per kg stikstof (emissiefactor stal & opslag en veld) verlagen.

In de melkveehouderij worden drie afzonderlijke KPI's onderscheiden voor de categorieën bedrijf, stal & opslag en veld. De KPI's voor bedrijf en veld worden per ha uitgedrukt. De KPI stal & opslag kan zowel per grootvee-eenheid (GVE) als per kg fosfaatrecht (P-recht) worden uitgedrukt.

De emissie uit staande gewassen wordt niet meegenomen vanwege de grote onzekerheid, met name voor schattingen op bedrijfsniveau¹ (De Ruijter et al., 2013).

1.2 Relatie KPI tot doelen

De KPI's voor ammoniak zijn direct gerelateerd aan de emissie van bedrijven, uitgedrukt per eenheid oppervlakte, per grootvee eenheid of per kg fosfaatrecht.

Een verlaging van de berekende KPI-waarde draagt daarmee bij aan de nationale reductiedoelen voor

ammoniak, mits dezelfde oppervlakte of veestapel in beschouwing wordt genomen.

Ammoniak komt vrij uit stallen en mestopslagen, bij aanwending of uitscheiding van mest op grasland op bouwland, en bij de afbraak van gewasresten. Uitgestoten ammoniak komt via depositie onder andere terecht op natuurterreinen waar het de voedselrijkdom verhoogt en bijdraagt aan bodemverzuring. Een gevolg hiervan is dat de diversiteit aan plantensoorten afneemt waarbij ook effecten in de insectenstand en andere fauna optreden.² Dicht bij de bron is de depositie van ammoniak gemiddeld het hoogst. Zo slaat binnen een afstand van 500 meter van de bron circa 5% van de ammoniak neer. Op grotere afstand van de bron slaat relatief minder stikstof neer omdat ammoniak steeds meer verdunt in de lucht, maar neerslag komt wel in een veel groter gebied neer. Dit zorgt dus voor een grotere totale stikstofdepositie over een uitgestrekt gebied. Binnen een afstand van 250 kilometer van de bron is ongeveer 80% van de ammoniak neergeslagen. Bovenstaande getallen variëren met de weersomstandigheden en het voorkomen van hoge bomen en gebouwen. Daarnaast reageert ammoniak met fijnstofdeeltjes die grotere afstand kunnen afleggen. Naast ammoniak dragen ook stikstofoxiden bij aan stikstofdepositie (CLO, 2025). De Nederlandse landbouw draagt voor ongeveer de helft bij aan de totale stikstofdepositie.

KPI Ammoniak veld

Totale ammoniakemissie uit toegediende meststoffen, excretie in de weide en gewasresten, uitgedrukt in kg per ha.

Akkerbouw:

$$\text{KPI_NH3}_{\text{veld}} = (\text{NH3}_{\text{kunstmest}} + \text{NH3}_{\text{organische_mest}} + \text{NH3}_{\text{gewasresten}}) / \text{oppervlakte} \text{ [kg/ha]}$$

Melkveehouderij:

$$\text{KPI_NH3}_{\text{veld}} = (\text{NH3}_{\text{kunstmest}} + \text{NH3}_{\text{organische_mest}} + \text{NH3}_{\text{weide-excretie}} + \text{NH3}_{\text{gewasresten}}) / \text{oppervlakte} \text{ [kg/ha]}$$

KPI Ammoniak stal & opslag

Totale ammoniakemissie uit stallen en opslagen, uitgedrukt in kg per GVE of kg fosfaatrecht

Melkveehouderij:

$$\text{KPI_NH3}_{\text{stal\&opslag}} = (\text{NH3}_{\text{stal\&opslag}}) / \text{gve}_{\text{melkvee}} \text{ [kg/gve]}$$

$$\text{KPI_NH3}_{\text{stal\&opslag}} = (\text{NH3}_{\text{stal\&opslag}}) / \text{P-rechten} \text{ [kg/kg P-recht]}$$

KPI Ammoniak bedrijf

Som van veld en stal emissies, uitgedrukt per hectare.

Melkveehouderij:

$$\text{KPI_NH3}_{\text{bedrijf}} = (\text{NH3}_{\text{stal\&opslag}} + \text{NH3}_{\text{veld}}) / \text{oppervlakte} \text{ [kg/ha]}$$

¹ De nationale emissie uit staande gewassen ligt tussen de 0 en 6 miljoen kg NH_3 -N per jaar, met een beste schatting van 1,5 miljoen kg. De NH_3 -concentratie in de lucht heeft een grote

invloed op deze emissiebron. Bij hoge achtergrondconcentraties kan er zelfs NH_3 -opname door een gewas (negatieve emissie) zijn.
² <https://www.rivm.nl/stikstof>

In Nederland zijn in de Wet stikstofreductie en natuurverbetering (Wsn) doelstellingen voor overbelasting met stikstofdepositie opgenomen (RIVM, 2025). In totaal moet op 74% van het stikstofgevoelig areaal in Natura 2000-gebieden de stikstofdepositie in 2035 lager zijn dan de kritische depositiewaarde (KDW). Het door de MCEN³ voorgestelde maatregelenpakket beoogt voor de landbouw bij te dragen aan een reductiedoel van de ammoniakemissie met 42-46% in 2035 ten opzichte van 2019. In 2019 bedroeg de ammoniakemissie uit de landbouw (exclusief emissies van hobbybedrijven en van mestafzet bij particulieren en op natuurterreinen) ongeveer 108 kiloton. Een reductie van 42-46% levert dan een restemissie van ongeveer 59 tot 63 kiloton NH₃ op in 2035. De beoogde reductie voor de periode 2019-2035 bedraagt 46-50 kiloton NH₃. Ten opzichte van het basispad (raming 2030) is de restopgave van het MCEN-doel 15-20 kiloton NH₃ in 2035. Een vertaling naar regionale doelen en bedrijfsdoelen is niet gemaakt. Wel stelt MCEN dat een deel van de benodigde reductie wordt behaald door het generieke beleid en een deel via additioneel regionaal maatwerk in onder andere stroken rondom de Natura 2000-gebieden en sleutelgebieden Gelderse Vallei/Veluwe en De Peel (PBL, 2025).

1.3 Berekeningswijze en bestaande rekeninstrumenten

De ammoniakemissie wordt per bron berekend als het product van een hoeveelheid stikstof uit een bepaalde bron en een bijbehorende emissiefactor. Hieronder wordt de berekening toegelicht per stikstofbron. Daarna volgen een aantal voorbeeldberekeningen voor de verschillende KPI's.

Excretie

Op melkveebedrijven is de belangrijkste organische meststroom de geproduceerde eigen mest. Omdat dit een interne stroom betreft binnen een melkveebedrijf, moet deze worden berekend. De volledige berekening is beschreven in Van Dijk et al. (2024). Globaal houdt de berekening in dat de bruto-excretie van totale stikstof wordt berekend als het verschil tussen de hoeveelheid N in het rantsoen en de afgevoerde hoeveelheid N met melk en dieren. Totaal stikstof bestaat uit totaal ammoniakaal stikstof (TAN) en totaal organische stikstof. Alleen de TAN-excretie is van belang voor de ammoniakemissie. Voor de berekening van de TAN-excretie wordt onderscheid gemaakt in een stal en weideperiode. De verdeling van de TAN-excretie over de stal en weide in de zomer gebeurt op basis van de uren die de dieren doorbrengen in de weide. Hierbij wordt verondersteld dat tijdens een uur beweiding evenveel mest wordt geproduceerd als tijdens een uur op stal en dat de hoeveelheid TAN in de mest niet varieert gedurende de dag. Voor de berekening van de fosfaatexcretie, als basis voor de fosfaatrechten, wordt op

vergelijkbare wijze het verschil tussen totale fosfaatopname en fosfaatafvoer berekend.

Berekening KPI Ammoniak veld

De veldemissie heeft alleen betrekking op de emissies die plaatsvinden in het veld, o.a. bij aanwending van meststoffen, en wordt berekend als de som van emissies uit kunstmest (NH₃_{kunstmest}), aangewende organische mest (NH₃_{organische_mest}), weide-excretie (NH₃_{weide-excretie}) en gewasresten (NH₃_{gewasresten}).

NH₃_{kunstmest} is het product van de totale hoeveelheid toegediende stikstof in kunstmest (N-totaal) en een kunstmestspecifieke emissiefactor. De emissiefactor varieert van 0% voor zuivere nitraatmeststoffen tot 14% voor sommige ureumsoorten. Voor de meest gebruikte KAS meststof is de emissiefactor 2,5%.

NH₃_{organische_mest} is het product van de toegediende TAN en een emissiefactor, die afhankelijk is van het type mest en de toedieningswijze. De emissiefactor varieert van 2% bij diepe injectie op bouwland tot bijna 70% bij bovengrondse toediening. Bij zodebemesting op grasland van niet bewerkte dunne rundermest is de emissiefactor 17%.

NH₃_{weide-excretie} is het product van TAN in uitgescheiden faeces en urine en een vaste emissiefactor van 4%.

NH₃_{gewasresten} is het product van de hoeveelheid stikstof-totaal in gewasresten en een gewasafhankelijke emissiefactor. De emissiefactor is afhankelijk van het type gewasrest en de mate waarin deze na de oogst wordt ingewerkt. Bij grasland wordt alleen gerekend met emissie uit maaiverliezen en uit verliezen bij het scheuren van grasland, waarbij een vaste emissiefactor geldt van 4,8%. Bij bouwland gelden gewas-specifieke emissiefactoren die variëren van 0,3% bij aardappelen tot 7,3% bij vlinderbloemigen zoals luzerne en rode klaver.

Bij de berekening van de emissie per ha wordt gedeeld door de oppervlakte van het totale bedrijf, inclusief bufferstroken.

Berekening KPI Ammoniak stal & opslag

NH₃_{stal&opslag} is het product van de TAN-productie die in stal & opslag terecht komt en de emissiefactor van het stal- en opslagsysteem. Hierbij wordt rekening gehouden met omzettingen tijdens de opslag. Bij opslag van dunne mest wordt door middel van mineralisatie organische stikstof omgezet in TAN. Andersom wordt bij opslag van vaste mest door middel van immobilisatie TAN omgezet in organische stikstof. Ook wordt rekening gehouden met de verliezen uit externe opslagen en verliezen die gepaard gaan met mestbewerking op het bedrijf.

³ <https://open.overheid.nl/documenten/bb701504-9dca-454f-bbea-39cffe2d8dfd/file>

In de stalperiode is de emissiefactor van een standaardstal 14,3%. In de weideperiode varieert de standaardemissiefactor van 14,3% bij volledig opstallen tot 40,9% bij 20 uur weidegang per dag. De TAN-excretie in de stal is uiteraard lager naarmate er meer beweiding is. De emissiefactor van een specifieke stal wordt met behulp van de emissies conform RAV (Regeling Ammoniak en Veehouderij; tegenwoordig zijn de emissiefactoren voor stalsystemen onderdeel van de Omgevingsregeling) berekend met behulp van een correctiefactor ten opzichte van de standaardstal. In de RAV-tabel staan de emissies van alle staltypen.

Bij de berekening van de emissies uit stal & opslag worden uitsluitend de dieren van de melkveetak (koeien,

pinken, kalveren) meegenomen. De emissies van overige graasdieren (bijvoorbeeld schapen, geiten, paarden) of staldieren (bijvoorbeeld varkens, pluimvee) worden niet meegenomen. Voor de berekening van de emissie per grootvee-eenheid (GVE) geldt dat een melkkoe gelijk is aan 1 GVE, een pink 0,53 GVE en een kalf 0,23 GVE. Voor de berekening van fosfaatrechten wordt de fosfaatexcretie van het melkvee berekend. Vervolgens wordt rekening gehouden met een gemiddelde onderbenutting van 1,5% door de excretie te delen door 0,985.

