



De Kringloopwijzer, het voerspoor en methaanemissie op het melkveebedrijf

Prestaties van een reken- en managementinstrument voor sturing van de enterische methaanemissie

L.B. Šebek, J.A. de Boer en A. Bannink

OPENBAAR
RAPPORT 986



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

De Kringloopwijzer, het voerspoor en methaanemissie op het melkveebedrijf

Prestaties van een reken- en managementinstrument voor sturing van de enterische methaanemissie

L.B. Šebek, J.A. de Boer en A. Bannink

Dit onderzoek is uitgevoerd als onderdeel van de publiek-private samenwerking (PPS) "Feed4Foodure", en is medegefinancierd door het Ministerie van Economische Zaken, in het kader van het Beleidsondersteunend Onderzoek (projectnummer BO31.03-005-001)

Wageningen Livestock Research
Wageningen, September 2020

Rapport 986

Šebek, L.B., J.A. de Boer en A. Bannink, 2020. *De Kringloopwijzer, het voerspoor en methaanemissie op het melkveebedrijf; Prestaties van een reken- en managementinstrument voor sturing van de enterische methaanemissie*. Wageningen Livestock Research, Rapport 986.

Dit rapport is gratis te downloaden op <http://dx.doi.org/10.18174/394444> of op www.wur.nl/livestock-research (onder Wageningen Livestock Research publicaties).



Dit werk valt onder een Creative Commons Naamsvermelding-Niet Commercieel 4.0 Internationaal-licentie.

© Wageningen Livestock Research, onderdeel van Stichting Wageningen Research, 2020
De gebruiker mag het werk kopiëren, verspreiden en doorgeven en afgeleide werken maken. Materiaal van derden waarvan in het werk gebruik is gemaakt en waarop intellectuele eigendomsrechten berusten, mogen niet zonder voorafgaande toestemming van derden gebruikt worden. De gebruiker dient bij het werk de door de maker of de licentiegever aangegeven naam te vermelden, maar niet zodanig dat de indruk gewekt wordt dat zij daarmee instemmen met het werk van de gebruiker of het gebruik van het werk. De gebruiker mag het werk niet voor commerciële doeleinden gebruiken.

Wageningen Livestock Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Wageningen Livestock Research is NEN-EN-ISO 9001:2015 gecertificeerd.

Op al onze onderzoeksopdrachten zijn de Algemene Voorwaarden van de Animal Sciences Group van toepassing. Deze zijn gedeponeerd bij de Arrondissementsrechtbank Zwolle.

Wageningen Livestock Research Rapport 986

Inhoud

Woord vooraf	5
Samenvatting	7
1 Inleiding	9
2 Rekenregels enterisch methaan	11
2.1 Rantsoentype	11
2.2 Ruwvoer kwaliteit	12
2.2.1 Achtergrond	12
2.2.2 Vers gras	12
2.2.3 Grassilage	12
2.2.4 Snijmaissilage	13
2.2.5 Overige ruwvoerders	15
2.3 Emissiefactor mengvoer	15
2.4 Opnameniveau per diercategorie	16
3 Invloed randvoorwaarden Kringloopwijzer	18
3.1 Achtergrond	18
3.2 Aanpak	18
3.3 Resultaten	19
3.3.1 Definitie basisniveau	19
3.3.2 Scenario 1: Veestapelniveau	20
3.3.3 Scenario 2: Aantallen per diercategorie	21
3.3.4 Scenario 3: Jaargemiddeld rantsoen	23
4 Kwantitatieve vergelijking	25
4.1 Achtergrond	25
4.2 Materiaal en methode	25
4.2.1 Materiaal	25
4.2.2 Methode	26
4.3 Resultaten	27
4.3.1 Het gemiddelde Nederlandse melkveebedrijf	27
4.3.2 De oude en nieuwe rekenregels van de Kringloopwijzer	28
4.3.3 De Kringloopwijzer en Feedprint	29
5 Conclusies	31
Literatuur	32

Woord vooraf

Binnen Feed4Foodure is aandacht besteed aan het handelingsperspectief voor methaanreductie uit de melkveehouderij. Voor u ligt het derde en laatste rapport^[1] van dat onderzoek. Dit rapport reikt rekenregels aan voor de KringloopWijzer, waarmee de enterische methaanemissie van de melkveestapel op een individueel bedrijf kan worden vastgesteld. De KringloopWijzer implementeert deze rekenregels in het najaar 2020, zodat er per 1 januari 2021 mee gerekend gaat worden. Daarmee worden de nieuwe rekenregels gebruikt voor de methaanemissie in de KringloopWijzer over 2020. De rekenregels zijn in 2018 opgesteld, maar implementatie in de KringloopWijzer vindt nu pas plaats omdat de nieuwe rekenregels meer voergegevens vragen dan melkveebedrijven tot nog toe beschikbaar hadden. Het organiseren en borgen van de extra analyses en de aanpassing van de datastroom heeft tijd gekost. In de tussentijd heeft de Kringloopwijzer met de oude rekenregels gewerkt. Om te voorkomen dat er onduidelijkheid zou kunnen ontstaan als er 2 sets rekenregels in omloop zijn, is gewacht met publicatie van dit rapport tot de extra datastroom georganiseerd was en de nieuwe rekenregels operationeel waren in de KringloopWijzer. De nieuwe rekenregels verbeteren de betrouwbaarheid waarmee de KringloopWijzer het effect van sturen op voerfactoren op de enterische methaanemissie berekent.

Naast rekenregels bevat het rapport een gevoeligheidsanalyse en een kwantitatieve praktijkvergelijking tussen de methaanemissie die is berekend volgens de nieuwe KringloopWijzer rekenregels, de oude KringloopWijzer rekenregels en de rekenregels van het al eerder ontwikkelde Feedprint. Die praktijkvergelijking was mogelijk omdat het project Koeien en Kansen een dataset beschikbaar heeft gesteld van 10 jaar resultaten op 16 praktijkbedrijven.

In dit project heeft een team van Wageningen Livestock Research samengewerkt met vertegenwoordigers van het Nederlandse diervoederbedrijfsleven: Agrifirm, Boerenbond Deurne, Cargill, DSM, Forfarmers, de Heus Voeders, Trouw Nutrition (Nutreco) en de Samenwerking. Het onderzoek is gefinancierd door het onderzoeksprogramma Feed4Foodure, een publiek-private samenwerking tussen het ministerie van Economische Zaken en de Vereniging Diervoederonderzoek Nederland (VDN).

De implementatie van de resultaten van dit onderzoek in de KringloopWijzer zal bijdragen aan het kwantificeren van de broeikasgasemissie vanuit de melkveehouderij en tevens aan het zichtbaar maken van reductieopties. Op die wijze kan worden bijgedragen aan vermindering van de footprint van de zuivelketen.

Met vriendelijke groeten,

Drs. R.M.A. (Roselinde) Goselink
Afdelingshoofd Diervoeding

^[1] Livestock Research Rapport **796**, 2014. Šebek, L.B., de Haan, M.H.A., Bannink, A. *Methaanemissie op het melkveebedrijf; Impactanalyse voor reductiemaatregelen en doorrekening daarvan in de Kringloopwijzer*. Wageningen University & Research.

Livestock Research Rapport **976**, 2016. Šebek, L.B., Mosquera, J. en Bannink, A. *Rekenregels voor de enterische methaanemissie op het melkveebedrijf en reductie van de methaanemissie via mest-handling; Het handelingsperspectief van het voerspoor inzichtelijk maken met de kringloopwijzer*. Wageningen University & Research.

Samenvatting

De Kringloopwijzer berekent onder andere emissies op het melkveebedrijf. Dat gebeurt conform de officiële Nederlandse rekenmethodieken. Voor de enterische methaanemissie gebeurt dat op basis van een standaard emissiefactor (EF, g CH₄ per kg droge stof) die voor ieder voedermiddel is vastgesteld. De standaard EF hoort bij de situatie waarin het betreffende voedermiddel wordt ingezet in het gemiddelde Nederlandse rantsoen en in de gemiddelde Nederlandse melkkoe. Echter, omdat rantsoenen verschillen is de EF van een voedermiddel geen constante. De EF is afhankelijk van:

- Rantsoentype
- Ruwvoerkwaliteit
- Grondstoffsamenstelling van het mengvoer
- Opnameniveau (per diercategorie)

In de nieuwe rekenregels voor de Kringloopwijzer is de bovengenoemd variatie ingebouwd, zodat de enterische methaanemissie beter bedrijfsspecifiek kan worden berekend. Daarmee worden inspanningen om via het voerspoor de methaanemissie te verlagen ook weergegeven door de Kringloopwijzer. De nieuwe rekenregels worden toegelicht in 9 stappen.

De rekenmethodiek voor het vaststellen van de standaard EF en de impact van rantsoenvariatie op die EF, is gebaseerd op data van individuele dieren die per dag zijn vastgelegd. De Kringloopwijzer rekent op veestapelniveau, met jaarrantsoenen en met jaarproducties. De geschiktheid van deze toepassing van de EF rekenmethodiek is gecontroleerd door via beide methoden de enterische methaanemissie te berekenen en met elkaar te vergelijken. Dat is gedaan voor de parameters waarvoor het model het gevoeligst is, namelijk het aandeel snijmais in het rantsoen, het voeropnameniveau, de kwaliteit van het ruwvoer en het aandeel jongvee in de veestapel. Deze parameters zijn onderzocht in 3 scenario's die zijn doorgerekend voor een gedefinieerde basis veestapel. De resultaten van de vergelijking geven aan dat het rekenen op veestapelniveau en op jaarbasis niet leidt tot afwijkingen in de berekende enterische methaanemissie. Toepassing van de rekenregels in de Kringloopwijzer is daarmee goed mogelijk.

De nieuwe rekenrekenregels maken voor de enterische methaanemissie het effect zichtbaar van bedrijfsspecifieke verschillen in rantsoenen en voeropname. Om te onderzoeken of dit tot grote verandering leidt zijn de resultaten van de nieuwe rekenregels vergeleken met de resultaten van de oude rekenregels. Daarnaast zijn de resultaten van de Kringloopwijzer vergeleken met de resultaten van Feedprint. Dit is gedaan omdat ook Feedprint de enterische methaanemissie voor een melkveebedrijf berekent en voor éénduidige communicatie is het belangrijk eventuele verschillen tussen modellen te kunnen duiden. Met de oude rekenregels verschilden de Kringloopwijzer en Feedprint niet van elkaar (Kringloopwijzer 1% lager dan Feedprint). Met de nieuwe rekenregels ontstaat een verschil van 4% (Kringloopwijzer lager dan Feedprint) voor het gemiddelde melkveebedrijf. Voor het individuele melkveebedrijf neemt de variatie in het verschil tussen de Kringloopwijzer en Feedprint af door de nieuwe rekenregels. Het verschil tussen de oude en nieuwe rekenregels van de Kringloopwijzer varieert voor het individuele melkveebedrijf van ongeveer -10% tot +10%. Voor 39% van de bedrijven verschillen de resultaten tussen oude en nieuwe rekenregels nauwelijks (van -2% - +2%), voor 55% van de bedrijven wordt met de nieuwe rekenregels een lagere en voor 6% wordt een hogere enterische emissie berekend. Voor de belangrijke kenmerken in de nieuwe rekenregels (gerelateerd aan rantsoen en voeropname) is onderzocht of het verschil tussen oude en nieuwe rekenregels afhankelijk is van het niveau van die kenmerken. Met een toenemend aandeel snijmaissilage in het rantsoen wordt het verschil groter (lagere emissie voor de nieuwe rekenregels). Dat geldt ook bij een toenemende melkproductie. Met een toenemend aandeel grassilage in het rantsoen wordt het verschil ook groter, maar nu betreft het een hogere emissie voor de nieuwe rekenregels. Het aandeel mengvoer heeft geen relatie met het verschil tussen oude en nieuwe rekenregels.

1 Inleiding

De Kringloopwijzer berekent onder andere de enterische methaanemissie op het melkveebedrijf. De enterische methaanemissie wordt berekend door de droge stof opname (DS, kg) te vermenigvuldigen met een methaan (CH₄) emissiefactor (EF, g CH₄/kg DS). Dit gebeurt in principe per dier, per dag en per voedermiddel. Bij samengestelde voedermiddelen (b.v. mengvoer) gebeurt dat per gebruikte grondstof. De optelsom van de emissie per opgenomen voedermiddel geeft de totale enterische methaanemissie in g CH₄ per dier per dag.

