



## Overzicht wetenschappelijke discussie over methaanwaardering voor de zuivelsector

Albert Moerkerken (Moerkerken Projectmanagement & Advies), Ine Spijkerman en Frits van der Schans

# Overzicht wetenschappelijke discussie over methaanwaardering voor de zuivelsector

Auteurs: Albert Moerkerken (Moerkerken Projectmanagement en Advies),  
Ine Spijkerman en Frits van der Schans (CLM)

© CLM, publicatienummer 1108, april 2022

## CLM Onderzoek en Advies

### Postbus:

Postbus 62  
4100 AB Culemborg

### Bezoekadres:

Gutenbergweg 1  
4104 BA Culemborg

T 0345 470 700  
[www.clm.nl](http://www.clm.nl)

# Inhoud

<b>Samenvatting</b>	<b>3</b>
<b>Reflectie op het rapport 'Overzicht wetenschappelijke discussie over methaanwaardering voor de zuivelsector'</b>	<b>8</b>
<b>1 Inleiding</b>	<b>11</b>
<b>2 De levensduur van methaan</b>	<b>12</b>
<b>3 Beleidsafspraken over doelen en het bepalen van methaanemissies</b>	<b>13</b>
3.1 Parijs Akkoord	13
3.2 Global Methane Pledge	13
3.3 Internationale richtlijnen nationale rapportage over emissies van broeikasgassen	14
3.4 Nederlandse emissierapportage van melkvee	14
<b>4 De wetenschappelijke discussie rond de waardering van methaan</b>	<b>16</b>
4.1 De omrekenfactor voor methaan: de GWP100	16
4.2 Het meest besproken alternatief, GWP*	19
4.3 Netto nul emissies voor de landbouwsector: een kwestie van definitie	20
4.4 Biogeen versus fossiel methaan	21
4.4.1 Waarom wordt biogeen methaan iets lager gewaardeerd dan fossiel methaan?	22
<b>5 Conclusies en discussie</b>	<b>23</b>
5.1 Conclusies	23
5.2 Discussie	23
<b>Referenties</b>	<b>25</b>
<b>Bijlage: Achtergrondinformatie</b>	<b>30</b>

## Samenvatting

Het bepalen van de klimaatimpact van methaan krijgt momenteel veel wetenschappelijke aandacht. Daarbij is ook aandacht voor het onderscheid tussen biogeen en fossiel methaan. In de melkveehouderij komt onder andere het broeikasgas (biogeen) methaan vrij, met name uit de pens van de koe, bij de fermentatie van het voer, (79%) en uit de opslag van mest (21%). In welke mate draagt biogeen methaan uit de melkveehouderij bij aan klimaatopwarming? De klimaatimpact voor methaan wordt uitgedrukt in CO<sub>2</sub>-equivalenten. Nieuwe wetenschappelijke benaderingsmethoden voor het uitdrukken van methaan in CO<sub>2</sub>-equivalenten resulteren in andere inzichten. De Duurzame Zuivelketen heeft daarom aan CLM gevraagd om een overzicht te presenteren, van de actuele wetenschappelijke discussiepunten rond de waardering van (biogeen) methaan uit de melkveehouderij. Om het onderwerp begrijpelijk te maken voor een breder publiek is de bijlage toegevoegd, met meer informatie over klimaatverandering, methaankringlopen en methaanemissie in Nederland.

### **Wat is het verschil tussen biogeen en fossiel methaan?**

Biogeen methaan heeft een organische oorsprong, het komt onder andere vrij uit levende dieren en recente afbraak van planten. Een voorbeeld van biogeen methaan, is methaan dat vrijkomt bij vertering van gras in een koeienpens.

Fossiel methaan komt vrij bij winning, transport en gebruik van fossiele brandstoffen.

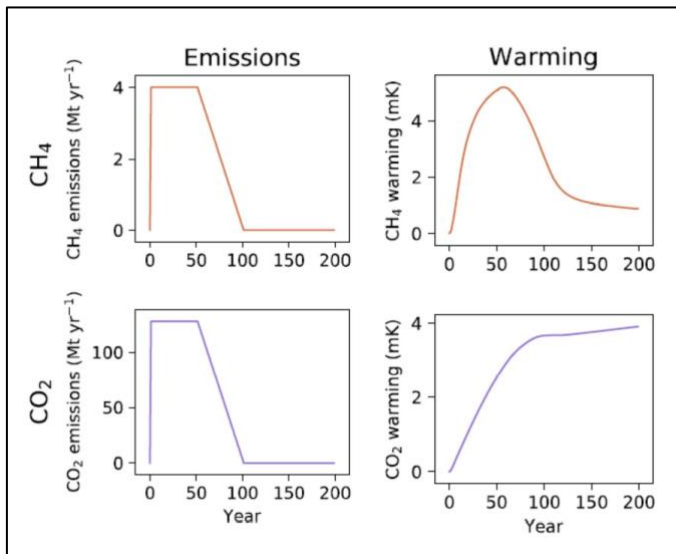
Biogeen methaan uit de landbouw, was in 2019 verantwoordelijk voor driekwart van de totale emissie van methaan in Nederland, bij de huidige omrekenfactoren. Het onderscheid is van belang omdat het [Intergovernmental Panel on Climate Change \(IPCC\)](#) al jaren verschillende factoren presenteert voor biogeen en fossiel methaan, maar vooralsnog wordt alleen de fossiele factor toegepast in de nationale emissierapportages.

Overigens heeft IPCC een wetenschappelijke rol, geen beleidsmatige. IPCC heeft werkgroepen, bestaande uit wetenschappers, die de actuele wetenschappelijke literatuur over klimaat en klimaatverandering bij elkaar brengen.

### **Levensduur van methaan in de atmosfeer**

In de atmosfeer heeft methaan een levensduur van circa 12 jaar, doordat het relatief snel wordt afgebroken tot onder andere CO<sub>2</sub>. Daarentegen is de levensduur van CO<sub>2</sub> in de atmosfeer honderden jaren. De discussie rondom methaanwaardering, gaat over welke omrekenmethode het beste het opwarmend effect van methaan weergeeft en die tegelijkertijd het effect van reductie-maatregelen nauwkeurig beschrijft. De kortere levensduur van methaan heeft daarom twee belangrijke consequenties (Meinshausen and Nicholls, 2022).

- Ten eerste maakt de veel kortere levensduur van methaan het vergelijken van de klimaatimpact van methaan met CO<sub>2</sub> lastig. Toch is vergelijking van het klimaatopwarmend effect van verschillende broeikasgassen nodig om beleidskeuzes te kunnen maken.
- Ten tweede zorgt de relatief korte levensduur, in combinatie met het hoge opwarmend effect van methaan, ervoor dat een reductie van methaanemissies veel sneller effect heeft op het klimaat, dan het reduceren van CO<sub>2</sub>. Dit is geïllustreerd in onderstaande figuur A, waarin het opwarmend effect als gevolg van veranderingen in het emissiepatroon van methaan en CO<sub>2</sub> wordt getoond.



Figuur A: Opwarmend effect methaan en CO<sub>2</sub>, als gevolg van een veranderend emissiepatroon (uit: Lynch et al., 2020)  
(let op dat het aantal Mt methaanemissie (CH<sub>4</sub>) in de figuur veel lager ligt dan bij CO<sub>2</sub>!)

Figuur A laat zien dat de opwarming veel sneller reageert op het emissiepatroon van methaan, en bovendien dat CO<sub>2</sub> accumuleert in de atmosfeer, waardoor het opwarmend effect honderden jaren aanhoudt. Vooral omdat het klimaat snel reageert op het emissiepatroon van methaan, geeft de internationale politiek recent veel aandacht aan methaan, zoals de in Glasgow gemaakte afspraken in de [‘Global Methane Pledge’](#). Deze afspraken betekenen overigens niet dat het terugdringen van fossiele energie minder prioriteit heeft.

#### Levensduur methaan in de atmosfeer: 8 of 12 jaar?

In de wetenschap (IPCC, 2021) wordt gesproken over de ‘perturbation lifetime’ van methaan van circa 12,4 jaar en een ‘global mean atmospheric lifetime’ van circa 8,4 jaar (IPCC). De ‘perturbation lifetime’ corrigeert de verblijftijd van methaan in de atmosfeer voor de concentratie methaan in de atmosfeer. De verblijftijd van methaan in de atmosfeer wordt namelijk hoger bij toenemende concentratie, omdat methaan dan minder snel wordt afgebroken.

De ‘atmospheric lifetime’ houdt rekening met de opname van methaan, o.a. door de bodem. De ‘atmospheric lifetime’ is daardoor lager dan de ‘perturbation lifetime’.

## Belangrijkste bevindingen

Hoe om te gaan met de relatief korte levensduur van methaan in de atmosfeer en het omrekenen naar een met CO<sub>2</sub> vergelijkbare emissie, is een belangrijk onderwerp van de huidige wetenschappelijke discussie. Onderstaand zijn puntsgewijs onze belangrijkste bevindingen van dit recente onderzoek weergegeven:

- **Huidige omrekenmethode, GWP<sub>100</sub>**

De huidige internationaal afgesproken methode om de emissie van methaan om te rekenen naar een soortgelijke CO<sub>2</sub>-emissie heet GWP<sub>100</sub>. GWP<sub>100</sub> staat voor Global Warming Potential met een tijdshorizon van 100 jaar. In verschillende Klimaatverdragen (Kyoto en Parijs) is voorgeschreven de GWP<sub>100</sub> te hanteren, zoals vastgesteld door [IPCC](#), het Intergovernmental Panel on Climate Change. GWP<sub>100</sub> wordt toegepast om het integrale effect van een methaan-emissie over een periode van 100 jaar, om te rekenen naar een soortgelijk effect van CO<sub>2</sub>. Recente literatuur toont aan dat wetenschappers enkele tekortkomingen signaleren van deze omrekenfactor:

- GWP<sub>100</sub> is geen indicator voor temperatuurstijging. Bij een emissietoename van methaan onderschat GWP<sub>100</sub> de feitelijke opwarming van het klimaat.
- GWP<sub>100</sub> geeft geen goede weergave van het effect als de totale methaanemissie daalt. Als nu een daling van de methaanemissie plaatsvindt, zal de opwarming snel vertragen (zie ook Figuur A). GWP<sub>100</sub> brengt dit echter niet in beeld, omdat het integrale effect over een termijn van 100 jaar wordt weergegeven.

- **Alternatieve omrekenfactor, GWP\***

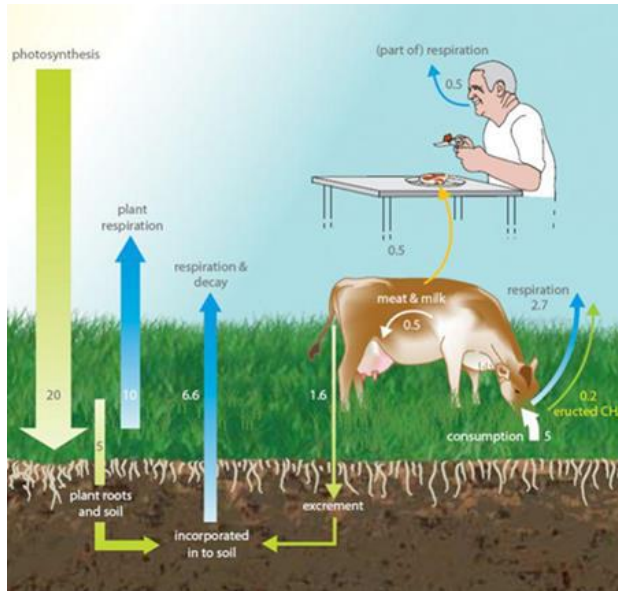
GWP\* is een alternatieve omrekenfactor die het feitelijke opwarmend effect van methaan beter weergeeft. GWP\* houdt vooral beter rekening met de kortere levensduur van methaan in de atmosfeer, ten opzichte van GWP<sub>100</sub>. De politieke consequenties van toepassing van de GWP\* op internationaal niveau zijn echter groot. GWP<sub>100</sub> rekent met gemiddelde effecten van methaan over een periode van 100 jaar, terwijl GWP\* rekent met directe veranderingen in het emissiepatroon. Landen die, historisch gezien, relatief veel methaanemissies hebben en voor een relatief groot deel verantwoordelijk zijn voor opwarming van de aarde (zoals Nieuw Zeeland en Australië) komen door de uitstoot nu te laten dalen, met GWP\* gunstiger voor het voetlicht dan met GWP<sub>100</sub>. Daarentegen komen landen die historisch gezien lage methaanemissies hadden en nu economische groei ervaren (onder andere Brazilië, Senegal en China) ongunstig voor het voetlicht. Dat kan enorme consequenties hebben voor afspraken over het terugdringen van emissies. Ook op nationaal niveau zijn de consequenties groot, omdat afspraken met sectoren en wettelijk vastgelegde reductiepercentages voor broeikasgassen, zijn gebaseerd op GWP<sub>100</sub>.