Voorbeeldberekeningen

In tabellen 1.1 tot en met 1.4 zijn voorbeeldberekeningen weergegeven voor de verschillende ammoniak-KPI's op een melkveebedrijf en akkerbouwbedrijf.

Tabel 1.1 Voorbeeldberekening KPI Ammoniak veld voor een akkerbouwbedrijf.

Bron	Hoeveelheid (kg N)	Emissiefactor (%)	Emissie (kg NH ₃ -N)	Emissie (kg NH ₃)
Aanwending dierlijke mest (TAN)	8700	2	174	211
Aanwending kunstmest (Ntot)	3300	2,5	82,5	100
Gewasresten (Ntot)	11000	3	330	401
Totale emissie (kg NH₃)				712
Oppervlakte (ha)				150
Emissie per ha (kg NH ₃)				5

Tabel 1.2 Voorbeeldberekening KPI Ammoniak veld voor een melkveebedrijf.

Bron	Hoeveelheid (kg N)	Emissiefactor (%)	Emissie (kg NH ₃ -N)	Emissie (kg NH ₃)
Aanwending dierlijke mest (TAN)	7000	16	1120	1360
Aanwending kunstmest (Ntot)	8000	3	240	291
Beweiding (TAN)	2500	4	100	121
Gewasresten (Ntot)	300	5	15	18
Totale emissie (kg NH₃)				1790
Oppervlakte (ha)				60
Emissie per ha (kg NH ₃)				30

Tabel 1.3 Voorbeeldberekening KPI Ammoniak stal & opslag voor een melkveebedrijf.

Bron	Hoeveelheid (kg N)	Emissiefactor (%)	Emissie (kg NH ₃ -N)	Emissie (kg NH ₃)
Stal-Opslag (TAN)	6000	14	840	1020
Totale emissie (kg NH₃)				1020
GVE (n)				130
Emissie per GVE (kg NH ₃)				8
P-recht (kg)				5200
Emissie per kg P-recht (kg NH ₃)				0,20

Tabel 1.4 Voorbeeldberekening KPI Ammoniak bedrijf voor een melkveebedrijf.

Bron	Hoeveelheid (kg N)	Emissiefactor (%)	Emissie (kg NH ₃ -N)	Emissie (kg NH ₃)
Stal-Opslag (TAN)	6000	14	840	1020
Aanwending dierlijke mest (TAN)	7000	16	1120	1360
Aanwending kunstmest (Ntot)	8000	3	240	291
Beweiding (TAN)	2500	4	100	121
Gewasresten (Ntot)	300	5	15	18
Totale emissie (kg NH₃)				2811
Oppervlakte (ha)				60
Emissie per ha (kg NH ₃)				47

Tabel 1.5 Benodigde data voor de berekening van de verschillende KPI's voor ammoniak.

Categorie	Kenmerk	Akkerbouw	Melkveehouderij
Veehouderij	Stal- en opslagsystemen per diersoort		x
	Mestbewerking, type en hoeveelheid		x
	Aantal, aanvoer, afvoer dieren per diersoort en -categorie		x
	Melkproductie		x
	Aanvoer en afvoer van alle voersoorten, inclusief voorraadmutaties		x
	Samenstelling voervoorraden		x
	Aanvoer strooisel		x
Gewas	Bouwplan, inclusief vlinderbloemigen	x	x
	Grondsoorten per gewas	x	x
	Graslandvernieuwing		x
	Beheer gewasresten	x	x
	Gewasopbrengsten en -kwaliteit	x	x
	Beweidingssysteem en -duur		x
	Ganzenschade	x	x
	Aan- en afvoer van alle meststoffen, inclusief voorraadmutaties	x	x
	Hoeveelheid, tijdstip en methode van mesttoediening per gewas	x	x

Rekeninstrumenten

In de melkveehouderij maken vrijwel alle veehouders gebruik van de KringloopWijzer (KLW). Alle melkveebedrijven die leveren aan zuivelondernemingen gelieerd aan NZO (de Nederlandse Zuivel Organisatie) zijn verplicht de KLW in te vullen. De achterliggende rekenregels staan beschreven in Van Dijk et al. (2024). De KringloopWijzer omvat een rekenkern en een centrale dataopslagstructuur waarin de invoerdata van de melkveehouders zijn opgeslagen en van waaruit via de rekenkern de kengetallen en indicatoren worden berekend. Er zijn weliswaar andere instrumenten beschikbaar in de vorm van bedrijfsmanagement software, maar die kunnen op dit moment niet de volledige set van KPI's berekenen zoals dat bij de KLW het geval is.

Voor de akkerbouw is er niet een dergelijke structuur. Wel is de Nutriëntenbalans Akkerbouw (Gerritsen en Van Dijk, in voorbereiding) ontwikkeld voor berekening van N- en P-overschotten, NH₃-N-emissie en broeikasgasemissies op akkerbouwbedrijven (Schröder

en Rutgers, 2018). Deze tool is ook gebruikt voor de berekening van KPI's in de KPI-akkerbouwpijots. Het betreft echter nog een Excel-model en er zou verdere doorontwikkeling moeten komen voor grootschalig gebruik in de akkerbouw. Op dit moment loopt er een initiatief, waarbij in overleg met onder andere sectorpartijen wordt nagegaan hoe dit zou kunnen worden vormgegeven.

In de KPI-K-systematiek en de bestaande rekeninstrumenten wordt geen rekening gehouden met onzekerheden. In NEMA systematiek (Van Bruggen et al., 2023) bedragen de onzekerheidsschatting voor ammoniak 20% voor stallen, 57% voor mestopslagen, 31% voor mesttoediening, 36% voor kunstmest en 53% voor beweiding. Deze schatting combineert onzekerheden in activiteitendata en onzekerheden in emissiefactoren ten behoeve van nationale schatting. Dit is niet direct vertaalbaar naar onzekerheden op bedrijfsniveau, maar over het algemeen zal de onzekerheid groter worden bij berekeningen op bedrijfsniveau.

1.4 Benodigde data en bronnen, inclusief bestaande datasystemen

Data

De databehoeftte op akkerbouwbedrijven is relatief gering omdat de emissies beperkt zijn tot veldemissies. In de melkveehouderij is de databehoeftte relatief groot omdat de interne stikstofstromen van dier naar gewas, en andersom, in beeld moeten zijn voor de juiste berekening van de emissies. Tabel 1.5 geeft weer welke data nodig zijn om ammoniakemissie te berekenen voor akkerbouw en melkveehouderij.

Datasystemen

In de melkveehouderij worden veel data opgeslagen in de Centrale Database Kringloopwijzer. Na machtiging van de melkveehouder worden relevante data van RVO, voer- en mestleveranciers, melkafnemers en onderzoekslaboratoria automatisch gekoppeld aan bedrijf of percelen. Daarnaast zijn nog handmatig aangevulde data nodig over managementkeuzes zoals beweiding, verdeling dierlijke mest, bouwplan, of herinzaai grasland.

In de akkerbouw is er geen centrale databank. Alle gegevens dienen ingevoerd te worden door boer of adviseur, onder andere uit het bedrijfsmanagement-systeem en afvoer- en aanvoerbonnen over gewasopbrengsten, aanvoer kunstmest, verdeling dierlijke mest of compost. Data over geteelde gewassen en aanvoer dierlijke mest zijn al geregistreerd bij RVO.

1.5 Vereenvoudigingsopties

Hieronder worden voor zowel melkvee- als akkerbouw-bedrijven vereenvoudigde opties voor berekening van de ammoniakemissie weergegeven. Het voordeel van de vereenvoudigde methoden is dat ze minder complex zijn, dat ze relatief lage administratieve kosten met zich meebrengen en dat ze relatief makkelijk zijn te borgen. Het nadeel is dat ze minder rekening houden met de variatie in bedrijfsvoering waardoor het geen recht doet aan de werkelijke prestatie van een bedrijf. Benadrukt moet worden dat het slechts gaat om globale voorbeelden. In opdracht van het ministerie van LVVN worden deze vereenvoudigingsopties in 2025 verder uitgewerkt.

Optie 1: volledig forfaitair

Berekening op basis van de grootte en samenstelling van de veestapel, het stalsysteem, de grondsoort, en de oppervlakte per gewascategorie. De ammoniakemissie is uitsluitend gedifferentieerd naar staltype, diersoort, grondsoort en gewas. Er wordt geen rekening gehouden met de specifieke bedrijfsvoering van het betreffende bedrijf. Er wordt uitgegaan van forfaitaire TAN-excretienormen per diersoort. Als de netto-excretie hoger is dan de plaatsingsruimte voor dierlijke mest-N, is de

dierlijke mest-N-aanvoer gelijk aan de plaatsingsruimte omdat de rest wordt afgevoerd. Als de netto-excretie lager is dan de plaatsingsruimte van dierlijke mest, is de dierlijke mest-N-aanvoer gelijk aan de netto-excretie. De aanvoer van kunstmest-N is dan gelijk aan de gebruiksnorm voor totale N minus de wettelijke werkzame N uit dierlijke mest. Uitgangspunt is dat gebruiksnormen voor dierlijke mest-N en totale N worden opgevuld. De ammoniakemissie wordt volledig forfaitair berekend.

Optie 2: verfijnd forfaitair

Als optie 1, maar nu worden bepaalde kenmerken wat specifieker ingeschat op basis van eenvoudig beschikbare aanvullende bedrijfskenmerken die gerelateerd zijn aan het de ammoniakemissie. Voorbeelden zijn melkureum en melkproductie afhankelijke netto-N-excretie, het toepassen van weidegang (wel of niet, los van de duur) als maat voor de berekende N-aanvoer met kunstmest en de forfaitaire gewasopname en geregistreerde hoeveelheden aangevoerde en afgevoerde mest. De NH_3 -N-emissie wordt verfijnd forfaitair berekend op basis van bovengenoemde kenmerken.

Optie 3: bedrijfsbalans

De berekening wordt verder verfijnd door rekening te houden met de bedrijfsspecifieke bedrijfsbalans. Aanvoer, afvoer en voorraadveranderingen van voer, mest en dieren worden geregistreerd. De ammoniakemissie blijft forfaitair berekend omdat de interne meststromen, van dier naar land via mesttoediening en beweiding, niet in beeld zijn, zoals dat bij de KLV wel het geval is. Zie ook het onderstaande kader.

1.6 Verfijningsopties

Op een aantal punten is een verdere verfijning van de berekening van de KPI's voor ammoniak nog mogelijk.