De EF van alle voedermiddelen is vastgesteld met experimenteel onderzoek en het wetenschappelijk gevalideerde model van Bannink e.a. (2011) dat tevens voor de Nederlandse Emissie Registratie wordt ingezet. Deze standaard EF is vastgesteld voor de situatie waarin het betreffende voedermiddel wordt ingezet in het gemiddelde Nederlandse rantsoen en de gemiddelde Nederlandse melkkoe. Echter, omdat rantsoenen verschillen is de EF van een voedermiddel geen constante. De EF is afhankelijk van verschillende factoren waarvan de volgende worden meegenomen om de standaard EF te corrigeren naar de actuele of bedrijfsspecifieke EF:

- Rantsoentype
- Ruwvoer kwaliteit
- Grondstoffensamenstelling van het mengvoer
- Voeropnameniveau (per diercategorie)

Om de EF van een rantsoen te berekenen moet eerst de EF van alle afzonderlijke voedermiddelen berekend worden en daarbij moet het effect van de eerste drie van bovenstaande factoren ingerekend worden. Daarna kan uit alle EF van de gebruikte voedermiddelen de gewogen gemiddelde EF van het rantsoen worden berekend (=EF-rantsoen). Tot slot wordt de EF-rantsoen gecorrigeerd voor de laatste van bovengenoemde factoren, het DS-opnameniveau.

In de rekenregels van de huidige Kringloopwijzer (van Dijk e.a., 2020) wordt door gebrek aan basisdata de variatie in EF als gevolg van de kwaliteit van gras- en snijmaissilage, het voeropnameniveau en diercategorieën nog niet volledig ingerekend. Vanaf 2021 zijn die basisdata wel beschikbaar en kan met de in dit rapport beschreven rekenregels gewerkt worden. Ook wordt vanaf 2021 gewerkt met de door de mengvoederleverancier aangeleverde EF van mengvoerders.

In hoofdstuk 2 wordt de hierboven beschreven procedure met genummerde stappen toegelicht. De rekenprocedure in de Kringloopwijzer wijkt enigszins af van de procedure in hoofdstuk 2, omdat de Kringloopwijzer niet rekent op dierniveau en dagbasis, maar op veestapelniveau en jaarbasis. In hoofdstuk 3 wordt aangetoond dat het rekenen op veestapel- en jaarbasis ook tot goede resultaten leidt. Tot slot wordt in hoofdstuk 4 inzichtelijk gemaakt wat de impact is van de nieuwe rekenregels voor de resultaten van de Kringloopwijzer in vergelijking tot de oude rekenregels en tot de rekenregels van Feedprint.

2 Rekenregels enterisch methaan

2.1 Rantsoentype

De enterische methaanemissie van melkvee wordt beïnvloed door de wijze waarop het voer in de pens fermenteert en dat is weer afhankelijk van het gevoerde rantsoen. De productie van enterisch methaan moet daarom gedifferentieerd worden naar rantsoentype. Uit vorig onderzoek (Šebek e.a., 2016) is gebleken dat rantsoendifferentiatie naar het aandeel snijmaissilage in het ruwvoerdeel van het rantsoen op basis van kg droge stof (DS) tot goede resultaten leidt. Bij de berekening van de enterische methaanemissie wordt gebruik gemaakt van emissiefactoren (EF in g CH₄ per kg DS) voor alle gebruikte voedermiddelen. De EF van alle voedermiddelen op een rij worden in deze rapportage EF-lijsten genoemd. Omdat er gedifferentieerd wordt naar het aandeel snijmaissilage in het ruwvoerdeel van het rantsoen, zijn er EF-lijsten afgeleid voor rantsoenen met verschillende aandelen snijmais (i.c. 0%, 40% en 80%) in het ruwvoerdeel van de DS van het rantsoen. Een goede schatting van de enterische methaanemissie voor ieder melkveerantsoen met een aandeel snijmais tussen de 0% en 80% kan gebeuren via interpolatie met de 3 EF-lijsten voor de rantsoenen met 0%, 40% en 80% snijmais in het ruwvoerdeel van het rantsoen. Deze benadering voldoet ook voor het oudere jongvee dat ruwvoer opneemt. Daarmee past het bij de benadering van de Kringloopwijzer (KLW) om voor rantsoenen op veestapelniveau te rekenen.

Stap 1: Vaststellen van het aandeel snijmaissilage in het ruwvoerdeel van het rantsoen (in % van de DS opname uit ruwvoer)

1. De Kringloopwijzer geeft voor alle voeders de opgenomen hoeveelheid in kg droge stof (DS)
2. Alle DS opname met ruwvoerders opgeteld = SOM kg DS ruwvoer
3. % snijmaissilage in het ruwvoerdeel = $100 * (\text{kg DS snijmaissilage} / \text{SOM kg ds ruwvoer})$

Het percentage snijmaissilage van het ruwvoerdeel van het rantsoen had in dit onderzoek betrekking op vers gras, grassilages en snijmaissilage in het rantsoen. In de Kringloopwijzer is het ruwvoerdeel van het rantsoen daarom gedefinieerd als de categorieën "Vers gras", "Grasland oogstproducten" en "Snijmais oogstproducten".

Stap 2: Op basis van het %snijmaissilage wordt een bedrijfsspecifieke (bs) lijst met EF waarden (EFbs in g CH₄ per kg DS) uitgerekend:

1. Dit gebeurt op basis van interpolatie (tabel 2.1). Er zijn 3 EF-lijsten beschikbaar met waarden voor respectievelijk 0%, 40% en 80% snijmaissilage in het ruwvoerdeel van het rantsoen.
2. Indien het berekende %snijmaissilage tussen 0%-40% ligt dan interpoleren met de EF-lijsten voor 0% en 40%
3. Indien het berekende %snijmaissilage tussen 40%-80% dan interpoleren met de EF-lijsten voor 40% en 80%

Tabel 2.1 Voorbeeldberekening bedrijfsspecifieke methaan emissiefactor (EFbs in g CH₄/kg DS) per voedermiddel, waarin y_1 en y_2 =berekende %snijmaissilage in het ruwvoerdeel van het rantsoen en x_1 , x_2 en x_3 = EF-waarde van het betreffende voedermiddel bij respectievelijk 0%,40% en 80% snijmais in het ruwvoerdeel van het rantsoen.

Deel snijmaissilage	Te gebruiken			Rekenfactor 1	Rekenfactor 2	Bedrijfsspecifieke EFbs
	EF-lijst					
	0%	40%	80%			
0% ≥ y1 ≤ 40%	x1	x2		A1 = y1/40	A2 = 1-A1	EFbs = x1*A2 + x2*A1
40% > y2 ≤ 80%		x2	x3	B1 = (y2-40)/40	B2 = 1-B1	EFbs = x2*B2 + x3*B1

2.2 Ruwvoer kwaliteit

2.2.1 Achtergrond

De EF voor ruwvoerders (in g CH₄ per kg DS) verschilt al naar gelang de kwaliteit van het ruwvoer. Daarom wordt de EF van de belangrijkste Nederlandse ruwvoerders (vers gras, grassilage en snijmaissilage) gecorrigeerd voor kwaliteit. Voor de overige ruwvoerders, zie paragraaf 2.2.5.

Let op!! De in deze paragraaf gegeven rekenregels voor het corrigeren van de EF voor de ruwvoer kwaliteit zijn niet zonder meer toepasbaar voor extreme groeiomstandigheden en voor minder reguliere vormen van bedrijfsvoering en graslandmanagement.

2.2.2 Vers gras

Voor vers gras varieert de methaanemissie per kg DS aanzienlijk. Deze variatie hangt samen met de combinatie van het fysiologisch stadium (bij oogst) en de snedezwaarte, mogelijk verstrengeld met het beweidingssysteem (roterend standweiden, stripgrazen etc.). Er is onderzoek gestart naar het verbeteren van de schatting van de enterische methaanemissie op vers gras. In afwachting van de resultaten van dit onderzoek wordt in de Kringloopwijzer alleen onderscheid gemaakt tussen weiden en zomerstalvoeding en het verschil in snedezwaarte tussen een weidesnede en een maaisnede ten behoeve van zomerstalvoeding. Uitgaande van een streefopbrengst (Handboek melkveehouderij, 2017/18) bij weiden van 1700 kg DS/ha en bij zomerstalvoeren van 2300 kg DS/ha wordt de EF van vers gras:

Stap 3: Vaststellen EF vers gras

Weiden	19,2 g CH ₄ /kg DS
Zomerstalvoeding	23,2 g CH ₄ /kg DS

2.2.3 Grassilage

De methaanemissie van grassilage neemt toe met de zwaarte van de snede (kg DS / ha) en het aantal dagen hergroei. Dit bleek uit onderzoek binnen Emissie Arm Veevoer (EAV) (Warner e.a., 2015, 2016, 2017; Heeren e.a., 2014), waarin de EF voor grassilage varieerde van 18,7 tot 24,7 g CH₄ per kg DS grassilage en waarbij het verloop in methaanemissie vrijwel lineair was met de snedezwaarte. Echter, in de Kringloopwijzer ontbreken data over de snedezwaarte en dagen hergroei van de grassilages. Daarom is via regressieanalyse onderzocht (Šebek e.a., 2016) of er voor grassilages een goede relatie bestaat tussen de methaanemissie (g CH₄ / kg DS) en vastgestelde componenten van de chemische samenstelling en voederwaarde. Het betrof de componenten VEM, DVE, OEB, VCOS, ruw eiwit, ruw vet, NDF en suiker. Het kenmerk met de hoogste verklaarde variantie (R² = 0,72) was NDF, maar ook ruw eiwit (R² = 0,68) en ruw vet (R² = 0,63) bleken een groot deel van de geobserveerde variantie te verklaren.

Tabel 2.2 Correctie voor het NDF-gehalte van EF_{grassilage standaard} naar EF_{grassilage} (EF in g CH₄ per kg DS)

%snijmais in ruwvoer	EF _{grassilage standaard}	Correctie EF _{grassilage}
0%	19,5	= EF _{grassilage_0%} - (0,03 x (NDF ¹ _{standaard} - NDF _{actueel}))
40%	19,5	= EF _{grassilage_40%} - (0,03 x (NDF _{standaard} - NDF _{actueel}))
80%	21,0	= EF _{grassilage_80%} - (0,03 x (NDF _{standaard} - NDF _{actueel}))

¹ NDF_{standaard} = 465 g per kg DS

Voor de rekenregels wordt de beste schatter (NDF) voor de methaanemissie per kg DS voor grassilage gebruikt (tabel 2.2). Uit tabel 2.2 blijkt dat de methaanemissie met 0,03 g/kg DS toe- of afneemt per respectievelijk stijging of daling van 1 g NDF (Šebek e.a., 2016). Die stijging of daling is ten opzichte van het NDF-gehalte van de gebruikte standaard voor grassilage (=465 g NDF per kg DS).

Stap 4: Corrigeren EF_{grassilage} voor NDF-gehalte

Invulling stap 4 bij ontbreken van het NDF-gehalte van de grassilage, zie onderstaand kader.

Invulling grassilage bij ontbreken van het NDF-gehalte

De rekenregels in dit kader zijn een update van de voorgestelde rekenregels in Wageningen Livestock Research rapport 976 (Šebek e.a. 2016).

Het NDF-gehalte van grassilage is vanaf 2019 beschikbaar in de centrale databank van de Kringloopwijzer. Het kan echter voorkomen dat data ontbreken. Om toch bedrijfsspecifiek te kunnen rekenen zijn op basis van beschikbare informatie (i.c. het gehalte aan VEM, ruw eiwit en ruw as) regressieformules afgeleid. Deze formules zijn weliswaar geschikt om de range in enterisch CH₄ weer te geven, maar zijn minder nauwkeurig dan de formules op basis van het NDF-gehalte. Ook sluiten de gebruikte verklarende variabelen niet goed aan bij de logica van het functioneren van de pens.

De regressies zijn uitgevoerd op data van het project Koeien en Kansen van de jaren 2010 t/m 2016 waarvoor de CH₄ als EF0%, EF40% en EF80% is geschat volgens de in dit rapport voorgestelde rekenregels op basis van NDF. Vervolgens zijn met die dataset regressieanalyses uitgevoerd met CH₄ (g per kg DS) als de te verklaren variabele en het gehalte (in DS) van VEM, ruw eiwit (inclusief NH₃-fractie) en ruw as als de verklarende variabelen. Alle 3 de verklarende variabelen bleken significant bij te dragen.