- **Verskil tussen biogeen en fossiel methaan**

IPCC presenteert in haar onderzoeksrapporten verschillende omrekenfactoren voor methaan, met een biogene en fossiele herkomst. In nationale emissierapportages wordt echter uitsluitend gerekend met de fossiele factor (zoals bepaald in IPCC-richtlijnen uit 2006), die een iets groter geschat broeikas effect heeft dan biogeen methaan: Voor fossiel methaan schat IPCC dat het broeikas effect 29,8 keer sterker is dan van CO<sub>2</sub>, van biogeen schat men dat dit 27,2 keer sterker is (IPCC, 2021). De reden voor dit lagere verwachte opwarmend effect is, dat bij biogeen methaan sprake is van een kortdurende koolstofkringloop, waarbij het naar CO<sub>2</sub> afgebroken methaan uit de koe niet tot een toename in de atmosferische CO<sub>2</sub> leidt, omdat het eerder is opgenomen door gras. Figuur B op de volgende pagina illustreert deze korte koolstofkringloop bij melkvee (zie punt 4 in de bijlage, voor meer informatie over koolstofkringlopen in de landbouw). Bij fossiel methaan is geen sprake van een korte cyclus, maar juist een langlopende cyclus van miljoenen jaren. Hoewel het om dezelfde stof gaat, draagt fossiel methaan daarom bij aan extra toevoeging van koolstof in de atmosfeer. Waar fossiele emissies van methaan en CO<sub>2</sub>

naar nul moeten, kan dat bij biogene emissies van methaan en lachgas niet, omdat die inherent zijn aan het houden van vee en de teelt van gewassen.

Het toepassen van een andere factor voor biogeen methaan zal vooral gevolgen hebben voor de verhouding tussen de fossiele sector en de veehouderij. De impact van reductiemaatregelen bij de fossiele sector zal bij toepassing van de omrekenfactoren biogeen en fossiel methaan naar CO<sub>2</sub>-equivalenten iets hoger zijn dan bij de veehouderij.



Figuur B: Koolstofstromen bij melkproductie in ton koolstof (C)/ha/jaar (Parsons and Chapman, 2000).

- **Het begrip ‘netto-nul-emissies’**

Het Parijs Akkoord beschrijft het bereiken van ‘netto-nul-emissies’ als middel om verdere opwarming tegen te gaan. Het betekent dat er een evenwicht moet ontstaan tussen emissiebronnen van broeikasgassen en het vastleggen of afbreken van broeikasgassen (zie punt 2 in de bijlage voor meer informatie over bronnen en ‘sinks’ van methaan). Voor fossiel methaan betekent dit nul emissies. Voor typische landbouwemissies, zoals biogeen methaan uit de melkveehouderij, is het begrip echter nog niet gedefinieerd. Het is belangrijk om het einddoel goed te definiëren, ook gezien de wettelijk vastgelegde doelen voor broeikasgasreductie in Nederland. Het gaat dan met name om de vastlegging en afbraak van koolstof, de verschillende emissiebronnen en het tijdspad tussen emissie en afbraak. Sommige wetenschappers stellen dat bij een jaarlijkse methaanemissiereductie van 0,3% per jaar, geen klimaatopwarming door methaan plaatsvindt. Andere wetenschappers vinden een grotere reductie van methaanemissie nodig om klimaatopwarming te voorkomen. Zij vinden dat het niet zozeer om netto-nul-emissies moet gaan, maar om netto nul toename in opwarmend effect. Zij hanteren hierbij de term netto-stralingsbalans.

### Conclusies

De bovenstaande bevindingen leiden tot de volgende conclusies:

- In nationale rapportages wordt nu GWP<sub>100</sub> gebruikt als omrekenfactor voor methaan, terwijl het toepassen van GWP\* beter overeenkomt met de feitelijke opwarming, ten gevolge van een verandering in de methaanemissie.

- IPCC presenteert verschillende omrekenfactoren voor biogeen en fossiel methaan. Het verschil in omrekenfactor wordt echter niet toegepast in de nationale emissierapportages.
- Berekend met GWP\* zorgt een gelijkblijvende emissie van biogeen methaan nauwelijks voor **extra** opwarming van de aarde. Een reductie van deze emissie met 0,3% per jaar resulteert in nul opwarmingsequivalenten.
- Het begrip ‘netto-nul-emissies’, om de doelstellingen van het Parijs Akkoord te realiseren, is voor de landbouwsector nog niet goed gedefinieerd.

### Discussie

Aan bovenstaande conclusies kunnen een aantal consequenties worden verbonden die grote impact hebben. Daarbij gaat het onder andere om de volgende discussiepunten:

- Nederland kent een klimaatbeleid met een wettelijk verankerd doel van 95% reductie van broeikasgassen in 2050, ten opzichte van 1990 (zie punt 2.2 in de bijlage, voor informatie over methaanemissie in Nederland). De doelen van het klimaatbeleid zijn ook internationaal vastgelegd. In een recente Kamerbrief (d.d. 15 Februari 2022) is de uitwerking van het Coalitieakkoord beschreven, inclusief aanpassing van de wettelijk verankerde doelen. Het verdient aanbeveling om bij uitwerking van de consequenties voor de zuivelsector de recente inzichten rond methaanwaardering mee te nemen.
- Een aantal wetenschappers presenteert GWP\* als alternatief voor GWP<sub>100</sub>. Voor interne doeleinden binnen zuivelorganisaties, kan het inzichtelijk zijn om GWP\* voor methaan te berekenen en implementeren, naast de gebruikelijke rapportage met GWP<sub>100</sub>.
- Daarnaast presenteert IPCC verschillende factoren voor biogeen en fossiel methaan. In de berekening met GWP\* kan eenvoudig de factor voor biogeen methaan worden geïmplementeerd. Het is onduidelijk waarom de factoren voor biogeen en fossiel methaan nog niet worden geïmplementeerd voor de nationale emissierapportages.
- Voor de langere termijn is het voor de melkveehouderij van belang om het begrip ‘netto-nul-emissies’ uit te werken, rekening houdend met de verschillende invalshoeken uit de literatuur.
- Het ‘methaanverhaal’ in de zuivelsector wordt door veel ondernemers als complex ervaren. In het verleden is gebleken dat ondernemers het verhaal niet goed begrijpen (zie punt 3 in de bijlage voor meer informatie). Daarom is het van belang om duidelijk te communiceren over deze materie.



# Reflectie op het rapport 'Overzicht wetenschappelijke discussie over methaanwaardering voor de zuivelsector'

*Dr. Ir. Corina van Middelaar, Animal Production Systems, Wageningen University and Research*

*Dr. ir. Jan Dijkstra, Animal Nutrition, Wageningen University and Research*

*Dr. Jerry van Dijk, Copernicus Institute for Sustainable Development, Universiteit Utrecht*

Klimaatverandering is één van de grote uitdagingen van dit moment. Het doel om opwarming van de aarde in 2100 te beperken tot 1,5°C is ambitieus en vereist ingrijpende maatregelen in alle aspecten van onze samenleving. De opwarming wordt door verschillende broeikasgassen veroorzaakt. Deze gassen kunnen sterk verschillen in de mate waarin ze bijdragen aan het opwarmend effect. Dit heeft enerzijds te maken met hoe sterk ze warmtestraling vasthouden (hun bijdrage aan 'radiative forcing'), en anderzijds met hun levensduur in de atmosfeer, die bepaalt hoe lang het opwarmend effect na uitstoot voortduurt. Omdat verschillende economische sectoren verschillen in welk broeikasgas het meest wordt uitgestoten, zijn er ook grote verschillen in de klimaatopgaven tussen deze sectoren. Voor de veehouderij is methaan (CH<sub>4</sub>) één van de belangrijkste broeikasgassen, gevolgd door lachgas (N<sub>2</sub>O) en CO<sub>2</sub>.

Methaan krijgt veel aandacht in het huidige klimaatbeleid, omdat het per kilogram uitstoot, een grotere bijdrage levert aan de opwarming dan CO<sub>2</sub>. Dit maakt het een interessant gas voor klimaatbeleid, omdat reductie in de uitstoot ervan dus ook vrij snel de opwarming zou kunnen remmen. Hoeveel groter het opwarmend effect is van methaan, ten opzichte van CO<sub>2</sub> is echter onderwerp van wetenschappelijk debat. Dit heeft vooral te maken met hernieuwde inzichten in het gedrag van methaan in de atmosfeer, met name de snelheid waarmee het weer wordt omgezet in CO<sub>2</sub>. Deze afbraaksnelheid bepaalt hoe lang methaan in de atmosfeer verblijft en dus bijdraagt aan de opwarming ervan.

Het debat wordt met grote belangstelling gevolgd door zowel beleidsmakers als de sectoren met een grote reductieopgave voor methaan. Dit komt omdat de hernieuwde inzichten laten zien dat, als beter rekening wordt gehouden met de relatief korte verblijftijd van methaan in de atmosfeer, de bijdrage van een constante uitstoot aan de opwarming ook geringer is, dan tot nu toe werd aangenomen; terwijl een toename in de uitstoot juist een grotere bijdrage heeft. Dat kan betekenen dat de huidige bijdrage van methaan aan de opwarming overschat wordt, en reductiedoelstellingen voor methaan daarmee te hoog zijn vastgesteld. Als dat wordt aangegrepen om de huidige reductiedoelstelling voor methaan te verminderen, of zelfs tot nul terug te brengen, betekent dat wel dat de reductiedoelstellingen voor andere broeikasgassen omhoog zullen moeten, om dezelfde opwarmingsdoelstelling te kunnen halen. Aan dit laatste aspect zijn ook belangrijke politieke

consequenties verbonden, omdat dit kan leiden tot een andere verdeling van reductiedoelstellingen tussen verschillende landen, afhankelijk van de hoeveelheid methaan die ze nu al uitstoten.

Deze nieuwe inzichten zijn op dit moment nog niet overgenomen in het klimaatbeleid en de reductiedoelstellingen. Omdat overname van de nieuwe inzichten echter zulke grote consequenties kan hebben, is het belangrijk dat er een goed begrip is van wat die nieuwe inzichten precies inhouden en welke consequenties de verschillende keuzes die hierin gemaakt kunnen worden, hebben voor de reductiedoelstellingen van de sector, het klimaatbeleid, en uiteindelijk onze bijdrage aan het remmen van de opwarming van de aarde. Het voorliggende rapport vat daarom de laatste inzichten in de methaadiscussie weer, en bespreekt de mogelijke consequenties daarvan voor het klimaatbeleid en de klimaatdoelstellingen.

Onzes inziens geeft het rapport een vakkundige uiteenzetting, van de belangrijkste facetten rondom de waardering van methaan en de bijdrage aan klimaatverandering, op basis van de meest recente wetenschappelijke literatuur en beleidsstukken. Processen als de koolstofkringloop en verschillen tussen manieren om verschillende broeikasgassen ten opzichte van elkaar te wegen, worden op een heldere manier uitgelegd, waaruit de belangrijkste consequenties voor klimaatbeleid logisch volgen. Het belang van het verschil tussen broeikasgassen met een korte en met een lange levensduur, met een biogene of fossiele oorsprong, en de impact van deze verschillen op opwarming - op wat kortere versus wat langere termijn - wordt kort omschreven. De nadruk ligt op de correcte en objectieve weergave van de feiten. In de discussie rondom metrics (conventionele GWP en GWP\*) is deze helderheid gewenst, om uitspraken te kunnen doen over het nut en de toepassing bij een gegeven doelstelling. In het klimaatakkoord staat de doelstelling om verdere opwarming van de aarde tegen te gaan centraal; een metric die de temperatuurstijging ten gevolge van broeikasgassen nauwkeurig weergeeft, sluit hierbij aan. De vraag of de conventionele GWP hierin tekortschiet en GWP\* daarom een beter alternatief is, is relevant. Die vraag lijkt in het rapport met een ja beantwoord te worden, hoewel ook aandacht wordt besteed aan de bezwaren die de nieuwe metric met zich meebrengt. Eén van de belangrijkste voordelen is dat GWP\* (al dan niet impliciet) toestaat beter onderscheid te maken, tussen aanpak van broeikasgassen met een korte en een lange levensduur. Een van de belangrijkste bezwaren is dat GWP\* uitgaat van een verandering in emissies en daarmee (Westerse) landen - die op dit moment relatief veel methaan uitstoten door hun activiteiten en die daardoor relatief gemakkelijk een emissiedaling kunnen realiseren - een voorsprong geeft, ten opzichte van (ontwikkelings-)landen die nu een groei doormaken. Hoewel voor- en nadelen duidelijk worden genoemd, worden verdere (mogelijke) implicaties van de toepassing van beide metrics niet verder besproken. Om tot een oplossing te komen voor het klimaatprobleem, lijken juist deze implicaties echter van doorslaggevend belang. We willen benadrukken dat het hier niet zozeer gaat om verschil in wetenschappelijk inzicht, maar vooral om de politieke consequenties van het overnemen van deze inzichten, voor het op een rechtvaardige en effectieve manier vormgeven van het wereldwijde klimaatbeleid, zonder dat dit ten koste gaat van het behalen van de klimaatdoelstellingen.