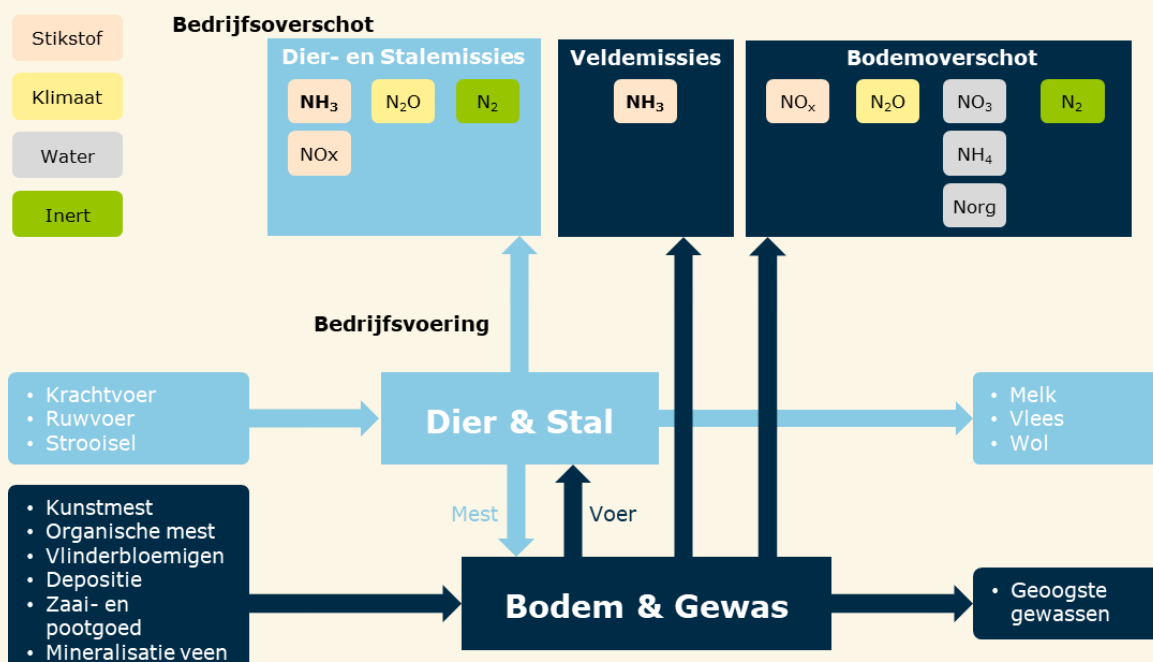
Aanvullende metingen

De ammoniakemissie uit organische mest is mede afhankelijk van het NH_3 -N-gehalte van de organische mest. In de berekening van de NH_3 -N-emissie wordt gewerkt met een berekend aandeel NH_3 -N in de totale N. Meting van het NH_3 -N-gehalte kan een zinvolle aanvulling kunnen zijn.

De ammoniakemissie wordt daarnaast mede bepaald door de zuurgraad van de mest. Met name wanneer mest is aangezuurd (chemisch of biologisch), zal de emissiefactor lager zijn. Door de pH te meten bij de toediening, zou dit kunnen worden verdisconteerd in de emissiefactor. Een stap verder zijn metingen van ammoniakemissie in stallen of rondom mesttoediening als aanvulling op de standaardemissiefactoren. Voor praktijkbedrijven zou het op korte tot middellange termijn als indicatie mogelijk bruikbaar zijn, maar niet reëel voor implementatie in KPI-systematiek op dit moment.

N-bedrijfsoverschot

Stikstofverliezen kunnen op verschillende manieren worden berekend en vastgesteld. Onderstaand plaatje geeft schematisch weer welke stikstofverliezen plaatsvinden op een landbouwbedrijf met zowel dierlijke als plantaardige productie (zoals een melkveebedrijf). Het plaatje laat zien dat er meerdere verliesroutes zijn van stikstof die allemaal op een verschillende manier impact hebben. De oranje blokjes dragen bij aan biodiversiteitsverlies in natuurgebieden via depositie, de gele blokjes dragen bij aan klimaatverandering en de blauwe blokjes dragen bij aan biodiversiteitsverlies via eutrofiering van grond- en oppervlaktewater.



Bij het stikstofbedrijfsoverschot wordt alleen het totale stikstofverlies berekend zonder de afzonderlijke verliesroutes in beeld te brengen. Dit in tegenstelling tot het N-bodemoverschot waarbij alleen gekeken wordt naar de N-verliezen die in de bodem plaatsvinden (nitraatuitspoeling en gasvormige verliezen via denitrificatie, blokje rechtsboven in de figuur).

Voor de berekening van het N-bedrijfsoverschot hoeven alleen de aan- en afvoer van het bedrijf (inclusief voorraadmutaties) in beeld te worden gebracht. Dit kan gedaan worden op basis van registraties van aan- en afvoer van het bedrijf. Het is niet nodig om specifieke emissies te berekenen en ook de interne kringloop (voerproductie en voeropname) hoeven niet berekend te worden. Hierdoor zijn er veel minder onzekere datapunten in de berekening dan wanneer de verliesroutes wel gespecificeerd worden. Het nadeel van het hanteren van het bedrijfsoverschot is dat niet duidelijk kan worden gemaakt wat de specifieke bijdrage van het bedrijf aan verschillende emissie- en waterkwaliteitsdoelen is. Bovendien kan een laag bedrijfsoverschot nog steeds betekenen dat een bepaalde verliespost

Invoer op perceelsniveau

Momenteel worden de meeste data vastgelegd op bedrijfsniveau of gewasgroepniveau terwijl er veel variatie kan bestaan tussen percelen als het gaat om bemesting, beweiding of opbrengsten. Binnen een bedrijf komt veel variatie voor tussen percelen. Momenteel wordt daar niet of nauwelijks rekening mee gehouden en wordt bijvoorbeeld aangenomen dat alle mestgiftten uniform verdeeld worden over alle percelen met hetzelfde gewas. In de praktijk is dat niet het geval omdat de nutriëntenbehoefte van percelen varieert. Door rekening te houden met perceelsvariatie, met name aan de aanvoerzijde van mest, verbetert de berekening van de bedrijfsgemiddelde ammoniakemissie.

Verfijnde emissiefactoren

Emissiefactoren zijn de beste schattingen van de emissie onder gemiddelde omstandigheden. In de praktijk komen

regelmatig afwijkingen voor van gemiddelde omstandigheden, denk aan weersomstandigheden tijdens mesttoediening. Emissiefactoren zouden verfijnd kunnen worden naar weersomstandigheden en in combinatie met een zorgvuldige registratie zou dat tot een betere berekening kunnen leiden.

Andere variatiebronnen zijn de variatie in dosering, de nauwkeurigheid van bemesten of de lagere effectiviteit van emissiearme stallen in praktijk.

Zichtbaarheid onzekerheid

In de KPI-K-systematiek en de bestaande rekeninstrumenten wordt geen rekening gehouden met onzekerheden die aanzienlijk zijn. Toevoeging van onzekerheden voorziet de beoogde gebruikers van waardevolle informatie die kan helpen bij managementbeslissingen, sturing of beloning.

2 Referentiewaarden: wat weten we over KPI-scores?

Referentiewaarden kunnen gebruikt worden om KPI-scores te duiden: hoe verhoudt de score zich tot het huidige gemiddelde, tot waarden die in theorie gehaald kunnen worden of tot waarden die nodig zijn voor doelbereik? Zie voor uitleg paragraaf 3.3 van het hoofdrapport.

In dit hoofdstuk worden de verschillende referentiewaarden gepresenteerd: benchmarks waarbij de bedrijfswaarde wordt vergeleken met de prestaties van andere vergelijkbare bedrijven (2.1 en 2.2) en referentiewaarden op basis van theoretisch haalbare waarden (2.3). Tot slot wordt ingegaan op drempel- en streefwaarden die nodig zijn voor doelbereik (2.4).

2.1 Informatienet-benchmarks

In de melkveehouderij wordt op vrijwel alle Nederlandse melkveebedrijven ammoniak jaarlijks berekend met rekeninstrument KringloopWijzer (KLW). In KLW worden benchmarks gehanteerd op basis van grondsoort, intensiteit en gangbaar/biologisch, met in totaal 36 groepen (5 grondsoorten, 7 intensiteitsklassen, gangbaar/biologisch). De benchmarks zijn gebaseerd op de gemiddelden van de voorgaande 3 jaren van de 36 groepen bedrijven. Omdat benchmarks in KLW niet openbaar zijn worden in deze paragraaf alleen resultaten en benchmarks uit het Bedrijveninformatienet⁴ beschreven.

De Informatienet-benchmarks (zie ook hoofdrapport) geven een beeld van de verdeling van de prestaties van bedrijven in de melkveehouderij en akkerbouw (tabellen 2.1 tot en met 2.5).

In de melkveehouderij worden op vrijwel alle Nederlandse melkveebedrijven ammoniakemissies jaarlijks berekend met rekeninstrument KringloopWijzer (KLW). In KLW worden benchmarks gehanteerd op basis van grondsoort, intensiteit en gangbaar/biologisch, met in totaal 36 groepen (5 grondsoorten, 7 intensiteitsklassen, gangbaar/biologisch). De benchmarks zijn gebaseerd op de gemiddelden van de voorgaande 3 jaren van de 36 groepen bedrijven. Omdat benchmarks in KLW niet openbaar zijn worden in deze paragraaf alleen resultaten en benchmarks uit het Bedrijveninformatienet beschreven.

Voor de veldemissies geldt dat de 25% best presterende bedrijven (P25) een 6 à 7 kg/ha lagere emissie hebben dan het gemiddelde of de mediaan (P50) van de sector. In de akkerbouw is dat relatief een beduidend groter verschil dan in de melkveehouderij, wat samenhangt met de grotere variatie aan inzet van organische mest in de akkerbouw. Dit betreft variatie in gebruikte hoeveelheden,

maar ook variatie in soorten organische mest die verschillen in ammoniakgehalte (compost relatief weinig ammoniak, varkensmest relatief veel ammoniak). Daarnaast is er variatie in toedieningstechniek, namelijk op zand meer diepere injectie met weinig emissies en op klei vooral ondiepere toediening met meer emissie. De emissies uit stal & opslag laten een beduidend kleinere spreiding zien ten opzichte van de veldemissies.

In de melkveehouderij gaat een hogere intensiteit gepaard met hogere veldemissies omdat de dierlijke mestgiften hoger kunnen zijn, tot een bepaalde intensiteit waarboven mest wordt afgevoerd. De gemiddelde veldemissies zijn voor melkveebedrijven met <14, 14-19 en >19 t/ha respectievelijk 27, 33 en 33 kg NH₃/ha. Door het vervallen van de derogatie (nog niet zichtbaar in de benchmarks), zal het effect van intensiteit minder worden. Voor stal & opslag zien we een vergelijkbaar beeld, dat samenhangt met een hogere excretie per koe en minder weidegang. De gemiddelde emissie uit stal & opslag is voor melkveebedrijven met <14, 14-19 en >19 t/ha respectievelijk 10, 12 en 12 kg NH₃/gve (0,25 - 0,27 - 0,25 kg NH₃/kg P-recht). De daling van de emissie bij de meest intensieve bedrijven wordt veroorzaakt door de hogere melkproductie en fosfaatexcretie per koe. Opgeteld, zien we datzelfde effect bij de emissie per bedrijf. De gemiddelde ammoniakemissie op bedrijfsniveau is voor melkveebedrijven met <14, 14-19 en >19 t/ha respectievelijk 44, 58 en 64 kg NH₃/ha.

In de melkveehouderij zijn de veldemissies op klei en veen hoger dan op zand/löss gronden omdat er meer dierlijke mest wordt uitgereden, en bovendien naar verhouding meer op grasland dan op bouwland. De gemiddelde veldemissie op zand/löss, klei, veen is respectievelijk 29, 36 en 34 kg NH₃/ha. Dat verschil vertaalt zich ook door naar de bedrijfsemisies. De gemiddelde bedrijfsemissie op zand/löss, klei, veen is respectievelijk 54, 63 en 57 kg NH₃/ha. Bij het wegvallen van derogatie kunnen de verschillen in gebruiksruijtte kleiner worden, maar de verschillen in verhouding grasland/bouwland blijven wel bestaan, en worden wellicht zelfs groter.