Alternatief voor Stap 4 bij ontbreken van het NDF-gehalte:

Grassilage (g CH₄ per kg DS):

EF0% = $36,87 - 0,0142 * \text{VEM (per kg DS)} - 0,0020 * \text{re}_{\text{tot}} \text{ (g/kg DS)} - 0,0354 * \text{ras (g/kg DS)}$

EF40% = $36,87 - 0,0142 * \text{VEM (per kg DS)} - 0,0020 * \text{re}_{\text{tot}} \text{ (g/kg DS)} - 0,0354 * \text{ras (g/kg DS)}$

EF80% = $38,37 - 0,0142 * \text{VEM (per kg DS)} - 0,0020 * \text{re}_{\text{tot}} \text{ (g/kg DS)} - 0,0354 * \text{ras (g/kg DS)}$

Deze regressieformules worden begrensd door de volgende minima en maxima:

VEM: 579 en 1012 per kg ds

RE: 71 en 265 g per kg ds

RAS: 48 en 337 g per kg ds

Waarbij de volgende minima en maxima voor de EF waarden worden gehanteerd:

EF0_min = 12,66 ; EF40_min = 12,66 ; EF80_min = 14,01

EF0_max = 27,69 ; EF40_max = 27,69 ; EF80_max = 29,34

2.2.4 Snijmaissilage

De methaanemissie van een gemiddelde snijmaissilage daalt bij stijging van het zetmeelgehalte en daalt bij daling van het NDF gehalte (Šebek e.a., 2016). Deze conclusies zijn gebaseerd op onderzoek (EAV en Hatew e.a., 2016) met een reeks snijmaissilages met een DS-gehalte van 28%, 32% en 40% en laten zich ook vertalen naar het droge stofgehalte in de snijmaissilage. Het verloop in methaanemissie is vrijwel lineair met de verandering in DS-gehalte en de methaanemissie daalt met 0,3 g CH₄ per kg DS per 1% stijging van het DS-gehalte van de snijmaissilage. In de Kringloopwijzer is het DS-gehalte echter niet beschikbaar.

De beste schatters voor de methaanemissie per kg DS voor snijmaissilage zijn het zetmeel- (tabel 2.3) en NDF-gehalte (tabel 2.4). Voor zetmeel neemt de methaanemissie met 0,049 g per kg DS af per 1 g stijging in zetmeelgehalte (Šebek e.a., 2016) ten opzichte van het zetmeelgehalte van de gebruikte standaard voor snijmaissilage (=385 g per kg DS zetmeel).

Tabel 2.3 Correctie voor het zetmeelgehalte van $EF_{\text{maissilage standaard}}$ naar $EF_{\text{maissilage}}$ (EF in g CH₄ per kg DS)

%snijmais in ruwvoer	$EF_{\text{maissilage standaard}}$	Correctie $EF_{\text{maissilage}}$ voor het zetmeelgehalte
0%	18,4	$= EF_{\text{maissilage_0\%}} + (0,049 \times (\text{zetmeel}^1_{\text{standaard}} - \text{zetmeel}_{\text{actueel}}))$
40%	17,5	$= EF_{\text{maissilage_40\%}} + (0,049 \times (\text{zetmeel}_{\text{standaard}} - \text{zetmeel}_{\text{actueel}}))$
80%	16,2	$= EF_{\text{maissilage_80\%}} + (0,049 \times (\text{zetmeel}_{\text{standaard}} - \text{zetmeel}_{\text{actueel}}))$

¹ zetmeel_{standaard} = 385 g per kg DS

Voor NDF neemt de methaanemissie met 0,083 g per kg DS toe per stijging van 1 g NDF (Šebek e.a., 2016) ten opzichte van het NDF-gehalte van de gebruikte standaard voor snijmaissilage (= 374 g NDF per kg DS).

Tabel 2.4 Correctie voor het NDF-gehalte (EF in g CH₄/kg DS) van $EF_{\text{maissilage standaard}}$ naar $EF_{\text{maissilage}}$

%snijmais in ruwvoer	$EF_{\text{maissilage standaard}}$	Correctie $EF_{\text{maissilage}}$ voor het NDF-gehalte
0%	18,4	$= EF_{\text{maissilage_0\%}} - (0,083 \times (\text{NDF}^1_{\text{standaard}} - \text{NDF}_{\text{actueel}}))$
40%	17,5	$= EF_{\text{maissilage_40\%}} - (0,083 \times (\text{NDF}_{\text{standaard}} - \text{NDF}_{\text{actueel}}))$
80%	16,2	$= EF_{\text{maissilage_80\%}} - (0,083 \times (\text{NDF}_{\text{standaard}} - \text{NDF}_{\text{actueel}}))$

¹ NDF_{standaard} = 374 g/kg DS

De berekening van de EF voor snijmaissilage op basis van zetmeel- en NDF-gehalte kan tot enigszins verschillende resultaten leiden, zodat het rekenen met het gemiddelde van de EF op basis van zetmeel en NDF het meest robuust is.

Stap 5: Corrigeren $EF_{\text{maissilage}}$ voor kwaliteit (gemiddelde van correctie zetmeel- en NDF-gehalte)

Invulling stap 5 bij ontbreken van het zetmeel- en NDF-gehalte van de snijmaissilage, zie onderstaand kader.

Invulling snijmaissilage bij ontbreken van zetmeel- en NDF-gehalte

De rekenregels in deze textbox zijn een update van de voorgestelde rekenregels in Wageningen Livestock Research rapport 976 (Šebek e.a. 2016).

Het NDF- en zetmeelgehalte van snijmaissilage zijn vanaf 2019 beschikbaar in de centrale databank van de Kringloopwijzer. Het kan echter voorkomen dat data ontbreken. Om toch bedrijfsspecifiek te kunnen rekenen zijn op basis van beschikbare informatie (i.c. het gehalte aan VEM, ruw eiwit en ruw as) regressieformules afgeleid. Deze formules zijn weliswaar geschikt om de range in enterisch CH₄ weer te geven, maar zijn minder nauwkeurig dan de formules op basis van het zetmeel- en NDF-gehalte. Ook sluiten de gebruikte verklarende variabelen niet goed aan bij de logica van het functioneren van de pens.

De regressies zijn uitgevoerd met data van het project Koeien en Kansen van de jaren 2010 t/m 2016 waarvoor de CH₄ als EF0%, EF40% en EF80% is geschat volgens de in dit rapport voorgestelde rekenregels op basis van zetmeel en NDF. Vervolgens zijn met die dataset regressieanalyses uitgevoerd met CH₄ (g per kg DS) als de te verklaren variabele en het gehalte (in DS) van VEM, ruw eiwit totaal en ruw as als de verklarende variabelen. Alleen het VEM-gehalte bleek significant bij te dragen.

Alternatief voor Stap 5 bij ontbreken van het zetmeel- en NDF-gehalte:

Snijmaissilage (g CH₄/kg DS):

EF0% = $67,51 - 0,04978 \cdot \text{VEM (per kg DS)}$

EF40% = $66,61 - 0,04978 \cdot \text{VEM (per kg DS)}$

EF80% = $65,31 - 0,04978 \cdot \text{VEM (per kg DS)}$

Deze regressieformules worden begrensd door het volgende minimum en maximum:

VEM: 807 en 1063 per kg ds

Waarbij de volgende minima en maxima voor de EF waarden worden gehanteerd:

EF0_min = 12,21 ; EF40_min = 11,40 ; EF80_min = 10,23

EF0_max = 29,51 ; EF40_max = 28,52 ; EF80_max = 27,09

2.2.5 Overige ruwvoerders

Voor de overige ruwvoerders is geen EF-waarde bekend. Toch zijn er enkele 'overige ruwvoerders' die met regelmaat worden toegepast in melkveerantsoenen. Het betreft stroproducten als tarwestro, gerststro, graszaadstro, koolzaadstro, etc. Op basis van de lage verteerbaarheid van deze producten en het hoge NDF-gehalte wordt voor alle stro-producten een EF-waarde van 17 g methaan per kg DS aangehouden, ongeacht de samenstelling van het rantsoen (% snijmais in het ruwvoerdeel).

Stap 6: Vaststellen EF stroproducten

Stroproducten (g CH₄/kg DS):

EF0% = 17

EF40% = 17

EF80% = 17

2.3 Emissiefactor mengvoer

De nieuwe rekenregels in combinatie met EF lijsten zijn praktisch implementeerbaar in de Lineaire Programmerings software van de diervoederindustrie (Šebek e.a., 2016). Daarmee is het mogelijk om

voor iedere partij geleverde brok de specifieke methaanemissiefactor EF te geven (EF0%, EF40% en EF80% in g CH₄ per kg DS). De mengvoerfabrikant kan met de partij-specifieke-EF voor ieder type brok een gewogen jaargemiddelde berekenen voor alle geleverde brok aan ieder individueel melkveebedrijf.

Stap 7: Vul in de Kringloopwijzer het door de leverancier berekende jaargemiddelde EF0%, EF40% en EF80% in van het geleverde mengvoer.

Invulling mengvoedersamenstelling bij ontbreken van gegevens

De systematiek in deze textbox verschilt van de voorgestelde systematiek in Wageningen Livestock Research rapport 976 (Šebek e.a. 2016).

De productspecifieke CH₄-emissiefactor (EF0%, EF40% en EF80% in g CH₄ per kg ds) voor ieder geleverd mengvoer zal vanaf 2020 beschikbaar zijn in de centrale databank van de Kringloopwijzer. Het kan echter voorkomen dat data ontbreken. In de vorige rapportage is in die situatie voor mengvoeders op dezelfde wijze gewerkt als voor snijmaissilage en grassilage. Daar wordt nu *van afgeweken* door de tijdelijke rekenregel te verwijderen zonder vervanging. Het is niet mogelijk een onderbouwde regressieformule voor mengvoeders af te leiden op basis van algemene voederwaarde kenmerken. Immers, mengvoeders met een vergelijkbare voederwaarde kunnen zijn samengesteld uit heel verschillende grondstoffen en dus met een geheel andere EF waarde. Dat betekent dat er over mengvoeders heen geen relatie bestaat tussen voederwaarde kenmerken en de EF-waarde. Wellicht kan voor verschillende standaard recepten een specifieke regressieformule worden afgeleid, maar een overall regressieformule is niet mogelijk. Daardoor hebben alle alternatieven als nadeel dat ze niet voldoen voor de gehele range.

Alternatief voor Stap 7 bij ontbreken van gegevens: Niet beschikbaar!

2.4 Opnameniveau per diercategorie

De enterische methaanemissie (in g CH₄ per kg DS) zoals berekend wordt via bovenstaande stappen wint aan nauwkeurigheid wanneer ook het effect van het voeropnameniveau wordt meegerekend. De basis EF is gebaseerd op een gemiddelde voeropnameniveau van 18,5 kg DS per dier per dag en de correctie bedraagt 0,21 g CH₄ per kg DS verschil ten opzichte van die gemiddelde 18,5 kg DS/dag voeropname (Šebek e.a., 2016). Voor opnames lager dan 18,5 kg DS per dier per dag neemt de methaanemissie per kg DS toe en voor opnames hoger dan 18,5 kg DS per dier per dag neemt de methaanemissie per kg DS af. Vanwege verschillen in voeropnameniveau wordt de correctie per diercategorie bepaald, waarna het gewogen gemiddelde de gecorrigeerde EF rantsoen op veestapelniveau is.

In de KringloopWijzer wordt eerst de totale DS opname van de veestapel berekend conform de Handreiking (2020). De berekende totale DS opname wordt vervolgens verdeeld over de 4 diercategorieën melkvee (MV), jongvee ouder dan een jaar (JV2), jongvee van 3-12 maanden (JV1) en jongvee van 0-3 maanden (JV0). Hierbij is, op basis van de VEM-behoefte van 0-3 maanden t.o.v. een 0-12 maanden, de aanname gedaan dat 15% van de DS-opname van kalveren wordt gerealiseerd in de eerste 3 maanden. Op basis van de in de kringloopwijzer opgegeven dieraantallen wordt per diercategorie de DS in kg per dier per dag berekend. Vervolgens wordt voor MV, JV2 en JV1 de in stap 2 berekende bedrijfsspecifieke EFbs gecorrigeerd voor de afwijking van de gemiddelde voeropname per diercategorie van 18,5 kg DS per dier per dag. Voor de categorie JV0 wordt een default waarde van EF JV0 = 5,6 g CH₄ per kg DS gebruikt. Deze default waarde is gebaseerd op de verhouding van 0,2833 tussen de Ym van melkvee en het jonge kalf zoals beschreven in Šebek e.a. (2016) en de in 2017 gemiddelde Nederlandse EF MV van 19,28 bij een DS-opname van 20,8 kg per dier per dag volgens NIR 2019 (Ruyssenaars et al., 2019). Teruggerekend naar een opnameniveau van 18,5 kg DS per dag is dat een EF MV = 19,76 g CH₄ per kg DS.

Stap 8: Berekening van de voor voeropnameniveau gecorrigeerde EF (EFopn) weergegeven per diercategorie melkvee (MV), jongvee ouder dan 1 jaar (JV2), jongvee van 3–12 maanden (JV1) en jongvee van 0-3 maanden (JV0). Uitgangspunt is de bedrijfsspecifieke EF (EFbs):

$$\begin{aligned} \text{EFopn MV} &= \text{EFbs} + (0,21 * (18,5 - \text{voeropname MV (kg DS/dierdag)})) \text{ in g CH}_4 \text{ per kg DS} \\ \text{EFopn JV2} &= \text{EFbs} + (0,21 * (18,5 - \text{voeropname JV2 (kg DS/dierdag)})) \text{ in g CH}_4 \text{ per kg DS} \\ \text{EFopn JV1} &= \text{EFbs} + (0,21 * (18,5 - \text{voeropname JV1 (kg DS/dierdag)})) \text{ in g CH}_4 \text{ per kg DS} \\ \text{EFopn JV0} &= 0,2833 \times \text{EF MV} = 0,2833 \times 19,76 = 5,6 \text{ g CH}_4 \text{ per kg DS} \end{aligned}$$

Ten slotte wordt de EF op veestapelniveau berekend als het naar DS-opname gewogen gemiddelde voor de EF per diercategorie.