In vergelijking met de conventionele metric GWP100 lijkt GWP\* meer perspectief te bieden voor de Nederlandse zuivelsector, omdat - onder gelijkblijvende emissies - het additionele klimaateffect van methaan minimaal is, en een emissiereductie tot een sterkere remming van de opwarming leidt. De vraag is of een dergelijk perspectief zal bijdragen aan het oplossen van het klimaatprobleem. Ook bij het definiëren van netto-nul-emissies, dient de uiteindelijke doelstelling om verdere opwarming van de aarde te stoppen, te allen tijde voorop te staan. De vraag of compensatie van bijvoorbeeld fossiele CO<sub>2</sub>-emissies door koolstofopslag in graslanden, of methaanreductie, zal bijdragen aan lange-termijnoplossingen, kan helpen om tot een goede en werkbare definitie te komen. Het is ook belangrijk om breder te kijken dan alleen de koolstofcyclus. De koolstofcyclus is in sterke mate verweven met de stikstofcyclus en in mindere mate ook met de fosforcyclus. Omdat ook deze thema's grote uitdagingen kennen voor de veehouderij, is het noodzakelijk deze

uitdagingen in samenhang op te pakken, om mogelijke afwenteling en onbedoelde neveneffecten te voorkomen; ook al worden deze thema's in het beleid vaak nog los van elkaar geadresseerd. Uiteindelijk is het essentieel om te komen tot implementatie van maatregelen, die een hoge mate van wetenschappelijk bewezen milieu-effectiviteit hebben, maar onbedoelde en/of ongewilde consequenties vermijden, op het gebied van klimaat, andere milieuthema's (zoals stikstof) en op sociaal-economisch vlak.

# 1

## Inleiding

Het bepalen van de klimaatimpact van methaan krijgt momenteel veel wetenschappelijke aandacht. Daarbij is ook aandacht voor het onderscheid tussen biogeen en fossiel methaan. In de melkveehouderij komt onder andere het broeikasgas (biogeen) methaan vrij, met name uit de pens van de koe, bij de fermentatie van het voer, (79%) en uit de opslag van mest (21%).

Een veelgestelde vraag is in welke mate biogeen methaan uit de melkveehouderij bijdraagt aan klimaatopwarming. Nieuwe wetenschappelijke benaderingsmethoden, voor het uitdrukken van methaan in CO<sub>2</sub>-equivalenten, resulteren in andere inzichten. De Duurzame Zuivelketen heeft daarom CLM gevraagd om een overzicht te presenteren, van de actuele wetenschappelijke discussiepunten rond de waardering van biogeen methaan uit de melkveehouderij. Daarnaast zijn de beleidsafspraken over methaanwaardering in de nationale emissierapportages beschreven.

CLM heeft een beknopt literatuuronderzoek verricht, waarbij wetenschappers van Wageningen University & Research (WUR) en Universiteit Utrecht (UU) relevante studies hebben aanbevolen. Daarnaast hebben deze wetenschappers feedback gegeven op een conceptversie en een reflectie geschreven op de definitieve versie van dit document.

Om de huidige wetenschappelijke discussie over methaan te kunnen begrijpen, beschrijven we eerst de levensduur van methaan. De korte levensduur heeft namelijk impact op het vergelijken van het opwarmingspotentieel van methaan met dat van CO<sub>2</sub>. Vervolgens beschrijven we welke internationale (beleids-)afspraken zijn gemaakt over de methodiek van rapporteren en het berekenen van methaanemissie in de melkveehouderij. Vervolgens beschrijven we de hoofdpunten van de wetenschappelijke discussie. De conclusie en discussiepunten zijn daarna beschreven. Om het onderwerp begrijpelijk te maken voor een breder publiek is de bijlage toegevoegd, met meer informatie over klimaatverandering, methaankringlopen en methaanemissie in Nederland.

# 2

## De levensduur van methaan

Methaan heeft - in vergelijking met kooldioxide - een veel groter opwarmingspotentieel, maar een veel kortere verblijftijd in de atmosfeer. Dit is van belang, omdat bij de bepaling van het opwarmingspotentieel van methaan op het klimaat, het opwarmingspotentieel wordt vergeleken met dat van CO<sub>2</sub>. In de atmosfeer heeft methaan een levensduur van circa 12 jaar, het wordt relatief snel afgebroken tot onder andere CO<sub>2</sub>. Daarentegen is de levensduur van CO<sub>2</sub> in de atmosfeer honderden jaren. Het belangrijkste afbraakproces van methaan, in de onderste lagen van de atmosfeer, is oxidatie door het hydroxyl-radicaal. Dit radicaal ontstaat uit ozon, in combinatie met ultraviolet zonlicht en waterdamp. De levensduur van methaan is geen vaste waarde, omdat het afbraakproces van methaan (mede) afhankelijk is van de aanwezigheid van hydroxyl. Bij hogere concentraties van methaan in de atmosfeer, wordt de beschikbaarheid van hydroxyl een beperkende factor voor de omzetting van methaan en wordt de levensduur van methaan langer (Cady, 2020).

Het grotere opwarmingspotentieel en de kortere verblijfsduur van methaan maken het vergelijken van het broeikas effect met CO<sub>2</sub> lastig (Meinshausen and Nicholls, 2022). Toch is vergelijking van het opwarmend effect van verschillende broeikasgassen nodig, om beleidskeuzes te kunnen maken. De wetenschappelijke discussie rondom methaanwaardering gaat over welke omrekenmethode het beste de vergelijking van methaan met CO<sub>2</sub>-equivalenten weergeeft, zodat gedegen beleidskeuzes mogelijk zijn.

# 3

## Beleidsafspraken over doelen en het bepalen van methaanemissies

### 3.1 Parijs Akkoord

Op internationaal niveau zijn doelen vastgelegd voor beperking van de opwarming van de aarde, met daaruit voortkomende afspraken over het verminderen van broeikasgasemissies. Tijdens de 21<sup>e</sup> ‘Conference of Parties’ (COP) van de United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), op 12 december 2015, werd in Parijs een klimaatakkoord (het zogenaamde ‘Parijs Akkoord’) gesloten. Doel hiervan is beperken van de opwarming van de aarde met maximaal 2 graden Celsius, met het streven om de aarde niet verder dan 1,5 graad Celcius te laten opwarmen ten opzichte van het pré-industriële tijdperk (circa 1800). In maart 2018 hebben 195 landen, waaronder Nederland, het verdrag ondertekend (UNFCCC, 2018). Om dit doel te bereiken stelt het akkoord dat het noodzakelijk is dat in de tweede helft van de 21<sup>ste</sup> eeuw, een nettobalans van bronnen en ‘sinks’ voor broeikasgassen moet heersen. Daarnaast stelt het Parijsakkoord, in artikel 2b, dat klimaatmaatregelen de voedselzekerheid niet in het geding mogen brengen. En het Parijs akkoord erkent de kwetsbaarheden van voedselproductie door klimaatverandering (United Nations, 2015). Met het akkoord hebben rijke én arme landen afspraken gemaakt over het gezamenlijk terugdringen van de uitstoot van broeikasgassen. De afspraken gaan in vanaf 2020 (UNFCCC, 2018).

Het [Klimaatpanel van de Verenigde Naties](#), het ‘Intergovernmental Panel on Climate Change’ (IPCC) heeft in augustus 2021 het eerste deel van zijn zesde evaluatierapport "[Klimaatverandering 2021 - De wetenschappelijke basis](#)" gepubliceerd (IPCC, 2021). Dit Assessment Report 6, beschrijft de meest recente wetenschappelijke kennis over klimaatverandering. Geconstateerd wordt dat de gemiddelde mondiale opwarming inmiddels 1,1 graad Celsius bedraagt, ten opzichte van de pré-industriële periode. De temperatuurgrens van 1,5 graad Celsius uit het Parijs Akkoord wordt in alle scenario’s rond 2030 bereikt. Om de opwarming van de aarde te beperken, moet ten minste de netto CO<sub>2</sub>-uitstoot zo snel mogelijk tot nul worden teruggebracht.

### 3.2 Global Methane Pledge

In november 2021, tijdens de 26<sup>e</sup> COP van UNFCCC in Glasgow, is de ‘Global Methane Pledge’ gelanceerd, door de VS en de EU. Meer dan 100 landen, waaronder Nederland, hebben beloofd de emissie van methaan in 2030 ten minste met 30% te hebben gereduceerd, ten opzichte van 2020. Deelnemers streven ook naar een zo groot mogelijk detailniveau van rapportages (zie volgende

paragraaf voor meer informatie over de detaillering van de rapportages, de verschillende ‘Tiers’). IPCC heeft in 2018 becijferd, dat voor de doelen van het Parijs Akkoord, de methaanemissie van de landbouw - afhankelijk van het scenario - 11% tot 30% lager moet zijn in 2030, ten opzichte van 2010, en 24% tot 47% lager in 2050 (IPCC, 2018).

### 3.3 Internationale richtlijnen nationale rapportage over emissies van broeikasgassen

Volgens het Parijs Akkoord moeten nationale rapportages over emissies van broeikasgassen gebaseerd zijn op de richtlijnen van IPCC. De mate van detaillering van de nationale rapportages van emissie van broeikasgassen is beschreven in verschillende ‘Tiers’. Op basis van de al dan niet aanwezige gedetailleerde gegevens, kiest een land welke Tier zij voor een emissiebron aanhoudt voor de nationale rapportages.

- Tier 1 is gebaseerd op standaardassumes en default-waarden.
- Tier 2 is gebaseerd op standaardassumes en land-specifieke parameters.
- Tier 3 is gebaseerd op modellen met de meest gedetailleerde schattingen op procesniveau.

Het hanteren van Tier 1, met default-waarden, kan resulteren in grote afwijkingen ten opzichte van land-specifieke data. In veel gevallen leidt het gebruik van land-specifieke data tot lagere berekende emissies. Dit is onder andere geïllustreerd door Yu et al. (2018), die afwijkingen vonden van +91% tot -19%, met een gemiddelde van +12% (Tier 2 ten opzichte van Tier 1) voor broeikasgasemissies van de veehouderij in China. Mazzetto et al. (2021) beschrijven dat de carbon footprint van melk in Nieuw-Zeeland daalt van 1,17 kg CO<sub>2</sub>-equivalenten naar 0,74 kg CO<sub>2</sub>-equivalenten per kg melk, door toepassing van Tier 3 in plaats van Tier 1 met IPCC default waarden.

### 3.4 Nederlandse emissierapportage van melkvee

Nederland heeft zich gecommitteerd aan het internationale Parijs Akkoord en haar klimaat-afspraken vastgelegd in de Klimaatwet. Daarbij volgt zij de wijze van bepaling van de emissies die internationaal is vastgelegd. De Nederlandse emissieberekeningen voor melkvee, zijn gebaseerd op zowel standaardassumes, land-specifieke parameters (Tier 2) als de meest gedetailleerde schattingen (Tier 3). Afhankelijk van de bron van methaanvorming wordt Tier 3 of Tier 2 gehanteerd:

- Tier 3 wordt gehanteerd bij methaanvorming in de pens van volwassen melkvee  
In verband met andere productieomstandigheden wordt onderscheid gemaakt tussen Noordwest- en Zuidoost-Nederland.
- Tier 2 wordt gehanteerd bij:
  - Methaanvorming in de pens van jongvee
  - Methaanvorming in mestopslag; daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen drijfmest, vaste mest en weidemest

Nederland hanteert in haar nationale rapportage voor methaanvorming uit de pens (enterische fermentatie) van volwassen melkvee dus de meest verfijnde methode, Tier 3. Het gebruik van Tier 3 betekent dat de methaanemissie omzetting wordt berekend op basis van voeropname en -specifieke voorspelde methaanemissies. Daarnaast maakt Nederland onderscheid tussen Noordwest- en Zuidoost-Nederland, vanwege verschillen in productieomstandigheden en de daaruit voortkomende rantsoenstelling en melkproductie. Tier 3 houdt rekening met de rantsoensamenstelling, waarbij de methaanemissie per kg rantsoen lager wordt, naarmate de voeropname hoger is. Eventuele

voeradditieven, om methaanvorming te verminderen, worden niet meegenomen in Tier 3. Maar het mechanistische model dat Nederland gebruikt voor de Tier 3 berekeningen, maakt het wel mogelijk dit relatief eenvoudig toe te voegen. Voor koeien anders dan volwassen melkvee, bijvoorbeeld jongvee, hanteert Nederland Tier 2 voor de methaanemissie uit de pens. Het gebruik van Tier 2 betekent, dat bij de berekening wordt uitgegaan van een constante methaanemissie per eenheid voerenergie. Voor methaanvorming in mestopslagen van koeien hanteert Nederland Tier 2. Drijfmest, vaste mest en weidemest worden daarbij onderscheiden (RIVM, 2021).