In de akkerbouw is er nauwelijks een relatie tussen intensiteit en emissies. De gemiddelde veldemissie is voor bedrijven met 2080, 3570 en 5860 SO/ha respectievelijk 13, 11 en 11 kg NH₃/ha.

In de akkerbouw zijn de gemiddelde veldemissies op zand, löss en klei respectievelijk 5, 6 en 15 kg NH₃/ha.

⁴ Hoewel de afkorting 'BIN' in figuren wordt gebruikt, schrijven we in de lopende tekst de volledige naam uit of 'Informatienet'.

Tabel 2.1 Benchmarks voor de ammoniak KPI's (kg NH₃/jaar), gebaseerd op Informatienet-data, 2021-2023.

Benchmark	Akkerbouw		Melkveehouderij		
	Veld (kg/ha)	Veld (kg/ha)	Stal & Opslag (kg/gve)	Stal & Opslag (kg/P-recht)	Bedrijf (kg/ha)
P25	4	25	9	0,22	47
P50	9	31	11	0,26	55
P75	16	37	13	0,30	66
Gemiddeld	11	32	11	0,26	57

Tabel 2.2 Gemiddelde waarden van NH₃-bedrijf (kg/ha) op Informatienet-melkveehouderij- en akkerbouwbedrijven in relatie tot grondsoort en intensiteit, 2020-2022.

Sector	Grondsoort	Alle bedrijven	Naar intensiteit a)		
			Extensief	Gemiddeld	Intensief
Melkveehouderij	Alle grondsoorten	57	44	58	64
	Zand/löss	54	42	53	61
	Klei	63	46	64	70
	Veen	57	45	61	67

a) *Melkveehouderij*: extensief: < 14.000 kg melk/ha; midden: 14.000-19.000 kg melk/ha; intensief: > 19.000 kg melk/ha.

Akkerbouw: grenswaarden zijn variabel (afhankelijk van jaar en grondsoort).

Tabel 2.3 Gemiddelde waarden van NH₃-veld (kg/ha) op Informatienet-melkveehouderij- en akkerbouwbedrijven in relatie tot grondsoort en intensiteit, 2020-2022.

Sector	Grondsoort	Alle bedrijven	Naar intensiteit		
			Extensief	Gemiddeld	Intensief
Melkveehouderij	Alle grondsoorten	32	27	33	33
	Zand/löss	29	25	29	30
	Klei	36	29	37	38
	Veen	34	29	36	38
Akkerbouw	Alle grondsoorten	11	12	11	11
	Zand	5	3	6	4
	Klei	15	16	15	14
	Löss	5	-	-	-

Tabel 2.4 Gemiddelde waarden van NH₃-stal & opslag (kg/gve) op Informatienet-melkveehouderijbedrijven in relatie tot grondsoort en intensiteit, 2020-2022.

Sector	Grondsoort	Alle bedrijven	Naar intensiteit		
			Extensief	Gemiddeld	Intensief
Melkveehouderij	Alle grondsoorten	11	10	12	12
	Zand/löss	11	10	11	11
	Klei	12	10	12	12
	Veen	11	9	12	11

Tabel 2.5 Gemiddelde waarden van NH₃-stal & opslag (kg/kg P-recht) op Informatienet-melkveehouderijbedrijven in relatie tot grondsoort en intensiteit, 2020-2022.

Sector	Grondsoort	Alle bedrijven	Naar intensiteit		
			Extensief	Gemiddeld	Intensief
Melkveehouderij	Alle grondsoorten	0.26	0.25	0.27	0.25
	Zand/löss	0.25	0.25	0.26	0.25
	Klei	0.28	0.25	0.29	0.26
	Veen	0.25	0.23	0.27	0.26

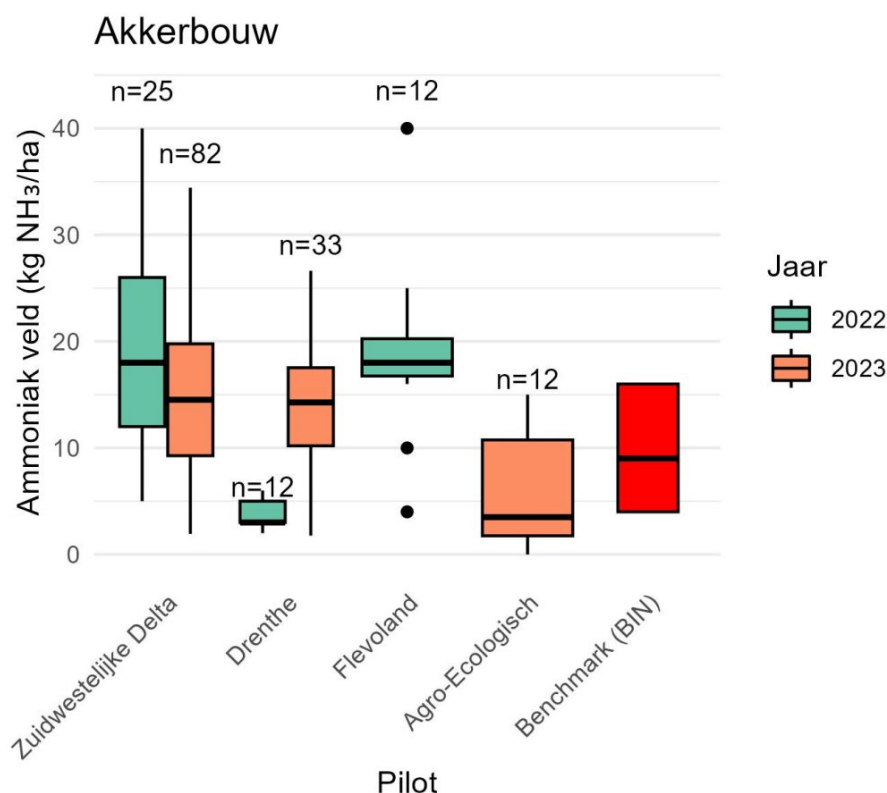
2.2 Praktijkresultaten pilots

Om de KPI-methodiek te toetsen in de praktijk, zijn er een aantal pilots met boeren in het hele land. In de akkerbouw pilots (figuur 2.1) lopen de gemiddelde veldemissies per pilot uiteen van 4 tot 18 kg/ha. De verschillen in emissies hangen samen met verschillen in omvang van het organische mestgebruik, variatie in soorten organische mest (bijvoorbeeld pilot Agro-Ecologisch relatief veel compost met weinig ammoniak) en de variatie in toedieningstechniek. Wat betreft het laatste wordt op kleibedrijven dunne dierlijke mest (met relatief veel ammoniak) ondieper toegediend dan op zandbedrijven vanwege de risico's op structuurschade. Vanwege dit risico wordt op kleigrond relatief veel mest toegediend in het voorjaar in tarwe, waarbij gebruik wordt gemaakt van graslandtechnieken met hogere emissierisico's. Op zandbedrijven wordt er vaak dieper geïnjecteerd voorafgaand aan het ploegen in het voorjaar resulterend in lage emissierisico's.

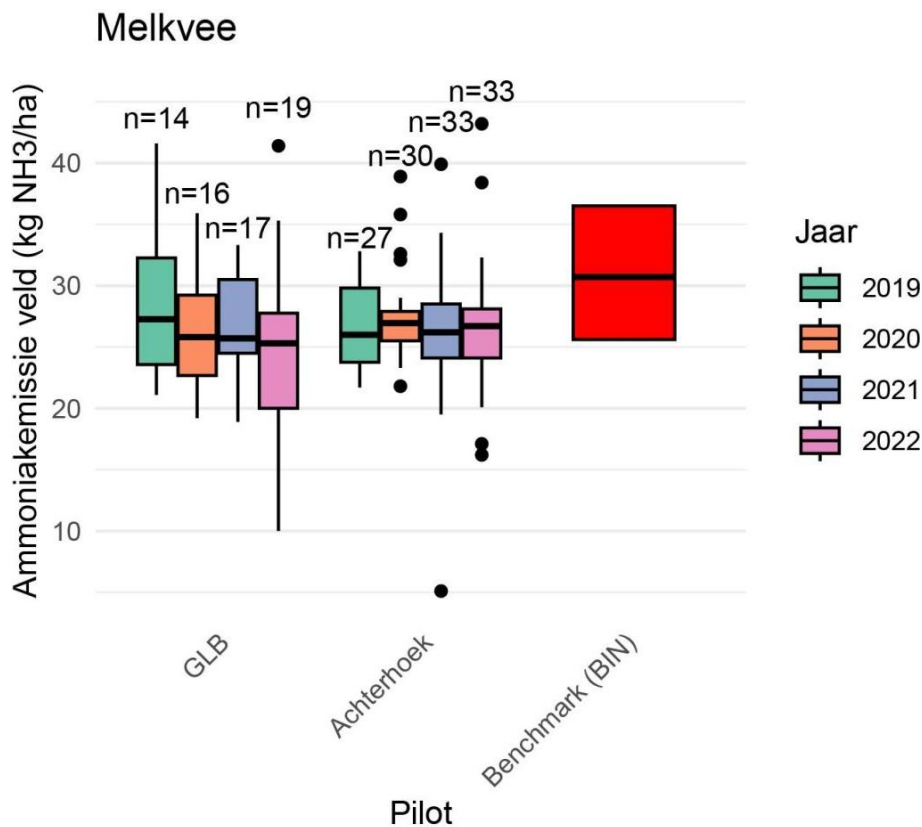
In de melkveehouderij pilots (figuur 2.2) liggen de gemiddelde veldemissies per pilot lager dan die van de Informatienet-data. De emissies uit stal & opslag (figuur 2.3) en de emissies per bedrijf (figuur 2.4) liggen in dezelfde orde van grootte.

2.3 Theoretisch haalbaar

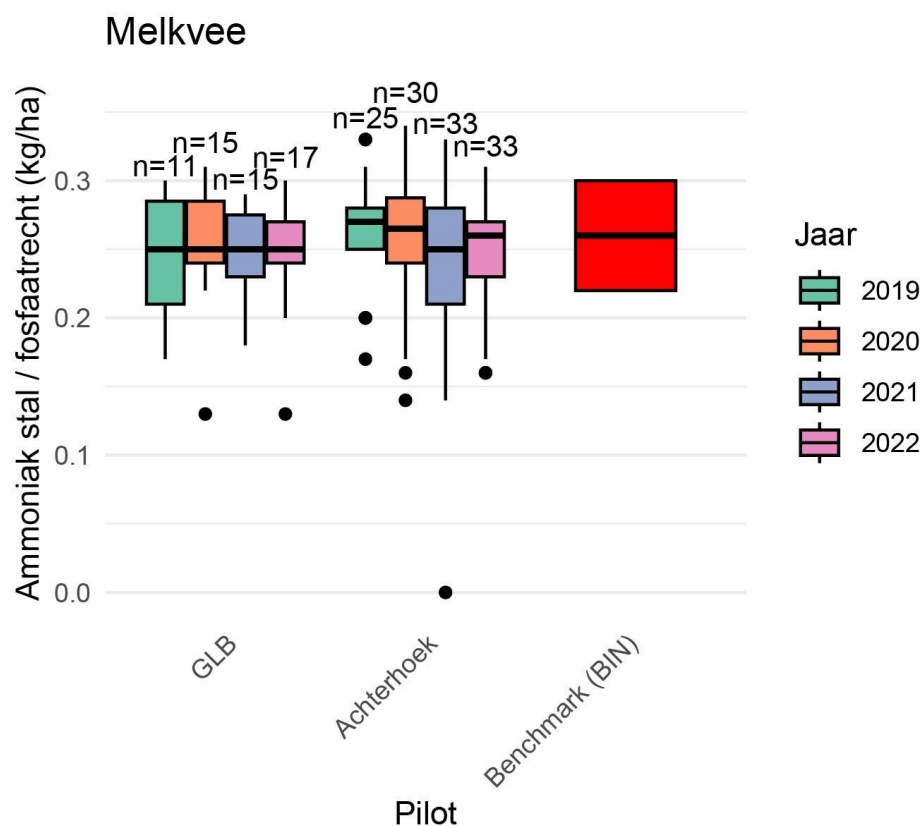
Theoretisch mogelijke waarden weerspiegelen de best mogelijke prestatie op de KPI, nu en in de nabije toekomst. Het gaat er hierbij om wat technisch mogelijk is voor een 'geïsoleerde KPI', niet om wat economisch haalbaar is, en niet op systeemniveau in samenhang met andere KPI's. Wel dient er nog een bedrijfsvoering te zijn die gericht is op een bepaalde mate van productie van gewassen of dieren. Opties zoals het beëindigen van dierlijke productie, waarbij ammoniakemissies theoretisch fors worden gereduceerd, worden hier niet beschouwd. De opsomming hieronder laat zien dat technisch aanzienlijke reducties haalbaar zijn in zowel emissies van veld, stal & opslag en bedrijf. Voor alle drie de KPI's behoren reducties van 50% tot de mogelijkheden. Dergelijke reducties gaan wel gepaard met ingrijpende aanpassingen in het bedrijf, zowel strategisch als operationeel. Dit soort aanpassingen vereisen zowel vakmanschap als ondernemerschap. Een deel van de maatregelen zal gepaard gaan met kostenverhoging (bijvoorbeeld investering in staltechnieken). Beleidsstimulering en kennisontwikkeling met de praktijk is nodig om dit soort aanpassingen gerealiseerd te krijgen.



