



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

Februari 2026 | 2026-002-5

Broeikasgassen

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

Marion de Vries,¹ Sander Gerritsen,² Michel de Haan¹ and Joan Reijs³

¹ Wageningen University & Research, Wageningen Livestock Research

² Wageningen University & Research, Wageningen Plant Research

³ Wageningen University & Research, Wageningen Social & Economic Research

Gereviewd door Jan Peter Lesschen (Wageningen University & Research, Wageningen Environmental Research, Duurzaam Bodemgebruik)

Inhoudsopgave

1	Beschrijving van de KPI's	2	2.3 Theoretisch haalbaar.....	12
1.1	Definitie KPI's	2	2.4 Drempel- en streefwaarden voor doelbereik	13
1.2	Relatie KPI's tot doelen.....	3	3 Handelingsperspectief en samenhang	14
1.3	Berekeningswijze en bestaande rekeninstrumenten.....	6	4 Discussie	16
1.4	Benodigde data en bronnen, inclusief bestaande datasystemen	9	4.1 Overwegingen bij de keuze voor deze KPI.....	16
1.5	Vereenvoudigingsopties	9	4.2 Sterkte en zwakte van deze KPI	17
1.6	Verfijningsopties.....	10	5 Aanbevelingen voor verdere ontwikkeling... 20	
2	Referentiewaarden: wat weten we over KPI-scores?	11	Literatuur	22
2.1	Informatienet-benchmarks	11	Bijlage 1 Beoordeling KPI's	23
2.2	Praktijkresultaten pilots	12		

1 Beschrijving van de KPI's

1.1 Definitie KPI's

De stijging in de concentratie van broeikasgassen in de atmosfeer draagt bij aan klimaatverandering (IPCC, 2013; 2021). Broeikasgassen uit de landbouw betreffen de emissie van methaan (CH_4), lachgas (N_2O) en koolstofdioxide (CO_2), en de onttrekking van CO_2 uit de atmosfeer, veroorzaakt door landbouwactiviteiten. De emissies ontstaan uit dieren, mest, bodem en brandstofverbruik op het bedrijf, bij landgebruiksverandering, en bij de productie en transport van grondstoffen aangevoerd op het bedrijf. De onttrekking van CO_2 uit de atmosfeer vindt plaats door nettokoolstofvastlegging in de bodem of in houtige biomassa (CO_2 -sinks). De totale broeikasgasemissie wordt uitgedrukt in CO_2 -equivalenten ($\text{CO}_2\text{-eq}$), omdat de gasen in verschillende mate bijdragen aan het broeikaseffect. Bij de optelling van emissies wordt daarom een weging gebruikt voor de mate waarin elk gas bijdraagt aan het broeikaseffect. De nettobroeikasgasemissie wordt berekend door de vastlegging van koolstof door onttrekking van CO_2 uit de atmosfeer af te trekken van de totale broeikasgasemissie.

Afbakening KPI's

De precieze definitie van de KPI hangt af van keuzes die gemaakt worden in de afbakening van het

landbouwsysteem, dat bepaalt welke emissiebronnen en CO_2 -sinks worden meegenomen. Vanwege de doelen en rapportageverplichtingen van de Nederlandse overheid en het bedrijfsleven, zijn in het KPI-K-project twee afbakeningen uitgewerkt (visueel weergegeven in figuur 1.1):

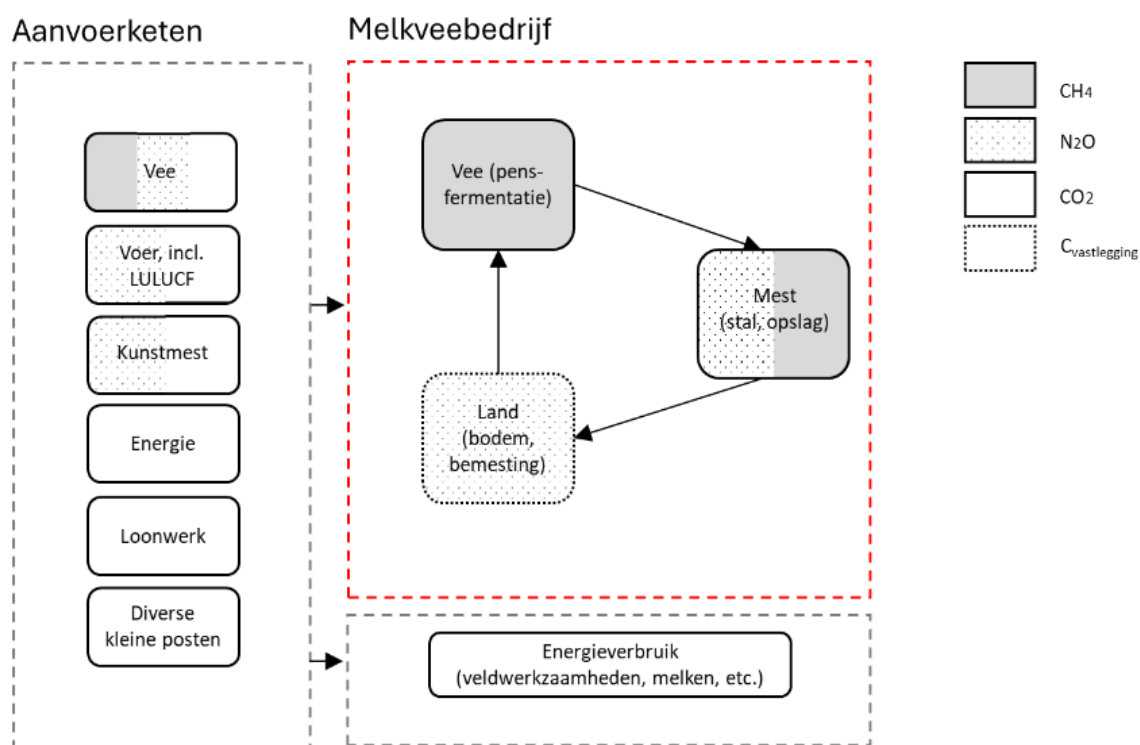
- **Ketenbenadering (LCA)**

Alle broeikasgasemissies (CH_4 , N_2O en CO_2) en koolstofvastlegging op het landbouwbedrijf en in de aanvoerketen, volgens de Levenscyclusanalyse (LCA)-methode.

- **Bedrijfsbenadering (NIR-landbouw)**

Alleen de broeikasgasemissies op het landbouwbedrijf die vallen onder de sector Landbouw in de nationale emissieregistratie (National Inventory Report; NIR):¹ CH_4 uit dieren en mest, N_2O uit mest en bodem, en CO_2 emissie bij aanwending kalk en ureum.

Voor wat betreft de bedrijfsbenadering is gekozen om de KPI alleen uit te werken voor emissies in de NIR-sector Landbouw, maar daar kunnen in de toekomst emissies in andere NIR-sectoren worden toegevoegd (bijvoorbeeld landgebruik; zie toelichting in Box 1). Verder is in het KPI-K-project ervoor gekozen om de KPI's vooralsnog alleen uit te werken voor de melkveehouderij en akkerbouwsector.



Figuur 1.1 Systeemgrenzen van de ketenbenadering (zowel bedrijf als aanvoerketen) en de bedrijfsbenadering (alleen bedrijf) voor de melkveehouderij. Emissies in NIR-landbouw vallen binnen de rood omlijnde grenzen.

¹ <https://www.emissieregistratie.nl/documentatie/nir>

Uitgewerkte KPI's

In deze notitie zijn 5 KPI's uitgewerkt, waarbij voor melkvee de emissies in de bedrijfsbenadering verder zijn onderverdeeld naar emissies uit dier, stal en mestopslag (DSM) en veld (VELD). In paragraaf 1.2 wordt uitgelegd waarom voor deze KPI's is gekozen, en in paragraaf 1.3 wordt de berekeningswijze per KPI verder toegelicht.

KPI's voor melkveehouderij:

1. BKG_{LCA} in kg CO₂-eq per kg meetmelk (ketenbenadering)
2. $BKG_{NIR-DSM}$ in kg CO₂-eq per fosfaatrecht (bedrijfsbenadering)
3. $BKG_{NIR-VELD}$ in kg CO₂-eq per hectare (bedrijfsbenadering)

KPI's voor akkerbouw:

4. BKG_{LCA} in kg CO₂-eq per hectare (ketenbenadering)
5. BKG_{NIR} in kg CO₂-eq per hectare (bedrijfsbenadering)

1.2 Relatie KPI's tot doelen

Klimaatdoelen overheid en bedrijfsleven

Om broeikasgasemissies terug te dringen hebben zowel nationale overheden als internationaal bedrijfsleven zich gecommitteerd aan klimaatdoelen.² Een belangrijk verschil is dat in het bedrijfsleven een ketenbenadering (LCA) wordt gehanteerd om broeikasgasemissies inzichtelijk te maken, vaak uitgedrukt in een hoeveelheid emissie per eenheid geproduceerd product. Met een dergelijke 'product carbon footprint' kunnen producten van verschillende producenten vergeleken worden ten aanzien van hun uitstoot van broeikasgassen. Grotere bedrijven in de voedingsindustrie zijn sinds kort verplicht te rapporteren over hun uitstoot (EU CSRD-richtlijn), inclusief emissies van toeleverende landbouwbedrijven (zogenaamde Scope 3 categorie). De KPI's BKG_{LCA} die zijn opgenomen in dit rapport sluiten aan bij de ketenbenadering gehanteerd in het internationale bedrijfsleven.

Ook de Nederlandse overheid heeft zich gecommitteerd aan internationale afspraken, zoals het Parijsakkoord (2015) en de Global Methane Pledge (2021). De overheid hanteert echter een andere afbakening van emissies omdat de emissies die buiten de landsgrenzen plaatsvinden niet onder de afspraken voor nationale doelen vallen. Een LCA is daarom niet geschikt. Om de Nederlandse doelen voor emissiereductie – 55% in 2030 en klimaatneutraliteit in 2050 – te realiseren, zijn afspraken gemaakt tussen de overheid en de verschillende sectoren in Nederland, waarbij per sector een indicatieve restemissie is vastgesteld (streefwaarde voor de hoeveelheid uitstoot die een sector in 2030 nog mag hebben). Voor de sector Landbouw is een indicatieve restemissie van circa 17,9 Mton CO₂-

equivalenten in 2030 vastgesteld, waarvan 13,6 Mton afkomstig uit de veehouderij en akkerbouw (Kamerbrief over de Voorjaarsbesluitvorming Klimaat; EZK, 2023).³ In het KPI-K-project is daarom voor aanvullende KPI's gekozen: BKG_{NIR} (op dit moment beperkt tot NIR-landbouw; zie Box 1). Op het moment van schrijven zijn nationale en sectorale klimaatdoelen nog niet doorvertaald naar emissiereductiedoelen op bedrijfsniveau, maar verkent de overheid wel invoering van bedrijfsgerichte doelsturing als instrument om deze klimaatdoelen te realiseren.

Functionele eenheid

Om prestaties van bedrijven op het gebied van broeikasgassen te vergelijken, is een referentie-eenheid nodig, ook wel 'functionele eenheid' genoemd (zie uitleg in Box 2). Hiermee kunnen klimaatprestaties van bedrijven van verschillende omvang met elkaar worden vergeleken.

Voor BKG_{LCA} wordt aangesloten bij internationale richtlijnen voor LCA. In de melkveehouderij dienen broeikasgasemissies te worden uitgedrukt in kg CO₂-eq per kg meetmelk (IDF, 2022). In de akkerbouw worden broeikasgasemissies doorgaans uitgedrukt in kg CO₂-eq per ha of per kg product. In dit project is gekozen om te rapporteren op bedrijfsniveau, daarom is gekozen voor de functionele eenheid hectare. In de akkerbouwsector is de functionele eenheid 'kg product' op bedrijfsniveau problematisch omdat het gaat om meerdere gewassen, waardoor er geen eenduidige betekenis is voor product. Hoewel de keuze is gemaakt voor hectare als functionele eenheid op bedrijfsniveau kan het resultaat bij berekening op gewasniveau wel uitgedrukt worden per kg product, hetgeen nuttig kan zijn voor de afnemende industrie.

Voor BKG_{NIR} zijn er nog geen richtlijnen voor een functionele eenheid voor emissies op bedrijfsniveau. In een recente publicatie van Reijs en De Vries (2024) wordt uitgelegd dat het voor het doel van de overheid om emissies die onder NIR Landbouw vallen te verminderen niet logisch is om dezelfde functionele eenheid te hanteren als in een LCA (bijvoorbeeld kg meetmelk). De reden is dat voor vermindering van de NIR-landbouwemissies in Nederland het van belang is dat de totale (absolute) emissie op Nederlands grondgebied daalt, niet de relatieve emissie per kg geproduceerd product. Bij een hogere melkproductie per koe kunnen emissies per kg meetmelk dalen, maar hoeven de totale (absolute) emissies die vallen onder NIR Landbouw daarmee niet noodzakelijk te dalen, en kunnen zelfs stijgen bij een toename van de productiviteit. Reijs en De Vries (2024) hebben twee alternatieve functionele eenheden aangedragen voor het

² Een uitgebreide toelichting op internationale en nationale beleidsdoelen wordt gegeven in het KPI-K-hoofdrapport.

³ <https://open.overheid.nl/documenten/ronl-77b639d132c52e5e1d75a36381fb6e60748ed8bb/pdf>

monitoren van NIR-landbouwemissies in de melkveehouderij:

- fosfaatrecht⁴ voor de emissies uit dier, stal en mestopslag
- hectare voor de emissies uit veld.

De keuze van deze functionele eenheden biedt voordelen ten opzichte van andere eenheden omdat er niet of nauwelijks gestuurd kan worden op emissies via de noemer, en de eenheden een begrenzing kennen (fosfaatplafond, landbouwhectares). Daarmee wordt gestuurd op verminderen van totale (absolute) emissies in de NIR-sector Landbouw.

Voor de melkveehouderij worden emissies gesplitst in 1) emissies uit dier, stal en mestopslag en 2) veld-emissies. De reden is dat bij samenvoeging van de emissies alsnog zou kunnen worden gestuurd op emissies

via de noemer (hectares of fosfaatrechten). Daarnaast zijn veldemissies op dezelfde wijze als voor akkerbouw berekend waardoor situaties met grondruil tussen akkerbouw en melkveehouderij geen problemen geeft. Wanneer totale bedrijfsemisies *per hectare* worden uitgedrukt, kan gestuurd worden op lagere emissie door *meer* grond onder het bedrijf (emissies uit dier, stal en mestopslag worden gedeeld door meer hectares). Wanneer totale bedrijfsemisies *per fosfaatrecht* worden uitgedrukt, kan gestuurd worden op lagere emissie door *minder* grond onder het bedrijf (lagere grondgebondenheid, bijvoorbeeld bij uitbreiding veestapel), waardoor de emissies van voerteelt niet meetellen.

In het KPI-K-project is daarom ervoor gekozen om voor BKG_{NIR} in de melkveehouderij twee KPI's te hanteren: **BKG_{NIR-DSM}** in kg CO₂-eq **per fosfaatrecht** en **BKG_{NIR-VELD}** in kg CO₂-eq **per hectare**.