# 4

## De wetenschappelijke discussie rond de waardering van methaan

De beleidskeuzes worden beïnvloed door de wetenschappelijke discussie. De beleidskeuzes voor de waardering van biogene (methaan)emissies uit de veehouderij en de akkerbouw, hebben grote invloed op de te kiezen maatregelen om het broeikas effect terug te dringen. Ondanks de goed gedocumenteerde emissies uit de veehouderij, is het is erg lastig om goede schattingen te vinden van de werkelijke opwarming, als gevolg van deze emissies. Dit komt door de wijze waarop methaanemissies momenteel worden gewaardeerd (Reisinger and Clark, 2018). Er lijkt brede wetenschappelijke consensus te ontstaan, dat de huidige communicatie over methaanemissies uit de agrarische sector, gemeten in CO<sub>2</sub>-equivalenten op basis van GWP<sub>100</sub>, onduidelijk is en zowel de historische als de toekomstige effecten van methaan niet goed beschrijft (Smith et al., 2021; Leahy et al., 2020). Diverse wetenschappers pleiten inmiddels voor een fundamentele ‘shift’ in het denken en communiceren over biogeen methaan (Lynch et al., 2021).

We onderscheiden drie verschillende, maar met elkaar samenhangende elementen, die in de wetenschap worden bediscussieerd om tot een betere waardering van biogeen methaan te komen:

- Omrekenfactor voor methaan (GWP<sub>100</sub>), en het meest besproken alternatief (GWP\*)
- Netto-nul-emissies voor de landbouw
- Biogeen versus fossiel methaan.

### 4.1

#### De omrekenfactor voor methaan: de GWP100

Om de emissie van verschillende broeikasgassen bij elkaar te kunnen optellen, heeft IPCC voor alle broeikasgassen een ‘Global Warming Potential’ (GWP) vastgesteld. Daarbij geldt CO<sub>2</sub> als referentie met de waarde 1. Door de verschillende levensduur van broeikasgassen in de atmosfeer, is het effect afhankelijk van de tijdshorizon waarover het effect wordt beschouwd. Dit is geïllustreerd in tabel 1, op de volgende pagina, waarin het effect van methaan wordt weergegeven voor een tijdshorizon van respectievelijk 20, 100 en 500 jaar. Ook is in deze tabel het onderscheid tussen fossiel en biogeen methaan weergegeven. Een verschil dat wordt besproken in paragraaf 4.4.

Voor nationale rapportages is een tijdshorizon gekozen van 100 jaar. In klimaatverdragen (Kyoto en Parijs) is vastgelegd dat de richtlijnen van IPCC uit 2006 gelden tot 2020, en dat voor methaan een GWP<sub>100</sub> waarde van 25 moet worden gehanteerd. Een emissie van 1 kg methaan kan zodoende worden omgerekend naar een opwarmingspotentieel van 25 kg CO<sub>2</sub>-equivalenten. Door het hanteren van een vaste waarde, ontstaat consistentie over de hele periode. Tabel 1 laat zien dat de

wetenschappelijke inzichten inmiddels een iets hogere waarde opleveren, waarbij de onzekerheidsmarge nog ruim is.

Tabel 1. Overzicht van GWP en verblijftijd van kooldioxide en methaan (IPCC, 2021)

Broeikasgas	GWP-20	GWP-100	GWP-500	Verblijftijd in de atmosfeer
CO <sub>2</sub>	1.0	1.0	1.0	100 - 1000 jaar
Fossiel CH <sub>4</sub>	82.5 +/- 25.8	29.8 +/- 11	10.0 +/- 3.8	Circa 12 jaar
Biogeen CH <sub>4</sub>	80.8 +/- 25.8	27.2 +/- 11	7.3 +/- 3.8	Circa 12 jaar

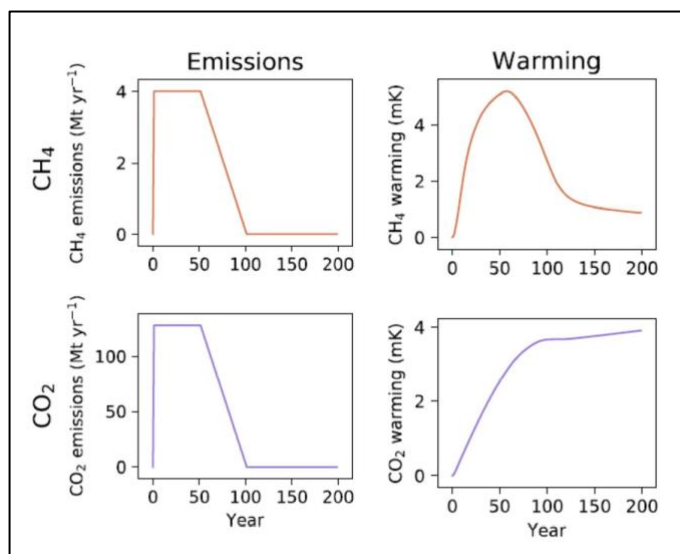
**Vanaf 2021 hanteert Nederland een opwarmingspotentieel van 28 voor methaan**

Vanaf 2021 moeten de waarden uit het vijfde assesmentrapport van IPCC (AR5, 2014) gehanteerd worden in de Nederlandse nationale rapportages. Dat betekent dat vanaf 2021 een GWP<sub>100</sub> waarde van 28 moet worden gehanteerd voor fossiel en biogeen methaan (KEV, 2021):

*“Hoewel het gebruik van deze nieuwe opwarmingspotentiëlen voor (inter)nationale klimaatrapportages formeel pas vanaf 2023 verplicht is, passen we deze nieuwe waarden nu al toe, omdat de belangrijke emissiedoelen uit het huidige Europese klimaatbeleid voor de periode 2021-2030, ook al zijn bepaald met de opwarmingspotentiëlen uit het AR5rapport (EC 2020b).”*

Een aantal wetenschappers heeft al langere tijd kritiek op de omrekenfactor van methaan. Lynch et al. (2020) noemen GWP<sub>100</sub> voor methaan, met een min of meer arbitrair gekozen tijdshorizon van 100 jaar, oneerlijk, inefficiënt en risicovol. Oneerlijk omdat GWP<sub>100</sub> het meer of minder opwarmende effect niet goed beschrijft, zowel voor methaanemissies uit het (recente) verleden als voor toekomstige emissies. Inefficiënt omdat GWP<sub>100</sub> het effect van reductiemaatregelen niet goed in beeld brengt. En risicovol, omdat met gebruik van GWP<sub>100</sub> het effect van emissietoename sterk kan worden onderschat. Deze kritiekpunten, hoewel ook weer bekritiseerd (Rogelj and Schleussner, 2019), zijn voor wetenschappers een aanleiding om tot een betere kwantificering van het opwarmend effect van methaan te komen. En ook om de invloed van de verschillende broeikasgassen beter met elkaar in verband te brengen.

De belangrijkste tekortkomingen van GWP<sub>100</sub> zijn de vaste tijdshorizon en het beschouwen van methaan als accumulerend gas, terwijl de afbraak in 12 jaar tijd buiten beschouwing blijft. Toch is vergelijking van het opwarmingspotentieel van verschillende broeikasgassen noodzakelijk om beleidskeuzes te kunnen maken. De discussie rondom methaanwaardering gaat over welke omrekenmethode het beste het opwarmend effect van methaan weergeeft, zodat gedegen beleidskeuzes mogelijk zijn. De relatief korte levensduur, in combinatie met het hoge opwarmend effect van methaan, zorgen dat een reductie van methaanemissies veel sneller effect heeft op het klimaat dan het reduceren van CO<sub>2</sub>. Dit is geïllustreerd in figuur 1 op de volgende pagina, waarin het opwarmend effect, als gevolg van veranderingen in het emissiepatroon van methaan en CO<sub>2</sub> wordt getoond. In deze figuur is ook te zien dat bij emissiedaling, het opwarmend effect van methaan snel afneemt, terwijl door het accumulerend karakter van CO<sub>2</sub> in de atmosfeer, de opwarming aanhoudt.



Figuur 1: Opwarmend effect van methaan en CO<sub>2</sub>, als gevolg van een veranderend emissiepatroon (Uit: Lynch et al., 2020)

Vooral omdat het klimaat snel reageert op het emissiepatroon van methaan, besteedt de internationale politiek recent veel aandacht aan methaan, zoals de november 2021 in Glasgow gemaakte afspraken in de ‘[Global Methane Pledge](#)’.

De tekortkomingen in GWP<sub>100</sub> hebben inmiddels geleid tot diverse publicaties over alternatieve methoden, om de huidige en toekomstige emissieniveaus te kunnen vertalen naar een maximale mondiale temperatuurstijging. Onderstaande tabel 2 geeft een beknopte selectie van veel, in de wetenschap bediscussieerde, methoden.

Tabel 2. Overzicht van enkele alternatieve waarderingsmethoden voor methaan

Naam	Afkorting	Kijkt naar	Aard	Tijdshorizon	Referentie	Kanttekeningen
Global Warming Potential	GWP	RF (Radiative Forcing)	Constant	Vaste tijds-horizon: meestal 100 jaar	IPCC, 1990	GWP <sub>100</sub> is minder geschikt voor gassen met een korte levensduur
Global Temperature Potential	GTP	$\Delta T$ (temperatuur -verschil)	Constant	Vaste tijdshorizon	Fuglestad et al., 2010; Shine et al., 2005 ; Persson et al., 2015	Vraagt veel input van data, grotere foutmarge
Global Warming Potential – Star	GWP*	RF (Radiative Forcing)	Variabel	Houdt rekening met emissies in het verleden (-20 jr)	Allen (2016, 2018); Lynch et al., 2020	Gaat uit van stijging of daling van emissies ten opzichte van huidig niveau; ongunstig voor landen met historisch lage emissie

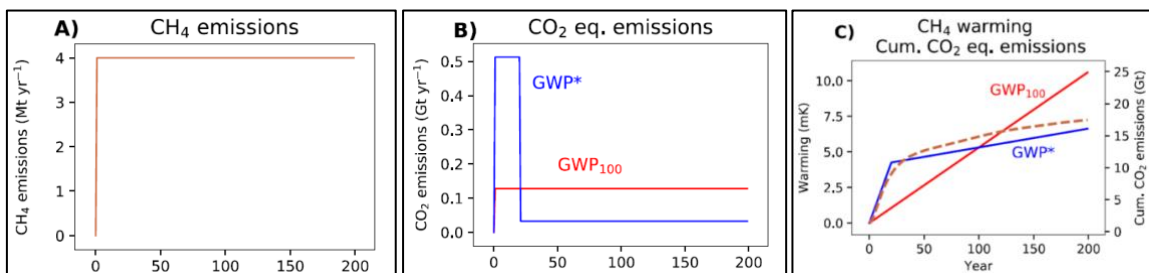
Er is brede consensus dat geen enkele waarderingsmethode optimaal is in alle beleidscontexten en dat de keuze voor waarderingsmethode en tijdshorizon af moet hangen van het type toepassing en

de beleidscontext (IPCC 2014; Levasseur et al. 2016). Naast deze methoden zijn er ook methoden die economische overwegingen van emissiereductie in beschouwing nemen. Zo publiceerde Kolstad et al. in 2014 (p. 217) een overzichtstabel met acht verschillende ‘climate metrics’ als alternatief voor GWP.

## 4.2 Het meest besproken alternatief, GWP\*

Van de voorgestelde alternatieven heeft GWP\* de meeste aandacht van - en draagvlak onder - wetenschappers. GWP\* is een meetwaarde voor opwarming, op basis van een eenmalige emissie van methaan (kortlevend gas) in vergelijking tot een eenmalige emissie van kooldioxide (Allen et al., 2016; Cain et al., 2019; Lynch et al., 2020). GWP\* houdt rekening met de directe opwarming (stralingsforcering) van individuele stoffen. Daarnaast houdt GWP\* rekening met emissies uit het verleden, omdat voor een kortlevend broeikasgas als methaan, de emissieveranderingen belangrijk zijn, voor een meer of minder opwarmend effect. Zie ook figuur 2 hieronder voor een sterk vereenvoudigde weergave van de waardering van GWP<sub>100</sub> en GWP\*. Figuur 2 laat het verschil zien tussen de twee omrekenmethoden van een emissie van methaan vanaf tijdstip nul, van 4 Mton per jaar. Figuur 2A toont het emissiepatroon en figuur 2B toont de omrekening naar CO<sub>2</sub>-equivalenten volgens GWP<sub>100</sub> en GWP\*. Figuur 2B laat zien dat GWP\*, door de toename van de emissie, vooral de eerste jaren een sterke stijging van CO<sub>2</sub>-equivalenten laat zien. Daarna resulteert de constante emissie in een kleine hoeveelheid CO<sub>2</sub>-equivalenten. GWP<sub>100</sub> laat over de hele periode een constante hoeveelheid CO<sub>2</sub>-equivalenten zien. Door het accumulerend karakter zorgt dit voor een constante toename van de opwarming, zoals figuur 2C laat zien.