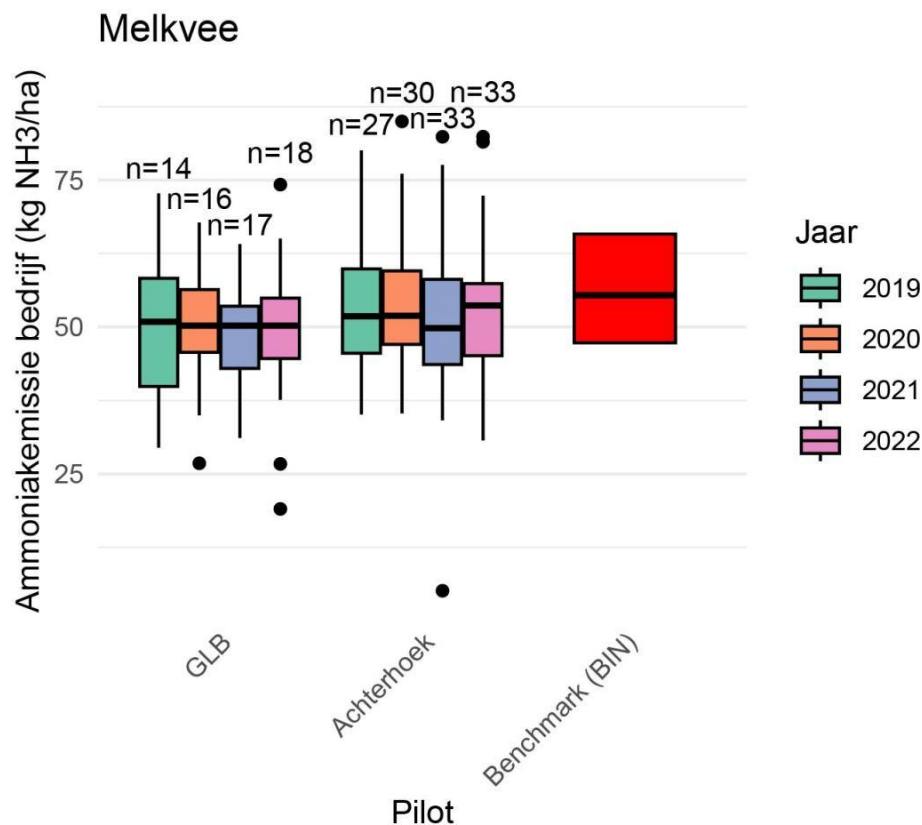
Figuur 2.1 Ammoniak-veld emissies (kg/ha) van bedrijven in de akkerbouwpijots. De boxplots geven P5, P25, P50, P75 en P95 weer; de losse punten zijn uitbijters. De rode boxplot geeft P25, P50 en P75 weer van de Informatienet-data (2021-2023).



Figuur 2.2 Ammoniak-veld emissies (kg/ha) van bedrijven in de melkveehouderijpilots. De boxplots geven P5, P25, P50, P75 en P95 weer; de losse punten zijn uitbijters. De rode boxplot aan de rechterzijde geeft P25, P50 en P75 weer van de Informatienet-data (2021-2023).



Figuur 2.3 Ammoniak-stal & opslag emissies (kg/ha) van bedrijven in de melkveehouderij pilots. De boxplots geven P5, P25, P50, P75 en P95 weer; de losse punten zijn uitbijters. De rode boxplot aan de rechterzijde geeft P25, P50 en P75 weer van de Informatienet-data (2021-2023).



Figuur 2.4 Ammoniak-bedrijf emissies (kg/ha) van bedrijven in de melkveehouderijpilots. De boxplots geven P5, P25, P50, P75 en P95 weer; de losse punten zijn uitbijters. De rode boxplot aan de rechterzijde geeft P25, P50 en P75 weer van de Informatienet-data (2021-2023).

Ammoniak veld

In de akkerbouw is emissie vooral een gevolg van toediening van dierlijke of andere organische mest. Deze wordt met name bepaald door de toegediende hoeveelheid stikstof en de emissiefactor. Ook kunstmest draagt beperkt bij aan de ammoniakemissie. Er zijn bedrijven die laten zien dat gewasproductie zonder kunstmest en dierlijke mest tot de mogelijkheden behoort (bijvoorbeeld <https://www.noshitfood.nl/>). De aanvoer van nutriënten vindt dan plaats via vlinderbloemigen, plantaardige bemesting en wisselteelt. Bij een dergelijke bedrijfsvoering kan de ammoniakemissie uit mest tot vrijwel nul gereduceerd kunnen worden. Er zal wel altijd emissie uit gewasresten en staande gewassen plaatsvinden, die in de orde van 2-2,5 kg NH₃ per ha liggen (Vonk et al., 2020).

Op melkveebedrijven zijn dergelijke emissiereducties niet mogelijk vanwege de aanwezigheid van dierlijke mest die toegediend moet worden of die bij weidegang wordt uitgescheiden. De veldemissie hangt met name af van de toegediende hoeveelheid stikstof in mest, de methode van toediening, het aandeel bouwland, en het aandeel weidegang. Diverse studies en projecten laten zien dat er aanzienlijk potentieel is om veldemissies op melkveebedrijven te reduceren:

- Doorrekening in bedrijfsverband van een integraal maatregelenpakket (onder andere verdunnen van mest, minder eiwit in rantsoen, meer weidegang en iets meer bouwland) (Reijs et al., 2021) leverde een veldemissie op van gemiddeld 25 kg NH₃ per ha op, een reductie van 24% ten opzichte van 2018.
- In Verloop et al. (2018) wordt gerapporteerd over reduceren van de veldemissie op praktijkbedrijven. In twee jaar tijd werd op 10 voorloperbedrijven gemiddeld 18% emissiereductie bereikt.
- Het project Bemest op zijn Best is in de praktijk aan de slag om emissiereductie bij toediening van mest op grasland. Hierin wordt de ambitie uitgesproken om de veldemissies met 50% te halveren.
- Mighels et al. (2025) hebben de berekende reducties van vijf verschillende modelstudies over melkveehouderij op een rij gezet, waarbij onderscheid werd gemaakt naar managementmaatregelen, managementmaatregelen én stalinnovaties, en managementmaatregelen én stalinnovaties én extensivering. Het reductiepotentieel voor de veldemissies was maximaal respectievelijk 41, 39 en 57%.

Ammoniak stal & opslag

De emissie uit stal & opslag op melkveebedrijven hangt met name af van de eiwit-energieverhouding in het rantsoen, het aantal weide-uren, de jongveebezetting en de emissiefactor van het stalsysteem.

Studies die iets zeggen over technisch mogelijke waarden voor *NH₃ stal en opslag*:

- Doorrekening in bedrijfsverband van een integraal maatregelenpakket (onder andere implementatie van emissiearme stalsystemen, minder eiwit in rantsoen, meer weidegang) (Reijs et al., 2021) leverde een emissie van gemiddeld 8,4 kg NH₃ per GVE op, een reductie van 26% ten opzichte van 2018.
- Bij een combinatie van veel weidegang, een emissiearm stalsysteem en laag eiwit rantsoenen kan de NH₃ stal en opslag per GVE voor individuele bedrijven lager uitvallen. Op basis van regressieformules komen Verbeek-Schilder et al. (2023) tot een laagst mogelijke waarde van 4,3 kg NH₃ per GVE voor een bedrijf met 141 gram RE per kg ds in het rantsoen, 14 ureum en 3.600 uur weidegang. De berekeningswijze moet nog geverifieerd worden.
- In de studie van Mighels et al. (2025) was het maximale reductiepotentieel bij management-maatregelen, managementmaatregelen én stalinnovaties, en managementmaatregelen én stalinnovaties én extensivering respectievelijk 37, 56 en 59% voor kg NH₃/gve en 33, 50 en 59% voor kg NH₃/kg P-recht.

Ammoniak bedrijf

De theoretische reductie van de bedrijfsemissie wordt bepaald door de combinatie van bovenstaande factoren. Hierbij is ook sprake van interactie. Het toepassen van emissiearme technieken in de stal werkt bijvoorbeeld door in de hoeveelheid stikstof in de mest die kan vervluchtigen.

In het project Netwerk Praktijkbedrijven wordt gewerkt aan integrale maatregelen om emissie in bedrijfsverband te reduceren. In het project worden maatregelenpakketten opgesteld die tot een emissiereductie van 50-70% per bedrijf kunnen leiden ten opzichte van de huidige situatie. Effecten van extensivering zijn hierbij inbegrepen.

Voor de veehouderij als geheel (rundvee, varkens en pluimvee) komen Ros et al. (2025) tot een theoretische maximale reductie van 61% ten opzichte van 2019 en een praktisch realiseerbare reductie (waarbij alle landbouwbedrijven de best beschikbare technieken en maatregelen inzetten die binnen vijf jaar beschikbaar zijn of komen) van 41-50% ten opzichte van 2019.

In Van Doorn et al. (2025) zijn een aantal natuurinclusieve scenario's uitgewerkt, inclusief daar bijbehorende richtlijnen die haalbaar geacht worden in de praktijk. Het meest extreme scenario voor de melkveehouderij behelst het volgende:

'De bedrijven op dit niveau zijn aangepast aan de mogelijkheden die de natuurlijke omgeving biedt. De inputs van buitenaf zijn beperkt of komen vooral uit de directe omgeving en het bedrijf heeft grotendeels gesloten kringlopen met lage emissies

naar bodem, water of omgeving. Het bedrijfs-systeem is afgestemd op regionale water-, klimaat- en/of natuurdoelen (denk aan waterpeil en/of natuurbeheer). Boeren zorgen op dit niveau voor leefgebied van specifieke soorten. Het landgebruik is afwisselend en veel percelen zijn kleinschalig door een uitgebreid netwerk van bijvoorbeeld sloten, heggen, oevers (groenblauwe dooradering), passend bij het landschap waarin het bedrijf zich bevindt.'