Box 1: Indeling van broeikasgassen in NIR

Broeikasgasemissies op het landbouwbedrijf vallen onder diverse sectoren in de nationale emissieregistratie (National Inventory Report; NIR)¹ en worden ingedeeld naar sectoren volgens een internationaal vastgesteld format (Common Reporting Tables; CRT). In dit project is gekozen om de KPI BKG_{NIR} alleen uit te werken voor emissies in de NIR-sector Landbouw, maar een belangrijk deel van emissies uit landbouwbodems vallen onder NIR-sector 'Land Use, Land-Use Change and Forestry' (LULUCF; in dit rapport 'Landgebruik' genoemd). Voor de hand ligt om in de toekomst emissies die vallen onder de NIR-sector Landgebruik toe te voegen (zie paragraaf Discussie). Hieronder wordt aangegeven welke emissies en CO₂-sinks onder de NIR-sector Landbouw vs. Landgebruik vallen (voor een volledig overzicht, zie Vonk et al., 2021).

Broeikasgassen die vallen onder NIR-sector landbouw (RIVM, 2025):

- CH₄ uit pens- en darmfermentatie (CRT cat. 3A)
- CH₄ uit mestmanagement (CRT cat. 3B)
- N₂O uit mestmanagement (CRT cat. 3B), inclusief directe N₂O-emissie en indirecte N₂O-emissie volgend op atmosferische depositie van NH₃ en NO_x uit mestmanagement.
- N₂O uit landbouwbodems (CRT cat. 3D), inclusief:
 - directe N₂O door stikstofbemesting (kunstmest, organische mest), weidegang, gewasresten, gebruik van organische bodems (stikstofmineralisatie, inclusief veen) en scheuren van grasland;
 - indirecte N₂O-emissies volgend op atmosferische depositie van NH₃ en NO_x en uit- en afspoeling van stikstof naar de bodem, gerelateerd aan stikstofbemesting.
- CO₂ bij aanwending kalksteen en dolomiet (CRT cat. 3G) en ureum (3H)

Broeikasgassen en CO₂-sinks in de landbouw vallen onder NIR-sector Landgebruik (Arets et al., 2022)

- Minerale bodems:
 - CO₂-emissie en koolstofvastlegging door veranderingen in koolstofvoorraden bij verandering in landgebruik
 - N₂O-emissies gerelateerd aan stikstofmineralisatie bij verandering in landgebruik
- Organische bodems:
 - CO₂-emissie door veenoxidatie
 - CO₂-emissie en koolstofvastlegging bij verandering in landgebruik
 - CH₄-emissie uit organische bodems en sloten

N₂O-emissie als gevolg van de mineralisatie van organische stikstof in organische bodems worden gerapporteerd onder NIR-sector Landbouw (categorie 3D).

⁴ In het onderzoek is vooral gekeken naar het aantal benodigde fosfaatrechten (benaderd via de forfaitaire fosfaatexcretie) als functionele eenheid. Hierbij is in het midden gelaten of er ook een

daadwerkelijke koppeling aan het fosfaatrechtensysteem zal worden gemaakt.

Broeikasgassen hebben een mondiaal effect, wat betekent dat verplaatsing van emissies naar het buitenland geen oplossing voor het klimaatprobleem is. Om internationaal broeikasemissies te verlagen én te voldoen aan nationale klimaatdoelen, is het van belang om zowel een ketenbenadering (BKG_{LCA}) als bedrijfsbenadering (BKG_{NIR}) te hanteren. Overkoepelend uitgangspunt is daarom een hybride systeem toe te passen met zowel een LCA- als NIR-benadering. KPI's in

het hybride systeem zijn complementair: de KPI BKG_{NIR} stuurt op het verminderen van absolute uitstoot van broeikasgasemissies uit de Nederlandse landbouw, en via BKG_{LCA} wordt voorkomen dat emissies verplaatsen naar het buitenland of naar andere sectoren in Nederland, of emissies per eenheid product stijgen. Hiermee stuurt het hybride systeem zowel op nationale als internationale emissies.

Box 2: Achtergrondinformatie broeikasgassen

Broeikasgassen verschillen in levensduur en opwarmingspotentieel

CO_2 , CH_4 en N_2O dragen in verschillende mate bij aan het broeikaseffect, en hebben een verschillende verblijftijd in de atmosfeer voordat ze worden afgebroken of opgenomen door een zogenaamde 'sink' (bijvoorbeeld oceanen of vegetatie). Om de bijdrage van de verschillende gassen te vergelijken, wordt **Global Warming Potential (GWP)** gebruikt. GWP is een maat voor de opwarmingseffecten van 1 kg gas over een bepaalde tijdsperiode, vergeleken met 1 kg CO_2 . GWP_{100} wordt in officiële richtlijnen gebruikt en vergelijkt de opwarming door gassen over 100 jaar.

CO_2 (koolstofdioxide) is een relatief zwak broeikasgas per molecuul ($GWP_{100} = 1$), maar zeer lang aanwezig in de atmosfeer (al kent het geen eenduidige atmosferische levensduur, maar een spectrum: circa 40% van de uitstoot blijft na honderd jaar aanwezig, circa 20% na duizend jaar).

N_2O (lachgas) is een sterker broeikasgas dan CO_2 ($GWP_{100} = 273$ kg CO_2 per kg N_2O) en langer aanwezig (circa 121 jaar) (IPCC AR6, 2021).

CH_4 (methaan) is ook een sterker broeikasgas dan CO_2 ($GWP_{100} = 27-30$ kg CO_2 per kg CH_4), maar korter aanwezig (circa 12 jaar). Vanwege het hoge GWP en de relatief korte levensduur van CH_4 heeft dit gas veel potentie om de opwarming van de aarde op korte termijn te beperken. Voor methaan moet onderscheid gemaakt worden in fossiele CH_4 en biogene CH_4 . Methaan afkomstig uit fossiele bronnen (bijvoorbeeld aardgas, steenkool, olie) zorgt voor toevoer van extra CO_2 in de atmosfeer op het moment dat de CH_4 afbreekt, omdat die koolstof eerder ondergronds was opgeslagen. Het voegt dus CO_2 toe aan de atmosfeer. Methaan afkomstig uit biogene bronnen (zoals vee, rijstvelden) is onderdeel van een kortcyclische koolstofkringloop: CO_2 was door planten opgenomen uit de lucht, de koolstof wordt omgezet en uitgestoten als CH_4 , en zal na afbraak van CH_4 in de atmosfeer weer terugkeren naar CO_2 . Biogene CH_4 ($GWP_{100}=27$ kg CO_2) heeft daarom een minder langdurige netto-opwarming dan fossiele CH_4 ($GWP_{100}=29,8$ kg CO_2 ; IPCC AR6, 2021).

Het totale broeikaseffect van de verschillende gassen wordt berekend door de gassen uit te drukken in **CO_2 -equivalenten (CO_2 -eq)**, waarbij wegingen (GWP-waardes) worden gebruikt voor de mate waarin elk gas bijdraagt aan het broeikaseffect. Nationale overheden dienen momenteel te rapporteren met GWP-waardes uit het IPCC Fifth Assessment Report (IPCC AR5, 2013). Voor de NIR worden daarom andere GWP-waardes gehanteerd dan in de KringloopWijzer voor de melkveehouderij, die de in 2021 aangepaste GWP-waardes hanteert (IPCC AR6, 2021).¹

Broeikasgassen hebben een mondiaal effect

Voor het broeikaseffect maakt het niet uit waar op aarde de emissies plaatsvinden, of het nou in Nederland is of elders. Dat betekent dat het verplaatsen van emissiebronnen geen oplossing is voor het klimaatprobleem. Met andere woorden, als in Nederland de uitstoot van broeikasgassen wordt verlaagd, maar als direct gevolg hiervan de emissies buiten Nederland stijgen (in dezelfde mate), is er netto geen bijdrage aan het broeikaseffect. Hetzelfde geldt voor sectoren en bedrijven onderling: als een sector of bedrijf emissies verlaagt, maar emissies stijgen in een andere sector of bedrijf als direct gevolg van die verlaging, dan is er netto geen bijdrage aan het broeikaseffect. Hetzelfde geldt ook voor broeikasgassen onderling: als CO_2 -emissies worden verlaagd, maar CH_4 - of N_2O -emissies stijgen, is er mogelijk geen gunstig netto effect. Het is dus van belang dat er geen afwenteling van emissies plaatsvindt.

Om broeikasgassen te monitoren op bedrijfsniveau is een referentie-eenheid nodig

De prestaties van bedrijven op het gebied van broeikasgassen zijn lastig te vergelijken wanneer alleen de absolute (totale) emissies vergeleken worden, omdat bedrijven verschillende omvang hebben (grotere en kleinere bedrijven). Het uitdrukken van de totale hoeveelheid emissie van een bedrijf in een referentie-eenheid stelt in staat om klimaatprestaties van bedrijven van verschillende omvang (grotere en kleinere bedrijven) te vergelijken (Reijs en De Vries, 2024). Deze referentie-eenheid noemen we een **functionele eenheid (FU)**. Voorbeelden van FU's zijn een kg meetmelk, een hectare of een fosfaatrecht. De gekozen FU heeft geen invloed op de hoeveelheid emissie in de teller van de breuk; bij elke FU wordt dezelfde hoeveelheid emissie (bijvoorbeeld in g CO_2 -equivalenten) in de teller gebruikt, en verschilt alleen de noemer.

1.3 Berekeningswijze en bestaande rekeninstrumenten

De landbouw draagt via verschillende processen bij aan de uitstoot van de CH₄, N₂O en CO₂, en kan ook CO₂ vastleggen. De belangrijkste emissiebronnen en CO₂-sinks zijn globaal als volgt (zie volledig overzicht in tabel 1.1):

- op het landbouwbedrijf
 - Methaan wordt gevormd tijdens spijsverteringsprocessen, vooral in herkauwers, en bij omzettingen van mest in mestopslagen.
 - Lachgas emitteert uit mest, en uit landbouwbodems als gevolg van bemesting en landgebruik (bijvoorbeeld veenafbraak).
 - Koolstofdioxide ontstaat op het bedrijf zelf vooral als gevolg van gebruik van fossiele brandstoffen. Daarnaast vinden er CO₂-emissies plaats bij een daling van de koolstofvoorraad in de bodem, bijvoorbeeld op veengronden.
 - Omgekeerd kan de bodemkoolstofvoorraad ook stijgen, dan wordt netto CO₂ onttrokken uit de atmosfeer die in mindering kan worden gebracht op emissies (CO₂-sink).
- in de aanvoerketen
 - Buiten het bedrijf vinden emissies plaats bij de productie en het transport van aangekochte productiemiddelen, zoals energie, kunstmest en krachtvoer. Ook zijn er emissies door landgebruiksverandering, zoals ontbossing voor voerproductie.

Voor de berekening van emissies en koolstofvastlegging wordt aangesloten bij internationale voorschriften voor het berekenen van broeikasgasemissies. Voor zowel de Nederlandse overheid als de industrie gelden verplichtingen omtrent het monitoren en rapporteren van broeikasgasemissies, met bijbehorende achterliggende voorschriften:

- Nederland is volgens het UNFCCC Klimaatverdrag verplicht om broeikasgasemissies binnen eigen landgrenzen te monitoren en per sector te rapporteren in een National Inventory Report (NIR). Emissies uit de Nederlandse landbouw vallen onder verschillende NIR-sectoren, maar het grootste deel onder Landbouw.⁵ Broeikasgassen uit de NIR-sector Landbouw worden berekend met het National Emission Model for Agriculture (NEMA; Van Bruggen et al., 2024), die de voorschriften volgt van de IPCC (2006 en 2019) en nationaal afgeleide waarden (Velthof en Mosquera, 2011).
- Grote bedrijven in de agri-foodsector moeten onder de Europese CSRD-richtlijn broeikasgasemissies rapporteren volgens European Sustainability Reporting Standards (ESRS). Daarbij vallen emissies van aangekochte agrarische producten onder 'Scope 3'-categorie (purchased goods and services). Voor de berekening van deze emissies moeten erkende standaarden en methoden worden gebruikt, zoals het GHG Protocol waarbij LCA en sectorgerichte kaders zoals FAO-LEAP of PEFCR⁶ als best practice gelden.

Tabel 1.1 Emissiebronnen per KPI voor melkveehouderij en akkerbouw.

Emissiebron (gas)	Melkveehouderij		Akkerbouw		
	BKGLCA	BKGNIR-DSM	BKGNIR-VELD	BKGLCA	BKGNIR
Pens- en darmfermentatie (CH ₄)	X	X			
Stal en mestopslag (CH ₄ , N ₂ O) a)	X	X			
Weiden (N ₂ O, CH ₄) ¹	X		X		
Bemesten, gewasresten (N ₂ O) a)	X		X	X	X
Veenafbraak (N ₂ O)	X		X	X	X
Bekalken en aanwenden ureum (CO ₂)	X		X		
Brandstofverbruik, inclusief loonwerk (CO ₂)	X			X	
Opwekken van energie (CO ₂)	X				
CO ₂ -emissie en koolstofvastlegging bodem (CO ₂)	X			X b)	
Productie en transport van aanvoerbronnen (bijvoorbeeld aangekocht veevoer, kunstmest, energiedragers, vee, gewasbeschermingsmiddelen, machines)	X			X b)	
Landgebruiksverandering (CO ₂) bij teelt veevoer buiten het bedrijf	X				

a) Inclusief directe N₂O en indirecte N₂O door NH₃ en NO_x;
b) Koolstofvastlegging in bodems en CO₂-emissie uit bekalken en aanwenden ureum, en bij transport van aanvoerbronnen zitten nog niet in het rekeninstrument Nutrientenbalans Akkerbouw.

⁵ <https://www.wur.nl/nl/onderzoek-resultaten/kennisonline-onderzoeksprojecten-lvvn/kennisonline/klimaatperspectief-nederlandse-agroproductie.htm>
⁶ https://green-forum.ec.europa.eu/green-business/environmental-footprint-methods_en

Melkveehouderij

1: BKG_{LCA} in kg CO_2 -eq per kg meetmelk

In de LCA-benadering is de totale emissie de som van de CH_4 -, N_2O - en CO_2 -emissies die plaatsvinden vanuit emissiebronnen in tabel 1.1 hierboven. Rekenregels voor broeikasgasemissies in de Nederlandse melkveehouderij zijn gebaseerd op internationale protocollen (bijvoorbeeld IPCC, ISO, PAS 2050:2011, PEFCR) en staan beschreven in het rekenregelrapport van de KringloopWijzer (KLW; Van Dijk et al., 2025). We gaan in deze notitie daarom niet in op de berekeningswijze voor BKG_{LCA} in de melkveehouderij.

De formule voor het totale broeikaseffect, uitgedrukt in CO_2 -equivalenten, is als volgt (GWP waarden op basis van IPCC AR6, 2021):

$$CO_2\text{-eq.}-tot = 27 * CH_4,biogeen + 29,8 * CH_4,fossiel + 273 * N_2O + 1 * CO_2$$

Rekeninstrumenten: Op vrijwel alle Nederlandse melkveebedrijven worden broeikasgasemissies jaarlijks berekend op basis van een LCA met rekeninstrument KringloopWijzer.