Stap 9: De gemiddelde bedrijfsspecifieke EF op veestapelniveau (g CH₄ per kg DS):

$$\text{EFbs veestapel} = (\text{EFopn MV} * \text{opnMV} + \text{EFopn JV2} * \text{opnJV2} + \text{EFopn JV1} * \text{opnJV1} + \text{EF JV0} * \text{opnJV0}) / (\text{opnMV} + \text{opnJV2} + \text{opnJV1} + \text{opnJV0})$$

3 Invloed randvoorwaarden Kringloopwijzer

3.1 Achtergrond

In een vorige studie (Šebek e.a., 2016) is met gevoeligheidsanalyses onderzocht welke voedingsparameters een relevante invloed hebben op de enterische methaanemissie. Dat zijn het aandeel snijmais in het ruwvoerdeel van het rantsoen (%snijmais), het opnameniveau (kg DS per 'eenheid koe' per dag), de ruwvoer kwaliteit (NDF- en zetmeelgehalte) en de samenstelling van mengvoeders. Voor de Kringloopwijzer zijn rekenregels ontworpen (zie hoofdstuk 1) waarmee het model goed veranderingen in die parameters kan doorrekenen. Zo wordt het effect van sturing via voermanagement zichtbaar via de berekende enterische CH₄ productie van de veestapel. Naast de gevoeligheid voor het effect van sturing op voornoemde voedingsparameters is het de vraag of de berekende methaanemissie ook gevoelig is voor praktische randvoorwaarden die bij het gebruik van de Kringloopwijzer op het melkveebedrijf horen. Het betreft het feit dat de Kringloopwijzer rekent op veestapelniveau en met een jaargemiddeld rantsoen. Rekenen op veestapelniveau betekent dat er geen onderscheid gemaakt wordt tussen diercategorieën en rekenen met een jaargemiddeld rantsoen betekent dat er geen onderscheid gemaakt wordt naar variatie in (de samenstelling van) voedermiddelen gedurende het jaar. In dit hoofdstuk wordt onderzocht of deze praktische randvoorwaarden een relevante invloed hebben op de berekende enterische CH₄-productie.

3.2 Aanpak

In vorige rapportages (Šebek e.a., 2015 en 2016) is de kwaliteit geborgd van de nieuwe rekenregels voor de enterische methaanemissie. Vervolgens is het de vraag of het toepassen van die rekenregels in de Kringloopwijzer resulteert in een goede schatting van de methaanemissie op jaarbasis. Die vraag komt voort uit de volgende drie overwegingen/scenario's:

- 1) Scenario 1 'Veestapelniveau': De Tier 3 rekenregels maken onderscheid tussen dieren op basis van verschillen in rantsoen en opnameniveau, zodat gecontroleerd moet worden of rekenen met het gemiddelde dier (=gemiddeld rantsoen en gemiddeld opnameniveau) hetzelfde resultaat geeft als rekenen met de optelsom van de individuele dieren.
- 2) Scenario 2 'Aantallen per diercategorie': De gebruikte rekenregels zijn gebaseerd op een melkveestapel van gemiddelde samenstelling, zodat gecontroleerd moet worden of ze ook voor een andere veestapelsamenstelling tot goede resultaten leiden (andere aantallen per diercategorie). Het betreft controle op de robuustheid van de rekenregels.
- 3) Scenario 3 'Jaargemiddeld rantsoen': De Tier 3 rekenregels zijn gericht op een specifiek rantsoen terwijl de Kringloopwijzer gericht is op een jaarrond gemiddeld rantsoen. Er moet gecontroleerd worden of rekenen met het jaargemiddelde rantsoen hetzelfde resultaat geeft als rekenen met de optelsom van de onderliggende specifieke rantsoenen.

De vraag of de resultaten van verschillende manieren van rekenen voldoende overeenkomen wordt bepaald door het effect van de betreffende rekenwijze op de parameters waarvoor het model het gevoeligst is, namelijk het aandeel snijmais in het rantsoen, het voeropnameniveau, de kwaliteit van het ruwvoer en het aandeel jongvee in de veestapel. De kwaliteit van het ruwvoer betreft ook verschillende producten binnen een 'productgroep', bijvoorbeeld in de groep grasproducten het verschil tussen grassilage en vers gras (variatie in rantsoentype). Tabel 3.1 geeft een overzicht van de te variëren parameters per scenario.

Tabel 3.1 Overzicht van te variëren parameters per scenario.

Scenario \ Parameter	Aandeel snijmais	Opname niveau	Ruwvoer kwaliteit	Rantsoen	Aandeel jongvee
1. Veestapelniveau	v	v			
2. Aantallen per diercategorie	v	v			v
3. Jaargemiddeld rantsoen	v		v	v	

Voor de simulaties van de scenario's is als uitgangspunt (basis) het rantsoen van een gemiddelde Nederlandse veestapel nodig. Welke veestapel wordt gekozen is minder belangrijk, mits het rantsoen en de dieren aantallen goed gedefinieerd zijn. Voor de praktische herkenbaarheid is het rantsoen gebruikt van de Nederlandse melkveestapel zoals dat is gedefinieerd bij het vaststellen van de excretieforfaits ten tijde van het opstellen van de eerste rekenregels voor de Kringloopwijzer (Tabel 3.2 CBS, persoonlijke mededeling m.b.t. de basisdata onder de jaarlijkse CBS publicaties 'Dierlijke mest en mineralen' over de jaren 2010, 2011 en 2012).

Tabel 3.2 Gemiddelde rantsoensamenstelling over 2010, 2011 en 2012 (in kg opgenomen droge stof per dier per jaar per voedermiddel) voor de op het melkveebedrijf aanwezige diercategorieën 100, 101 en 102 respectievelijk melkvee (8084 kg melk/jaar), vrouwelijk jongvee jonger dan 1 jaar en vrouwelijk jongvee ouder dan 1 jaar.

Nederland gemiddeld										
	aantal	kunst- melk 1)	volle melk	vochtrijk	eiwitrijk	overig	snijmais	graskuil +	weidegras	totaal ds
	dieren			krachtvoer	krachtvoer	krachtvoer		hooi		
				excl. 3%	excl. 2%	excl. 2%	excl 5%	excl 5%		
				voerterlies	voerterlies	voerterlies	voerterlies	voerterlies		
% droge stof			0,15							
		kg ds/dier	kg ds/dier	kg ds/dier	kg ds/dier	kg ds/dier	kg ds/dier	kg ds/dier	kg ds/dier	
jngv<1jr	2010	0	30	0	0	274	130	792	238	1464
	2011	0	30	0	0	277	136	812	209	1464
	2012	0	30	0	0	279	136	846	189	1480
jngv1-2jr	2010	0	0	0	0	71	88	1511	1197	2867
	2011	0	0	0	0	78	102	1680	994	2854
	2012	0	0	0	0	80	103	1741	966	2890
jngv>2jr	2010	0	0	0	0	71	84	1518	1194	2866
	2011	0	0	0	0	79	97	1685	993	2854
	2012	0	0	0	0	80	98	1747	966	2891
melkvee	2010	0	0	312	469	1042	1824	2098	847	6592
	2011	0	0	311	544	967	1778	2054	951	6605
	2012	0	0	302	478	956	1833	2418	640	6626

3.3 Resultaten

3.3.1 Definitie basisniveau

De Kringloopwijzer beschikt over de voeropname van de gehele veestapel en maakt een verdeling van de voeropname over de diercategorieën 100, 101 en 102 (respectievelijk melkvee, jongvee jonger dan 1 jaar en jongvee ouder dan 1 jaar). Door met deze verdeling in DS-opname op veestapelniveau te rekenen moet het verschil tussen rekenen op dierniveau en veestapelniveau klein zijn. Om dit te controleren worden beide rekenwijzen vergeleken met behulp van simulaties voor de methaanemissie van de veestapel van een gedefinieerd basisniveau.

Het basisniveau (tabel 3.3) is in deze studie gedefinieerd als de methaanemissie horende bij het forfaitaire rantsoen (tabel 3.2) voor een veestapel van 100 stuks melkvee met bijbehorend jongvee. Hierbij is aangenomen dat:

- er 6,5 stuks jongvee per 10 melkkoeien zijn (waarvan 57% in de categorie jonger dan 1 jaar en 43% in de categorie ouder dan 1 jaar).
- het vochtrijke krachtvoer bestaat uit 40% bierbostel en 60% perspulp.

Tabel 3.3 Definitie van het basisniveau. In de eerste tabel als het jaarrantsoen in zowel kg droge stof (DS) opname per dier per dag als in kg DS-opname in kg per dag per GVE. In de tweede tabel de DS-opname in kg per diercategorie per jaar, inclusief de geproduceerde enterische methaan in kg CH₄ per jaar.

		Jaargemiddelde opname in kg ds per dier per dag										
Veestapel	aantal		kunst- melk 1)	volle melk	vochtrijk krachtvoer	eiwitrijk krachtvoer	overig krachtvoer	snijmaïs	graskuil + hooi	weidegras	totaal ds kg/dag	totaal ds per GVE
Melkvee	100	100,0	0,0	0,0	0,8	1,4	2,7	5,0	6,0	2,2	18,10	18,10
Jongvee<1jr	37	8,5	0,0	0,1	0,0	0,0	0,8	0,4	2,2	0,6	4,03	17,50
Jongvee> 1jr	28	14,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,3	4,5	2,9	7,86	14,84
st jngv/10 MK	6,5	23,3	GVE in jongvee									veestapel 17,67
	GVE											
jongv<1jr	0,230										aantal GVE	123,3
jongvee> 1jr	0,530											
		Droge stof opname in kg per diercategorie per jaar										
Diercategorie	Aantal	volle melk	Perspulp	Bierbostel	krachtvoer	krachtvoer	standaard	slecht	standaard	weidegras	totaal kg ds/jaar	%snijmaïs
Melkvee	100	0	18508	12338	49707	98816	181165	0	218975	81267	660776	37,6%
Jongvee<1jr	37	1112	0	0	0	10245	4963	15135	15135	7855	54444	11,5%
Jongvee> 1jr	28	0	0	0	0	2137	2726	45945	0	29413	80220	3,5%
Veestapel	165	1112	18508	12338	49707	111198	188854	61080	234110	118534	795440	31,3%
		kg CH ₄ /jaar										
Som diercategorieën	6	455	194	967	2380	3345	1478	4591	2372		15788	31,3%

In tabel 3.3 en de tabellen van de verschillende simulaties is de rij 'Veestapel' vergelijkbaar met de berekening in de Kringloopwijzer (optelsom over diercategorieën heen). De 'Som van de diercategorieën' geeft de rekenkundig juiste methaanemissie. De gedefinieerde veestapel bestaat uit 100 forfaitaire melkkoeien met een gemiddelde melkproductie van 8084 kg per jaar en 65 stuks jongvee. De veestapel omvat 123,3 GVE. De DS-opname van de gedefinieerde veestapel is 795440 kg per jaar, het voeropnameniveau is 17,7 kg DS per GVE per dag en het %snijmaïs is 31,3%. Op basis van deze veestapelgemiddelden is het basisniveau van de methaanemissie van de veestapel berekend op 15788 kg CH₄ per jaar.

In de simulaties wordt steeds de volgens 2 methodes berekende veestapel-CH₄-emissie vergeleken:

- Volgens de methodiek van de Kringloopwijzer (in de tabellen aangeduid als de rij 'Veestapel') dat wil zeggen door te rekenen met jaargemiddelden van de veestapel.
- Volgens de voorkeursmethode (in de tabellen aangeduid als de rij 'Som diercategorieën') dat wil zeggen door eerst te rekenen per diercategorie en vervolgens de veestapel-methaanemissie te berekenen door de resultaten per diercategorie te sommeren. Dit is het basisniveau van 15788 kg CH₄ per jaar.

3.3.2 Scenario 1: Veestapelniveau

De simulatie van scenario 1 'Veestapelniveau' onderzoekt de impact van het rekenen met het gemiddelde dier versus het individuele dier. Individuele dieren kunnen verschillen in de dierfactoren:

- Leeftijd en lactatiestadium c.q. het daarmee samenhangende verschil in het aandeel snijmaïs in het ruwvoerdeel van het rantsoen en verschil in het aandeel krachtvoer.
- Leeftijd en melkproductie c.q. de daarmee samenhangende voeropnamecapaciteit ofwel het verschil in opnameniveau in kg DS per dag.