Voor dit type bedrijven zou een emissie van 40 kg/ha richtinggevend moeten zijn.

In de studie van Mighels et al. (2025) was het maximale reductiepotentieel bij managementmaatregelen, managementmaatregelen én stalinnovaties, en managementmaatregelen én stalinnovaties én extensivering respectievelijk 39, 47 en 67%.

2.4 Drempel- en streefwaarden voor doelbereik

Zoals beschreven in paragraaf 1.2 en in het KPI-K hoofdrapport bestaan er beleidsdoelen op het gebied van ammoniak in de vorm van emissiereductiedoelstellingen. De beoogde reducties zijn geformuleerd op landelijk niveau, maar een vertaling naar regionale doelen of bedrijfsniveau ontbreekt.

In eerdere studies zijn de volgende streefwaarden voor doelbereik gecommuniceerd:

- Van Doorn et al. (2019) noemen een streefwaarde van 27 kg/ha voor melkveebedrijven vanuit ecologische doelen. Deze is gebaseerd op een reductieopgave van 43 kton, waarvan 25 kton voor de melkveehouderij, voor de realisatie van de KDW waarden (Erisman et al., 2001).
- Op basis van de landelijke doelen voor ammoniak berekenen Ros et al. (2023) per landgebruik en sector wat dit concreet betekent voor toelaatbare emissies. Voor heel Nederland is het gewenst de ammoniak-emissie te halveren tot 48,8 kton NH₃. Uitgaande van een proportionele verdeling over de sectoren en bijbehorend landgebruik, komt die studie tot een toelaatbare ammoniakemissie van 16,6 kg/ha voor bouwland tot 21,5 kg/ha voor grasland en mais (rundveehouderij).

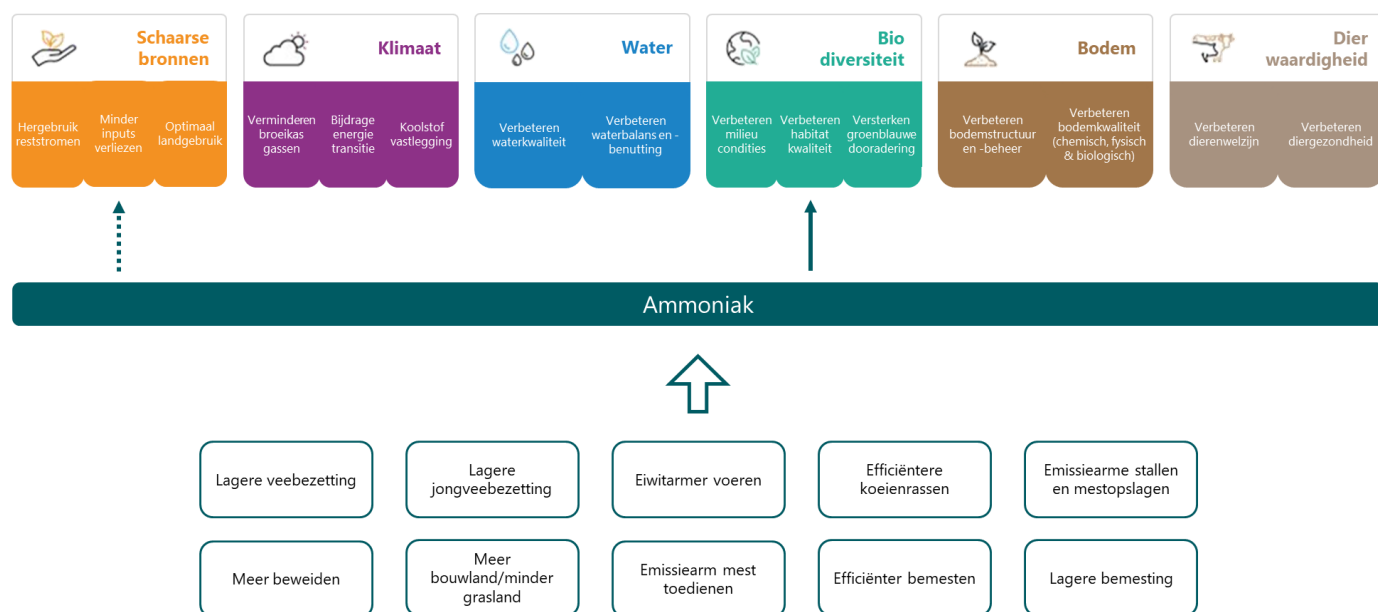
De daadwerkelijke reductie opgave per bedrijf bij vertaling van de overheidsdoelstelling naar bedrijfsniveau zal afhangen van de locatie omdat in sommige gebieden de reductie opgave groter zal zijn dan in andere gebieden. Ook is de verwachte ontwikkeling van het aantal dieren landelijk en per gebied bepalend. Bij krimp van de veestapel wordt de totale reductie verdeeld over minder dieren en kunnen de streefwaarden doelbereik hoger (minder streng) uitpakken.

3 Handelingsperspectief en samenhang

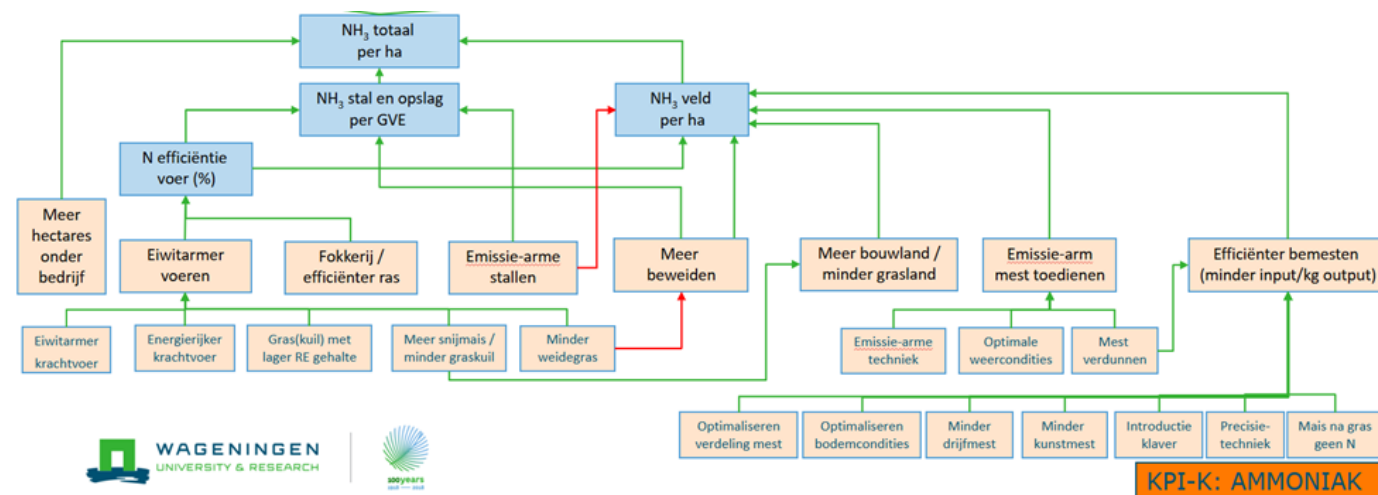
3.1 Handelingsperspectief

De ammoniakemissie wordt altijd berekend als het product van een hoeveelheid stikstof en een emissiefactor. Maatregelen grijpen in op de hoeveelheid stikstof of op de emissiefactor. Voorbeelden van maatregelen die ingrijpen op de hoeveelheid zijn een lagere veebezetting, een lagere aanvoer van kunstmest, eiwitarmer voeren of het verlagen van de jongvee-bezetting. Maatregelen die de emissiefactor beïnvloeden zijn bijvoorbeeld emissiearme stal of meer weiden. Maatregelen die gericht zijn op het verlagen van de emissie uit stal & opslag werken ook door naar de veldemissies en de totale bedrijfsemissies. Eiwitarmer voeren verlaagt de stikstofuitscheiding in de stal waardoor de emissie uit de stal lager wordt, maar ook de veldemissie bij mesttoediening (figuur 3.2).

In de praktijk is er een breed scala aan strategieën beschikbaar om efficiënt en doelgericht te sturen op bijvoorbeeld stikstofbenutting en reductie ammoniakverliezen. Het gaat daarbij om kennisintensieve bemestingsstrategieën en het kunnen combineren van deze kennis met optimale ziektebestrijding, zodat de gewasontwikkeling niet wordt belemmerd. Ook de ontwikkeling van het wortelstelsel speelt hierin een cruciale rol, omdat deze bepaalt hoe efficiënt een plant voedingsstoffen kan opnemen. Daarnaast is het essentieel om bewust om te gaan met gewasresten, gebruik te maken van precisiebemesting, en oog te hebben voor timing en afstemming op weersomstandigheden.



Figuur 3.1 Relatie tussen doelen, KPI en maatregelen voor KPI Ammoniak.



Figuur 3.2 Overzicht van maatregelen om ammoniakemissie te verlagen en aangrijpingspunten op diverse KPI's.

Tabel 3.1 Overzicht van maatregelen voor verlagen ammoniakemissie.

Maatregelen	KPI	Akkerbouw	Melkveehouderij
Lagere stikstofaanvoer	Veld Stal & opslag Bedrijf	x	x
Eiwitarmer voeren	Veld Stal & opslag Bedrijf		x
Meer beweiden	Veld Stal & opslag Bedrijf		x
Verlagen jongveebezetting	Veld Stal & opslag Bedrijf		x
Emissiearme stallen en mestopslagen	Veld Stal & opslag Bedrijf		x
Lagere veebezetting	Veld Stal & opslag Bedrijf		x
Efficiëntere koeienrassen	Veld Stal & opslag Bedrijf		x
Meer bouwland/minder grasland	Veld		x
Emissiearm mestaanwenden	Veld	x	x
Mest toevoegmiddelen	Veld	x	x
Bemesten volgens Goede Landbouw Praktijk	Veld	x	x
Minder/efficiënter bemesten	Veld	x	x

3.2 Neveneffecten

Verlaging van de ammoniakemissie draagt bij aan verlaging van de stikstofdepositie op gevoelige natuur en leidt zo tot verbetering van de biodiversiteit. Daarnaast is het mogelijk dat maatregelen die gericht zijn op het verlagen van de totale stikstofaanvoer positief bijdragen aan het verlagen van stikstofverliezen via andere routes (N_2O , NO_3). Dat heeft een positief effect op doelen voor schaarse bronnen, klimaat en water. Verlagen van de ammoniakemissie via het verlagen van het eiwitgehalte van het rantsoen kan tot lagere voerkosten of mestafzetkosten leiden. Daarnaast zijn besparingen mogelijk op de aankoop van kunstmest.

Verlagen van de ammoniakemissie leidt ertoe dat er meer werkzame stikstof beschikbaar is voor de plant. Conform goede landbouwpraktijk wordt de aanvoer uit (kunst)mest verlaagd. Indien dat niet gebeurt, neemt het risico op hogere stikstofverliezen naar lucht (N_2 en N_2O) of water (NO_3) toe. Het onderwerken van mest verlaagt weliswaar de ammoniakverliezen maar leidt tot hogere verliezen via lachgas en luchtstikstof. Investeren in emissie verlagende technieken kan gepaard gaan met hogere financiële lasten en kan meer tijd in beslag nemen. Verlagen van de stikstofaanvoer kan tot productieverlies leiden van ruwvoer of melk.