2: $BKG_{NIR-DSM}$ in kg CO_2 -eq per fosfaatrecht (bedrijfsbenadering)

Voor NIR-sector Landbouw worden emissies op nationaal niveau berekend, en sinds kort worden deze ook in de uitvoer van de KringloopWijzer gerapporteerd op bedrijfsniveau. $BKG_{NIR-DSM}$ is de som van de CH_4 - en N_2O -emissies die plaatsvinden vanuit pens- en darmfermentatie (CH_4) en stal en mestopslag (CH_4 en N_2O). Voor de berekening van emissies worden dezelfde rekenregels en emissiefactoren gebruikt als in de KringloopWijzer (KLW), die op deze onderdelen waar mogelijk geharmoniseerd is met NEMA. Dit betekent dat de KringloopWijzer in principe dezelfde factoren en werkwijze gebruikt als NEMA, maar dan op bedrijfsniveau in plaats van op nationaal niveau. Dit verschil betekent dat de KringloopWijzer soms bedrijfsspecifiekere uitgangspunten of werkwijze hanteert, bijvoorbeeld een differentiatie in staltype (omgevingswet), waar NEMA dit niet doet.

De emissies worden globaal als volgt berekend in KLW (voor details, zie Van Dijk et al., 2025):

• Methaan uit pens- en darmfermentatie

De berekening van enterische methaanemissie in KLW is op het meest nauwkeurige niveau dat de IPCC toestaat, het Tier 3-niveau. Het wordt berekend door de drogestofopname (DS) van de melkveestapel te vermenigvuldigen met een emissiefactor (EF_{CH_4} in g

CH_4 per kg DS) voor het specifieke rantsoen van het bedrijf.

- De DS-opname wordt bepaald per diercategorie (melkvee, jongvee; met uitzondering van kalveren 0-3 maanden). De standaard DS-opname is 18,5 kg DS per melkkoe per dag; als de werkelijke opname afwijkt, wordt daarvoor gecorrigeerd in de emissiefactor.
- De EF_{CH_4} van het rantsoen wordt bepaald door de rantsoensamenstelling (aandeel per voedermiddel) en de EF_{CH_4} per voedermiddel in het rantsoen. Elk voedermiddel heeft een eigen EF_{CH_4} , gecorrigeerd voor het aandeel snijmais in het rantsoen (0%, 40%, of 80% in het ruwvoerdeel). Het NDF-⁷ en zetmeelgehalte van voedermiddelen zijn belangrijke verklarende variabelen, met een hogere emissie bij een hoger NDF- en lager zetmeelgehalte. Gebruik van toevoegmiddelen (bijvoorbeeld 3-NOP) kunnen de emissie verder reduceren.

• Methaan uit stal en mestopslag

De methaanemissie uit mest wordt berekend door een emissiefactor per diercategorie (EF in kg CH_4 per dier per jaar) te vermenigvuldigen met het aantal dieren per diercategorie op het bedrijf (Tier 2-niveau in IPCC). De EF per diercategorie wordt berekend door productie van volatile solids (vluchtige vaste stoffen; VS) in mest te vermenigvuldigen met een potentiële hoeveelheid methaan die kan ontsnappen, gecorrigeerd voor het mestmanagementsysteem (hogere emissie uit drijfmestopslag, lagere emissie bij vergisting, vaste mest en weidemest). De VS in de mest komen uit urine, feces, voerresten en strooiselmateriaal. Feces leveren de grootste bijdrage, waarbij de hoeveelheid VS wordt bepaald door de DS-opname van dieren, en het ruwasgehalte en de verteerbaarheid van de organische stof van voedermiddelen in het rantsoen.

• Lachgas uit stal en mestopslag

De lachgasemissie uit mest wordt berekend door de N-excretie per diercategorie te vermenigvuldigen met de verdeling over mestsystemen (drijfmest/vaste mest) en de daarbij horende emissiefactoren. Uit drijfmest is er minder emissie dan uit vaste mest. De N-excretie wordt bepaald door diverse factoren, zoals ruw eiwitgehalte van het rantsoen, voeropname en productieniveau.

Alleen emissies op het bedrijf die vallen onder de melkveetak worden meegenomen, exclusief overige graasdieren. De reden hiervoor is dat de hoeveelheid dieren die in Nederland gehouden mogen worden (uitgedrukt in forfaitaire fosfaatproductie) per veehouderijsector is begrensd.

⁷ Neutral detergent fibre, een maat voor de hoeveelheid celwanden in voedermiddelen.

In de huidige berekening is het aantal benodigde fosfaatrechten benaderd via de forfaitaire fosfaat-excretie. Aanbevolen wordt te verkennen wat de beleidsmatige voor- en nadelen zijn van een daadwerkelijke koppeling aan het fosfaatrechten-systeem. In Reijs en De Vries is alleen gekeken naar voor- en nadelen van de functionele eenheid fosfaatrecht (oftewel forfaitaire fosfaatexcretie).

De berekening is als volgt:

$$\text{Totaal BKG}_{\text{NIR-DSM}} \text{ in kg CO}_2\text{-eq. per fosfaatrecht} = (CH_4d + CH_4sm + N_2Osm) / (excr_forf / 0,985)$$

Waarbij: CH_4d = methaan uit pens- en darmfermentatie melkveetak, CH_4sm = methaan uit stal en mestopslag melkveetak, en N_2Osm = lachgas uit stal en mestopslag melkveetak, $excr_forf$ = forfaitaire excretie stikstof melkveetak, 0,985 = correctiefactor voor onderbenutting van fosfaatrechten.

Rekeninstrumenten: BKG_{NIR} emissies op melkveebedrijven worden jaarlijks berekend met rekeninstrument KringloopWijzer.

3: $BKG_{\text{NIR-VELD}}$ in kg CO_2 -eq per ha (bedrijfsbenadering)
Voor NIR-Landbouw worden emissies op nationaal niveau berekend, en sinds kort worden deze ook in de uitvoer van de KringloopWijzer gerapporteerd op bedrijfsniveau. $BKG_{\text{NIR-VELD}}$ is de som van de directe en indirecte N_2O -emissie die plaatsvindt bij bemesten, weiden, vanuit gewasresten en bij gebruik van organische bodems, en CO_2 -emissie bij bekalken en aanwenden ureum. Voor de berekening worden dezelfde rekenregels en emissiefactoren gebruikt als in de KringloopWijzer (KLW), die op deze onderdelen geharmoniseerd is met NEMA. Dit betekent dat de KringloopWijzer in principe dezelfde factoren en werkwijze gebruikt als NEMA, maar dan op bedrijfsniveau in plaats van op nationaal niveau. Dit verschil betekent dat de KringloopWijzer soms bedrijfs-specifiekere uitgangspunten of werkwijzen hanteert.

De emissies worden als volgt berekend in KLW (voor details, zie Van Dijk et al., 2025):

- De directe lachgasemissie wordt berekend door de stikstof die op de bodem terecht komt (dierlijke mest, kunstmest, weidemest, gewasresten, compost/champost) te vermenigvuldigen met een bron-specifieke emissiefactor (EF in kg N_2O -N per kg N) per grondsoort en type landgebruik (grasland/bouwland), gecorrigeerd voor de aanwendingsmethode en eventueel gebruik van toevoegmiddelen (nitrificatieremmer). De lachgasemissie uit veenmineralisatie wordt geschat door het aandeel veengrond op het bedrijf te vermenigvuldigen met een vaste EF (4,7 kg N_2O -N per ha).

- De indirecte lachgasemissie wordt berekend door de ammoniakemissie en nitraat uit- en afspoeling te vermenigvuldigen met een EF per grondsoort en type landgebruik (grasland/bouwland). De uitspoelingsfracties zijn hierbij afhankelijk van grondsoort, ontwatering en type landgebruik (grasland/bouwland).
- De CO_2 -emissie bij toediening van kalkmeststoffen en ureummeststoffen wordt berekend door de hoeveelheid toegediende kalk en ureum te vermenigvuldigen met een vaste EF per meststof (in g CO_2 /kg kalksteen, dolomiet of ureum).

Het betreft de emissies op alle hectares van het bedrijf, dus niet alleen de hectares van de melkveetak. De reden hiervoor is dat de rekenwijze in principe gelijk is voor alle hectares en een onderscheid tussen sectoren bij voorkeur dient te worden vermeden.

De berekening met KLW kengetallen is als volgt:

$$\text{Totaal BKG}_{\text{NIR-VELD}} \text{ in kg CO}_2\text{-eq per hectare} = (N_2O_{\text{veld}} + CO_2_{\text{veld}} + CH_4_{\text{veld}}) / opp_tot$$

Waarbij: N_2O_{veld} = lachgasemissie door bemesting, gewasresten, weiden, veenafbraak en scheuren grasland, CO_2_{veld} = CO_2 -emissie door bekalken en aanwenden ureum, CH_4_{veld} = methaanemissie uit weidemest, en opp_tot = totaal aantal hectares op bedrijf.

Rekeninstrumenten: BKG_{NIR} -emissies op melkveebedrijven worden jaarlijks berekend met rekeninstrument KringloopWijzer.

Akkerbouw

4: BKG_{LCA} in kg CO_2 -eq per hectare (ketenbenadering)
In de LCA benadering is de totale emissie de som van de N_2O - en CO_2 -emissies die plaatsvinden vanuit emissiebronnen in tabel 1.1 hierboven. Rekenregels voor broeikasgasemissies zijn grotendeels vergelijkbaar met melkveebedrijven en staan beschreven in het rekenregelrapport van de KringloopWijzer (KLW; Van Dijk et al., 2025). Overige berekeningen die niet voorkomen in de KringloopWijzer zijn gebaseerd op internationale protocollen (bijvoorbeeld IPCC, ISO, PAS 2050:2011, PEFCR). We geven in deze notitie op grote lijnen de berekeningswijze voor BKG_{LCA} .

De formule voor het totale broeikaseffect, uitgedrukt in CO_2 -equivalenten, is als volgt:

$$CO_2\text{-eq.-tot} = 273 * N_2O + 1 * CO_2$$

In de akkerbouw wordt gerekend met directe en indirecte emissies voor zowel N_2O als CO_2 . Directe emissies zijn emissies die op het bedrijf plaatsvinden door bijvoorbeeld het verbranden van fossiele brand-

stoffen of N₂O-emissies uit toegediende N-meststoffen. Indirecte emissies zijn bijvoorbeeld emissies die vrijkomen bij de productie van aangevoerde producten (zoals kunstmeststoffen) van buiten het bedrijf of indirecte lachgasemissies door geëmitteerde NH₃ en nitraat.

CO₂-emissies op het bedrijf zijn opgebouwd uit de volgende posten:

$$CO_2 \text{ bedrijf} = CO_2 \text{ uit brandstoffen} + CO_2 \text{ uit elektragebruik}^1$$

¹ Elektragebruik behoort officieel niet tot emissies op het bedrijf, want de emissie vindt plaats op de plek waar het wordt opgewekt. Echter, er is geen aparte post opgenomen in de Nutriëntenbalans Akkerbouw voor energie, waardoor de huidige plek gehandhaafd wordt.

CO₂-emissies in de aanvoerketen (productie en transport van inputs) zijn opgebouwd uit de volgende posten:

$$CO_2 \text{ uit productie van inputs} = CO_2 \text{ uit productie meststoffen} + CO_2 \text{ uit productie overige productiemiddelen}$$

Directe N₂O-emissies zijn opgebouwd uit de volgende posten:

$$N_2O \text{ direct} = N_2O \text{ uit kunstmest} + N_2O \text{ uit organische mest} + N_2O \text{ uit gewasresten}^1 + N_2O \text{ uit veenbodems}$$

¹ inclusief groenbemesters

Indirecte N₂O-emissies zijn opgebouwd uit de volgende posten:

$$N_2O \text{ indirect} = N_2O \text{ uit NH}_3\text{-emissie} + N_2O \text{ uit nitraatuitspoeling}$$

5: *BKG_{NIR} in kg CO₂-eq per hectare (bedrijfsbenadering)*
BKG_{NIR} is de som van de directe en indirecte N₂O-emissie die plaatsvindt bij bemesten en vanuit gewasresten (N₂O). Voor de berekening worden dezelfde rekenregels en emissiefactoren gebruikt als in de KringloopWijzer (KLW), welke op deze onderdelen waar mogelijk geharmoniseerd is met NEMA.

Rekeninstrumenten: Voor de akkerbouw zijn de Nutriëntenbalans Akkerbouw en de Cool Farm Tool⁸ voor de hand liggende tools om broeikasgassen te berekenen. In dit project is gekozen voor de Nutriëntenbalans. Aandachtspunt is wel dat de gehanteerde emissiekengetallen kunnen verschillen bij deze tools.

1.4 Benodigde data en bronnen, inclusief bestaande datasystemen

Benodigde primaire (bedrijfsspecifieke) data voor het berekenen van broeikasgasemissies volgens de verschillende KPI's staan weergegeven in tabel 1.2. In de

⁸ <https://coolfarm.org/>

melkveehouderij zijn de benodigde inputdata grotendeels samengebracht in de Centrale Database Kringloopwijzer (CDM), waarin data van verschillende dataleveranciers (bijvoorbeeld RVO, zuivelverwerker, I&R, laboratoria) automatisch gekoppeld worden, aangevuld met handmatig ingevoerde data (onder andere uit het bemestingsplan)⁹ door boer of adviseur. Ook resultaten van de berekening van emissies met KLW worden opgeslagen in de CDM. Gegevens in de CDM zijn eigendom van de veehouder, en zijn alleen voor gemachtigde partijen beschikbaar.

In de akkerbouw zijn diverse datasystemen beschikbaar en deels in ontwikkeling die als basis kunnen dienen voor een geautomatiseerde berekening van individuele bedrijven. Er is in de akkerbouw géén centrale database zoals de KringloopWijzer. Daarom wordt er veelal gewerkt met bedrijfsmanagementsystemen of met andere bronnen zoals RVO en productverwerkers. Dit wordt handmatig aangevuld door boer of adviseur voor missende databronnen zoals voorraden of bemestingsplannen.

1.5 Vereenvoudigingsopties

Voor zowel melkvee- als akkerbouwbedrijven kan de berekening van broeikasgasemissies worden vereenvoudigd. 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.

Er worden in het KPI-K-project globaal drie denkrichtingen voor vereenvoudigingsopties onderscheiden: volledig forfaitair, verfijnd forfaitair en via een bedrijfsbalans. Voor de broeikasgas-KPI's zijn deze nog niet verder uitgewerkt. In opdracht van het ministerie van LNV worden de mogelijkheden voor deze vereenvoudigingsopties in 2025 verder verkend in aanpalend project.

Optie 1: volledig forfaitair

Berekening op basis van eenvoudige kenmerken van het bedrijf, zoals de grootte en samenstelling van de veestapel, grondsoort en oppervlakte per gewascategorie. Er wordt geen rekening gehouden met de specifieke bedrijfsvoering van het betreffende bedrijf. Er wordt uitgegaan van forfaitaire normen.

De volledig forfaitaire optie biedt weinig zicht op de bedrijfsspecifieke prestatie. Het geeft echter wel een standaardwaarde voor de KPI als er geen bedrijfsinformatie beschikbaar is.

⁹ Benodigde primaire data staan in meer detail beschreven in het KringloopWijzer rekenregelrapport (Van Dijk et al., 2025).

Tabel 1.2 Benodigde data per KPI voor melkveehouderij en akkerbouw.