Figuur 2C toont op de linker-as de mate van opwarming en op de rechter-as de cumulatieve CO<sub>2</sub>-equivalenten. De gestippelde lijn geeft de feitelijke opwarming weer, de blauwe lijn de benadering via GWP\* en de rode lijn de benadering via GWP<sub>100</sub>. In figuur 2C is zichtbaar dat de eerste 12 jaar de opwarming sterk stijgt, en daarna ontstaat evenwicht tussen afbraak en emissie. Ook maakt deze figuur van Lynch et al. (2020) zichtbaar dat de GWP\* de feitelijke opwarming veel beter beschrijft dan de GWP<sub>100</sub>.



Figuur 2-A, B, C: Berekening van opwarming en CO<sub>2</sub>-equivalenten conform GWP<sub>100</sub> en GWP\*  
(Uit: Lynch et al., 2020)

De gevolgen van toepassing van GWP\* in plaats van GWP<sub>100</sub> voor emissieniveaus, -doelen en reductiescenario's zijn groot. Er lijkt wetenschappelijke consensus te ontstaan dat GWP\* het patroon van opwarming beter beschrijft. En er lijkt consensus te ontstaan dat het effect van reductiemaatregelen en -scenario's voor toekomstige ontwikkelingen, beter kunnen worden berekend op basis van GWP\* dan GWP<sub>100</sub>. Maar er zijn twijfels of de internationale politiek eerlijk zal omgaan met de veranderende verhouding tussen landen en sectoren, zoals berekend met GWP\* (Lesschen, 2021; Rogelj et al., 2019). Omdat met GWP\* vooral de opwarming en afkoeling

zichtbaar wordt gemaakt van emissietoename of -afname, is de historische methaanemissie van groot belang. Daardoor kunnen (arme) landen, met lage historische emissies, bij enige groei en toenemende methaanemissie, op achterstand komen ten opzichte van (rijke) landen die gemakkelijk een emissiedaling kunnen realiseren.

### 4.3

#### Netto nul emissies voor de landbouwsector: een kwestie van definitie

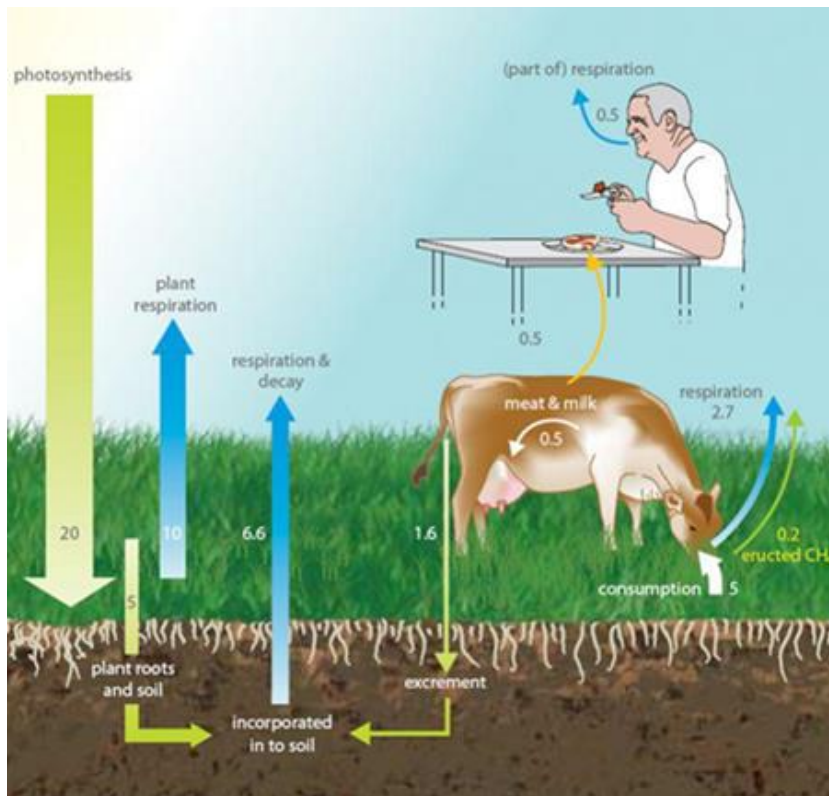
Het doel uit het Parijs Akkoord, zoals beschreven in 3.1, moet worden bereikt door middel van het reduceren van emissies van broeikasgassen. Het akkoord spreekt over ‘net zero emissions’ vanaf 2050. Sommige wetenschappers pleiten voor het prioriteit geven aan reducties van methaan (Shindell et al. 2012; Gernaat et al. 2015). Andere wetenschappers maken zich daarover juist zorgen, omdat dit tot verzwakking van de kooldioxide-prioriteiten zal leiden en daardoor tot een hogere accumulatie van kooldioxide in de atmosfeer (Allen et al. 2016; Pierrehumbert 2014).

Bij een constant emissieniveau van biogeen methaan is nauwelijks sprake van *extra* opwarming van de aarde. Op basis hiervan is de stelling geponoerd dat het relatief eenvoudig is om ‘net zero emissions’ voor methaan te bereiken (Costain, 2019). Ook Cain et al. (2019) stellen dat een reductie van de methaanemissie uit de veehouderij van 0,3% per jaar resulteert in nul opwarmings-equivalenten, indien berekend met de alternatieve omrekenfactor GWP\*. Maar de auteurs van GWP\* stellen ook dat juist een substantiële daling van methaanemissies, kan bijdragen aan het reduceren van verdere klimaatschade (Lynch et al., 2020). Uit deze discussie blijkt ook het verschillende karakter van methaan en CO<sub>2</sub>. Reductie van methaanemissie resulteert snel in minder opwarming (een relatieve afkoeling). Daarentegen voorkomt reductie van CO<sub>2</sub>-emissie een verdere accumulatie van CO<sub>2</sub> in de atmosfeer en daarmee opwarming van de aarde op de langere termijn.

In 2018 constateerden Tanaka en O’Neill (2018) dat het begrip ‘netto-nul-emissies’ niet altijd hoeft te resulteren in het doel van minder dan 1,5<sup>o</sup> C opwarming. Het begrip netto-nul-emissies is gedefinieerd als een balans: ‘een balans bereiken tussen antropogene emissiebronnen en opname door ‘sinks’ van broeikasgassen’. Deze definitie bevat een aantal onduidelijkheden (Rogelj et al., 2021; Fuglestvedt et al., 2018). In de eerste plaats is het onduidelijk om wat voor balans het gaat, zoals een massa- of stralingsbalans. Ook is het niet duidelijk hoe de verschillende broeikasgassen in deze balans moeten worden gewogen en welke broeikasgassen moeten worden meegenomen in de balans. Verder is het onduidelijk of alleen antropogene ‘sinks’ mogen worden meegenomen, welke ‘sinks’ dat zijn en hoe ze worden onderscheiden van natuurlijke ‘sinks’.

Een voorbeeld van de onduidelijkheden komt naar voren in figuur 3 op de volgende pagina. CO<sub>2</sub> wordt opgenomen in gras en gegeten door de koe, waarna de mens vlees en melk eet. Volgens de huidige wetenschappelijke consensus maakt uitgedemde CO<sub>2</sub> van dier en mens deel uit van de ‘korte kringloop’, maar de methaanemissie van de koe, met een relatief korte verblijftijd in de atmosfeer, wordt niet tot de ‘korte cyclus’ gerekend. Het definiëren van netto-nul-emissies is met name van belang om meer houvast te hebben voor een einddoel voor een sector in 2050. Waar fossiele emissies van methaan en CO<sub>2</sub> naar nul moeten, kan dat bij biogene emissies van methaan en lachgas niet, omdat die inherent zijn aan het houden van dieren en het telen van gewassen.

Inmiddels hebben vele landen en bedrijven ‘netto-nul-doelen’ gelanceerd. Een recent artikel van Rogelj et al. (2021) in Nature constateert dat plannen van bijvoorbeeld de VS, China en de EU niet met elkaar te vergelijken zijn, omdat verschillende definities worden gehanteerd. Sommige landen (waaronder China) en bedrijven betrekken het begrip alleen op kooldioxide, andere landen en bedrijven op alle broeikasgassen. Ook gebruiken landen (onder andere Frankrijk en Nieuw Zeeland) termen als ‘koolstofneutraal’ of ‘klimaat-neutraal’, waardoor plannen niet te vergelijken zijn.



Figuur 3: Koolstof- en methaanstromen bij melkproductie in ton C/ha/jaar (Parsons and Chapman, 2000).

Het begrip ‘netto-nultoevoeging aan opwarming’ lijkt een betere term te zijn, omdat het dan niet om een massabalans gaat, maar om een balans in ‘opwarmend effect’ (Ridoutt, 2021). Cain et al. (2022) introduceren het begrip ‘opwarming-equivalente emissies’, met vergelijkbare strekking als Ridoutt (2021). Verder leunen sommige plannen zwaar op compensatiemechanismen, zoals de aanplant van bossen of andere vormen van CO<sub>2</sub>-vastlegging. Nadeel daarvan is dat ze vaak eenvoudig weer teniet kunnen worden gedaan, bijvoorbeeld door ingrepen van de mens of natuurbranden. Rogelj et al. (2021) presenteren een checklist om plannen te verbeteren qua scope, redelijkheid en tijdspad.

#### 4.4 Biogeen versus fossiel methaan

Het derde element betreft het onderscheid in opwarmingspotentieel tussen biogeen en fossiel methaan. Het verschil, zoals IPCC dat beschrijft, is reeds weergegeven in tabel 1. Biogene processen in de melkveehouderij hebben een cyclisch karakter. Bij processen met fossiele brandstoffen is sprake van methaan dat vrijkomt uit de aardkorst, waar het miljoenen jaren opgeslagen is geweest. Ook wordt wel gesproken over methaan met kort-cyclische en lang-cyclische herkomst. Hoewel het om dezelfde stof gaat, draagt fossiel methaan daarom - nadat het is afgebroken naar CO<sub>2</sub> - blijvend bij aan extra toevoeging van koolstof in de atmosfeer.

#### 4.4.1

##### **Waarom wordt biogeen methaan iets lager gewaardeerd dan fossiel methaan?**

Methaan wordt bij afbraak omgezet in onder andere CO<sub>2</sub>, waardoor de CO<sub>2</sub>-concentratie in de atmosfeer toeneemt. Bij biogeen methaan wordt er echter vanuit gegaan dat het methaan dat wordt omgezet naar CO<sub>2</sub>, het CO<sub>2</sub> vervangt wat recent is opgenomen uit de atmosfeer (in de koolstofcyclus). Dit is bijvoorbeeld het geval bij CO<sub>2</sub>-opname door grasgroei, het gras wordt opgegeten door koeien, die vervolgens weer methaan uitstoten. Om deze reden is, in de meest recente IPCC-rapportage (2021), de emissiefactor van biogeen methaan lager dan voor fossiel methaan, zie tabel 1. Ondanks dat IPCC bovenstaande verschillen noemt, ook al in het Vijfde Assessment Report (IPCC, 2013), wordt in nationale rapportages uitsluitend gerekend met de factor voor methaan met fossiele herkomst.

# 5

## Conclusies en discussie

### 5.1 Conclusies

De genoemde bevindingen leiden tot de volgende conclusies:

- In nationale rapportages wordt nu GWP<sub>100</sub> gebruikt als omrekenfactor voor methaan, terwijl het toepassen van GWP\* beter overeenkomt met de feitelijke/verminderde opwarming, ten gevolge van een verandering in de methaanemissie. Een keuze voor de meest geschikte omrekenfactor voor methaan hangt overigens af van het type toepassing en de tijdshorizon daarvan.
- IPCC presenteert verschillende omrekenfactoren voor biogeen en fossiel methaan. Het verschil in omrekenfactor wordt echter niet toegepast in de nationale emissierapportages (NIR, national inventory report).
- Een gelijkblijvende emissie van biogeen methaan zorgt - berekend met GWP\* - nauwelijks voor **extra** opwarming van de aarde. Een reductie van deze emissie met 0,3% per jaar resulteert in nul opwarmingsequivalenten.
- Het begrip ‘netto-nul-emissies’ om de doelstellingen van het Parijs Akkoord te realiseren, is voor de landbouw nog niet gedefinieerd.