4 Discussie

4.1 Overwegingen bij de keuze voor deze KPI

Reijs et al. (2024) hebben de voor- en nadelen van het hanteren van verschillende functionele eenheden voor de KPI ammoniakemissie systematisch op een rij gezet.

Uit deze analyse blijkt dat:

- de optie *totale bedrijfsemissies* problematisch is als het gaat om het stellen van bedrijfsdoelen voor bedrijven van verschillende omvang. Ook kan deze optie zorgen voor beperking op bedrijfsontwikkeling. Gezien deze nadelen lijkt deze optie minder voor de hand liggend in een systeem van bedrijfsgerichte doelsturing. Tegelijkertijd biedt deze optie wel als enige garantie op het sturen op een lagere emissie van het bedrijf (en dus het gebied).
- De *functionele eenheid per product* aanzienlijke nadelen kent ten aanzien van de vergelijkbaarheid van bedrijven (optelbaarheid van verschillende producten) en geen garantie biedt op het verlagen van de absolute emissies in Nederland, zeker bij toename van de productiviteit. Ook deze optie lijkt daarom niet heel erg voor de hand liggend voor bedrijfsgerichte doelsturing.
- Voor bedrijven met alleen plantaardige productie (zoals akkerbouwbedrijven) lijkt het uitdrukken van de *veldemissies per hectare* de enige logische KPI optie.
- Bij bedrijven met zowel dierlijke als plantaardige productie (zoals melkveebedrijven) is een *keuze nodig tussen de KPI NH₃ bedrijf per hectare en de combinatie van de twee KPI's voor plantaardige en dierlijke productie*. De KPI NH₃ bedrijf per hectare heeft als belangrijkste voordeel dat het overzichtelijker is omdat maar 1 KPI nodig is en dat het aansluit bij de huidige praktijk. Hiertegenover staat dat de vergelijkbaarheid minder goed is, zowel met andere sectoren als binnen de sector (bedrijven die verschillen in zelfvoorzieningsgraad ruwvoer). Ook ontstaat met NH₃ bedrijf per ha geen inzicht in verschil tussen de puntbelasting uit gebouwen en de ruimtelijk meer gelijkmatig verdeelde emissie in het veld. Met NH₃ bedrijf per ha creëert de overheid een indirecte sturing naar meer grondgebondenheid (door sturen op de noemer). Het is niet gezegd dat dit ook daadwerkelijk bijdraagt aan het verlagen van absolute emissie in Nederland.

- Het uitdrukken van de *stal en opslagemissie per fosfaatrecht in de melkveehouderij* geeft meer garantie op het verlagen van de absolute landelijke emissie dan per GVE. Ook wordt een vorm van verhandelbaarheid gecreëerd op de noemer.
- Met het uitdrukken van *stal- en opslag emissie per GVE* ontstaat mogelijk een indirecte sturing richting een extensiever bedrijfssysteem (lagere melkproducties per koe, minder inputs), bij het uitdrukken per fosfaatrecht is dit niet het geval.

Het is van belang dat gebruikers van de KPI-kernset hier een afgewogen keuze in maken die aansluit bij de eigen doelen. Hoe meer verschillende partijen gebruik maken van dezelfde eenheid, hoe eenvoudiger het wordt om programma's en sturing op elkaar af te stemmen.

4.2 Sterkte en zwakte van deze KPI

Binnen het KPI-K-project heeft een beoordeling plaatsgevonden van de sterke en zwakte punten van de KPI's in de kernset, zoals die op dit moment zijn ontwikkeld. Deze beoordeling is gedaan door onderzoekers betrokken bij de inhoudelijke ontwikkeling van de KPI, door het team operationalisering dat werkt aan het automatiseren en koppelen van KPI-berekeningen en door het team van Boerenverstand dat de praktijkpilots begeleidt. De beoordeling vond plaats op drie hoofdcriteria: 1) wetenschappelijke onderbouwing, 2) bruikbaarheid en 3) data. Meer informatie over het gehanteerde beoordelingskader is te vinden in paragraaf 3.4 van het hoofdrapport. De resultaten van deze beoordeling zijn samengevat in onderstaande figuur. In de navolgende paragrafen worden deze resultaten verder toegelicht en geduid.

De scores zijn samengevoegd, waarbij de gemiddelde score is afgerond op een geheel getal (figuur 4.1). De variatie in scores komt deels door verschillende invalshoeken en interpretatie van de vraag. Met name bij 'beoordelingswaarde beschikbaar' en 'set van streef-, drempel- en referentiewaarden' werd de vraag op verschillende wijze geïnterpreteerd.

Criterium	Score (0, 1 of 2)	Toelichting (tekst)
<i>Wetenschappelijke onderbouwing</i>		
a. Relatie met doelen	2	Consistente score. Duidelijke relatie met doel.
b. Voldoende accuraat en precies	1	Consistente score. Emissie wordt berekend als product van een hoeveelheid stikstof en een emissiefactor. De hoeveelheden zijn redelijk goed te berekenen, met name voor de externe kringloop. Bij de interne kringloop meer onzekerheden. Emissiefactoren zijn bekend, maar houden niet rekening met de grote variatie in de praktijk.
c. Beoordelingswaarde beschikbaar	1	Score varieert van 0 tot 2. Variatie komt door verschillende interpretaties van begrip "beoordelingswaarde". Daar waar benchmarks worden bedoeld wordt een 2 gescoord. Daar waar streefwaarden worden bedoeld wordt een 0 gescoord.
<i>Bruikbaarheid</i>		
d. Beïnvloed door handelen	2	Score varieert van 1 tot 2. Met name in melkveehouderij veel effect van handelingen. In akkerbouw minder ruimte. Daarnaast onzekerheid of handelingen zich vertalen in andere score.
e. Transparant voor en te snappen door gebruikers	1	Score varieert van 1 tot 2. In principe zijn onderliggende rekenregels beschikbaar, zij het soms op een abstract niveau. Het is de vraag of ondernemers voldoende inzicht hebben en met name hoe het handelen dan aangrijpt op de berekening.
f. Set van streef-, drempel- en referentiewaarden	1	Score varieert van 1 tot 2. Variatie hangt deels samen met interpretatie van de vraag wat bedoeld wordt met referentiewaarden. Daarnaast twijfel over juistheid van de waarden.
g. Internationale standaarden	1	Score varieert van 1 tot 2. Ammoniakemissie is een veelgebruikte internationale maatstaf, maar definities kunnen afwijkend zijn. De uitsplitsing naar emissies uit veld en stal & opslag is internationaal niet breed gebruikt.
h. Brede toepasbaarheid	2	Score varieert van 1 tot 2. Goed toepasbaar in veel sectoren en verschillende typen bedrijven binnen een sector. Beperking ligt in sommige sectoren bij toegang tot de data.
<i>Data</i>		
i. Databehoefte	1	Score varieert van 0 tot 2. Databehoefte is stevig en dat wordt vooral in akkerbouw als een flinke uitdaging gezien. Toenemende complexiteit indien achtereenvolgens de stappen van bedrijf naar gewas naar perceel wordt genomen.
j. Borgbaarheid van data	1	Score varieert van 0 tot 1. Contrast tussen melkveehouderij en akkerbouw. Naarmate meer data door ondernemer zelf wordt vastgelegd is borgbaarheid moeilijker. Borging interne kringloop is moeilijk.

Figuur 4.1 Resultaat beoordeling KPI N-bodemoverschot. Gemiddelde score van de beoordelaars. Voor meer toelichting bij het gehanteerde beoordelingskader zie paragraaf 3.4 in het hoofdrapport.

Betekenis cijfers en kleuren: 2 (groen): voldoet goed aan het criterium; 1 (oranje): Voldoet matig aan het criterium, verbetering gewenst en 0 (rood) voldoet slecht aan het criterium, verbetering noodzakelijk.

Wetenschappelijke onderbouwing

De wetenschappelijke onderbouwing scoort redelijk tot goed, met name vanwege de duidelijke relatie met het doel. De rekenwijze is duidelijk. Er is veel informatie over de prestatie van bedrijven, met name in de melkveehouderij. Daardoor zijn er goed onderbouwde benchmarks. Streefwaarden zijn minder consistent beschreven en onderbouwd.

Bruikbaarheid

De bruikbaarheid scoort redelijk tot goed. Met name in melkveehouderij is er veel effect van handelingen. Daarnaast is er onzekerheid of handelingen zich altijd vertalen in een andere score. Ondanks de beschikbaarheid van onderliggende rekenregels is het de vraag of ondernemers voldoende inzicht hebben en met name hoe het handelen dan aangrijpt op de berekening.

Ammoniakemissie is een veelgebruikte internationale maatstaf, maar definities kunnen afwijkend zijn. De uitsplitsing naar emissies uit veld en stal & opslag is internationaal niet breed gebruikt. Goed toepasbaar in veel sectoren en verschillende typen bedrijven binnen een sector. De beperking ligt bij sommige sectoren met name bij toegang tot de data.

Databeschikbaarheid en -borging

Dit onderdeel scoort redelijk, met een groot verschil tussen melkveehouderij en akkerbouw. De databehoefte is stevig en dat wordt vooral in akkerbouw als een flinke uitdaging gezien. Naarmate meer data door ondernemer zelf wordt vastgelegd is borgbaarheid moeilijker. Daarom is ook de borging van de interne kringloop op melkveebedrijven moeilijk.

5 Aanbevelingen voor verdere ontwikkeling

Op basis van de resultaten van het toetsingskader (hoofdstuk 1) en de opgedane ervaringen in de praktijkpilots zijn de volgende aanbevelingen naar voren gekomen:

Beschikbaarheid data/datasystemen en borgbaarheid data

- *Verbetering inputdata akkerbouw*

De ervaring in de uitgevoerde pilots leert dat in de akkerbouw de beschikbaarheid van data een aandachtspunt is. Veel data zitten in bedrijfsmanagementsystemen waarin de gegevens op perceelsniveau zijn ingevoerd, maar de invoer is meestal niet compleet en lastig te borgen. Het verzamelen van de gegevens op bedrijfsniveau (via de aan- en verkoopbonnen) is een andere optie die mogelijk betere mogelijkheden biedt voor borging. Dit wordt inmiddels onderzocht.

- *Certificering bedrijfsvoering, inclusief borging interne N-stromen*

Dit betreft de borging van de gebruikte bedrijfsdata. Een deel van de data (onder andere gewasarealen en aan- en afvoer van organische mest) zijn beschikbaar via RVO, maar voor de berekening van de KPI zijn ook data nodig die de boer zelf moet invullen en in de melkveehouderij worden interne N-stromen berekend.

Drempel- en streefwaarden

- *Verbetering/doorontwikkeling afleiding toelaatbare NH_3 -emissie op basis van kritische depositiewaarden*

Het vaststellen van streef- en drempelwaarden is een cruciaal onderdeel van de KPI-systematiek. Het gecommuniceerde beleid richt zich met name op haalbaarheid en technisch reductiepotentieel. Voor alle ammoniak KPI's is nog geen concrete vertaalslag gemaakt hoe de landelijke en regionale gecommuniceerde doelen vertaald kunnen worden naar benodigde scores op bedrijfsniveau. Voor ammoniak is er weliswaar een vrij directe relatie tussen de emissie op bedrijfsniveau en de emissie in een gebied, maar daarbij dient rekening te worden gehouden met de variatie in habitatype en de daarbij behorende KDW's.