Data	Melkveehouderij			Akkerbouw	
	BKG _{LCA}	BKG _{NIR-DSM}	BKG _{NIR-VELD}	BKG _{LCA}	BKG _{NIR}
Aantal dieren per diersoort en categorie	X	X	X		
Stal- en opslagsystemen	X	X			
Verdeling van dieren en mest over de stal- en opslagsystemen	X	X	X		
Mestbewerking en vergisting	X	X			
Dierlijke productie	X	X	X		
Gewasareaal en bouwplan inclusief aandeel blijvend grasland, groenbemesters/vanggewassen	X	X	X	X	X
Beweidingssysteem - en duur	X	X	X		
Productie ruwvoer	X	X	X		
(Ruw)voer analyse	X	X	X		
(Aangevoerde) mestanalyses	X	X	X	X	X
Hoeveelheid en soort kunstmest	X		X	X	X
Hoeveelheid en soort organische mest (dierlijke mest of compost, vlinderbloemigen) en methode van mesttoediening per gewas	X		X	X	X
Aanvoer, afvoer en voorraadmutaties van:	meststoffen		X	X	X
	voer, vee, strooisel	X	X		
Verdeling grondsoorten	X		X	X	X
Gebruik emissieverlagende additieven	X	X	X		
Verbruik energie, per energiebron	X			X a)	
Productie hernieuwbare energie, per bron	X				
Postcode (of OS-gehalte, SOC en lutumgehalte van percelen)	X				

a) Voor akkerbouw zijn enkel diesel & elektra verbruik opgenomen, andere bronnen (nog) niet.

Optie 2: verijnd forfaitair

Deze optie is vergelijkbaar met optie 1, maar hier worden bepaalde kenmerken wat specifiekier ingeschat op basis van eenvoudig beschikbare aanvullende bedrijfskenmerken die gerelateerd zijn aan de broeikasgasemissie.

Bij de verijnd forfaitaire optie wordt er meer rekening gehouden met de werkelijke bedrijfsprestatie dan bij de volledig forfaitaire optie. De waarde ervan hangt wel af hoe betrouwbaar de verschillende bedrijfskenmerken de broeikasgas-KPI voorspellen.

Optie 3: bedrijfsbalans

Via registratie van aanvoer, afvoer en voorraadveranderingen van voer, organische mest, kunstmest, melk, dieren en oogstproducten op het bedrijf wordt een bedrijfsbalans berekend (zie beschrijving KPI's ammoniak en N-bodemoverschot). Deze informatie wordt vervolgens meegenomen als mogelijke verklarende bedrijfskenmerken, ook voor de broeikasgas KPI's. Mogelijk ontstaat hiermee een betere voorspelling.

1.6 Verijningsopties

Melkveehouderij (KLW)

Ten aanzien van de benodigde data van bedrijven zijn de volgende verijningsopties in beeld:

- verbeteren borgbaarheid van sommige inputdata (bijvoorbeeld beweiding)
- verbeteren borging van inputdata en ontwikkelingen protocol voor borging en controle
- verijnen inputdata voor bodemkoolstofberekeningen en laatste inzichten veenemissies
- berekenen van effecten van nieuwe mitigatieopties (bijvoorbeeld voeradditieven)

Ten aanzien van de berekeningswijze zijn de volgende verijningsopties in beeld:

- doorontwikkelen bodemkoolstofmodule
- toevoegen (nieuwe) mitigatieopties
- certificering (bijvoorbeeld stallen) om onzekerheden rondom emissiefactoren te reduceren.
- sensorontwikkeling voor bepaling NH₃- en CH₄-emissie als mogelijk alternatief voor berekeningen
- in mechanisch geventileerde stallen: emissiemetingen (bij open stallen is dit lastig;
<https://lnkd.in/dVbGthjH>).

Akkerbouw

- het verkrijgen van bedrijfsspecifieke, borgbare data voor onder andere areaal groenbemesters, gebruik van productiemiddelen, met name kunstmest en brandstof (is nu forfaitair per gewas)
- verbetering forfaits voor gebruik van productiemiddelen per gewas (energie, gewasbeschermingsmiddelen, machinegebruik en zaai/plantgoed) of uitgaan van daadwerkelijk verbruik

- bedrijfsspecifieke berekening energieverbruik via registratie energieverbruik
- koolstofmodule inclusief vastlegging bodem (analoog aan KLW).

In hoofdstuk 5 wordt verder ingegaan op aanbevelingen omtrent de verfijningsopties.

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).

In de melkveehouderij worden op vrijwel alle Nederlandse melkveebedrijven broeikasgasemissies 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 paragraaf 2.1 alleen resultaten en benchmarks uit het Bedrijveninformatienet beschreven.

Voor de akkerbouw is het werken met KPI's en benchmarks nog geen gemeengoed. Voor akkerbouw (LCA-benadering) en de NIR-benadering (beide sectoren) loopt onderzoek naar geschikte benchmarks.

2.1 Informatienet-benchmarks

Het Bedrijveninformatienet is een netwerk met ongeveer 1.500 land- en tuinbouwbedrijven, representatief voor de Nederlandse agrarische sector. Tabel 2.1 geeft een beeld van de verdeling van de KPI-prestaties van akkerbouw- en melkveebedrijven in BIN op basis van doorrekening

met KringloopWijzer (versie 2024.10) en Nutriëntenbalans Akkerbouw voor de periode 2021-2023 (tabel 2.1). Hierbij zijn voor de melkveehouderij in $BKG_{NIR-VELD}$ ook CO_2 - en CH_4 -emissies uit veen meegenomen (vallen formeel onder NIR Landgebruik; in tekst hieronder aangegeven met asterisk: $BKG_{NIR-VELD*}$).

De resultaten van melkvee laten zien dat de spreiding rond $BKG_{NIR-VELD*}$ relatief groot is, en de spreiding rond $BKG_{NIR-DSM}$ relatief klein ten opzichte van BKG_{LCA} . Dit wordt veroorzaakt door de hoge CO_2 -, CH_4 - en N_2O -emissie bij bedrijven op veengrond als gevolg van veenoxidatie, methaan uit veenbodems en -sloten, stikstofmineralisatie en meer lachgasemissie bij N-bemesting, wat terugkomt in $BKG_{NIR-VELD*}$ en, meer verdund, in BKG_{LCA} (tabel 2.2). Ook is de spreiding $BKG_{NIR-VELD*}$ daardoor groter bij melkvee dan in de akkerbouw (waar veengrond nauwelijks voorkomt) en ligt de gemiddelde emissie hoger dan de mediaan (scheve verdeling). Bij akkerbouw is dit verschil er niet; bij BKG_{NIR} liggen het gemiddelde en de mediaan daarom dicht bij elkaar.

Naast verschillen veroorzaakt door veen, valt in tabel 2.2 verder op dat er weinig onderscheid is in $BKG_{NIR-DSM}$ tussen grondsoorten, en dat $BKG_{NIR-VELD*}$ lager is op zand dan op klei, waarschijnlijk door lagere N-bemesting en minder organische bodems op bedrijven op zand. De resultaten voor intensiteit laten zien dat BKG_{LCA} lager is bij een hogere intensiteit, maar er geen duidelijk verband is tussen $BKG_{NIR-DSM}$ en intensiteit. Voor $BKG_{NIR-VELD*}$ ligt de emissie iets lager bij extensieve bedrijven, waarschijnlijk door lagere N-bemesting.

Onderstaande resultaten suggereren dat het voor de benchmarks van 2 KPI's in de melkveehouderij relevant is om onderscheid te maken in grondsoort (mineraal vs. organisch). Dit vergt nadere uitwerking, welke in de aanbevelingen (hoofdstuk 0) verder wordt besproken.

Tabel 2.1 Gemiddelde en spreiding bij KPI-scores op Informatienet-melkvee- en akkerbouwbedrijven, gebaseerd op de jaren 2021, 2022 en 2023.

	Melkveehouderij a)			Akkerbouw b)	
	BKG _{LCA}	BKG _{NIR-DSM}	BKG _{NIR-VELD*}	BKG _{LCA}	BKG _{NIR}
Gemiddelde	1,115	108	1.688	3.394	1.213
25e percentiel	0,973	105	1.249	2.310	992
50e percentiel (mediaan)	1,034	108	1.483	2.916	1.178
75e percentiel	1,160	110	1.807	3.400	1.405

a) Eenheden bij de KPI's zijn: BKG_{LCA} in kg CO₂-eq/kg meetmelk, BKG_{NIR-DSM} in kg CO₂-eq./fosfaatrecht en BKG_{NIR-VELD*} in kg CO₂-eq./ha; b) Eenheden bij de KPI's zijn: BKG_{LCA} in kg CO₂-eq/hectare, BKG_{NIR} in kg CO₂-eq/ha.
* BKG_{NIR-VELD*} = BKG_{NIR-VELD} aangevuld met CO₂- en CH₄-emissie uit veen.

Tabel 2.2 Gemiddelde KPI-scores per (voornaamste) grondsoort en intensiteit voor Informatienet- melkveebedrijven gebaseerd op de jaren 2021, 2022 en 2023.

	BKG _{LCA}	BKG _{NIR-DSM}	BKG _{NIR-VELD*}
Grondsoort:			
- Klei	1,052	109	1.543
- Zand en löss	1,016	107	1.390
- Veen	1,710	107	3.215
Intensiteit (exclusief veen):			
- Extensief (<14 t melk/ha)	1,320	106	1.623
- Gemiddeld (14 – 19 t melk/ha)	1,119	108	1.701
- Intensief (>19 t melk/ha)	1,051	107	1.712

Eenheden bij de KPI's zijn: BKG_{LCA} in kg CO₂-eq/kg meetmelk, BKG_{NIR-DSM} in kg CO₂-eq/fosfaatrecht en BKG_{NIR-VELD} in kg CO₂ -eq/hectare.
* BKG_{NIR-VELD*} = BKG_{NIR-VELD} aangevuld met CO₂- en CH₄-emissie uit veen.

Tabel 2.3 Gemiddelde KPI-scores per (voornaamste) grondsoort en intensiteit voor Informatienet-akkerbouwbedrijven gebaseerd op de jaren 2021, 2022 en 2023.

	BKG _{LCA} a)	BKG _{NIR} a)	SO per ha b)
Grondsoort:			
- zand extensief	2.975	1.224	2.130
- zand extensief/intensief	3.269	1.442	3.020
- zand intensief	4.236	1.228	4.740
- klei extensief	2.612	1.159	2.100
- klei extensief/intensief	3.241	1.224	3.930
- klei intensief	3.875	1.140	6.330
- loss	2.577	1.078	3.510

a) Eenheden bij de KPI's zijn: BKG_{LCA} in kg CO₂-eq/ha, BKG_{NIR} in kg CO₂-eq/ha; b) Eenheid voor intensiteit Standaardopbrengst (SO) per ha is in euro

Voor akkerbouw geldt dat de gemiddelde BKG_{LCA}-emissie hoger is bij een intensiever bouwplan, dus een hogere Standaardopbrengst (SO),¹⁰ terwijl BKG_{NIR} lager of gelijkwaardig is bij een intensiever bouwplan, zie tabel 2.3. Dit komt doordat bij BKG_{LCA} emissies van inputs ook meetellen in de totale emissie, en BKG_{NIR} niet, terwijl bij beide KPI's de emissies door hetzelfde aantal hectares gedeeld worden.

¹⁰ Standaardopbrengst is een economische maat voor de omvang van agrarische bedrijven gebaseerd op de opbrengst die gemiddeld op jaarbasis per gewas wordt behaald.

2.2 Praktijkresultaten pilots
Voor deze KPI is geen bruikbare pilotdata beschikbaar.

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.

Bij het vertalen van beleidsdoelen voor diergerelateerde broeikasgassen naar bedrijfsdoelen is het ook van belang om een inschatting te maken van de verwachte ontwikkelingen in de omvang van de veestapel omdat een afname in het aantal dieren ook zorgt voor een daling van de emissie, waardoor de reductie-opgave voor de blijvers kan afnemen.

Melkveehouderij

Recent hebben Migchels et al. (2025) een overzicht gemaakt van resultaten voor BKG_{NIR} in de praktijk en in modelstudies, die een beeld geven van het reductie-potentieel van mitigatiemaatregelen, en hieronder worden samengevat.

Reducties in de praktijk

In het project Netwerk Praktijkbedrijven werkten melkveehouders in projectverband aan emissiereductie op ammoniak én broeikasgassen, met een focus op kosteneffectieve managementmaatregelen. De reducties in broeikasgassen lagen in de ordegrootte van tussen de 1 tot 3% bij de stal- en opslagemissies en tussen de 6-14% bij de veldemissies. De gerealiseerde reductie in broeikasgassen was kleiner dan bij ammoniak, en er was veel variatie in de gerealiseerde reductie tussen individuele bedrijven.

Reducties in modelstudies

In modelstudies met scenario's die alleen managementmaatregelen in beschouwing nemen, was de gemiddelde emissiereductie 12% voor emissies in stal en opslag per fosfaatrecht en 24% voor veldemissies per ha (tabel 2.4). In scenario's waarin naast managementmaatregelen ook innovatieve staltechnieken werden meegenomen, lag deze reductie op maximaal respectievelijk 32% en 31%. In scenario's die zowel managementmaatregelen als stalinnovatie als extensivering combineerden was er grote variatie in de uitkomsten, met een maximale emissiereductie van respectievelijk 43% en 51%.

De auteurs geven aan dat de grote ranges in het technisch reductiepotentieel in de modelstudies komt door verschillen in uitgangssituatie, gehanteerde maatregelenpakketten en rekenwijzen. Hierdoor zijn de studies niet altijd even goed vergelijkbaar. Ook werd de vraag gesteld hoe dit soort scenario's op grote schaal economisch aantrekkelijk zijn te maken.

In een andere studie komen Ros et al. (2025) voor de veehouderij als geheel (rundvee, varkens en pluimvee) tot een theoretische maximale reductie van 72% voor

methaan en 42% voor lachgas ten opzichte van 2019. Voor een praktisch realiseerbare reductie, waarbij alle landbouwbedrijven de best beschikbare technieken en maatregelen inzetten die binnen vijf jaar beschikbaar zijn of komen, wordt een reductie ingeschat van 27-48% (CH₄ en N₂O) ten opzichte van 2019.

Akkerbouw

Een recente modelstudie over de akkerbouw laat zien dat voor verschillende maatregelpakketten die variëren van ingrijpendheid van licht tot zwaar een broeikasgas-reductie bereikt kan worden van 6% tot 23% ten opzichte van de toekomstige basis vastgesteld in de studie (Jongeneel et al., 2024). Voorbeelden van maatregelen die voorgesteld zijn in de studie zijn extensivering (meer rustgewassen) van het bouwplan en verlagen van het gebruik van meststoffen.

2.4 Drempel- en streefwaarden voor doelbereik

In het Beleidsprogramma Klimaat (2022) is voor de landbouw een indicatieve restemissie van circa 17,9 Mton CO₂-equivalenten in 2030 vastgesteld, waarvan 13,6 Mton afkomstig uit de veehouderij en mestaanwending in de akkerbouw (Kamerbrief over de Voorjaarsbesluitvorming Klimaat 2023).¹¹ Dit is een reductie van iets minder dan 30% ten opzichte van 2018. Voor landgebruik geldt een restemissieopgave van 1,8 Mton CO₂-equivalenten in 2030. Daarnaast heeft Nederland zich gecommitteerd aan de Global Methane Pledge, waarin het doel is om 30% minder methaan uit te stoten in 2030 ten opzichte van 2020.

De overheid verkent nog hoe deze doelstellingen te concretiseren naar subsectoren binnen de landbouw (bijvoorbeeld melkvee, varkens en akkerbouw). Pas als daarin duidelijkheid wordt gegeven kunnen doelen worden vertaald naar te realiseren KPI scores op bedrijfsniveau om die doelen te halen. Een belangrijke factor hierin zal zijn hoe het aantal dieren zich ontwikkelt. Bij een grotere afname van dieren aantallen is er minder reductie op de KPI-scores nodig.