De variatie in het aandeel krachtvoer wordt gezien als een variatie in rantsoen en wordt niet expliciet in de simulatie meegenomen. De eerste simulatie varieert daarom in aandeel snijmaïs en in opnameniveau (zie overzicht in tabel 3.1). Beide zijn aanwezig in het gedefinieerde basisniveau omdat die variatie inherent is aan de verschillende diercategorieën (ander rantsoen en ander opnameniveau).

Voor de eerste simulatie (tabel 3.4) kan de veestapel methaanemissie volgens de Kringloopwijzer (rij 'Veestapel') worden vergeleken met de optelsom van de methaanemissie van de afzonderlijke diercategorieën (rij 'Som diercategorieën').

Tabel 3.4 Resultaat simulatie 1 'Veestapelniveau' in kg CH₄: variatie in %snijmais in het ruwvoerdeel van het rantsoen en het voeropnameniveau (kg droge stof per GVE per dag). Resultaat rekenwijze op veestapelniveau (rij Veestapel) versus rekenen per diercategorie (rij Som diercategorieën).

		CH4 productie in kg per jaar											
Diercategorie	Aantal	volle melk	vochtrijk krachtvoer	eiwitrijk	overig	snijmais	graskuil		weidegras	totaal	%snijmais	EFbs	
jngv/10MK	6,5		Perspulp	Bierbostel	krachtvoer	krachtvoer	standaard	slecht	standaard	kg CH4/jaar			
Melkvee	100	0	455	194	967	2107	3195	0	4288	1567	12774	37,6%	18,10
Jongvee<1jr	37	6	0	0	0	222	94	341	303	175	1140	11,5%	17,50
Jongvee>1jr	28	0	0	0	0	51	56	1136	0	630	1874	3,5%	14,84
Veestapel	165	21	455	194	967	2409	3356	1523	4629	2372	15927	31,3%	17,67
Som diercategorieën		6	455	194	967	2380	3345	1478	4591	2372	15788		
verschil op veestapelniveau		-242,2%	0,0%	0,0%	0,0%	-1,2%	-0,3%	-3,1%	-0,8%	0,0%	-0,88%		

Uit tabel 3.4 blijkt dat er in scenario 1 'Rekenen op veestapelniveau' op bedrijfsniveau een verschil bestaat van 0,9% tussen enerzijds het rekenen met het gemiddelde %snijmais en de gemiddelde voeropname op veestapelniveau en anderzijds het rekenen met de variatie die in een veestapel voorkomt voor wat betreft het %snijmais en het voeropnameniveau. De methodiek die gebruikt wordt in de Kringloopwijzer geeft dezelfde resultaten als de alternatieve berekening. Er zijn wel numerieke verschillen, maar die zijn zo klein dat ze niet relevant zijn. Voor de voedermiddelen 'volle melk' en 'grassilage slecht' is de numerieke afwijking het grootst (respectievelijk -242% en -3,1%), omdat die producten voor een relatief groot deel bij het jongvee<1jr terecht komen. 'Volle melk' geeft een extreem groot verschil omdat het alleen aan het jongvee <3mnd wordt gevoerd en dit jongvee een erg lage EF heeft. Uitgedrukt in kg CH₄ stelt dit verschil met 6 van de 15788 kg CH₄ echter niets voor. Voor de andere producten variëren de verschillen tussen -0,3% en -1,2% (negatief is overschatting door de Kringloopwijzer).

Gezien de geringe afwijking van 0,9% wordt geconcludeerd dat de aanpak in de Kringloopwijzer 'rekenen op veestapelniveau' voldoet voor de berekening van de methaanemissie.

3.3.3 Scenario 2: Aantallen per diercategorie

De simulatie van scenario 2 'Aantallen per diercategorie' onderzoekt of de rekenregels (afgeleid voor een gemiddelde veestapel) gevoelig zijn voor veranderingen in de veestapelsamenstelling ofwel de verhouding melkvee/jongvee uitgedrukt als stuks jongvee per 10 melkkoeien. De daarmee samenhangende variaties in rantsoen (%snijmais) en voeropname (kg DS per dag) zijn in scenario 1 onderzocht (zie tabel 3.1). Het kan zijn dat deze twee dierfactoren een tegengesteld effect hebben op de veestapelemissie en daarmee het effect van 'aantallen per diercategorie' in deze benadering uitdoven. In onderstaande simulatie varieert het '%snijmais' op veestapelniveau van 36,6% tot 22,6% en de bedrijfsspecifieke EFbs van 18,02 tot 17,04 g CH₄ per kg DS.

- Het verwachte effect van een verschuiving van het '%snijmais' op veestapelniveau van 36,6% naar 22,6% is +81 kg CH₄ voor de basis veestapel.
- Het verwachte effect van een afname van de EFbs van 18,02 naar 17,04 g CH₄ per kg DS op rantsoenbasis is voor de basis veestapel -795 kg CH₄ per jaar op veestapelniveau.

Omdat het '%snijmais' in deze simulatie een gering effect heeft is er geen sprake van uitdoving.

Simulatie van scenario 2 is gedaan voor een brede range van het aantal stuks jongvee per 10 melkkoeien nl. naast het basisniveau van 6,5 ook voor 1, 12 en 24 stuks jongvee per 10 melkkoeien (weergegeven in respectievelijk tabel 3.5a t/m 3.5d).

Tabel 3.5a Resultaat simulatie 2 'Aantallen per diercategorie' in kg CH₄ met **1 stuks jongvee** per 10 melkkoeien. Resultaat rekenwijze op veestapelniveau (rij Veestapel) versus rekenen per diercategorie (rij Som diercategorieën).

		CH4 productie in kg per jaar											
Diercategorie	Aantal	volle melk	vochtrijk krachtvoer	eiwitrijk	overig	snijmaïs	graskuil		weidegras	totaal	%snijmaïs	EFbs	
jngv/10MK	1,0		Perspulp	Bierbostel	krachtvoer	krachtvoer	standaard	slecht	standaard	kg CH4/jaar			
Melkvee	100	0	455	194	967	2107	3195	0	4288	1567	12774	37,6%	18,10
Jongvee<1jr	6	1	0	0	0	34	14	53	47	27	175	11,5%	17,50
Jongvee> 1jr	4	0	0	0	0	8	9	175	0	97	288	3,5%	14,84
Veestapel	110	3	455	194	967	2153	3220	234	4341	1691	13259	36,5%	18,02
Som diercategorieën		1	455	194	967	2149	3218	227	4335	1691	13237		
verschil op veestapelniveau		-242,2%	0,0%	0,0%	0,0%	-0,2%	-0,1%	-3,1%	-0,1%	0,0%	-0,16%		

Tabel 3.5b Resultaat simulatie 2 'Aantallen per diercategorie' in kg CH₄ met **6,5 stuks jongvee** per 10 melkkoeien. Resultaat rekenwijze op veestapelniveau (rij Veestapel) versus rekenen per diercategorie (rij Som diercategorieën).

		CH4 productie in kg per jaar											
Diercategorie	Aantal	volle melk	vochtrijk krachtvoer	eiwitrijk	overig	snijmaïs	graskuil		weidegras	totaal	%snijmaïs	EFbs	
jngv/10MK	6,5		Perspulp	Bierbostel	krachtvoer	krachtvoer	standaard	slecht	standaard		kg CH4/jaar		
Melkvee	100	0	455	194	967	2107	3195	0	4288	1567	12774	37,6%	18,10
Jongvee<1jr	37	6	0	0	0	222	94	341	303	175	1140	11,5%	17,50
Jongvee>1jr	28	0	0	0	0	51	56	1136	0	630	1874	3,5%	14,84
Veestapel	165	21	455	194	967	2409	3356	1523	4629	2372	15927	31,3%	17,67
Som diercategorieën		6	455	194	967	2380	3345	1478	4591	2372	15788		
verschil op veestapelniveau		-242,2%	0,0%	0,0%	0,0%	-1,2%	-0,3%	-3,1%	-0,8%	0,0%	-0,88%		

Tabel 3.5c Resultaat simulatie 2 'Aantallen per diercategorie' in kg CH₄ met **12 stuks jongvee** per 10 melkkoeien. Resultaat rekenwijze op veestapelniveau (rij Veestapel) versus rekenen per diercategorie (rij Som diercategorieën).

		CH4 productie in kg per jaar											
Diercategorie	Aantal	volle melk	vochtrijk krachtvoer	eiwitrijk	overig	snijmaïs	graskuil		weidegras	totaal	%snijmaïs	EFbs	
jngv/10MK	12,0		Perspulp	Bierbostel	krachtvoer	krachtvoer	standaard	slecht	standaard		kg CH4/jaar		
Melkvee	100	0	455	194	967	2107	3195	0	4288	1567	12774	37,6%	18,10
Jongvee<1jr	68	11	0	0	0	410	173	630	559	322	2105	11,5%	17,50
Jongvee>1jr	52	0	0	0	0	94	103	2098	0	1164	3459	3,5%	14,84
Veestapel	220	39	455	194	967	2664	3493	2812	4918	3053	18595	27,7%	17,41
Som diercategorieën		11	455	194	967	2611	3471	2728	4847	3053	18338		
verschil op veestapelniveau		-242,2%	0,0%	0,0%	0,0%	-2,1%	-0,6%	-3,1%	-1,5%	0,0%	-1,40%		

Tabel 3.5d Resultaat simulatie 2 'Aantallen per diercategorie' in kg CH₄ met **24 stuks jongvee** per 10 melkkoeien. Resultaat rekenwijze op veestapelniveau (rij Veestapel) versus rekenen per diercategorie (rij Som diercategorieën).

		CH4 productie in kg per jaar											
Diercategorie	Aantal	volle melk	vochtrijk krachtvoer	eiwitrijk	overig	snijmaïs	graskuil		weidegras	totaal	%snijmaïs	EFbs	
jngv/10MK	24,0		Perspulp	Bierbostel	krachtvoer	krachtvoer	standaard	slecht	standaard		kg CH4/jaar		
Melkvee	100	0	455	194	967	2107	3195	0	4288	1567	12774	37,6%	18,10
Jongvee<1jr	137	23	0	0	0	820	345	1260	1118	645	4210	11,5%	17,50
Jongvee>1jr	103	0	0	0	0	187	207	4196	0	2328	6918	3,5%	14,84
Veestapel	340	79	455	194	967	3221	3790	5623	5548	4540	24417	22,6%	17,04
Som diercategorieën		23	455	194	967	3114	3747	5456	5406	4540	23902		
verschil op veestapelniveau		-242,2%	0,0%	0,0%	0,0%	-3,4%	-1,1%	-3,1%	-2,6%	0,0%	-2,15%		

Ook in scenario 2 is sprake van een overschatting door de kringloopwijzer van de enterische methaanemissie. De impact van de verhouding melkvee/jongvee op de berekende veestapel methaanemissie blijft in deze berekeningen ruim onder een afwijking van 5% en is daarmee gering. De impact lijkt vooral samen te hangen met de aspecten van scenario 1 (type rantsoen en voeropnameniveau). Dit is in overeenstemming met de rapportage van Šebek e.a. (2016), waarin bleek dat de CH₄-emissiefactor (EF, g CH₄ per kg DS) van voedermiddelen niet verschilt voor dieren waarvan het rantsoen voor een substantieel deel uit ruwvoer bestaat (i.c. dieren ouder dan 3 maanden). De impact komt dus van de dieren jonger dan 3 maanden en dat is een relatief kleine diercategorie met een gering deel van de veestapelvoeropname (ca. 1% van de DS-opname bij 6,5 stuks jongvee per 10 melkkoeien).

3.3.4 Scenario 3: Jaargemiddeld rantsoen

De simulatie van scenario 3 'Jaargemiddeld rantsoen' onderzoekt de impact van het rekenen met het jaarrantsoen versus het rekenen met seizoengebonden rantsoenen. Het grootste contrast in seizoengebonden rantsoenen ligt tussen een weide- en stalrantsoen, waarbij het voor de simulatie belangrijk is dat de beide seizoenen duidelijk in lengte verschillen. Als basis voor de simulaties is het rantsoen gebruikt zoals gedefinieerd in de excretieforfaits 2014 (tabel 3.2). Dat forfaitaire rantsoen voldoet aan bovengenoemde eisen met uitzondering van een duidelijk verschil in lengte van de weideperiode.