### 5.2 Discussie

Het implementeren van de bovenstaande conclusies is niet eenvoudig, en er kunnen een aantal consequenties aan worden verbonden die grote impact hebben. Daarbij gaat het onder andere om de volgende discussiepunten:

- Nederland kent een klimaatbeleid, met een wettelijk verankerd doel van 95% reductie van broeikasgassen in 2050, ten opzichte van 1990 (zie punt 2.2 in de bijlage, voor informatie over methaanemissie in Nederland). De doelen van het klimaatbeleid zijn ook internationaal vastgelegd. In een recente Kamerbrief (d.d. 15 Februari 2022) is de uitwerking van het Coalitieakkoord beschreven, inclusief aanpassing van de wettelijk verankerde doelen. Het verdient aanbeveling, om bij uitwerking van de consequenties voor de zuivelsector, de recente inzichten rond methaanwaardering mee te nemen.



- Ook de Nederlandse doelen voor de zuivelsector zijn vastgelegd tot 2030, met herijkingsmomenten in 2023 en 2027. Deze doelen zijn gebaseerd op omrekening van methaan met behulp van  $GWP_{100}$ . Als een andere omrekenfactor zou worden gehanteerd, zoals de  $GWP^*$ , ontstaat een totaal nieuwe situatie en moet herijking van doelen plaatsvinden. De huidige emissieniveaus en -doelen zijn namelijk niet eenvoudig te vertalen naar een situatie met  $GWP^*$  als basis. De verhouding tussen sectoren en landen wordt dan ook anders.
- Een aantal wetenschappers presenteert  $GWP^*$  als alternatief voor  $GWP_{100}$ . Daarnaast presenteert IPCC verschillende factoren voor biogeen en fossiel methaan. Voor interne doeleinden (binnen zuivelorganisaties), kan het inzichtelijk zijn om  $GWP^*$  voor biogeen methaan te berekenen en implementeren. Het is onduidelijk waarom de factoren voor biogeen en fossiel methaan nog niet zijn geïmplementeerd voor de nationale emissierapportages.
- Voor de langere termijn is het voor de melkveehouderij van belang om het begrip ‘netto-nul-emissies’ uit te werken, rekening houdend met de verschillende invalshoeken uit de literatuur. Het gaat dan - naast diverse methoden om koolstof vast te leggen, of ander landgebruik - ook om het eenduidig berekenen van de impact van de opwekking van hernieuwbare energie op het boerenerf. Ook de consequenties van een groeiende vraag naar melk en vlees moeten meegenomen worden. Goed inzicht in het begrip netto-nul-emissies kan meer houvast bieden voor de sector in discussies over een einddoel voor 2050.
- Het ‘methaanverhaal’ in de zuivelsector, ervaren veel melkveehouders als complex. In het verleden is al gebleken dat ondernemers het verhaal niet goed begrijpen, hetgeen kan resulteren in verminderd draagvlak voor het nemen van maatregelen. Daarom is het van groot belang om duidelijk te communiceren over deze materie (zie punt 3 in de bijlage voor meer informatie).

## Referenties

Allen, M.R., Fuglestedt, J.S., Shine, K.P., Reisinger, A., Pierrehumbert, R.T., Forster, P.M., 2016. New use of global warming potentials to compare cumulative and short-lived climate pollutants. *Nature Clim. Change* 6: 773–776. <https://doi.org/10.1038/NCLIMATE2998>

Allen, M.R., Shine, K.P., Fuglestedt, J.S., Millar, R.J., Cain, M., Frame, D.J., Macey, A.H., 2018. A solution to the misrepresentations of CO<sub>2</sub>-equivalent emissions of short-lived climate pollutants under ambitious mitigation. *Npj Clim. Atm. Sci.* 1, 16. <https://doi.org/10.1038/s41612-018-0026-8>

Boer de IJM, Cederberg C, Eady S, Gollnow S, Kristensen T, Macleod M, Meul M, Nemecek T, Phong LT, Thoma G, van der Werf HMG, Williams AG, Zonderland-Thomassen MA (2011) Greenhouse gas mitigation in animal production: towards an integrated life cycle sustainability assessment. *Environmental sustainability* (2011) 3:423-431

Boucher, O., Friedlingstein, P., Collins, B., Shine, K.P., 2009. The indirect global warming potential and global temperature change potential due to methane oxidation. *Environ. Res. Lett.* 4, 044007. DOI10.1088/1748-9326/4/4/044007

Cady, A., 2020. A Literature Review of GWP\*: A proposed method for estimating global warming potential (GWP\*) of short-lived climate pollutants like methane. Global Dairy Platform, November 2020.

Cain, M., Jenkins, S., Allen, M.R., Lynch, J., Frame, D.J., Macey, A.H., Peters, G.P., 2022. Methane and the Paris Agreement temperature goals. *Phil. Trans. R. Soc.* A.3802020045620200456 <http://doi.org/10.1098/rsta.2020.0456>

Cain, M., Keith Shine<sup>2</sup>, David Frame<sup>3</sup>, John Lynch<sup>4</sup>, Adrian Macey<sup>3</sup>, Ray Pierrehumbert<sup>4</sup> and Myles Allen, M., 2019. Comment on 'Unintentional unfairness when applying new greenhouse gas emissions metrics at country level'. *Environ. Res. Lett.* 16, 068001. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/ac02eb/meta>

Cain, M., John Lynch, Myles R. Allen, Jan S. Fuglestedt, David J. Frame and Adrian H Macey, 2019. Improved calculation of warming-equivalent emissions for short-lived climate pollutants. *Climate and Atmospheric Science* (2019) 2:29 ; <https://doi.org/10.1038/s41612-019-0086-4>

CLM, 2020. Energie en Klimaat: beeld en belang: Voortgangsmeting 2020. Publ.nr. 1044.

Costain, F., 2019 Livestock are not the global warming enemy. *Vet. Rec.* 185, 449 doi:10.1136/vr.l5963

Crippa, M., Solazzo, E., Guizzardi, D., Montforti-Ferrario, F., Tubiello, F.n., Leip, A., 2021. Food systems are responsible for a third of global anthropogenic GHG emissions. *Nature Food* volume 2, 198–209

Van Dijk, J., Verburg, R., Runhaar, H., & Hekkert, M. (2018). Een transitie naar natuur-inclusieve landbouw: van 'waarom' naar 'hoe'. *Mejudice*, 3 mei 2018.

<https://www.mejudice.nl/artikelen/detail/een-transitie-naar-natuurinclusieve-landbouw-van-waarom-naar-hoe>

Erisman, J.W., Poppe, K. (2020) De economie van de landbouw. S&D Jaargang 77 Nummer 6. [https://www.wbs.nl/sites/default/files/2020-12/03.%20JW%20Erisman%20%26%20K%20Poppe\\_Economie%20vd%20landbouw\\_SD\\_2020\\_6.pdf](https://www.wbs.nl/sites/default/files/2020-12/03.%20JW%20Erisman%20%26%20K%20Poppe_Economie%20vd%20landbouw_SD_2020_6.pdf)

Fuglestad J, Rogelj J, Millar RJ, Allen M, Boucher O, Cain M, Forster PM, Kriegler E, Shindell D. 2018 Implications of possible interpretations of 'greenhouse gas balance' in the Paris Agreement. *Phil. Trans. R. Soc. A* 376: 20160445. <http://dx.doi.org/10.1098/rsta.2016.0445>

Gernaat, D.E.H.J., Calvin, K., Lucas, P.L., Luderer, G., Otto, S.A.C., Rao, S., Strefler, J., van Vuuren, D.P., 2015. Understanding the contribution of non-carbon dioxide gases in deep mitigation scenarios. *Glob. Env. Change* 33, 142–153 <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2015.04.010>

Herrero, M., Henderson, B., Havlík, P. *et al.* 2016. Greenhouse gas mitigation potentials in the livestock sector. *Nature Clim Change* 6, 452–461. <https://doi.org/10.1038/nclimate2925>

Höglund-Isaksson, L., Adriana Gómez-Sanabria, Zbigniew Klimont, Peter Rafaj and Wolfgang Schöpp, 2020. Technical potentials and costs for reducing global anthropogenic methane emissions in the 2050 timeframe –results from the GAINS model. *Environ. Res. Commun.* 2 025004. DOI <https://doi.org/10.1088/2515-7620/ab7457>

IPCC, 2021. *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*

Jenkins, S., Millar, R. J., Leach, N., & Allen, M. R. (2018). Framing Climate Goals in Terms of Cumulative CO<sub>2</sub>-Forcing-Equivalent Emissions. *Geophysical Research Letters*, 45(6), 2795–2804. <https://doi.org/10.1002/2017GL076173>

Kamerbrief 15 februari 2022 uitwerking Coalitieakkoord Klimaat en Energie. [kamerbrief-over-uitwerking-coalitieakkoord-klimaat-en-energie \(1\).pdf](#)

KEV, Klimaat- en energieverkenning consortium (2021). *Klimaat-en energieverkenning 2021*. <https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2021-klimaat-en-energieverkenning-2021-4681.pdf>

Kirschbaum, M.U.F., 2014. Climate-change impact potentials as an alternative to global warming potentials. *Environ. Res. Lett.* 9, 034014. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/9/3/034014>

Kirschke, S., Bousquet, P., Zeng, G., 2013. Three decades of global methane sources and sinks. *Nature Geoscience* volume 6, pages 813–823

Kolstad C, Urama K, Broome J et al (2014) Chapter 3: Social, Economic and Ethical Concepts and Methods. In: Edenhofer O, Ramón Pichs-Madruga, Youba Sokona et al (eds) *Climate Change 2014: Mitigation*. Cambridge University Press, Cambridge, UK

Leahy, S., Clark, H., Reisinger, A., 2020. Challenges and Prospects for Agricultural Greenhouse Gas Mitigation Pathways Consistent With the Paris Agreement. *Front. in Sust. Food Syst.*, 4:69. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.00069>

- Lesschen, J.P., 2021. Consequences of an alternative emission metric. *Nature Food*, 2, 918–919.
- Liu, S., Joe Proudman and Frank M. Mitloehner, 2018. Rethinking methane from animal agriculture. *CABI Agric Biosci* (2021) 2:22 <https://doi.org/10.1186/s43170-021-00041-y>
- Lynch, J., Cain, M., Frame, D., Pierrehumbert, R., 2021. Agriculture's Contribution to Climate Change and Role in Mitigation Is Distinct From Predominantly Fossil CO<sub>2</sub>-Emitting Sectors. *Front. Sustain. Food Syst.*, 03 February 2021. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.518039>
- Lynch, J., Cain, M., Pierrehumbert, R.T., Allen, M.R., 2020. Demonstrating GWP\*: a means of reporting warming-equivalent emissions that captures the contrasting impacts of short- and long-lived climate pollutants. *Environ. Res. Lett.* 15, 044023. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/ab6d7e>
- Lynch, J., 2019. Availability of disaggregated greenhouse gas emissions from beef cattle production: A systematic review. *Env. Imp. Assess. Rev.* 76, 69–78. [https://doi.org/101016.j.eiar.2019.02.003](https://doi.org/101016/j.eiar.2019.02.003)
- Mazzetto, A., Shelley Falconer and Stewart Ledgard, Feb. 2021. Mapping the carbon footprint of milk for dairy cows. Report for Dairy New Zealand, Agresearch, RE450/2020/081
- Meinshausen, M., Nicholls, Z., 2022. GWP( is a model, not a metric. *Environ. Res. Lett.* 17 041002. [Middelaar](#), van C.E., [I.J.M. de Boer](#), 2015. Dairy production and the carbon cycle: the importance of land use and land use change. EAAP - 66th Annual Meeting 2015, Book of Abstracts of the 66th Annual Meeting of the European Federation of Animal Science
- Munoz, I., Schmidt, J.H., 2016. Methane oxidation, biogenic carbon, and the IPCC's emission metrics. Proposal for a consistent greenhouse-gas accounting. *Int. J. of LCA*, 21, pages 1069–1075
- Myhre, G. et al., (2013). Anthropogenic and Natural Radiative Forcing Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change ed T. F. Stocker et al (Cambridge: Cambridge University Press)
- Parsons, A.J., and D.F. Chapman. 2000. The principles of pasture growth and utilisation. p. 31–89. In A. Hopkins (ed.) *Grass: Its production and utilisation*. Blackwell Science, Oxford, U.K.
- [Pérez-Domínguez](#), I., del Prado, A., Mittenzwei, K., Hristov, J., et al., 2021. Short- and long-term warming effects of methane may affect the cost-effectiveness of mitigation policies and benefits of low-meat diets. *Nature Food* 2, 970–980. <https://doi.org/10.1038/s43016-021-00385-8>
- Persson, M., October 2020. GWP\*: Methane, metrics and confounding science and policy. Blog at [Tabledebates.org](http://Tabledebates.org).
- Persson, M.U., Johansson, D.J.A., Cederberg, C., Hedenus, F., Bryngelsson, D., 2015. Climate metrics and the carbon footprint of livestock products: where's the beef? *Environ. Res. Lett.* 10, 034005. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/10/3/034005>
- Pierrehumbert, R.T., 2012. Short-Lived Climate Pollution. *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.* 2014. 42:341–79. <https://doi.org/10.1146/annurev-earth-060313-054843>