Wanneer gebruik wordt gemaakt van Informatienetwaarden als referentie voor huidige gemiddelden zou 30% reductie voor de melkveehouderij (dat wil zeggen, de landelijke opgave voor 2030) KPI BKG_{NIR-DSM} neerkomen op (108*0,7=) ~75 kg CO₂-eq. per fosfaatrecht. Zoals gezegd, is de streefwaarde op bedrijfsniveau echter afhankelijk van de ontwikkelingen in dieren aantallen op sectorniveau. Voor veldemissies is de streefwaarde lastiger af te leiden omdat onderscheid gemaakt zou moeten worden naar grondsoort (zie paragraaf 2.2).

¹¹ <https://open.overheid.nl/documenten/ronl-77b639d132c52e5e1d75a36381fb6e60748ed8bb/pdf>

Tabel 2.4 Overzicht van de bandbreedte in het gemiddelde reductiepotentieel voor KPI-scores voor broeikasgassen (in kg CO₂-eq) van verschillende modelstudies. De range betreft het laagste en hoogste reductiepotentieel gevonden in de studies.

	Stal en opslag Per fosfaatrecht	Veld Per ha
Alleen managementmaatregelen	12%	24%
Managementmaatregelen & stalinnovaties	14-32%	<0-31%
Managementmaatregelen & stalinnovaties & extensivering	11-43%	<0-51%

Bron: Migchels et al. (2025).

3 Handelingsperspectief en samenhang

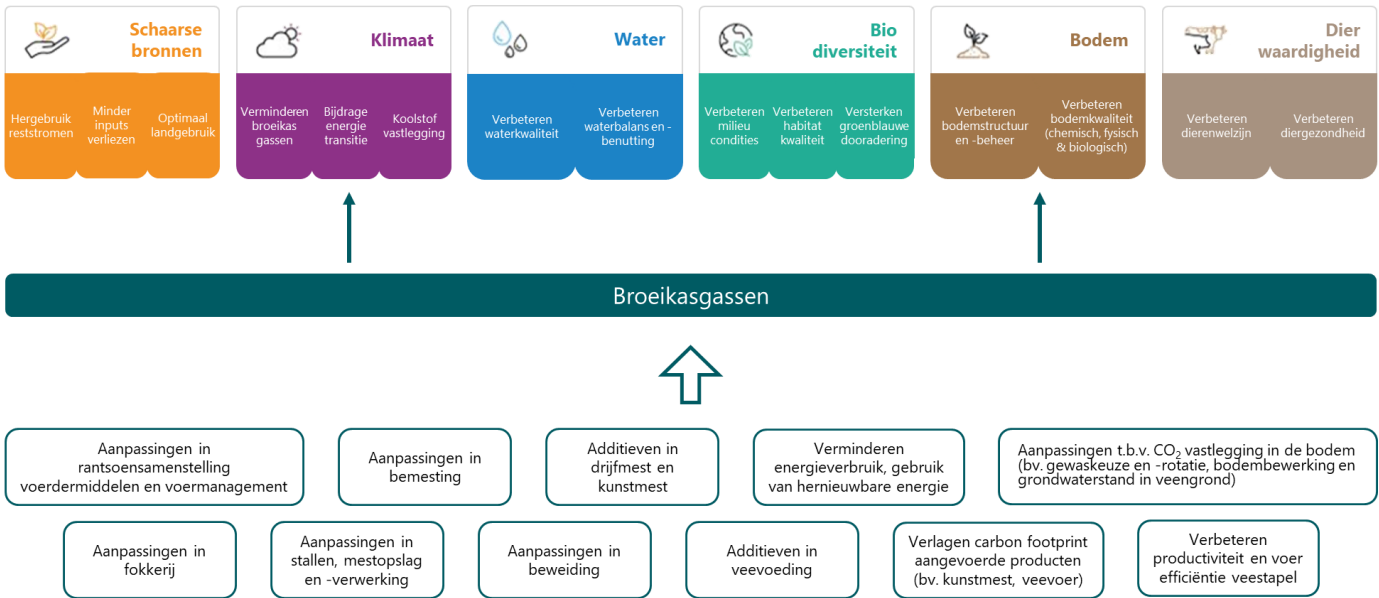
Maatregelen voor het verlagen van broeikasgasemissies in de melkveehouderij en akkerbouw zijn weergegeven in tabel 3.1. Of een maatregel effect heeft, is logischerwijs sterk afhankelijk van de KPI: voor BKG_{LCA} zijn meer maatregelen effectief dan voor BKG_{NIR}.

Voor melkvee zijn belangrijke maatregelen voor het verlagen van methaan aanpassing van het voer (additieven, meer vers gras, meer mais met lage EF, krachtvoer en kuil met een lage EF), minder jongvee aanhouden via verlengen levensduur en meer weidegang. Maatregelen voor het verlagen van lachgasemissie betreffen onder andere het minder dierlijke mest uitrijden door afschaffing van derogatie, een lagere totale N-gift in NV-gebieden en het toepassen van nitrificatieremmers. Innovatieve staltechnieken als dagontmesting in combinatie met monomestvergisting of mest in externe opslag en nabewerking (koelen/oxideren/vergisten). Deze technieken vereisen flinke investeringen voor de ondernemer.

Voor akkerbouw zijn belangrijke maatregelen voor het verlagen van CO₂- en lachgasemissies de aanpassing van het type bemesting en het bemestingsniveau. Oftewel,

kunstmestsoorten gebruiken die minder emissies veroorzaken tijdens de productie, of meer organische mest gebruiken. Het algehele bemestingsniveau verlagen zorgt ook voor een lagere broeikasgasemissie. Naast bemesting zijn er nog twee belangrijke knoppen voor de akkerbouw om aan te draaien, namelijk gewaskeuze en energieverbruik. Bij de keuze van het gewas kan er generiek gesteld worden dat rustgewassen zoals granen een lagere emissie met zich meebrengen dan rooivruchten. Dit gaat hand in hand met het energieverbruik, rustgewassen hebben vaak een lagere energiebehoefte dan rooivruchten. Naast het verlagen van het verbruik, kan er ook gekeken worden naar andere energiebronnen zoals hernieuwbare energie die de broeikasgasemissie ook verlagen.

Wanneer maatregelen worden genomen om broeikasgassen te verlagen, zijn er risico's op afwentelingen naar andere duurzaamheidsthema's, zoals biodiversiteit of dierenwelzijn. Er kunnen ook gunstige neveneffecten optreden. Een aantal voorbeelden van verwachte gunstige neveneffecten en risico's op (ongunstige) afwentelingen zijn weergegeven in tabel 3.2 en tabel 3.3.



Figuur 3.1 Relaties tussen doelen, KPI en maatregelen voor de KPI Broeikasgassen.

Tabel 3.1 Maatregelen voor het verlagen van broeikasgasemissies in melkveehouderij en akkerbouw per KPI.

Maatregel	Melkveehouderij			Akkerbouw	
	BKG _{LCA}	BKG _{NIR-DSM}	BKG _{NIR-VELD}	BKG _{LCA}	BKG _{NIR}
Aanpassingen in rantsoensamenstelling, voedermiddelen en voermanagement	X	X	X		
Aanpassingen in fokkerij	X	X			
Aanpassingen in stallen, mestopslag en -verwerking	X	X	X		
Aanpassingen in bemesting	X		X	X	X
Aanpassingen in beweiding	X	X	X		
Additieven in veevoeding	X	X			
Additieven in drijfmest en kunstmest	X		X	X	X
Verminderen energieverbruik, gebruik van hernieuwbare energie	X			X	
Verlagen carbon footprint aangevoerde producten (bijvoorbeeld kunstmest, veevoer)	X			X	
Verbeteren productiviteit en voerefficiëntie veestapel	X				
Aanpassingen ten behoeve van CO ₂ -vastlegging in de bodem zoals gewaskeuze en -rotatie, bodembewerking en grondwaterstand in veengrond	X			X	

Tabel 3.2 Mogelijke gunstige neveneffecten van maatregelen voor het verlagen van broeikasgasemissies.

Doelen	Toelichting
Schaarse bronnen a)	- Indien een lagere footprint een gevolg is van een verbeterde voerefficiëntie van vee en nutriëntenbenutting van gewassen, kan dit bijdragen aan minder gebruik van schaarse externe inputs (onder andere voer en kunstmest) en minder verliezen naar het milieu. - Omdat reststromen een lage carbon footprint meekrijgen, wordt hergebruik van reststromen bevorderd. Bij gebruik als veevoer wordt het totale effect op broeikasgassen wel beïnvloed door de kwaliteit van het voer, de manier van verwerken van het voer (bijvoorbeeld vermalen, drogen, etc.), het effect van het voer op de methaanemissie bij pensfermentatie. Bij gebruik van reststromen bij de bemesting van gewassen wordt het effect mede beïnvloed door de mate waarin de nutriënten in de reststroom worden benut door het gewas.
Energietransitie	Het gebruik van hernieuwbare in plaats van fossiele energie draagt bij aan de energietransitie.
Water	Indien een lagere footprint een gevolg is van minder gebruik van meststoffen (onder andere lagere N ₂ O-emissie) kan dit ook een positief effect hebben op de verliezen naar grond- en oppervlaktewater. Het beperken van de CO ₂ -emissie uit organische bodems door beperken van veenoxidatie heeft gevolgen voor het watermanagement op bedrijven.
Bodem	Indien er koolstofvastlegging in de bodem is, betekent dit minder CO ₂ in de lucht en kan dit mogelijk ook gunstig zijn voor de bodemkwaliteit.
Biodiversiteit	- Meer koolstof in de bodem kan een positief effect hebben op de ondergrondse biodiversiteit. Koolstof kan niet alleen worden opgeslagen in de bodem, maar ook in permanente biomassa zoals bomen en struiken, welke als habitat fungeren voor wilde soorten. - Indien een lagere footprint een gevolg is van minder N-emissie uit stal, mest en aanwending zorgt niet alleen voor minder N₂O, maar mogelijk ook voor minder NH₃-verliezen en minder verliezen naar oppervlaktewater. Beide zijn gunstig voor de biodiversiteit. - Lagere enterische methaanemissie door graskuil deels te vervangen door snijmais (mits het zetmeelgehalte hoog genoeg is), kan ook de ammoniakemissie verlagen door het lagere eiwitgehalte in het rantsoen en lagere N-bemesting. a) - Van sommige kruiden wordt een methaanremmende werking verwacht (onderzoek is gaande), die ook kunnen bijdragen aan verbeterde biodiversiteit van grasland. a)
Dierenwelzijn a)	- Verbetering van diergezondheid draagt zowel bij aan het welzijn van het dier als aan het verlagen van emissie-intensiteit. Want gezonde dieren zijn productiever, vruchtbaarder en leven langer, en er is meer melklevering door minder antibioticagebruik, zodat er per saldo minder dieren (op een bedrijf en in Nederland) nodig zijn om de gewenste hoeveelheid melk te produceren. - Meer weidegang kan zowel bijdragen aan dierenwelzijn als aan het verlagen van de methaanemissies

a) Alleen relevant voor melkveehouderij, niet voor akkerbouw.

Tabel 3.3 Mogelijke risico's op afwentelingen van maatregelen voor het verlagen van broeikasgasemissies.

Doelen	Toelichting
Schaarse bronnen a)	• Om een hogere productiviteit en voerefficiëntie te bereiken kan het gebruik van externe inputs juist ook toenemen (bijvoorbeeld krachtvoergrondstoffen). • Bepaalde voeringrediënten kunnen de enterische methaanemissie verlagen (weinig vezels, hoge energiewaarde) maar worden vaak akkerbouwmatic geteeld, wat competitie oplevert in hoogwaardig gebruik voor voedselproductie. Ongeveer een derde van het mondiale akkerbouwland wordt gebruikt voor veevoerproductie (FAOSTAT; Poore and Nemecek, 2018). • Ten behoeve van broeikasgassen wordt soms juist ook niet voor reststromen gekozen, als ze een relatief slechte voederwaarde hebben, tot meer methaan of ammoniakemissie leiden of als er veel bewerking nodig is. Ook voor gebruik als meststof geldt dat de vermindering van externe inputs (kunstmest) moet worden afgezet tegen de extra inputs die nodig zijn om de reststroom zodanig te bewerken dat deze gebruikt kan worden bij gewasteelten.
Water	• Het voeren van akkerbouwmatic geteelde gewassen, zoals snijmais, zorgt voor lagere enterische methaanemissie dan graskuil maar geeft meer risico op nitraatuitspoeling en verlies aan bodemkoolstof. • Het gebruik van reststromen in plaats van kunstmest kan leiden tot een lagere nutriëntenbenutting (met name stikstof), waardoor de verliezen naar grond- en oppervlaktewater kunnen toenemen. • Beregenen van gewassen bij droogte verhoogt de opbrengst en voerkwaliteit, en kan daardoor broeikasgasemissies emissies verlagen (mits het opweegt tegen CO₂ door energieverbruik), maar bij schaarste kan grootschalige onttrekking problemen opleveren voor de lokale waterbeschikbaarheid en -kwaliteit.
Bodem	Akkerbouwmatic gewasteelten, zoals snijmais, kunnen een ongunstiger invloed hebben op de koolstofvoorraad, bodemstructuur en bodemleven dan grasland.
Biodiversiteit	• Gebruik van reststromen kan leiden tot hogere NH₃-emissies en hogere N-overschotten (afhankelijk van de samenstelling van de stroom) en kan daardoor de biodiversiteit negatief beïnvloeden. • Graslandbeheer gericht op hoge opbrengsten en hoge voederwaarde verlaagt broeikasgasemissie intensiteit, maar is ongunstig voor insecten, vlinders en vogels, door gebrek aan diversiteit van grassen en kruiden, vroeg maaien, hoge stikstofgift, etc. a) • Bepaalde voedergewassen, zoals snijmais, kunnen de enterische methaanemissies verminderen, maar bieden meestal een minder goede habitat voor insecten en vogels dan extensief beheerd grasland. a)
Dierenwelzijn a)	• Het voeren van vetten of veel mais in het rantsoen kan methaanemissies verlagen maar ook diergezondheidsrisico's geven zoals pensverzuring • Het verhogen van grondwaterstanden kan CO₂- en N₂O-emissies verminderen maar geeft een verhoogd risico op leverbotinfecties, alsook slechtere bereikbaarheid en minder mogelijkheden voor weidegang voor het vee.

a) Alleen relevant voor melkveehouderij, niet voor akkerbouw.

4 Discussie

4.1 Overwegingen bij de keuze voor deze KPI

Er zijn verschillende overwegingen bij de keuze voor KPI's voor broeikasgasemissies, die hieronder uiteen worden gezet voor melkveehouderij en akkerbouw.

Melkveehouderij

Voor de melkveehouderij zijn de volgende overkoepelende keuzes gemaakt in de KPI's:

- *Hybride systeem LCA en NIR*

Vanwege de doelen om internationaal broeikasemissies te verlagen én te voldoen aan nationale klimaatdoelen is van belang om zowel een ketenbenadering (BKG_{LCA}) als bedrijfsbenadering (BKG_{NIR}) te hanteren. Overkoepelend uitgangspunt is daarom een hybride systeem toe te passen met zowel een LCA als NIR benadering. Een uitgebreide onderbouwing is te vinden in Reijs en De Vries (2024) en in hoofdstuk 1 van het huidige rapport.