3.3.4.1 Verdeling jaarrantsoen over weide- en stalseizoen

Om de simulaties van scenario 3 uit te kunnen voeren wordt het forfaitaire jaarrond rantsoen uitgesplitst naar een stal- en weiderantsoen (tabel 3.6). Bij die uitsplitsing zijn de volgende aannames en voorwaarden meegenomen:

- Het weideseizoen is verlengd van 160 dagen 6 uur per dag naar 200 dagen 10 uur per dag.
- In het weideseizoen wordt geen eiwitrijk krachtvoer gevoerd.
- In het weideseizoen worden geen natte bijproducten gevoerd.
- Op basis van de CBS gegevens die onder het forfait liggen is vastgesteld dat voor melkvee 37,6% van de totale snijmaissilage opname in het weideseizoen plaatsvindt.
- De grassilageopname in het weideseizoen is berekend onder de aanname dat de totale opname van grasproducten in het weideseizoen (in kg DS per dag) gelijk is aan de totale opname van grasproducten over het gehele jaar (in kg DS per dag), zodat de opname in kg DS vers gras wordt uitgeruild tegen kg DS grassilage.
- De opname aan krachtvoer in het weideseizoen is berekend onder de aanname dat de totale krachtvoeropname -inclusief natte bijproducten- in het weideseizoen (in kg DS per dag) gelijk is aan de totale opname van krachtvoer over het gehele jaar (in kg DS per dag). Vervolgens is voor het weideseizoen de gift met 10% verhoogd in verband met de hogere VEM-behoefte als gevolg van de weidetoeslag.
- Zowel het weideseizoen als het stalseizoen moet een berekende VEM-dekking hebben die maximaal 1% afwijkt van de berekende VEM-dekking op jaarbasis. Voor de DVE dekking is een afwijking van maximaal 5% aangehouden.
- De melkproductie voor zowel het weide- als het stalseizoen is berekend onder aanname dat de gemiddelde dagproductie in het weideseizoen 1 kg onder de gemiddelde dagproductie op jaarbasis ligt.
- Het jongvee krijgt jaarrond hetzelfde rantsoen.

Tabel 3.6 Verdeling van de jaaropname in kg DS per diercategorie over het weide- (1^e tabel) en stalseizoen (2^e tabel) plus de vergelijking van het gedefinieerde basisrantsoen op jaarbasis en de optelsom voor het weideseizoen en stalseizoen (3^e tabel).

Droge stof opname in kg per diercategorie weideseizoen											
Diercategorie	Aantal	volle melk	vochtrijk krachtvoer		eiwitrijk	overig	snijmais	graskuil		weidegras	%snijmais
			Perspulp	Bierbostel	krachtvoer	krachtvoer	standaard	slecht	standaard	kg ds/jaar	
Melkvee	100	0	0	0	0	77700	80000	0	45300	160000	28,0%
Jongvee<1jr	37	609	0	0	0	5614	2719	8293	8293	4304	11,5%
Jongvee>1jr	28	0	0	0	0	1171	1494	25175	0	16117	3,5%
Veestapel	165	609	0	0	0	84485	84213	33468	53593	180420	23,9%

Droge stof opname in kg per diercategorie stalseizoen											
Diercategorie	Aantal	volle melk	vochtrijk krachtvoer		eiwitrijk	overig	snijmais	graskuil		weidegras	%snijmais
			Perspulp	Bierbostel	krachtvoer	krachtvoer	standaard	slecht	standaard	kg ds/jaar	
Melkvee	100	0	18480	12320	49700	21100	101200	0	95000	0	51,6%
Jongvee<1jr	37	502	0	0	0	4631	2243	6842	6842	3551	11,5%
Jongvee>1jr	28	0	0	0	0	966	1232	20770	0	13296	3,5%
Veestapel	165	502	18480	12320	49700	26697	104676	27611	101842	16847	41,7%

Droge stof opname in kg per diercategorie per jaar												
Diercategorie	Aantal	volle melk	trijk krachtvoer		eiwitrijk	overig	snijmaïs	graskuil	standaard	weidegras	totaal	0
jngv/10MK	6,5		Perspulp	Bierbostel	krachtvoer	krachtvoer	standaard	slecht	standaard		kg CH4/jaar	
Melkvee	100	0	18508	12338	49707	98816	181165	0	140300	160000	660834	37,6%
Jongvee<1jr	37	1112	0	0	0	10245	4963	15135	15135	7855	54444	11,5%
Jongvee>1jr	28	0	0	0	0	2137	2726	45945	0	29413	80220	3,5%
Veestapel	165	1112	18508	12338	49707	111198	188854	61080	155435	197267	795498	31,3%
Som seizoenen	kg DS/jaar	1112	18480	12320	49700	111182	188889	61080	155435	197267	795464	totaal kg DS
verschil op veestapelniveau		0,0%	-0,1%	-0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	

Uit tabel 3.6 blijkt dat het aangepaste rantsoen op jaarbasis nagenoeg gelijk is aan de optelsom van de verdeling over stalseizoenen en weideseizoenen. Met deze rantsoenen zijn de simulaties voor scenario 3 uitgevoerd.

3.3.4.2 Simulatie invloed van rekenen met seizoengebonden rantsoenen

De Kringloopwijzer rekent met jaarseizoenen en deze simulatie van scenario 3 geeft aan of dat tot andere resultaten leidt dan de optelsom van het rekenen op seizoenbasis. Tabel 3.7 (a t/m c) geeft voor de rantsoenen die in de vorige paragraaf zijn beschreven de berekende enterische methaanemissie.

Tabel 3.7a Scenario 3 'Jaargemiddeld rantsoen': Weideseizoen (200 dagen, 10 uur weiden per dag). Resultaat in kg CH₄ op veestapelniveau en per diercategorie.

CH4 productie in kg weideseizoen												
Diercategorie	Aantal	volle melk	vochtrijk krachtvoer		eiwitrijk	overig	snijmaïs	graskuil		weidegras	totaal	%snijmaïs
jngv/10MK	6,5		Perspulp	Bierbostel	krachtvoer	krachtvoer	standaard	slecht	standaard		kg CH4	
Melkvee	100	0	0	0	0	1662	1427	0	887	3084	7060	28,0%
Jongvee<1jr	37	10	0	0	0	75	45	171	148	84	533	11,5%
Jongvee>1jr	28	0	0	0	0	26	29	586	0	322	962	3,5%
Veestapel	165	10	0	0	0	1818	1518	759	1054	3494	8653	23,9%

Tabel 3.7b Scenario 3 'Jaargemiddeld rantsoen': Stalseizoen (165 dagen). Resultaat in kg CH₄ op veestapelniveau en per diercategorie.

CH4 productie in kg stalseizoen												
Diercategorie	Aantal	volle melk	vochtrijk krachtvoer		eiwitrijk	overig	snijmaïs	graskuil		weidegras	totaal	%snijmaïs
jngv/10MK	6,5		Perspulp	Bierbostel	krachtvoer	krachtvoer	standaard	slecht	standaard		kg CH4	
Melkvee	100	0	464	193	981	455	1743	0	1903	0	5737	51,6%
Jongvee<1jr	37	8	0	0	0	62	37	141	122	69	440	11,5%
Jongvee>1jr	28	0	0	0	0	22	24	483	0	266	794	3,5%
Veestapel	165	8	456	194	970	571	1847	626	2005	327	7004	41,7%

Tabel 3.7c Scenario 3 'Jaargemiddeld rantsoen'. Vergelijking op veestapelniveau van de berekende enterische CH₄ emissie (in kg CH₄ per jaar) op basis van het gemiddelde jaarrantsoen met de optelsom van het weide- en stalseizoenen.

CH4 productie in kg per jaar												
Diercategorie	Aantal	volle melk	vochtrijk krachtvoer		eiwitrijk	overig	snijmaïs	graskuil		weidegras	totaal	%snijmaïs
jngv/10MK	6,5		Perspulp	Bierbostel	krachtvoer	krachtvoer	standaard	slecht	standaard		kg CH4/jaar	
Melkvee	100	0	455	194	967	2107	3195	0	2747	3085	12751	37,6%
Jongvee<1jr	37	18	0	0	0	137	83	312	271	152	973	11,5%
Jongvee>1jr	28	0	0	0	0	48	52	1069	0	587	1756	3,5%
Veestapel	165	17	457	195	975	2387	3375	1385	3058	3822	15671	31,3%
Som seizoenen		18	464	193	981	2302	3305	1381	3060	3824	15527	
verschil op veestapelniveau		4,2%	1,4%	-1,3%	0,6%	-3,7%	-2,1%	-0,3%	0,1%	0,0%	-0,93%	

Het verschil tussen 'het rekenen op jaarbasis' met 'het rekenen per seizoen' bedraagt -0,93% (tabel 3.7c) voor de berekende veestapelemissie (in kg enterische CH₄ per jaar). Daaruit blijkt dat het rekenen op jaarbasis recht doet aan de verschillen in seizoensgebonden rantsoenen.

4 Kwantitatieve vergelijking

4.1 Achtergrond

Dit rapport geeft nieuwe rekenregels voor de enterische methaanemissie van een melkveestapel. Er is behoefte aan een update van de rekenregels omdat de indruk bestaat dat de oude rekenregels de variatie in EF (g CH₄ per kg DS) voor de in Nederland belangrijke voedermiddelen snijmaissilage, grassilage en mengvoer onvoldoende weergeven. Daardoor is het effect van sommige reductiemaatregelen niet goed genoeg zichtbaar in de Kringloopwijzer. Het gaat om maatregelen binnen het voerspoor, om productieverhoging en om aanpassing van de samenstelling van de veestapel. Door de update wordt in de Kringloopwijzer de variatie in methaanemissie als gevolg van ruwvoer kwaliteit (gras- en snijmaissilage) en het opnameniveau meegenomen bij de berekening van de EF van het jaargemiddelde rantsoen. Ook de variatie in de EF van mengvoerders wordt beter ingerekend, omdat de mengvoederleverancier vanaf 1 januari 2019 de EF van iedere afgeleverde partij aanlevert.

Dit hoofdstuk geeft een beeld van het effect van de verandering in rekenregels op de berekende enterische methaanemissie van een melkveestapel door de resultaten (methaanemissie) van de nieuwe rekenregels van de Kringloopwijzer te vergelijken met die van de oude rekenregels. Ook worden de resultaten van de rekenregels van de Kringloopwijzer vergeleken met die van het model Feedprint om na te gaan of de vergelijkbaarheid van Feedprint met de Kringloopwijzer versie 2019 anders is dan met de Kringloopwijzer versie 2020.

4.2 Materiaal en methode

4.2.1 Materiaal

De gebruikte dataset is in 2016 aangemaakt door Wageningen Livestock Research en de centrale database Kringloopwijzer (CDK, eigendom ZuivelNL) om het effect van voorgenomen aanpassingen aan de Kringloopwijzer te kunnen testen en verkennen. De dataset omvat 1000 Kringloopwijzers van Nederlandse melkveebedrijven die random zijn geselecteerd uit alle beschikbare gescreende en goed bevonden Kringloopwijzers. De set is zo gekozen dat hij representatief is voor de melkveehouderij in Nederland voor wat betreft productie intensiteit en grondsoort. Tabel 4.1 geeft die verdeling als het percentage bedrijven per grondsoort en intensiteitsklasse.

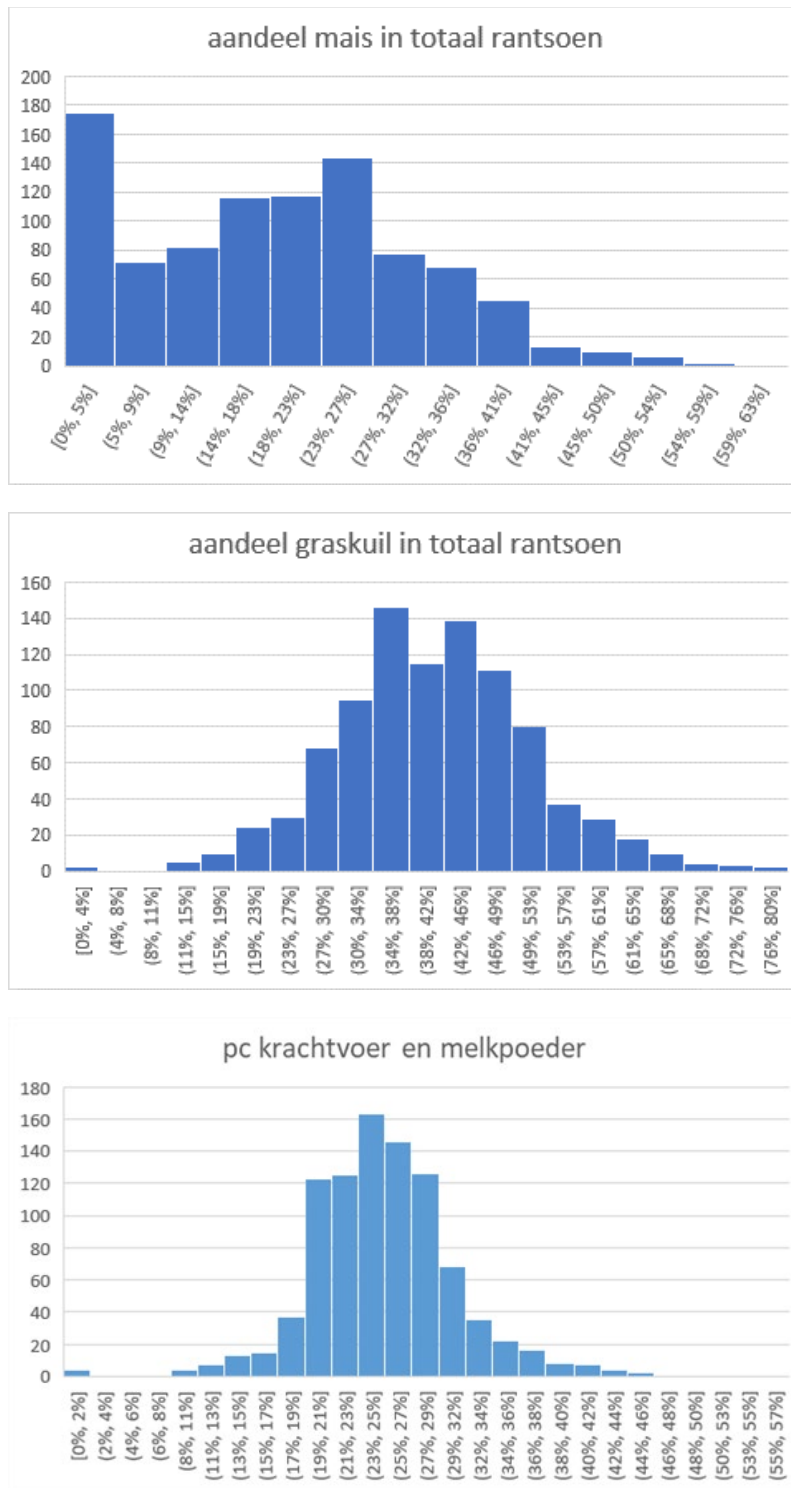
Tabel 4.1 Procentuele verdeling van de bedrijven in de 2016 testset van de centrale database kringloopwijzer, gerangschikt naar grondsoort en intensiteitsklasse (kg melk per ha).