- Polag, D., [Keppler](#), F., 2019. Global methane emissions from the human body: Past, present and future. [Atmospheric Environment](#), [Volume 214](#), 1 October 2019, 116823
- [Reisinger](#), A., [Clark](#), H., 2018. How much do direct livestock emissions actually contribute to global warming? *Glob. Change Biol.*, 24/4: 1749-1761. <https://doi.org/10.1111/gcb.13975>
- [Reisinger](#), A., [Clark](#), H., [Cowie](#), A.L., [Emmet-Booth](#), J., [Gonzalez Fischer](#), C., [Herrero](#), M., [Howden](#), M., [Leahy](#), S., 2021. How necessary and feasible are reductions of methane emissions from livestock to support stringent temperature goals? *Phil. Trans. R. Soc. A*.379, 20200452. <https://doi.org/10.1098/rsta.2020.0452>
- Ridoult, B., 2021. Climate neutral livestock production – A radiative forcing-based climate footprint approach. *J. Clean. Prod.* 291, 125260J. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125260>
- RIVM report 2021-0007, 2020. Greenhouse gas emissions in the Netherlands 1990–2019 National Inventory Report 2021, 15 April 2021
- Rogelj J, Meinshausen M, Schaeffer M et al., 2015a. Impact of short-lived non-CO<sub>2</sub> mitigation on carbon budgets for stabilizing global warming. *Environmental Research Letters* 10(7): 075001
- Rogelj, J., Schaeffer, M., Meinshausen, M., Knutti, R., Alcamo, J., Riahi, K., Hare, W., 2015b. Zero emission targets as long-term global goals for climate protection. *Environ. Res. Lett.* 10 105007
- Rogelj J, Reisinger A, McCollum DL et al (2015b) Mitigation choices impact carbon budget size compatible with low temperature goals. *Environmental Research Letters* 10(7): 075003
- Rogelj J, Schaeffer M, Friedlingstein P et al (2016) Differences between carbon budget estimates unravelled. *Nature Clim. Change* 6(3): 245 -252
- Rogelj, J., Schlessner, C.F., 2019. Unintentional unfairness when applying new greenhouse gas emissions metrics at country level. *Environ. Res. Lett.* 14, 114039. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/ab4928>
- Rogelj, J., Geden, O., Cowie, A., Reisinger, A., 2021. Three ways to improve net-zero emissions targets. *Nature* 591, 18 March 2021
- RVO, 2020. [Convenant Schone en Zuinige Agrosectoren 2008-2020 - Eindrapportage | december 2020 \(rvo.nl\)](#)
- Russenberg, H., TU Delft in 2020 op de Klimaathelpdesk: [Waarom wordt er nooit aandacht besteed aan de CO<sub>2</sub> die in ieders adem zit? | Klimaathelpdesk](#) )
- Saunio et al., 2016. The global methane budget 2000–2012. *Earth Syst. Sci. Data*, 8, 697–751, 2016 <https://doi.org/10.5194/essd-8-697-2016>
- Shindell, D., 2012. Simultaneously Mitigating Near-Term Climate Change and Improving Human Health and Food Security *SCIENCE* 335, 6065, pp. 183-189. [DOI: 10.1126/science.1210026](https://doi.org/10.1126/science.1210026)
- Smith, P., Reay, D., Smith, J., 2021a. Agricultural Methane Emissions and the Potential for Mitigation.

Phil. Trans. R. Soc. A, <https://doi.org/10.1098/rsta.2020.0451>

Smith, M.A., Cain, M., Allen, M.R., 2021b. Further improvement of warming-equivalent emissions calculation. *npj Clim Atmos Sci* 4, 19. <https://doi.org/10.1038/s41612-021-00169-8>

Smith, P., Clark, H., Dong, H., Elsiddig, E.A., Haberl, H., Harper, R., House, J., Jafari, M., et al. (2014). Chapter 11 - Agriculture, forestry and other land use (AFOLU). In: *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. IPCC Working Group III Contribution to AR5*. Cambridge University Press.

Tanaka, K., O'Neill, B.C., 2018. The Paris Agreement zero-emission goal is not always consistent with the 1,5 °C and 2 °C temperature targets. *Nat. CC* 8, April 2018, 319-324. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0097-x>

[Toorn](#), van den, S.I., [Worrell](#), E., [Broek](#), van den M.A., 2020. Meat, dairy, and more: Analysis of material, energy, and greenhouse gas flows of the meat and dairy supply chains in the EU28 for 2016. *J. Ind. Ecol.* 24/3: 601-614. <https://doi.org/10.1111/jiec.12950>

United Nations, 2015. Paris Agreement. [https://unfccc.int/sites/default/files/english\\_paris\\_agreement.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/english_paris_agreement.pdf)

UNFCCC, 2018. Presidency consultations on modalities, procedures and guidelines under the Paris Agreement with a focus on transparency. *Draft Report Version 1*.

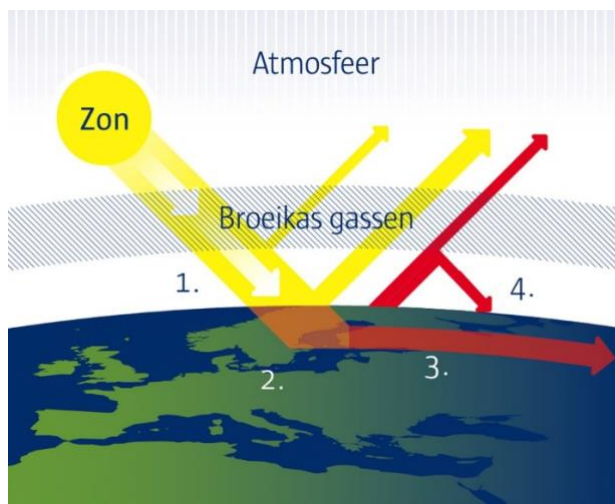
Van der Werf, G.R., 2012. Global fire emissions estimates during 1997–2016. *Earth Syst. Sci. Data*, 9, 697–720. <https://doi.org/10.5194/essd-9-697-2017>

Yu, J., Peng, S., Chang, J., Ciais, P., Dumas, P., Lin, X., Piao, S., 2018. Inventory of methane emissions from livestock in China from 1980 to 2013. [Atmospheric Environment](#), 184. DOI:[10.1016/j.atmosenv.2018.04.029](https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2018.04.029)

## Bijlage: Achtergrondinformatie

### 1. Het broeikaseffect en voedselproductie

Het klimaat op onze planeet wordt bepaald door het evenwicht tussen invallende en uitgaande zonne-energie. Door invallende zonnestraling warmt het aardoppervlak op. De warmte stijgt op en wordt deels geabsorbeerd door broeikasgassen, die van nature in de atmosfeer aanwezig zijn. Dit broeikaseffect zorgt ervoor dat de gemiddelde temperatuur op aarde niet  $-18^{\circ}\text{C}$  is, maar  $+15^{\circ}\text{C}$ . Het mechanisme is schematisch weergegeven in onderstaande figuur I.



Figuur I: Schematische weergave van het broeikaseffect (bron: NL-Emissieautoriteit)

Het belangrijkste natuurlijke broeikasgas is waterdamp. Echter ongeveer vanaf 1850, kreeg de mens een steeds grotere behoefte aan energie. Het overgrote deel daarvan werd opgewekt via de verbranding van fossiele brandstoffen. Dit heeft geleid tot een enorme toename van de uitstoot van kooldioxide ( $\text{CO}_2$ ), waardoor het natuurlijke broeikaseffect wordt versterkt. En sinds de laatste decennia wordt ook op grote schaal aan ontbossing gedaan. Niet alleen vanwege het waardevolle hout, maar ook om extra grond te creëren voor woningbouw en landbouw. Dit heeft geleid tot een afname van de hoeveelheid koolstof die wordt vastgelegd in biomassa, waardoor het natuurlijke evenwicht verder wordt verstoord. Daarnaast spelen ook andere broeikasgassen een rol, zoals methaan, lachgas en diverse gehalogeneerde koolwaterstoffen. Ieder broeikasgas heeft een specifiek opwarmend vermogen. Daarnaast is de levensduur in de atmosfeer van belang. Zo is methaan al na circa 12 jaar afgebroken, terwijl kooldioxide accumuleert en gedurende meer dan honderden jaren in de atmosfeer kan blijven.

Kleine zwevende stofdeeltjes (aerosolen) in de atmosfeer, zoals roetdeeltjes van het verkeer, hebben juist een afkoelend effect. Omdat de stofdeeltjes schadelijk zijn voor de gezondheid, wordt gestreefd naar het verminderen van aerosolen, hetgeen dus in extra opwarming zal resulteren. Dit zou gecompenseerd kunnen worden door een sterke, snelle en volgehouden verlaging van de uitstoot van methaan. De reden waarom hier speciaal methaan is benoemd, is dat zowel methaan als aerosolen een korte verblijftijd in de atmosfeer hebben en daardoor snel effect kunnen sorteren.

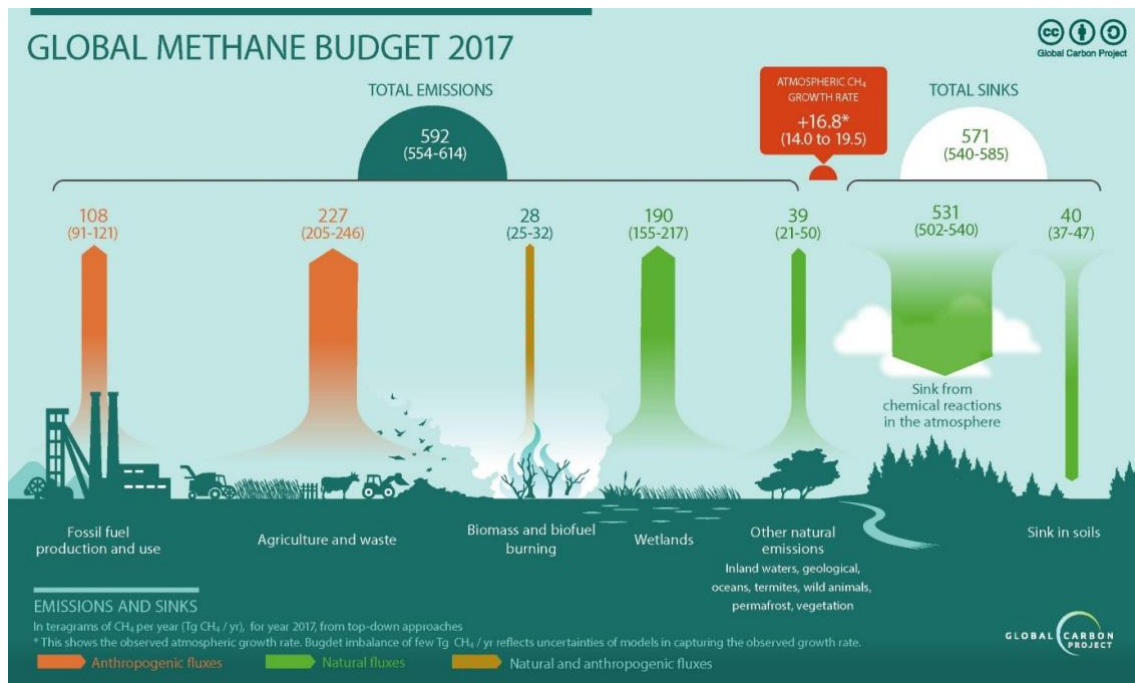
Voedselproductie speelt een belangrijke rol in het broeikaseffect. In diverse publicaties wordt de bijdrage van de voedselproductie en -consumptie geschat op circa 35% (FAO, 2019). Niet alleen het groeiend aantal mensen op aarde, maar ook het feit dat de mens de behoefte heeft om jaarrond alle producten ter beschikking

te hebben, inclusief voedsel uit verre oorden, heeft deze bijdrage zo groot gemaakt (Herrero et al., 2016). Het gaat bij voedselproductie om biogene processen, waarbij zowel methaan (uit veehouderij en mestopslag) als lachgas (productie van kunstmest, opslag en verwerking van dierlijke mest, toediening van mest en kunstmest tijdens gewasproductie) vrijkomen, met veel sterkere opwarmingseffecten dan kooldioxide. De processen hebben een cyclisch karakter: eerst wordt koolstof vastgelegd in gras en gewassen, vervolgens komt koolstof weer vrij, in de vorm van kooldioxide en methaan, bij de vertering van voedsel. Dit (kort-)cyclische karakter is niet aanwezig bij methaanemissie uit fossiele bronnen. Hoewel het om dezelfde stof gaat, draagt fossiel methaan daarom bij aan extra toevoeging van koolstof in de atmosfeer.