- *Keuze functionele eenheid*

Voor monitoring van emissies in de bedrijfsbenadering (BKG_{NIR}) is gekozen voor de volgende functionele eenheden: 'fosfaatrecht' voor de emissies uit dier, stal en mestopslag; en 'hectare' voor de emissies uit veld. De keuze van deze functionele eenheden biedt voordelen ten opzichte van andere eenheden omdat er niet of nauwelijks gestuurd kan worden op emissies via de noemer, en de eenheden een begrenzing kennen (fosfaatplafond, landbouwhectares). Daarmee wordt gestuurd op verminderen van totale (absolute) emissies in de NIR-sector Landbouw. Een uitgebreide onderbouwing is te vinden in Reijs en De Vries (2024) en in hoofdstuk 1 van het huidige rapport.

Bij de emissieberekeningen zijn de volgende kanttekeningen te maken:

- *Emissies*

- Emissies in de KPI BKG_{NIR} zijn momenteel beperkt tot de NIR sector Landbouw. Gezien de bijdrage van de landbouw aan emissies onder NIR-sector Landgebruik (LULUCF) ligt het voor de hand in de toekomst emissies die hieronder vallen toe te voegen aan BKG_{NIR-VELD}. Dit betreft met name CO₂- en N₂O-emissie en koolstofvastlegging bij veranderingen in landgebruik, en CO₂-emissie door veenoxidatie in organische bodems.
- In de berekening van NIR-emissies in het huidige rapport zijn GWP-waardes van IPCC AR6 gebruikt (ook gebruikt in de huidige versie van KLW). De overheid is echter verplicht (Parijsakkoord) om in haar rapportage GWP-waardes van IPCC AR5 te gebruiken. Emissies kunnen met een simpele omrekening teruggerekend worden naar GWP AR5-waarden.
- Voor N₂O-emissies uit de bodem worden Tier 2-emissiefactoren gehanteerd, maar geldt dat er onzekerheid is en ruimte voor verbetering. Er is veel onderzoek naar N₂O-emissie uitgevoerd de laatste jaren, zowel op minerale gronden als veengronden. Het onderzoek loopt nog en zal in 2026-2027 worden gerapporteerd. In 2027 zullen de emissiefactoren voor de N₂O-module voor EmissieRegistratie (NEMA of ReNEMA) worden geactualiseerd (pers. comm. G. Velthof, 28 okt. 2025).
- Lachgasemissies uit organische bodems liggen structureel hoger dan emissies uit minerale bodems (zie resultaten paragraaf 2.1). Aangezien boeren hier geen/weinig invloed op kunnen uitoefenen, is voor de desbetreffende KPI's te overwegen onderscheid te maken in grondsoort bij de beoordeling van de bedrijfsprestatie. Hierbij is het belangrijk om dit goed te definiëren, met name voor moerige gronden. Bedrijven hebben vaak niet volledig een minerale dan wel organische bodem, wat de indeling op bedrijfsniveau compliceert (er moet met aandelen van verschillende grondsoorten worden gewerkt).
- *Functionele eenheid*
 - In het huidige rapport is fosfaatrecht als functionele eenheid gebruikt voor de KPI BKG_{NIR-DSM}. In de berekening is hierbij een praktische keuze gemaakt om het aantal benodigde fosfaatrechten op een bedrijf in te schatten op basis van forfaitaire excretie, omdat de daadwerkelijke fosfaatrechten niet beschikbaar zijn in KLW. Het gebruik en implicaties van daadwerkelijke fosfaatrechten als functionele eenheid vs. forfaitaire excretie moet nader worden onderzocht. Bij gebruik van daadwerkelijke fosfaatrechten zal bijvoorbeeld onderbenutting van rechten een effect hebben op de resultaten. Ook kan er strategisch gedrag zijn (het kopen van fosfaatrechten als mitigatieoptie). Daarnaast moet worden nagedacht over zaken als

geldigheidsduur van de rechten en hoe precies om te gaan met verschillende transactievormen. Deze analyse is in het KPI-K-project niet uitgevoerd.

Akkerbouw

- In de akkerbouw worden broeikasgasemissies in deze systematiek uitgedrukt in kg CO₂-eq. per ha. In dit project is hiervoor gekozen om te kunnen rapporteren op bedrijfsniveau. Aangezien dit ook het niveau is waarop overheden afrekenen of monitoren. Door de keuze te maken om op bedrijfsniveau af te rekenen, is het lastiger om een andere gangbare eenheid te gebruiken, namelijk CO₂-eq per kg product, terwijl dit wel een nuttige eenheid kan zijn voor afnemende industrieën. Het is bij akkerbouwbedrijven echter moeilijk om op bedrijfsniveau af te rekenen per kilogram product, omdat akkerbouwbedrijven meerdere producten produceren. Een tussenstap is wel mogelijk, namelijk een score op gewasniveau, indien alle relevante informatie hiervoor aanwezig is. Dit niveau zou overeenkomen met het niveau waarop de Cool Farm Tool ook rekent. Dit betekent wel dat invoer van gegevens op minimaal gewasniveau vereist is. Een berekening op bedrijfsniveau zonder allocatie naar gewassen (die ook is verkend in KPI-K) volstaat dan niet.
- In dit project is ervoor gekozen om de broeikasgassen voor de akkerbouwsector te berekenen met behulp van de Nutriëntenbalans Akkerbouw (NBA), onder meer omdat deze tool ook wordt ingezet voor de berekening van andere KPI's. Naast de NBA is de Cool Farm Tool de enige andere tool die veelvuldig gebruikt wordt in de Nederlandse akkerbouw. Deze tools zijn niet een-op-een inwisselbaar, aangezien er inhoudelijke verschillen zijn. Volgens de huidige versies van de modellen zijn er verschillen in de benodigde invoergegevens. Daarnaast zijn er verschillen in achterliggende rekenregels, specifiek verschillen de emissiefactoren voor lachgas uit kunstmest en organische meststoffen. Naast inhoudelijke verschillen is er ook het verschil dat de Nutriëntenbalans bij de WUR is ontwikkeld voor Nederlandse omstandigheden, waardoor het volledig is toegespitst op Nederlandse gewassen en omstandigheden. Dit is niet het geval voor de CFT. Daarnaast zijn de rekenregels van de NBA transparanter en eenvoudiger aan te passen, aangezien de CFT is ontwikkeld in een internationaal samenwerkingsverband waardoor er door meer partners toestemming moet worden verleend voor eventuele wijzigingen.

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. De beoordeling vond plaats op drie hoofdcriteria: 1) wetenschappelijke onderbouwing, 2) bruikbaarheid en 3) data. KPI's zijn per sub-criterium kwalitatief beoordeeld op een driepuntschaal, waarbij: score 2=voldoet goed aan het criterium; score 1=voldoet

matig aan het criterium, verbetering gewenst; en score 0=voldoet slecht aan het criterium, verbetering noodzakelijk. Voor broeikasgassen is de beoordeling gedaan door 2 onderzoekers per KPI,¹² betrokken bij de inhoudelijke ontwikkeling van de KPI. De scores van beoordelaars zijn samengevoegd, waarbij de gemiddelde score is afgerond tot een geheel getal. De volledige scoreformulieren inclusief toelichting per KPI-score staan in bijlage 1. 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 4.1. De tabel laat zien dat de KPI's goed scoren op de relatie met de invloed door handelen, aansluiting bij internationale standaarden en de brede toepasbaarheid. De zwakke punten liggen op het gebied van accuraatheid en precisie, complexiteit (te snappen door gebruikers), en borgbaarheid van de data. BKG_{NIR} scoort iets minder goed op de relatie met doelen en aanwezigheid van referentiewaarden dan BKG_{LCA}. In de tabel worden resultaten kort toegelicht; onder de tabel worden resultaten nader toegelicht en geïllustreerd.

Wetenschappelijke onderbouwing

• Relatie met doelen

Voor zowel melkvee als akkerbouw hebben de KPI's een directe relatie met de reductie van broeikasgassen. BKG_{LCA} heeft echter een duidelijkere relatie met de reductie van mondiale broeikasgassen dan BKG_{NIR} omdat de totale emissies op het bedrijf en in aanvoerketen wordt meegenomen, terwijl bij BKG_{NIR} alleen emissies op het bedrijf zelf worden meegenomen (zie uitleg in paragraaf 1.2, Relatie KPI's tot doelen). Bij het sturen op BKG_{NIR} is er een reëel risico op afwenteling van emissies, waarbij emissies op bedrijfsniveau weliswaar afnemen maar emissies in andere NIR-sectoren of in de aanvoerketen kunnen stijgen. Een voorbeeld is de aankoop van voer met een lage emissiefactor voor enterische methaanemissie, maar met een hoge emissie gerelateerd aan de productie van het voer. Door te werken met een hybride systeem met zowel BKG_{LCA} als BKG_{NIR} wordt het risico op afwenteling deels ondervangen.

• Voldoende accuraat en precies

Broeikasgasemissies worden ingeschat aan de hand van rekenregels, emissiefactoren, forfaits en bedrijfsspecifieke informatie. De combinatie van die factoren is bepalend voor de accuraatheid en precisie van de geschatte emissies. De rekenregels komen grotendeels overeen met internationale standaarden en richtlijnen zoals IPCC, maar ook nationale standaarden vanuit NEMA worden gehanteerd. Alle KPI's hebben beperkingen ten aanzien van accuraatheid:

- melkveehouderij

In de KringloopWijzer (KLW) wordt de methaanemissie uit de pens van melkkoeien berekend volgens het meest nauwkeurige niveau dat het IPCC toestaat, het Tier 3-niveau (rekening houdend met specifieke voer- en rantsoenenkenmerken). Voor N₂O-emissies uit de bodem worden Tier 2-emissiefactoren gehanteerd, maar geldt dat er onzekerheid is en ruimte voor verbetering van de rekenmethode, de bepaling van de emissiefactoren en andere parameters. Ook wat betreft de accuraatheid en betrouwbaarheid van bedrijfsspecifieke informatie is op sommige punten verbetering gewenst (bijvoorbeeld beweiding), en voor emissies in de aanvoerketen worden nog vaak standaarden gebruikt.

- akkerbouw

Er worden nu nog forfaitaire getallen uit KWIN gebruikt, die nogal kunnen verschillen van bedrijfsspecifieke situaties (bijvoorbeeld cijfers over werkelijk dieselverbruik).

• Set van streef-, drempel- en referentiewaarden

Voor melkvee zijn er duidelijke referentie-, drempel- en streefwaarden beschikbaar via KringloopWijzer en sectorprogramma's. Voor akkerbouw is dit minder ontwikkeld: er bestaan wel referentiewaarden (bijvoorbeeld via het Bedrijveninformatienet), maar drempel- en streefwaarden zijn minder goed uitgewerkt. Voor broeikasgassen onder NIR-Landbouw zijn op bedrijfsniveau nog geen drempel- en streefwaarden gesteld.

Bruikbaarheid

• Beïnvloed door handelen

Scoort hoog want bij alle KPI's kan de boer via managementmaatregelen invloed uitoefenen. Bij melkvee gaat het bijvoorbeeld om voeding, mest, fokkerij en weidegang, terwijl bij akkerbouw de invloed zit in gebruik van meststoffen en deels in gewaskeuze. Tegelijk blijft een deel van de emissies forfaitair berekend (bijvoorbeeld gewasresten of bepaalde emissiefactoren), waardoor bedrijfsspecifieke aanpassingen niet altijd zichtbaar zijn.

• Transparant voor en te snappen door gebruikers

De methodiek is op zich transparant, maar de complexiteit en combinatie van verschillende factoren maken het lastig voor boeren om de uitkomst goed te begrijpen. Bij akkerbouw kunnen verschillen in emissiefactoren tussen instrumenten (Cool Farm Tool en NEMA) voor verwarring zorgen.

• Internationale standaarden

Zowel melkvee als akkerbouw sluiten in de basis aan bij internationale standaarden (bijvoorbeeld IPCC, ISO). KLW wordt als grotendeels PEFCR-compliant beschouwd.

• Brede toepasbaarheid

De methoden zijn breed toepasbaar binnen de sectoren. Voor KLW geldt dat deze minder goed aansluit bij

¹² In een later stadium zal, vergelijkbaar met andere KPI's, het team operationalisering dat werkt aan het automatiseren en koppelen

van KPI berekeningen en het team van Boerenverstand dat de praktijkpilots begeleidt de KPI's nog beoordelen.

bedrijven met zeer veel weidegang, of met veel overige graasdieren. Voor akkerbouw zijn er beperkingen voor bedrijven met bloembollen of groenten.

Databeschikbaarheid en -borging

- Databehoefte**
 In alle gevallen is de benodigde data in principe goed beschikbaar op bedrijven en via databronnen.

- Borgbaarheid van data**
 Voor alle KPI's geldt dat er beperkingen omtrent de borgbaarheid zijn. Bedrijfsgegevens die via officiële registraties (RVO, aankoopbonnen) beschikbaar zijn, zijn goed te borgen. Daarentegen zijn gegevens die boeren zelf op perceels- of bedrijfsniveau invoeren (bijvoorbeeld weidegang bij melkvee, perceelregistraties bij akkerbouw) minder goed te controleren.

Criterium	Melkvee		Akkerbouw		Korte toelichting
	BKGLCA	BKGNIR	BKGLCA	BKGNIR	
<i>Wetenschappelijke onderbouwing</i>					
a. Relatie met doelen	2	1	2	1	BKGLCA heeft een sterkere relatie met de reductie van mondiale broeikasgassen dan BKGNIR.
b. Voldoende accuraat en precies	1	1	1	1	Verbetering wenselijk voor N2O emissies uit de bodem, accuraatheid en betrouwbaarheid van bedrijfsspecifieke inputdata, en vervangen van standaard waarden door bedrijfsspecifieke data.
c. Referentiewaarden beschikbaar	2	1	2	1	Voor melkvee zijn er duidelijke referentie-, drempel- en streefwaarden beschikbaar via KringloopWijzer en sectorprogramma's. Voor akkerbouw is dit minder ver ontwikkeld.
<i>Bruikbaarheid</i>					
d. Beïnvloed door handelen	2	2	2	2	Bij alle KPI's kan de boer via managementmaatregelen invloed uitoefenen.
e. Transparant voor en te snappen door gebruikers	1	1	1	1	Methodiek is transparant, maar berekening complex en niet eenvoudig te begrijpen.
f. Internationale standaarden	2	2	2	2	Goede aansluiting bij internationale standaarden (bijvoorbeeld IPCC, ISO, PEFCR)
g. Brede toepasbaarheid	2	2	2	2	Breed toepasbaar, met beperkingen voor specifieke bedrijfstypen.
<i>Data</i>					
h. Databehoefte	2	2	2	2	Benodigde data zijn goed beschikbaar op bedrijven.
i. Borgbaarheid van data	1	1	1	1	Over het algemeen zijn bedrijfsgegevens via officiële registraties goed-, en gegevens die boeren zelf invoeren minder goed te borgen.

Figuur 4.1 Resultaat beoordeling KPI N-bodemoverschot. Gemiddelde score van de beoordelaars. Voor meer toelichting 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.