Intensiteit Kg melk/ha	Grondsoort ¹			
	Zand	Klei	Veen	Gemengd
<12500	7%	6%	2%	10%
12500 - 17500	15%	11%	3%	17%
17500 - 22500	10%	5%	1%	8%
>22500	4%	1%	0%	2%

¹ zand = 100% zand; Klei = 100% klei; veen = 100% veen; gemengd = Overig

De nieuwe rekenregels van de Kringloopwijzer maken het effect van het voerspoor op de methaanemissie zichtbaar. In hierboven beschreven dataset zijn ook de belangrijke rantsoenenkenmerken representatief voor de Nederlandse melkveebedrijven (zie figuur 4.1). De testset heeft in de DS van het rantsoen een gemiddeld aandeel snijmaissilage = 18,6%, vers gras = 10,7 %, grassilage = 41,1%, overig ruwvoer+bijproducten = 4,4% en krachtvoer+melkproducten = 25,2 %.

Figuur 4.1 Het aantal bedrijven (Y) in de Kringloopwijzer testset uitgezet per klasse van het aandeel (X in %) snijmaissilage (mais), grassilage (graskuil) en krachtvoer en melkpoeder in de droge stof van het rantsoen.



4.2.2 Methode

De kwantitatieve vergelijking is uitgevoerd door voor de dataset de impact van de nieuwe rekenregels weer te geven als het gemiddelde verschil (kg methaan) met de minimum en maximum waarden in de dataset. Daarnaast zijn de verschillen grafisch weergegeven als het procentuele verschil tussen de sets rekenregels Kringloopwijzer oud (KLW oud), Kringloopwijzer nieuw (KLW nieuw) en Feedprint (FP). De 'KLW nieuw' rekenregels zijn beschikbaar vanaf 2021 (cq Kringloopwijzer resultaten over 2020) en de 'KLW oud' rekenregels waren beschikbaar vanaf 2015.

De impact van de nieuwe rekenregels op het procentuele verschil in resultaten voor de 3 genoemde sets rekenregels is inzichtelijk gemaakt door middel van grafische weergave. Daarbij zijn de procentuele verschillen tussen rekenregels uitgezet tegen de volgende rantsoenkenmerken:

Het percentage snijmaissilage in het ruwvoerdeel van het rantsoen (op basis van droge stof)
 Het percentage vers gras in het rantsoen (op basis van droge stof)
 Het percentage krachtvoer in het rantsoen (op basis van droge stof)

Deze drie rantsoenkenmerken zijn gekozen omdat de veranderingen in rekenregels tot een andere methaanemissie uit de betreffende voedermiddelen leiden. Bij een gelijkblijvende voerkwaliteit zal dat als consequentie hebben dat het verschil tussen de oude en nieuwe rekenregels verandert bij een veranderend aandeel van die voedermiddelen in het rantsoen (i.c. snijmaissilage, grassilage en mengvoer). Dat zelfde geldt voor diermanagementmaatregelen die impact hebben op het opnameniveau, zoals verhoging van de melkproductie en het veranderen van de onderlinge verhouding tussen diercategorieën. Om dat laatste inzichtelijk te maken zijn de verschillen tussen rekenregels grafisch uitgezet tegen de melkproductie uitgedrukt in kg melk per koe per jaar en in kg melk per hectare per jaar.

4.3 Resultaten

4.3.1 Het gemiddelde Nederlandse melkveebedrijf

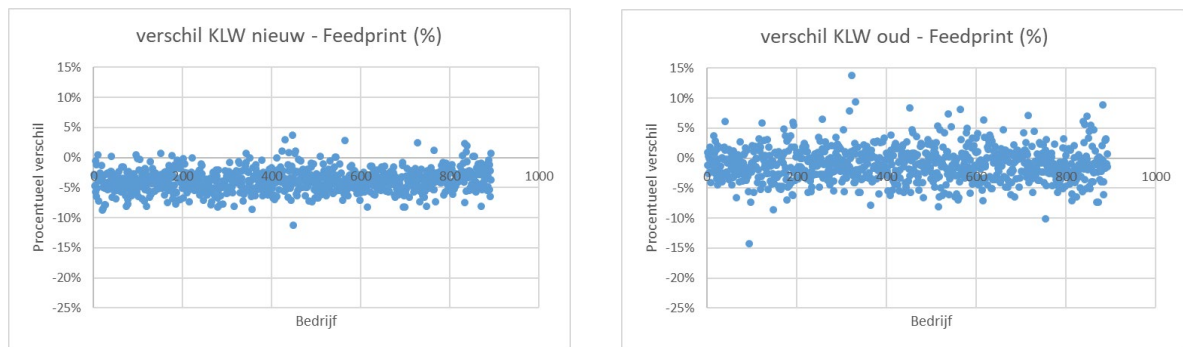
De gebruikte dataset is representatief voor het gemiddelde en de variatie van het Nederlandse melkveebedrijf. Tijdens de analyse bleek dat 107 bedrijven data misten die in deze analyse gebruikt worden. De resultaten hebben daarom betrekking op 893 bedrijven. Tabel 4.2 laat zien dat de enterische methaanemissie van het gemiddelde Nederlandse melkveebedrijf door de nieuwe Kringloopwijzer rekenregels (KLW nieuw) 3% tot 4% lager wordt dan met respectievelijk de oude rekenregels (KLW oud) en de rekenregels van Feedprint. De bandbreedte tussen de berekende maximale en minimale waarde wordt kleiner door de nieuwe rekenregels.

Tabel 4.2 *Enterische methaanemissie (kg CH₄ per jaar) van het gemiddelde Nederlandse melkveebedrijf volgens de nieuwe rekenregels (KLW nieuw), de oude rekenregels (KLW oud) en de rekenregels van Feedprint, inclusief het procentuele verschil tussen de verschillende methodes.*

	Enterische CH ₄ -emissie veestapel (kg per jaar)			Procentueel verschil		
	KLW oud (O)	KLW nieuw (N)	Feedprint (F)	(N-O)/O	(N-F)/F	(O-F)/F
Gemiddeld	16156	15648	16304	-3,1%	-4,0%	-0,9%
Max	90797	87556	92255	-3,6%	-5,1%	-1,6%
Min	1684	1746	1734	3,7%	0,7%	-2,9%

Voor wat betreft de vergelijkbaarheid van de resultaten van de Kringloopwijzer en van Feedprint blijkt dat het verschil tussen het gemiddelde resultaat van de Kringloopwijzer en Feedprint wordt vergroot van -0,9% naar -4,0%. Dit is mogelijk een structureel niveauverschil, omdat de vergelijkbaarheid voor individuele bedrijven beter wordt (Figuur 4.2).

Figuur 4.2 Het verschil (%) tussen zowel de nieuwe als oude rekenregels van de Kringloopwijzer uitgezet tegen de Feedprint rekenregels. Elk punt in de grafiek heeft betrekking op een individueel melkveebedrijf.



4.3.2 De oude en nieuwe rekenregels van de Kringloopwijzer

De nieuwe rekenregels geven een andere inschatting van de methaanemissie voor de belangrijkste ruwvoeders, voor krachtvoer en voor het voeropnameniveau (\approx melkproductie niveau). Het verschil in geschatte hoeveelheid methaanemissie (g CH_4) is per kenmerk zichtbaar gemaakt met een trendlijn (figuur 4.3). Uit figuur 4.3 blijkt dat met de nieuwe rekenregels andere methaanemissies worden berekend. Het gemiddelde verschil van $-3,1\%$ tussen de oude en nieuwe rekenregels (tabel 4.2) heeft voor individuele bedrijven een variatie van ongeveer $\pm 10\%$ (figuur 4.3). Bij een gemiddelde methaanemissie van rond de 16000 kg CH_4 per jaar geeft dat aan dat de nieuwe rekenregels voor een individueel melkveebedrijf een verschil kunnen maken van $\pm 1600 \text{ kg CH}_4$ per jaar. Het gemiddelde verschil mag dan negatief zijn (lager voor de nieuwe rekenregels), maar uit figuur 4.3 blijkt dat de nieuwe rekenregels van de Kringloopwijzer ook tot een hogere berekende methaanemissie kunnen komen. Over het geheel genomen geven de nieuwe rekenregels van de Kringloopwijzer voor 39% van de bedrijven een vergelijkbare methaanemissie (tussen -2% en 2% afwijking), voor 6% van de bedrijven een hogere waarde en voor 55% van de bedrijven lagere waarde voor de berekende methaanemissie.

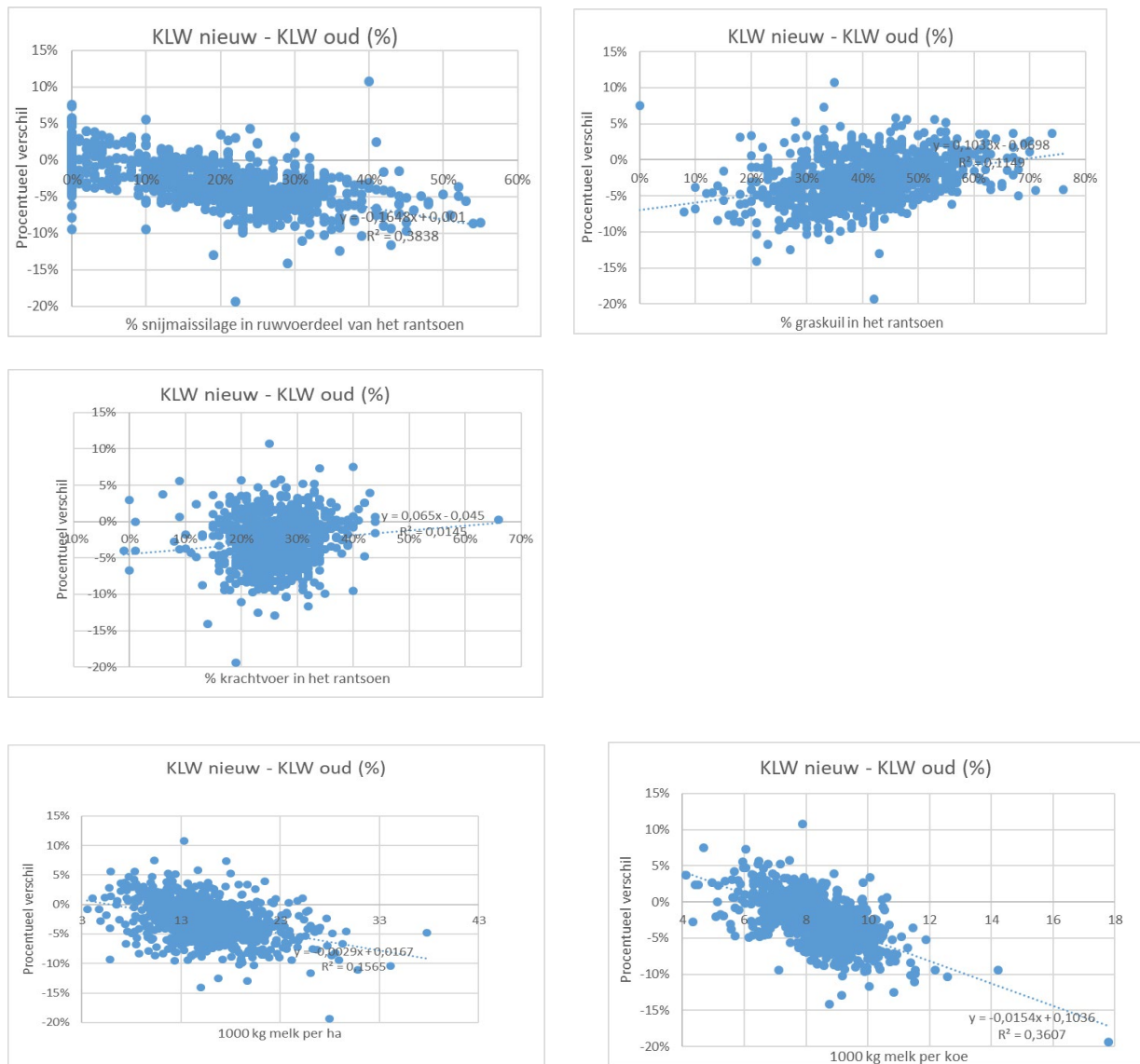
Voor het %krachtvoer verandert het verschil tussen oude en nieuwe rekenregels niet met een veranderend aandeel in het rantsoen. De nieuwe rekenregels geven vergelijkbaar vaak een hogere dan wel lagere berekende emissie dan de oude rekenregels.