Verfijningsopties

- *Resultaten van directe metingen met sensoren gebruiken in KPI-systematiek*

Mogelijk zijn op termijn technieken beschikbaar en inzetbaar waarmee metingen van ammoniakemissie in stallen of rondom mesttoediening uitgevoerd kunnen worden. Daarmee zou zeer bedrijfsspecifiek de emissie bepaald kunnen worden.

- *Resultaten van aanvullende metingen gebruiken in KPI-systematiek*

De ammoniakemissie uit organische mest is mede afhankelijk van de samenstelling (NH_3 -N, zuurgraad) van de organische mest. Metingen van het NH_3 -N-gehalte en de zuurgraad kunnen zinvolle aanvullingen zijn.

- *Invoer op perceelsniveau gebruiken in KPI-systematiek*

Momenteel worden de meeste data vastgelegd op bedrijfsniveau of gewasgroepniveau terwijl er veel variatie kan bestaan tussen percelen als het gaat om bemesting, beweiding of opbrengsten. Door rekening te houden met perceelsvariatie, met name aan de aanvoerszijde van mest, verbetert de berekening van de bedrijfsgemiddelde ammoniakemissie.

- *Verfijnde emissiefactoren*

Emissiefactoren zijn de beste schattingen van de emissie onder gemiddelde omstandigheden. In de praktijk komen regelmatig afwijkingen voor van gemiddelde omstandigheden of afwijkingen in de toepassing van een techniek. Emissiefactoren zouden verfijnd kunnen worden door rekening te houden met andere omstandigheden, en in combinatie met een zorgvuldige registratie, zou dat tot een betere berekening kunnen leiden.

- *Zichtbaarheid onzekerheid*

In de KPI-K-systematiek en de bestaande rekeninstrumenten wordt geen rekening gehouden met onzekerheden die aanzienlijk zijn. Toevoeging van onzekerheden voorziet de beoogde gebruikers van waardevolle informatie die kan helpen bij managementbeslissingen, sturing of beloning. In de KLV wordt bijvoorbeeld een data-kwaliteitsscore ontwikkeld waarin onzekerheid een van de onderliggende factoren is.

Literatuur

- CLO (2025). Herkomst stikstofdepositie, 2023 (indicator 0507, versie 15, 18 februari 2025), www.clo.nl. Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS), Den Haag; PBL Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag; RIVM Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven; en Wageningen University & Research, Wageningen.
- Ruijter, F.J. de, J.F.M. Huijsmans, M.C. van Zanten, W.A.H. Asman en W.A.J. van Pul, 2013. Ammonia emissions from standing crops and crop residues. Contribution to total ammonia emissions in the Netherlands. Report, 535. <https://edepot.wur.nl/290558>
- Erisman, J.W., W. de Vries, H. Kros, O. Oenema, L. van der Eerden, H. van Zeijts en S. Smeulders. An outlook for a national integrated nitrogen policy (2001) *Environmental Science and Policy*, 4 (2- 3), pp. 87-95. [https://doi.org/10.1016/S1462-9011\(00\)00116-7](https://doi.org/10.1016/S1462-9011(00)00116-7)
- Gerritsen, S. en W. van Dijk. Documentation NBA_on Farmlevel (In voorbereiding)
- Gies, E., T. Cals, P. Groenendijk, H. Kros, T. Hermans, J.P. Lesschen, L. Renaud, G. Velthof en J.-C. Voogd, 2023. Scenariostudie naar doelen en doelrealisatie in het kader van het Nationaal Programma Landelijk Gebied; Een integrale verkenning van regionale water-, klimaat- en stikstofdoelen en maatregelen in de landbouw. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 3236. 112 blz.; 25 fig.; 6 tab.; 42 ref. <https://doi.org/10.18174/587289>
- Hazelhorst, S.B., C.W.M. van der Maas en P. Romeijn, 2024. Effect van nieuwe inzichten op het bereiken van de NPLG stikstofdoelen. RIVM. <https://open.overheid.nl/documenten/95304b69-4d17-4155-a458-e0ddb54a462/file>
- Informatiepunt Leefomgeving. Internationale regelgeving voor soorten- en gebiedsbescherming <https://iplo.nl/thema/natuur/bescherming-soorten/internationale-regelgeving-soorten/>
- Migchels, G., J. Reijs, E. de Kool, M. de Haan en J. Jager, 2025. Technisch reductiepotentieel voor ammoniak, methaan en lachgas in de melkveehouderij. (Rapport / Wageningen Livestock Research; No. 1589). Wageningen Livestock Research. <https://doi.org/10.18174/700357>
- PBL, 2005. Reflectie op MCEN-maatregelenpakket spoor 2. Toelichting bij de PowerPoint-presentatie. <https://www.pbl.nl/system/files/document/2025-08/pbl-2025-Reflectie-op-MCEN-maatregelenpakket-spoor-2-PBL-WUR-Deltares-RIVM-5923.pdf>
- Reijs, A., A. Beldman, M. de Haan, A. Evers, G. Doornewaard en I. Vermeij, 2021. Perspectief voor het verlagen van NH₃-emissie uit de Nederlandse melkveehouderij; Verkenning van reductiepotentieel en economische impact op sectorniveau op basis van integrale doorrekening maatregelen op 8 representatieve melkveebedrijven. Wageningen, Wageningen Economic Research, Rapport 2021-052. 90 blz.; 1 fig.; 18 tab.; 52 ref. <https://edepot.wur.nl/546112>
- Reijs, J., C. Dekker en G. Doornewaard, 2024. Functionele eenheid KPI's ammoniak bij doelsturing op bedrijfsniveau: Systematische analyse van voor- en nadelen van verschillende opties in de veehouderij (melkvee, varkens en pluimvee) en akkerbouw. (Rapport / Wageningen Social & Economic Research; No. 2025-043). Wageningen University & Research. <https://doi.org/10.18174/680679>
- Ros, G.H., W. de Vries, R. Jongeneel en M. van Ittersum, 2023. Gebieds- en bedrijfsgerichte handelingsperspectieven voor een duurzame landbouw in Nederland. Wageningen University & Research. <https://edepot.wur.nl/630025>
- Ros, G.H., 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. <https://doi.org/10.18174/684600>
- RIVM, 2025. Emissies en deposities uit zones rondom Natura 2000-gebieden. <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/KN-2025-0016.pdf>
- RIVM, Stikstofdepositie <https://www.rivm.nl/stikstof/stikstofdepositie>
- Schröder, J.J., H.F.M. Aarts, M.J.C. de Bode, W. van Dijk, J.C. van Middelkoop, M.H.A. de Haan, R.L.M. Schils, G.L. Velthof en W.J. Willems, 2004. Gebruiksnormen bij verschillende en milieukundige uitgangspunten. Plant Research International, rapport nr. 79. <https://edepot.wur.nl/22729>

Startnotitie NPLG

<https://open.overheid.nl/documenten/ronl-acce623cec92ed81c4a6253f9c0cf2015e0942bb/pdf>

Bruggen, C. van, A. Bannink, A. Bleeker, D. Bussink, H. van Dooren, C. Groenestein ... en T.C. van der Zee, 2023. Emissies Naar Lucht Uit de Landbouw Berekend met NEMA voor 1990–2021. *Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu: Wageningen, The Netherlands*. [https://legacy.emissieregistratie.nl/erpubliek/documenten/02%20Landbouwemissies/2023%20\(Van%20Bruggen,%20et%20al.\)%20Emissies%20naar%20lucht%20uit%20de%20landbouw%20berekend%20met%20NEMA%201990-2021.pdf](https://legacy.emissieregistratie.nl/erpubliek/documenten/02%20Landbouwemissies/2023%20(Van%20Bruggen,%20et%20al.)%20Emissies%20naar%20lucht%20uit%20de%20landbouw%20berekend%20met%20NEMA%201990-2021.pdf)

Zee, T. van der, A. Bannink, C. van Bruggen, K. Groenestein, J. Huijsmans, J. van der Kolk ... en J. Vonk, 2021. Methodology for estimating emissions from agriculture in the Netherlands. Calculations for CH₄, NH₃, N₂O, NO_x, NMVOC, PM₁₀, PM_{2.5} and CO₂ using the National Emission Model for Agriculture (NEMA)–Update 2021. <https://www.wur.nl/nl/show/methodology-for-estimating-emissions-from-agriculture-in-the-netherlands.-calculations-for-ch4-nh3-n2o-nox-nmvoc-pm10-pm2.5-and-co2-using-the-national-emission-model-for-agriculture-nema-update-2021-rivm-report-2021-0008.htm>

Dijk, W. van, J.A. de Boer, R.L.M. Schils, M.H.A. de Haan, P. Mostert, J. Oenema en J. Verloop, 2023. Rekenregels van de KringloopWijzer 2023; Achtergronden van BEX, BEA, BEN, BEP en BEC: actualisatie van de 2022-versie. Wageningen Research, Rapport WPR-1279. 173 blz.; 10 fig.; 56 tab.; 103 ref. <https://edepot.wur.nl/643089>

Doorn, A. van, J.W. Erisman, D. Melman, N. van Eekeren, J.P. Lesschen, T. Visser en H. Blanken, 2019. Drempel- en streefwaarden voor de KPI's van de Biodiversiteitsmonitor melkveehouderij; Normeren vanuit de ecologie.

Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport WENR 2968. 76 blz.; 7 fig.; 6 tab.; 76 ref. <https://edepot.wur.nl/505122>

Doorn, A. van, W. Geertsema, J. Dekker, J. Lommen, B. Luske en J. de Jong, 2025. Concretisering Natuurinclusieve landbouw; Ambitioneniveaus in woorden en cijfers voor melkveehouderij en akkerbouw. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 3435, 2025-6560-LbD. 58 blz.; 2 fig.; 6 tab.; 50 ref. <https://edepot.wur.nl/692856>

Verloop, K., T. Verhoeff, J. Oenema, I. Hoving, B. Meerkerk, J. Huijsmans, G. Migchels, M. de Haan en N. van Eekeren, 2018. Minder ammoniakemissie uit de melkveehouderij in het veenweidegebied; 25% reductie een haalbaar doel. Wageningen Livestock Research, rapport 1129. <https://edepot.wur.nl/462888>

Vonk, J., E.J.M.M. Arets, A. Bannink, C. van Bruggen, C.M. Groenestein, J.F.M. Huijsmans, L.A. Lagerwerf, H.H. Luesink, M.B.H. Ros, M.J. Schelhaas, T. van der Zee en G.L. Velthof, 2020. Referentieraming van emissies naar de lucht uit landbouw en landgebruik tot 2030, met doorkijk naar 2035. Achtergronddocument bij de Klimaat- en Energieverkenning 2020. Wageningen Livestock Research, Rapport 1278. <https://edepot.wur.nl/533503>

Wageningen UR. Dossier Stikstof. <https://www.wur.nl/nl/onderzoek-resultaten/dossiers/dossier/stikstof-1.htm>

Wamelink, W., H. van Dobben, F. van der Zee, A. van Hinsberg en R. Bobbink, 2023. Overzicht van kritische depositiewaarden voor stikstof, toegepast op habitattypen en leefgebieden van Natura 2000: Herziening 2023. (Rapport / Wageningen Environmental Research; No. 3272). Wageningen Environmental Research. <https://doi.org/10.18174/633179>

Foto: Shutterstock

Contact & informatie

Wim van Dijk
E wim.vandijk@wur.nl
wur.nl/social-and-economic-research

Wageningen Social & Economic
Research
Postbus 88, 6700 AB Wageningen

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 7.900 medewerkers (7.100 fte), 2.500 PhD- en EngD-kandidaten, 12.700 studenten en 80.000 Leven Lang Lerende deelnemers behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.