5 Aanbevelingen voor verdere ontwikkeling

Melkveehouderij

In het onderliggende rapport zijn naast de bestaande KPI BKG_{LCA} twee nieuwe KPI's voorgesteld voor de melkveehouderij: BKG_{NIR-DSM} en BKG_{NIR-VELD}. Alhoewel emissies voor deze KPI's al in de KringloopWijzer kunnen worden berekend, zijn de kengetallen nieuw voor de sector. In de huidige studie is een eerste verkenning gedaan, maar de berekeningswijze zal moeten worden doorontwikkeld en verdere ervaring moet worden opgedaan met de kengetallen in de praktijk. Op basis van bevindingen in dit rapport zijn de volgende aanbevelingen voor doorontwikkeling van de berekeningswijze geformuleerd (zie achtergronden in paragraaf 1.1):

1. *Toevoegen emissies NIR-sector Landgebruik*

In de huidige KPI's zijn alleen emissies meegenomen die vallen onder de NIR-sector Landbouw. Gezien de bijdrage van de landbouw aan emissies onder de NIR-sector Landgebruik (LULUCF) bestaat bij het ministerie van LNV de wens om deze emissies toe te voegen aan de KPI BKG_{NIR-VELD}. Daarbij gaat het om koolstofvastlegging, CO₂- en N₂O-emissie bij veranderingen in landgebruik, en CO₂- en CH₄-emissie uit organische gronden. Voor de berekening van bedrijfsspecifieke CO₂-emissie uit organische gronden kan gebruik worden gemaakt van de rekenmethodiek SOMERS (Subsurface Organic Matter Emission Registration System)¹³ om CO₂-emissies op perceelniveau te berekenen.

2. *Verkennen daadwerkelijke fosfaatrechten als functionele eenheid*

In het huidige rapport wordt in de berekening van de KPI BKG_{NIR-DSM} het aantal benodigde fosfaatrechten op een bedrijf ingeschat op basis van forfaitaire excretie berekend met KringloopWijzer. Aanbevolen wordt om de beleidsmatige voor- en nadelen van daadwerkelijke koppeling aan het fosfaatrechtensysteem te verkennen in vervolgonderzoek.

3. *Differentiëren veldemissies naar grondsoort*

De N₂O-emissie uit organische bodems ligt structureel hoger dan de N₂O-emissie uit minerale bodems, wat een reden kan zijn om bij de beoordeling van KPI BKG_{NIR-VELD} onderscheid te maken naar grondsoort. Hiertoe wordt nadere uitwerking aanbevolen, onder andere omtrent de definitie van organische bodems (met name moerige gronden), benadering op bedrijfsniveau op basis van aandelen van verschillende grondsoorten, en aanpak

(correctie van de emissieberekening of normering per grondsoort). Aanbevolen wordt dit in combinatie met aanbeveling nr. 1 op te pakken.

In hoofdstuk 4.2 is verder aangegeven met name op het gebied van accuraatheid en precisie, complexiteit (te snappen door gebruikers), en borgbaarheid van de data verbeteringen nodig zijn voor alle voorgestelde KPI's voor broeikasgassen. De aanbevelingen voor verdere ontwikkeling op deze gebieden worden voor de melkveehouderij al grotendeels opgepakt in de ontwikkeling van de KringloopWijzer. De ontwikkelpunten voor de KringloopWijzer zijn daarom in de volgende alinea's thematisch weergegeven. Het uitgangspunt hierbij is de stand van zaken van de KringloopWijzer van 2025 (Van Dijk et al., 2025).¹⁴

4. *Borging*

Om een systeem als KringloopWijzer nog beter bruikbaar te hebben voor afrekenen, belonen en verantwoorden van milieuprestaties is verbetering van de borging relevant. Dat betreft borging van inputparameters, maar ook borging van de uitkomst. Om de borging te verbeteren, lopen een aantal initiatieven. Dit betreft signaleringen van onwaarschijnlijke invoerwaarden en uitkomsten van de KringloopWijzer; controleren van de ingelezen waarden in de centrale database (en foutieve records terugsturen naar de dataleverancier); de uitkomst van de KringloopWijzer toetsten op onmogelijke waarden (screenen), met een 'rode vlag' als een KringloopWijzer van een bedrijf niet correct is; methoden ontwikkelen om moeilijk te borgen inputwaarden te certificeren (bijvoorbeeld stallen, weidegang of mesttoediening) of beter te borgen; en een protocol ontwikkelen waarbij een (private) controlerende instantie de KringloopWijzer kan controleren.

5. *Actualiseren*

Wetenschappelijk onderzoek leidt tot nieuwe informatie en nieuwe inzichten. Jaarlijks veranderen factoren, coëfficiënten en forfaits. Het is relevant om recente wetenschappelijke inzichten mee te nemen bij de ontwikkeling van de KringloopWijzer. Dit betreft ook rekenwijzen en indicatoren (bijvoorbeeld het uitdrukken van stalemissies per fosfaatrecht, of de aanbeveling om het VEM2022-systeem te verwerken in de KringloopWijzer).

¹³ SOMERS (Subsurface Organic Matter Emission Registration System) is een procesmodel waarmee voor veenbodems en moerige bodems in de kustvlakte de CO₂-uitstoot op perceelniveau wordt berekend onder verschillende

omstandigheden en bij verschillend (water)beheer. Meer informatie: <https://www.nobveenweiden.nl/>

¹⁴ <https://edepot.wur.nl/699060>

6. Toevoegen mitigatieopties, bedrijfsontwikkelingen

De melkveehouderijsector verandert en er zijn steeds meer mogelijkheden om emissies te verminderen. Als de mogelijkheden voor vermindering van emissies wetenschappelijk onderbouwd zijn, is de aanbeveling om die opties mee te nemen in de KringloopWijzer. Hierbij valt te denken aan:

- methaanoxidatie
- additieven of aanpassingen bij voedermiddelen of het rantsoen
- additieven of behandelingen bij mest
- gebruik van HVO-diesel
- koolstofopslag onder bos, struiken en landschapselementen
- rekening houden met gewashistorie van percelen voor koolstofopslag
- broeikasgasemissies vanuit landgebruik en veen verder doorontwikkelen
- gebruik van gegevens van monitoringssystematiek 'SOMERS' actualiseren

7. Metingen en sensoren

In de huidige situatie worden broeikasgasemissies ingeschat met rekenregels op basis van bedrijfsinformatie. Er zijn ontwikkelingen en projecten waarin emissies in stallen worden gemeten, via sensoren. De ambitie is om de bedrijfsspecifieke meetresultaten te verwerken in de KringloopWijzer en deze waarden mee te nemen in de resultaatberekening. Deze komen dan in de plaats van de berekende waarden of standaardwaarden van de betreffende bedrijven.

8. Validatie

Het is zinvol om modellen periodiek te valideren aan de hand van meetgegevens en data van praktijkproeven. Dat betreft metingen aan voeropname, melkproductie, benutting, mestproductie, maar ook emissies van ammoniak, methaan en lachgas. Het is aan te bevelen om periodiek (bijvoorbeeld eenmaal per vier jaar) de gebruikte deelmodellen van de KringloopWijzer te valideren met gemeten data.

Akkerbouw

Voor de akkerbouw zijn in het onderliggende rapport twee KPI's voorgesteld: BKG_{LCA} en BKG_{NIR} . Op basis van bevindingen in dit rapport zijn de volgende aanbevelingen voor doorontwikkeling van de berekeningswijze geformuleerd (zie achtergronden in paragraaf 1.1):

1. Vergelijken rekeninstrumenten

In de huidige systematiek is gekozen om met de Nutriëntenbalans akkerbouw te werken, echter zijn er nog andere modellen beschikbaar zoals de Cool Farm Tool. Deze tools kunnen soortgelijke

berekeningen uitvoeren, alleen hanteren deze tools andere emissiefactoren (internationaal vs nationaal). Het lijkt voor de hand liggend om op termijn een keuze te maken tussen deze rekenmethodes om verwarring over resultaten te voorkomen. Een andere optie is om beide rekenmethodieken te accepteren maar heel duidelijk te omschrijven wat de belangrijkste verschillen zijn in de uitkomsten en onder welke omstandigheden het ene en het andere rekenmodel gebruikt dienen te worden.

2. Verfijnen van de rekenwijze Nutriëntenbalans:

a. Vervangen standaardwaarden door bedrijfsspecifieke inputdata

Voor het gebruik van productiemiddelen per gewas (energie, gewasbeschermingsmiddelen, machinegebruik en zaai/plantgoed) wordt op dit moment gewerkt met standaardwaarden per gewas op basis van KWIN. Op termijn zouden bedrijfsspecifieke data beter aansluiten op doelsturing. Ook voor energieverbruik gebruikt de NBA nu forfaitaire waarden op basis van gewastypen. In de toekomst zou het energieverbruik op akkerbouwbedrijven via een registratie kunnen worden bijgehouden waardoor deze bedrijfsspecifiek wordt.

b. Toevoegen bodemkoolstofmodule

Toevoegen module in de NBA om koolstofvastlegging in de bodem te registreren (analoog aan KLW).

c. Toevoegen effecten bekalking, grondbewerking en type (kunst)meststof

Momenteel zijn deze posten niet of niet specifiek opgenomen in de NBA, er is bijvoorbeeld één emissiefactor voor lachgas uit kunstmeststoffen. Terwijl er zeer waarschijnlijk verschillen zijn tussen verschillende stikstofmeststoffen. Andere vormen van emissie uit bijvoorbeeld bekalking of grondbewerking zijn überhaupt nog niet opgenomen in de NBA.

3. Betere beschikbaarheid inputdata

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.

4. Certificering bedrijfsvoering, inclusief borging 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.

Literatuur

- Bruggen, C. van, A. Bannink, A. Bleeker, D.W. Bussink, H.J.C. van Dooren, C.M. Groenestein, J.F.M. Huijsmans, J. Kros, K. Oltmer, M.B.H. Ros, M.W. van Schijndel, L. Schulte-Uebbing, G.L. Velthof en T.C. van der Zee (2024). Emissies naar lucht uit de landbouw berekend met NEMA voor 1990-2022. Wageningen, WOT Natuur & Milieu, WOT-technical report 264
- Dijk, W. van, J.A. de Boer, R.L.M. Schils, M.H.A. de Haan, P. Mostert, J. Oenema en J. Verloop (2025). Rekenregels van de KringloopWijzer 2025; Achtergronden van BEX, BEA, BEN, BEP en BEC: actualisatie van de 2024-versie. Wageningen Research, Rapport WPR-1480. 188 blz.
- IPCC (2006). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Intergovernmental Panel on Climate Change.
- IPCC (2013). Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.
- IPCC (2019). 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Intergovernmental Panel on Climate Change
- IPCC (2021). Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu en B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2391 pp.
- Jongeneel, R., M. van Asseldonk, C. Daatselaar, A. Greijdanus, J. Helming en L. Vissers (2024). Uitwerking bedrijfstypen voor duurzame landbouw: melkveehouderij en akkerbouw. Wageningen, Wageningen Economic Research, Rapport 2024-001. 138 blz.; 4 fig.; 68 tab.; 27 ref.
- Migchels, G., J.W. Reijs, E.R. de Kool, M.H.A. de Haan en J.H. Jager (2025). Technisch reductiepotentieel voor ammoniak, methaan en lachgas in de melkveehouderij. Wageningen Livestock Research, Openbaar Rapport 1589.
- Poore, J. en T. Nemecek (2018). Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. Science. Vol. 360, No. 6392, pp. 987-992. DOI: 10.1126/science.aag0216.
- Reijs, J.W. en M. de Vries (2024). Afbakening en functionele eenheid KPI broeikasgassen melkveehouderij; Systematische analyse van voor- en nadelen van opties. Wageningen, Wageningen University & Research, Rapport 2024-097. 32 blz.; 5 fig.; 2 tab.; 11 ref.
- Velthof, G.L. en J. Mosquera. 2011. Calculation of nitrous oxide emission from agriculture in the Netherlands. Update of emission factors and leaching fraction. Wageningen, Alterra, Alterra report 2151. 66 blz.; 4 figs.; 17 tables.; 104 refs.

Bijlage 1 Beoordeling KPI's

Melkveehouderij: Broeikasgassen keten (LCA)

Criterium	Score 0, 1 of 2	Toelichting (tekst)
<i>Wetenschappelijke onderbouwing</i>		
a. Relatie met doelen	2	De KPI broeikasgassen keten (LCA) geeft aan hoeveel methaan, lachgas en kooldioxide wordt uitgestoten door landbouwactiviteiten op het bedrijf en in de aanvoerketen, en hoeveel koolstof wordt vastgelegd (of hoeveel vervluchtigt) in landbouwbodems. Hiermee heeft de KPI een direct relatie met het doel om broeikasgassen in de atmosfeer te verminderen.
b. Voldoende accuraat en precies	1	Broeikasgasemissies worden ingeschat aan de hand van rekenregels, emissiefactoren, forfaits en bedrijfsspecifieke informatie. Deze zijn gezamenlijk bepalend voor de accuraatheid en precisie van de geschatte emissies. Rekenregels voor broeikasgassen stemmen grotendeels overeen met internationale standaarden en richtlijnen (bv. IPCC, ISO, PEFCE), wat een bepaalde mate van accuraatheid en precisie waarborgt. In IPCC worden 3 Tier methoden onderscheiden, waarbij nauwkeurigheid oploopt van Tier 1 naar Tier 3. In de KringloopWijzer (KLW) wordt de methaanemissie uit de pens van melkkoeien berekend volgens het meest nauwkeurige niveau dat het IPCC toestaat, het Tier 3 niveau (rekening houdend met specifieke voer- en rantsoenenkenmerken). Voor N ₂ O emissies uit de bodem worden Tier 1 emissiefactoren gehanteerd, waar mogelijk vervangen door Nederlandse emissiefactoren, en geldt dat er veel onzekerheid is en ruimte voor verbetering van de rekenmethode, de bepaling van de emissiefactoren en andere parameters. Ook wat betreft de accuraatheid en betrouwbaarheid van bedrijfsspecifieke informatie is op sommige punten verbetering nodig (bv. beweiding). Voor emissies in de aanvoerketen worden vaak standaarden gebruikt. Dit is vaak niet het hoogste detailniveau.
<i>Bruikbaarheid</i>		
d. Beïnvloed door handelen	2	De KPI wordt beïnvloed door het handelen van de boer. Er zijn vele manieren waarop de boer de prestatie op deze KPI kan beïnvloeden (o.a. via voeding, mest, fokkerij, teelt, etc.). Ze komen nog niet altijd tot uiting in de rekenwijze. Fokkerij is bijvoorbeeld in ontwikkeling.
e. Transparant voor en te snappen door gebruikers	1	De LCA berekening is vrij complex. De berekening is wel transparant, maar door de complexiteit van de materie verliezen gebruikers nogal eens de aansluiting
f. Set van streef-, drempel- en referentiewaarden	2	In KringloopWijzer zijn referentiewaarden (benchmarks) beschikbaar voor vergelijkbare melkveebedrijven. Drempel en streefwaarden worden gesteld in duurzaamheidsprogramma's van zuivelverwerkers (verschilt per afnemer), gerelateerd aan de doelen die zuivelverwerkers hebben voor broeikasgasemissiereductie in Scope 3.
g. Internationale standaarden	2	De berekening van broeikasgassen in de KLW is grotendeels in overeenkomst met internationale standaarden en richtlijnen (bv. IPCC, ISO, PEFCE). KLW is getoetst tegen PEFCE Dairy criteria (Kool, 2021), waaruit bleek dat KLW vrijwel PEFCE-compliant is. De aanbevelingen in het rapport worden meegenomen om nog meer PEFCE-compliant te worden.
h. Brede toepasbaarheid	1,5	Voor nagenoeg alle Nederlandse melkveebedrijven worden al jaren broeikasgasemissies berekend met KLW. Er zijn aanwijzingen dat KLW methodologisch minder goed aansluit bij een beperkt deel van de bedrijven; bedrijven met zeer veel weidegang (> 30% weidegras in het totaal rantsoen) en bedrijven met veel overige graasdieren (> 30% van de totale fosfaatproductie komt van overige graasdieren).
<i>Data</i>		
i. Databehoeft	2	De data voor het uitvoeren van de berekeningen zijn beschikbaar.
j. Borgbaarheid van data	1,25	Sommige inputdata zijn niet goed geborgd, d.w.z. veehouders kunnen van die inputdata niet goed bewijzen dat de ingevulde waarde de juiste is (bijvoorbeeld weidegang). Hier is ontwikkeling gewenst.
Aandachtspunten bij deze KPI zijn:		
1. Er is momenteel veel aandacht voor borging van de invoer (en uitkomst) van de KLW. Belangrijk voor brede acceptatie		
2. De datasets voor emissie in de aanvoerketen betreffen secundaire info. Daar is verbetering mogelijk		