Figuur 4.3 geeft voor %krachtvoer een bolvormige puntenwolk met een trendlijn met $R^2 = 0,01$. Er is dus geen relatie tussen het verschil in rekenregels en het %krachtvoer in het rantsoen. Dat wil niet zeggen dat de EF van mengvoer niet bijdraagt aan de verschillen tussen de oude en nieuwe rekenregels. Het kan namelijk ook veroorzaakt worden door het feit dat de EF van mengvoer geen vaste waarde heeft in relatie tot het %krachtvoer in de DS van het rantsoen. De leveranciers stemmen de grondstoffensamenstelling en voederwaarde van mengvoeders af op de op het melkveebedrijf beschikbare voedermiddelen.

Ook voor de andere kenmerken bestaat variatie in EF, wat een mogelijke verklaring is voor de relatief lage R^2 van de trendlijnen. Voor het %snijmaissilage en de melkproductie per koe wordt met $R^2 = 0,39$ en $0,36$ het beste verband gevonden.

Voor het %snijmaissilage, de melkproductie per koe en de melkproductie per ha geven de nieuwe rekenregels bij lage waarden vaker een hogere methaanemissie dan voor hogere percentages. Voor het %grassilage is dat juist andersom, voor hoge waarden geven de nieuwe rekenregels vaker een hogere methaanemissie dan bij lagere percentages.

Figuur 4.3 Het verschil (%) tussen de nieuwe en oude rekenregels van de Kringloopwijzer (Y) uitgezet tegen (X) i.c. het percentage snijmaissilage, grassilage en krachtvoer in het rantsoen en met de kg melk per koe en kg melk per ha (inclusief trendlijnen). Elk punt in de grafieken heeft betrekking op een individueel melkveebedrijf.



Kenmerk (X)	Trendlijn	R ²
% Snijmaissilage	$Y = - 0,165 X + 0,001$	0,39
% Grassilage	$Y = 0,104 X + 0,070$	0,11
% Krachtvoer	$Y = 0,065 X + 0,045$	0,01
1000 kg melk per koe	$Y = - 0,015 X + 0,104$	0,36
1000 kg melk per ha	$Y = - 0,003 X + 0,017$	0,16

4.3.3 De Kringloopwijzer en Feedprint

De nieuwe rekenregels voor de Kringloopwijzer hebben ook invloed op de vergelijkbaarheid van de Kringloopwijzer uitkomsten en de uitkomsten van Feedprint voor wat betreft de berekende enterische methaanemissie. Voor het gemiddelde melkveebedrijf wordt door de nieuwe Kringloopwijzer een 4% lagere methaanemissie berekend, maar voor het individuele bedrijf neemt de vergelijkbaarheid van de resultaten toe (paragraaf 4.3.1). Voor de kenmerken %snijmaissilage, %vers gras, % krachtvoer, kg melk per koe en kg melk per ha is er door de update van de Kringloopwijzer rekenregels over de hele

range een vrij constant verschil tussen de Kringloopwijzer en Feedprint. Dat was met de oude rekeregels niet het geval. In figuur 4.4 wordt dat aanschouwelijk gemaakt.

Figuur 4.4 Voorbeeld van de impact van de nieuwe Kringloopwijzer rekenregels op de vergelijkbaarheid van de resultaten voor enterische methaan van de Kringloopwijzer en Feedprint. Het verschil (%) tussen de nieuwe Kringloopwijzer rekenregels en die van Feedprint uitgezet tegen het percentage snijmaissilage in het rantsoen.



5 Conclusies

De nieuwe rekenregels van de Kringloopwijzer geven een andere schatting van de enterische methaanemissie op het Nederlandse melkveebedrijf. Door de toegenomen beschikbaarheid van data konden de rekenregels zodanig verfijnd worden dat de variatie in de ruwvoer kwaliteit van snijmaissilage en grassilage beter meegenomen wordt bij de schatting van de enterische methaanemissie. Datzelfde geldt voor mengvoerders, voor het voeropnameniveau en de diercategorieën.

De EF-rekenregels zijn afgeleid met de Nederlandse Tier 3 benadering en gebaseerd op experimenteel onderzoek. De rekenregels zijn gebaseerd op data van individuele dieren en op basis van de dagelijkse voeropname. Deze rekenregels zijn aangepast om in de Kringloopwijzer met de beschikbare informatie op het Nederlandse melkveebedrijf te kunnen rekenen. Een belangrijke aanpassing betreft het kunnen rekenen met bedrijfsspecifieke EF-waarden op veestapelniveau en op jaarbasis. Dit rapport toont aan dat het rekenen op veestapelniveau en jaarbasis, in vergelijking tot het rekenen op diervoorname- en dagbasis, nauwelijks invloed heeft op de berekende enterische methaanemissie.

De nieuwe rekenregels van de Kringloopwijzer berekenen voor het gemiddelde Nederlandse melkveebedrijf een 3% lagere enterische methaanemissie. Voor het individuele bedrijf kan het verschil tussen de nieuwe en de oude rekenregels variëren van ongeveer $\pm 10\%$. De bandbreedte van de schatting voor de enterische methaanemissie wordt kleiner door de nieuwe rekenregels. Voor 39% van de bedrijven in de dataset geven de nieuwe rekenregels nagenoeg dezelfde methaanemissie als de oude rekenregels, voor 55% van de bedrijven een lagere methaanemissie en voor 6% van de bedrijven hogere emissie dan met de oude rekenregels.

Het verschil (%) tussen de nieuwe en oude rekenregels van de Kringloopwijzer varieert in afhankelijkheid van de kenmerken 'aandeel snijmaissilage' en 'aandeel grassilage' in het rantsoen en het melkproductieniveau. Het verschil is niet afhankelijk van het kenmerk 'aandeel mengvoer' in het rantsoen. Voor de kenmerken 'aandeel snijmaissilage' in het rantsoen en 'melkproductieniveau' berekenen de nieuwe rekenregels bij lage aandelen overwegend hogere methaanemissies en bij hogere aandelen overwegend lagere methaanemissies dan de oude rekenregels. Voor het 'aandeel grassilage' is het omgekeerde het geval.

De vergelijkbaarheid van de enterische methaanemissie berekend met de Kringloopwijzer en met Feedprint is verbeterd met de nieuwe rekenregels. Het gemiddelde verschil neemt weliswaar toe van $-0,9\%$ naar $-4,0\%$, maar in tegenstelling tot de oude rekenregels laten de nieuwe rekenregels voor het individuele bedrijf over de gehele range een vrij constant verschil met Feedprint zien met een nauwe bandbreedte van ongeveer $\pm 5\%$. De oude rekenregels laten ten opzichte van Feedprint vanaf de gemiddelde waarde een toenemende afwijking zien met een bandbreedte van ongeveer $\pm 10\%$.

Literatuur

- Bannink, A., M.W. van Schijndel and J. Dijkstra (2011). A model of enteric fermentation in dairy cows to estimate methane emission for the Dutch National Inventory Report using the IPCC Tier 3 approach. *Animal Feed Science and Technology* 166-167 (2011). - ISSN 0377-8401 - p. 603 - 618.
- Handboek Melkveehouderij 2017/2018. <https://www.wur.nl/nl/show/Handboek-Melkveehouderij.htm>
- Handreiking bedrijfsspecifieke excretie melkvee, versie per 17 april 2020. Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, Utrecht.
- Hatew, B., A. Bannink, H. van Laar, L.H. de Jonge, J. Dijkstra. 2016. Increasing harvest maturity of whole-plant corn silage reduces methane. *Journal of Dairy Science* 99: 354-368.
- Heeren, J.A.H., Podesta, S.C., Hatew, B., Klop, G., van Laar, H., Bannink, A., Warner, D., de Jonge, L.H. and Dijkstra, J. 2014. Rumen degradation characteristics of ryegrass herbage and ryegrass silage are affected by interactions between stage of maturity and nitrogen fertilization level. *Animal Production Science* 54, 1263-1267.
- Mourits, M.C.M., Zom, R.L.G., Derks, A.J.J., Evers, A.G., de Haan, M.H.A., Steeneveld, W. en Hogeveen, H. (2013). Jongveeopfok in bedrijfsverband: faalkosten en winstkansen. Rapport 705 Wageningen UR Livestock Research, Wageningen.
- Ruysenaars, P.G., Coenen, P.W.H.G., Zijlema, P.J., Arets, E.J.M.M., Baas, K., Dröge, R., Geilenkirchen, G., 't Hoen, M., Honig, E., Van Huet, B., Van Huis, E.P., Koch, W.W.R., Lagerwerf, L.A., Te Molder, R., Montfoort, J.A., Peek, C.J., Vonk, J., Van Zanten, M.C. (2019). Greenhouse gas emissions in the Netherlands 1990-2017: National Inventory Report 2019. Bilthoven, RIVM National Institute for Public Health and the Environment, RIVM Report 2019-0020
- Šebek, L.B., de Haan, M.H.A., Bannink, A. 2014. Methaanemissie op het melkveebedrijf; Impactanalyse voor reductiemaatregelen en doorrekening daarvan in de Kringloopwijzer. Wageningen UR, Livestock Research Rapport 796.
- Šebek, L.B., Mosquera, J. en Bannink, A. 2016. Rekenregels voor de enterische methaanemissie op het melkveebedrijf en reductie van de methaanemissie via mest-handling; Het handelingsperspectief van het voerspoor inzichtelijk maken met de Kringloopwijzer. Wageningen UR, Livestock Research Rapport 976.
- Van Dijk, W., Schröder, J.J., Šebek, L.B., Oenema, J., Conijn, J.G., Vellinga, Th., de Boer, M.H.A de Haan en Verloop, J., 2020. Rekenregels van de KringloopWijzer 2019; Achtergronden van BEX, BEA, BEN, BEP en BEC: actualisatie van de 2018-versie. Wageningen Research, Rapport WPR 956.
- Warner, D., Bannink, A., Hatew, B., Van Laar, H., Dijkstra, J. 2017. Effects of grass silage quality and level of feed intake on enteric methane production in lactating dairy cows. *Journal of Animal Science* 95: 3687-3699.
- Warner, D., B. Hatew, S.C. Podesta, G. Klop, S. van Gastelen, H. van Laar, J. Dijkstra, A. Bannink. 2016. Effects of nitrogen fertilisation rate and maturity of grass silage on methane emission by lactating dairy cows. *Animal* 10: 34 - 43.
- Warner, D., Podesta, S.C., Hatew, B., Klop, G., van Laar, H., Bannink, A. and Dijkstra, J. 2015. Effect of nitrogen fertilization rate and regrowth interval of grass herbage on methane emission of zero-grazing lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 98, 3383-3393.

To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life



Wageningen Livestock Research
Postbus 338
6700 AH Wageningen
T 0317 48 39 53
E info.livestockresearch@wur.nl
www.wur.nl/livestock-research

Wageningen Livestock Research ontwikkelt kennis voor een zorgvuldige en renderende veehouderij, vertaalt deze naar praktijkgerichte oplossingen en innovaties, en zorgt voor doorstroming van deze kennis. Onze wetenschappelijke kennis op het gebied van veehouderijsystemen en van voeding, genetica, welzijn en milieu-impact van landbouwhuisdieren integreren we, samen met onze klanten, tot veehouderijconcepten voor de 21e eeuw.

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.500 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