Melkveehouderij: Broeikasgassen bedrijf (NIR-Landbouw)

Criterium	Score 0, 1 of 2	Toelichting (tekst)
<i>Wetenschappelijke onderbouwing</i>		
a. Relatie met doelen	1	De KPI broeikasgassen bedrijf (NIR landbouw) geeft aan hoeveel methaan en lachgas (en een beperkte hoeveelheid kooldioxide) wordt uitgestoten door landbouwactiviteiten. Hiermee heeft de KPI een direct relatie met het doel om broeikasgassen in de atmosfeer te verminderen. Echter bestaat er tevens een reëel risico op afwenteling: door alleen op methaan en lachgas op het bedrijf zelf te sturen, kunnen broeikasgasemissies buiten het bedrijf en emissies in andere NIR sectoren (bv. landgebruik, energieverbruik) stijgen. Dit kan het effect op broeikasgassen in de atmosfeer teniet doen of zelfs omkeren (netto hogere emissies).
b. Voldoende accuraat en precies	1	Broeikasgasemissies worden ingeschat aan de hand van rekenregels, emissiefactoren, forfaits en bedrijfsspecifieke informatie. Deze zijn gezamenlijk bepalend voor de accuraatheid en precisie van de geschatte emissies. Rekenregels voor broeikasgassen stemmen grotendeels overeen met internationale standaarden en richtlijnen (bv. IPCC, ISO, PEFCR), wat een bepaalde mate van accuraatheid en precisie waarborgt. In IPCC worden 3 Tier methoden onderscheiden, waarbij nauwkeurigheid oploopt van Tier 1 naar Tier 3. In de KringloopWijzer (KLW) wordt de methaanemissie uit de pens van melkkoeien berekend volgens het meest nauwkeurige niveau dat het IPCC toestaat, het Tier 3 niveau (rekening houdend met specifieke voer- en rantsoenenkenmerken). Voor N ₂ O emissies uit de bodem worden Tier 1 emissiefactoren gehanteerd, waar mogelijk vervangen door Nederlandse emissiefactoren, en geldt dat er veel onzekerheid is en ruimte voor verbetering van de rekenmethode, de bepaling van de emissiefactoren en andere parameters. Ook wat betreft de accuraatheid en betrouwbaarheid van bedrijfsspecifieke informatie is op sommige punten verbetering gewenst (bv. beweiding).
<i>Bruikbaarheid</i>		
d. Beïnvloed door handelen	2	De KPI wordt beïnvloed door het handelen van de boer. Er zijn vele manieren waarop de boer de prestatie op deze KPI kan beïnvloeden (o.a. via voeding, mest, fokkerij, teelt, etc.). Ze komen nog niet altijd tot uiting in de rekenwijze (fokkerij is bijvoorbeeld in ontwikkeling).
e. Transparant voor en te snappen door gebruikers	1	De berekening van emissies van methaan en lachgas is wel transparant, maar door de complexiteit van de materie verliezen gebruikers nogal eens de aansluiting.
f. Set van streef-, drempel- en referentiewaarden	1,25	Voor broeikasgassen onder NIR landbouw zijn op bedrijfsniveau nog geen drempel en streefwaarden gesteld. Vanuit KLW en BIN zijn wel referentiewaarden beschikbaar voor vergelijkbare melkveebedrijven.
g. Internationale standaarden	2	De berekening van methaan en lachgas is grotendeels in overeenkomst met internationale standaarden en richtlijnen (bv. IPCC, ISO, PEFCR). KLW is getoetst tegen PEFCR Dairy criteria (Kool, 2021), waaruit bleek dat KLW vrijwel PEFCR-compliant is. De aanbevelingen in het rapport worden meegenomen om nog meer PEFCR-compliant te worden.
h. Brede toepasbaarheid	1,5	Voor nagenoeg alle Nederlandse melkveebedrijven worden al jaren broeikasgasemissies berekend met KLW. De KringloopWijze geeft ook de emissies van het melkveebedrijf voor de NIR landbouw weer. Er zijn aanwijzingen dat KLW methodologisch minder goed aansluit bij een klein deel van de bedrijven; bedrijven met zeer veel weidegang (> 30% weidegras in het totaal rantsoen) en bedrijven met veel overige graasdieren (> 30% van de totale fosfaatproductie komt van overige graasdieren).
<i>Data</i>		
i. Databehoeft	2	De data benodigd voor de berekeningen zijn beschikbaar op bedrijven en bij diverse databronnen.
j. Borgbaarheid van data	1,25	Sommige inputdata zijn niet goed geborgd, d.w.z. veehouders kunnen van die inputdata niet goed bewijzen dat de ingevulde waarde de juiste is (bijvoorbeeld weidegang). Hier is ontwikkeling gewenst.
Aandachtspunten bij deze KPI zijn:		
1. Er is momenteel veel aandacht voor borging van de invoer (en uitkomst) van de KLW. Belangrijk voor brede acceptatie		

Akkerbouw: Broeikasgassen keten (LCA)

Criterium	Score 0, 1 of 2	Toelichting (tekst)
Wetenschappelijke onderbouwing		
a. Relatie met doelen	2	De KPI broeikasgassen keten (LCA) geeft aan hoeveel lachgas en kooldioxide wordt uitgestoten door landbouwactiviteiten op het bedrijf en in de aanvoerketen. Hiermee heeft de KPI een directe relatie met het doel om de uitstoot van broeikasgassen in de atmosfeer te verminderen.
b. Voldoende accuraat en precies	1	Broeikasgasemissies worden ingeschat aan de hand van rekenregels, emissiefactoren, forfaits en bedrijfsspecifieke informatie. De combinatie van die factoren is bepalend voor de accuraatheid en precisie van de geschatte emissies. De rekenregels komen grotendeels overeen met internationale standaarden en richtlijnen zoals IPCC, maar ook nationale standaarden vanuit NEMA worden gehanteerd. Wat betreft accuraatheid zouden bijvoorbeeld cijfers over werkelijk dieselverbruik, bedrijfsspecifiek kunnen worden gemaakt. Dit zijn nu nog forfaitaire getallen uit KWIN en die kunnen nogal verschillen van bedrijfsspecifieke situaties.
Bruikbaarheid		
d. Beïnvloed door handelen	2	De KPI kan op bepaalde manieren goed beïnvloed worden, zo kan het gebruik van meststoffen, de belangrijkste emissiebron op akkerbouwbedrijven, direct beïnvloed worden door ondernemers via de dosering en soort meststof. Echter zijn er ook bepaalde kengetallen die forfaitair worden berekend zoals diesel en elektriciteitsverbruik per hectare per gewasstype. Hiervoor geldt dat ondernemers hier minder invloed op hebben, tenzij ze andere gewassen gaan telen. Zoals eerder aangegeven kan dit bedrijfsspecifieker worden gemaakt via registratie van het werkelijk brandstof- en elektriciteitsverbruik (zoals ook kan in de KLV). Dit geldt bijvoorbeeld ook voor emissies uit gewasresten, deze zijn enkel te beïnvloeden door andere gewassen te telen. Bedrijfsspecifieke situaties, zoals een ander management van gewasresten (o.a. afvoeren), hebben hier geen invloed op
e. Transparant voor en te snappen door gebruikers	1	De berekeningen op zichzelf zijn niet complex. Echter is de LCA benadering minder doorzichtig, dit komt onder andere doordat het bestaat uit verschillende emissiebronnen. Daarnaast wordt bij de berekening onderscheid gemaakt tussen directe en indirecte emissies, en dit is voor veel ondernemers ook extra verwarrend. Een aandachtspunt is ook het relatief groot verschil in emissiefactoren voor met name organische mest tussen Cool Farm Tool en NEMA (wordt slecht begrepen).
f. Set van streef-, drempel- en referentiewaarden	1,5	Er zijn vanuit eerdere projecten zoals bijvoorbeeld het BIN netwerk benchmarks / referentiewaarden beschikbaar. Er zijn echter geen streefwaarden beschikbaar, afgezien van landelijke doelen die gesteld zijn voor de gehele landbouwsector. Deze zijn niet of nauwelijks vertaald naar doelen op bedrijfsniveau.
g. Internationale standaarden	2	De berekeningen van broeikasgassen in de NBA zijn grotendeels in overeenkomst met internationale standaarden en richtlijnen.
h. Brede toepasbaarheid	1,5	Voor alle standaard akkerbouwbedrijven is de NBA en daarmee broeikasgasemissie berekeningen toepasbaar. Echter wordt het ingewikkelder wanneer er gekeken gaat worden naar bedrijven met bloembollen of groenten, deze zijn vaak moeilijker of niet in te voeren in de NBA. Dit komt doordat dit soort bedrijven werken met meerdere teelten per groeiseizoen en veel kleine partijen en soorten waar input en output gegevens slecht beschikbaar zijn.
Data		
i. Databehoefte	2	De data voor het invoeren van de berekeningen zijn in principe op standaard akkerbouwbedrijven goed beschikbaar.
j. Borgbaarheid van data	1	Op het gebied van borgbaarheid zit er onderscheid tussen detailniveaus. Op perceelsniveau worden vaak gegevens gebruikt die boeren zelf in hun administratie hebben ingevuld (o.a. in bedrijfsmanagementsystemen), deze zijn moeizaam te borgen. Dit ligt anders op bedrijfsniveau, op dit niveau kan er gewerkt worden met gegevens vanuit RVO en aankoopbonnen. Deze zijn beter te borgen dan gegevens die zijn ingevoerd door de ondernemer zelf. .
Aandachtspunten bij deze KPI zijn:		
1. Er is nog veel aandacht nodig voor het borgen van de invoergegevens.		
2. Gegevens over diesel- en elektraverbruik zijn nu nog forfaitair, het is gewenst om deze bedrijfsspecifiek te maken		
3. Bedrijfstypes die afwijken van het 'standaard' akkerbouwbedrijf, zijn moeizaam of niet door te rekenen met de huidige rekenmethode		
4. Voor het verbruik van kunstmest is het noodzakelijk om het voorraadbeheer van boeren inzichtelijk te krijgen. Het blijkt moeilijk		

Akkerbouw: Broeikasgassen bedrijf (NIR-Landbouw)

Criterium	Score 0, 1 of 2	Toelichting (tekst)
Wetenschappelijke onderbouwing		
a. Relatie met doelen	1	De KPI broeikasgassen bedrijf (NIR landbouw) geeft aan hoeveel lachgas wordt uitgestoten door landbouwactiviteiten. Hiermee heeft de KPI een direct relatie met het doel om de uitstoot van broeikasgassen in de atmosfeer te verminderen. Echter bestaat er tevens een reëel risico op afwenteling: door alleen op lachgas op het bedrijf zelf te sturen, kunnen broeikasgasemissies buiten het bedrijf en emissies in andere NIR sectoren (bv. landgebruik, energieverbruik) stijgen. Dit kan het effect op broeikasgassen in de atmosfeer teniet doen of zelfs omkeren (netto hogere emissies).
b. Voldoende accuraat en precies	1	Broeikasgasemissies worden ingeschat aan de hand van rekenregels, emissiefactoren, forfaiten en bedrijfsspecifieke informatie. De combinatie van die factoren is bepalend voor de accuraatheid en precisie van de geschatte emissies. De rekenregels komen grotendeels overeen met internationale standaarden en richtlijnen zoals IPCC, maar ook nationale standaarden vanuit NEMA worden gehanteerd.
Bruikbaarheid		
d. Beïnvloed door handelen	1,5	De KPI kan op bepaalde manieren goed beïnvloed worden, zo kan het gebruik van meststoffen direct beïnvloed worden door ondernemers. Echter zijn er ook bepaalde kengetallen die forfaitair worden berekend dit geldt bijvoorbeeld voor emissies uit gewasresten, deze zijn enkel te beïnvloeden door andere gewassen te telen. Bedrijfsspecifieke situaties hebben hier geen invloed op
e. Transparant voor en te snappen door gebruikers	1	De berekening van lachgas bestaat uit meerdere factoren en dat maakt het minder transparant voor gebruikers. De berekening zelf is niet heel erg ingewikkeld. Een aandachtspunt is ook het relatief groot verschil in emissiefactoren voor met name organische mest tussen Cool Farm Tool en NEMA (wordt slecht begrepen).
f. Set van streef-, drempel- en referentiewaarden	1	Voor broeikasgassen onder NIR landbouw zijn op bedrijfsniveau nog geen drempel en streefwaarden gesteld. Vanuit BIN zijn wel referentiewaarden beschikbaar voor vergelijkbare bedrijven
g. Internationale standaarden	1,5	De berekening van lachgas is grotendeels in overeenkomst met internationale standaarden en richtlijnen zoals IPCC.
h. Brede toepasbaarheid	1,5	Voor alle standaard akkerbouwbedrijven is de NBA en daarmee broeikasgasemissie berekeningen toepasbaar. Echter wordt het ingewikkelder wanneer er gekeken gaat worden naar bedrijven met bloembollen of groenten, deze zijn vaak moeilijker of niet in te voeren in de NBA. Dit komt doordat dit soort bedrijven werken met meerdere teelten per groeiseizoen en veel kleine partijen en soorten waar input en output gegevens slecht beschikbaar zijn.
Data		
i. Databehoefte	2	De data voor het invoeren van de berekeningen zijn in principe op standaard akkerbouwbedrijven goed beschikbaar.
j. Borgbaarheid van data	1	Op het gebied van borgbaarheid zit er onderscheid tussen detailniveaus. Op perceelsniveau worden vaak gegevens gebruikt die boeren zelf in hun administratie hebben ingevuld, deze zijn moeizaam te borgen. Dit ligt anders op bedrijfsniveau, op dit niveau kan er gewerkt worden met gegevens vanuit RVO en aankoopbonnen. Deze zijn beter te borgen dan gegevens die zijn ingevoerd door de ondernemer zelf.
Aandachtspunten bij deze KPI zijn:		
1. Er is nog veel aandacht nodig voor het borgen van de invoergegevens.		
2. Bedrijfstypes die afwijken van het 'standaard' akkerbouwbedrijf, zijn moeizaam of niet door te rekenen met de huidige rekenmethode.		
3. Voor het verbruik van kunstmest is het noodzakelijk om het voorraadbeheer van boeren inzichtelijk te krijgen. Het blijkt moeilijk		

Foto: Shutterstock

Contact & informatie

Marion de Vries
E marion.devries@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.