## 2. Het broeikasgas methaan: bronnen, ‘sinks’ en emissieniveaus

### 2.1. Bronnen en ‘sinks’

Sinds 1960 is het methaangehalte in de atmosfeer meer dan verdubbeld: van 0,80 ‘parts per million’ (ppm) naar 1,83 ppm, met een relatief sterke opwarming als gevolg. Er is nog onvoldoende gedetailleerd inzicht in emissiebronnen van methaan, met name van de natuurlijke bronnen. Daardoor blijven de veranderingen van de methaanconcentraties in het laatste decennium deels onverklaard (IPCC, 2021). De complexe atmosferische reacties van methaan, zoals met zuurstofradicalen en het hydroxylradicaal, zorgen ervoor dat methaan een beperkte verblijftijd heeft in de atmosfeer. Verdere verdieping van onderzoek naar de bronnen, de ‘sinks’ en de cyclische omzettingen van methaan (de methaancyclus) vindt plaats door een consortium van multidisciplinaire wetenschappers, onder de paraplu van het Global Carbon Project (Saunio et al., 2016; Kirschke et al., 2013). Dit project beschrijft en onderzoekt systematisch alle natuurlijke en antropogene bronnen en ‘sinks’ van methaan. Een schematisch voorbeeld van bronnen en ‘sinks’ is weergegeven in figuur II hieronder.



Figuur II: Bronnen en ‘sinks’ van methaan (bron: Global Carbon Project)

Over het jaar 2017 wordt de wereldwijde methaanemissie geschat op 592 Mton methaan per jaar. De jaarlijkse uitstoot is slechts iets hoger dan de opname van methaan, toch betekent dit een substantiële bijdrage aan de

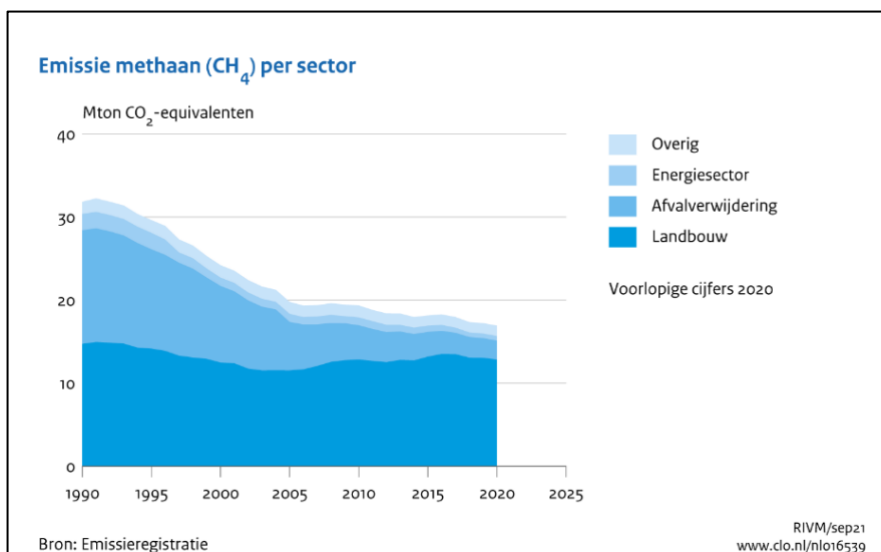


opwarming. Naar schatting wordt circa 50 tot 65% van de emissies veroorzaakt door de mens (antropogeen). Ondanks de korte verblijftijd van methaan in de atmosfeer, is de concentratie sinds de industriële revolutie meer dan verdubbeld (Christensen et al., 2020). De uitstoot van methaan is niet zomaar te vertalen naar een concentratie in de atmosfeer. De meest betrouwbare aanwijzingen komen uit satellietwaarnemingen, waarbij de actuele concentraties in de atmosfeer worden gemeten. Het mechanisme achter deze groei is nog niet precies bekend. Zo steeg de hoeveelheid methaan in de atmosfeer nauwelijks in de periode 2000-2006 (Global Carbon Project 2020), en de precieze oorzaak is onbekend. Was de emissie lager, of was de afbraak juist tijdelijk groter? Er kan niet worden voorspeld wat in de komende tientallen jaren gaat gebeuren, maar de trend lijkt ongunstig voor het klimaat.

Verder wordt de ‘afbraak’ van methaan geschat op circa 571 Mton per jaar. De onzekerheden van antropogene emissies zijn kleiner dan de onzekerheden van natuurlijke bronnen. Methaan kan uit methaanhydraat vrijkomen, als een bovenliggende afdeklaag van ijs ontdooit. Het ‘[IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere](#)’ schat dat, als we niets doen aan de uitstoot van broeikasgassen, tot het jaar 2100 tussen 10 en 100 Gt methaan kan vrijkomen. De ruime marge geeft aan dat veel onzekerheid bestaat over de te verwachten hoeveelheid. Als dat geleidelijk gebeurt, kan het bij de hoogste schatting 1,25 Gt per jaar zijn. Dit is ruim twee keer zo veel als de huidige totale methaanuitstoot van circa 572 Mt per jaar, en het betreft geen éénmalige uitstoot, maar zal nog vele jaren door kunnen gaan. Ook Christensen et al. (2020) berekenden dat, door de opwarming van het klimaat, de moeras- en permafrostgebieden voor enorme extra methaanemissies kunnen zorgen. Echter een snelle daling van de antropogene methaanemissies kan juist resulteren in halvering van de atmosferische methaanconcentratie. Overigens wordt methaan ook afgebroken door methanotrofe bacteriën in grasland en bossen, waardoor de concentratie methaan in de atmosfeer afneemt (Munoz and Schnidt, 2016); deze ‘sink’ is rechts in figuur II (op de vorige pagina) weergegeven.

## 2.2 Emissie van methaan in Nederland

Hoewel mondiaal nog veel onzekerheid bestaat over - met name - de natuurlijke bronnen en emissies van methaan, zijn de directe emissies uit de veehouderij in Nederland goed gedocumenteerd (RIVM, 2021; Smith et al. 2014). In Nederland zijn in het verleden al grote reducties gerealiseerd van de methaanuitstoot, met name van stortplaatsen. Figuur III hieronder toont een overzicht van Nederlandse emissies. De totale methaanuitstoot van circa 17 Mton CO<sub>2</sub>-equivalenten komt overeen met circa 9,5% van de totale broeikasgasuitstoot (circa 165 Mton CO<sub>2</sub>-equivalenten) in 2019, zoals berekend met GWP<sub>100</sub> (RIVM, 2021). Van de totale methaanemissie in Nederland wordt ongeveer driekwart veroorzaakt door landbouw.

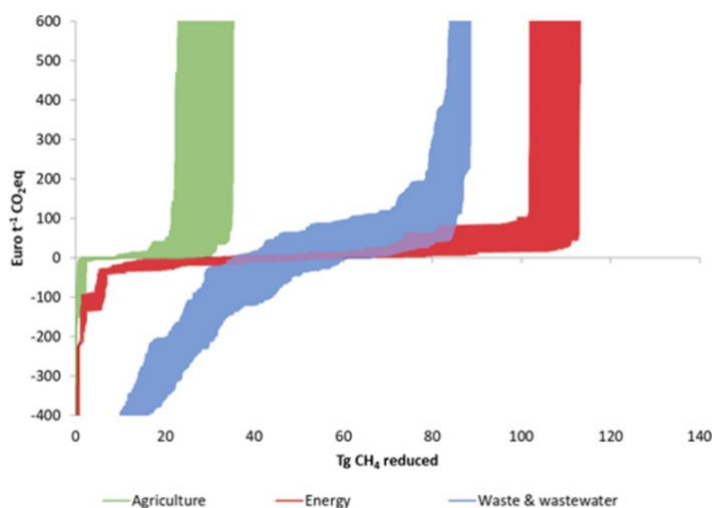


Figuur III. Overzicht van methaanemissies in Nederland (bron: RIVM, 2021)

Overigens wordt methaan ook afgebroken door methanotrofe bacteriën in grasland (en bossen), waardoor de concentratie methaan in de atmosfeer afneemt; de ordegroottes hiervan lopen sterk uiteen in verschillende onderzoeken (Munoz and Schmidt, 2016).

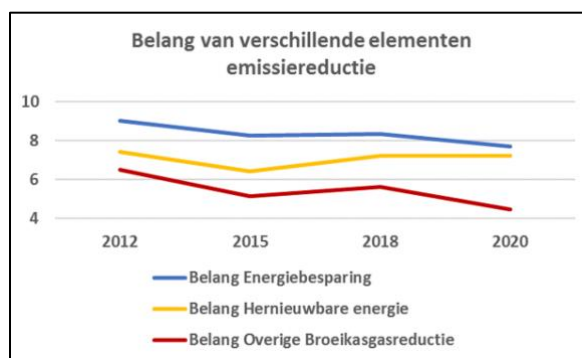
### 3 Het belang van reductiemaatregelen

In de wetenschap beschrijven diverse publicaties een lonkend perspectief van aanzienlijke reductiemogelijkheden van methaan uit de veehouderij (Herrero et al., 2016). Maar er kunnen evenzoveel publicaties worden gevonden over de slechte rentabiliteit en complexiteit van maatregelen, waarbij al snel verschuiving van problemen plaatsvindt (Höglund-Isaksson, 2020; de Boer et al., 2011). Höglund-Isaksson et al. (2020) signaleren in ieder geval het grootste reductiepotentieel, tegen de laagste kosten, voor methaan met fossiele herkomst. Ook methaan afkomstig uit stortplaatsen heeft een hoger reductiepotentieel tegen lagere kosten dan methaan uit de landbouw. Een overzicht van de marginale reductiekosten voor deze drie verschillende bronnen is gegeven in figuur IV hieronder.



Figuur IV: Marginale reductiekosten voor methaan uit verschillende sectoren (bron: Höglund-Isaksson et al., 2020)

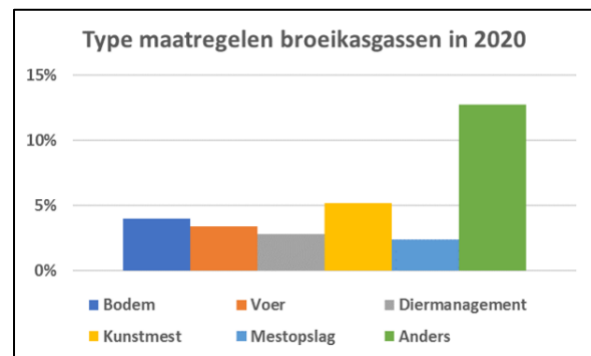
De klimaatambities van de zuivelsector zijn vastgelegd in het sectorplan ‘Klimaatverantwoorde zuivel in Nederland’. Dit plan bevat onder andere een reductie van 1,6 Mton CO<sub>2</sub>-equivalenten, verdeeld over 0,8 Mton methaan, 0,2 Mton vastlegging in de bodem en 0,6 Mton door opwekking van hernieuwbare energie. Tussen 2012 en 2020 heeft CLM viermaal een grote telefonische enquête uitgevoerd, elk onder ruim 500 boeren (CLM, 2020). De onderstaande figuren geven de resultaten weer, en die zijn zorgwekkend. Boeren hechten steeds minder belang aan het reduceren van methaanemissies, en maatregelen komen niet van de grond (RVO, 2020). Figuur V hiernaast toont het belang dat boeren hechten aan het reduceren van methaan op een schaal van 1 tot 10 (=meest belangrijk).



Figuur V: Belang dat boeren hechten aan verschillende broeikasgasreductieelementen van emissiereductie

Figuur VI hiernaast laat zien dat elk van de meest gangbare maatregelen voor methaanreductie in 2020 toegepast wordt door maximaal 5% van de boeren (de categorie ‘anders’ bleek niet over methaan te gaan). Het plaatje verschilt nauwelijks van het beeld in 2012.

Figuur VI:  
Type maatregelen overige broeikasgassen



In de enquêtes en een reeks daarmee samenhangende diepte-interviews, geven ondernemers sterke signalen dat ze de logica van het veehouderijmethaanverhaal niet snappen en dat ze mede daardoor de legitimering van maatregelen in twijfel trekken. Daarnaast komen signalen terug, die ook de wetenschap noemt, over slechte rentabiliteit, complexiteit en verschuiving van problemen. Overigens ondersteunen ondernemers wel het verhaal over energiebesparing en duurzame energie. Ook bij nieuwbouw is draagvlak voor investeringen op het gebied van energie en klimaat, zoals bij stallen en mestopslag. Verder geven de ondernemers signalen dat andere knelpunten (stikstof en fosfaat) soms grotere prioriteit hebben.

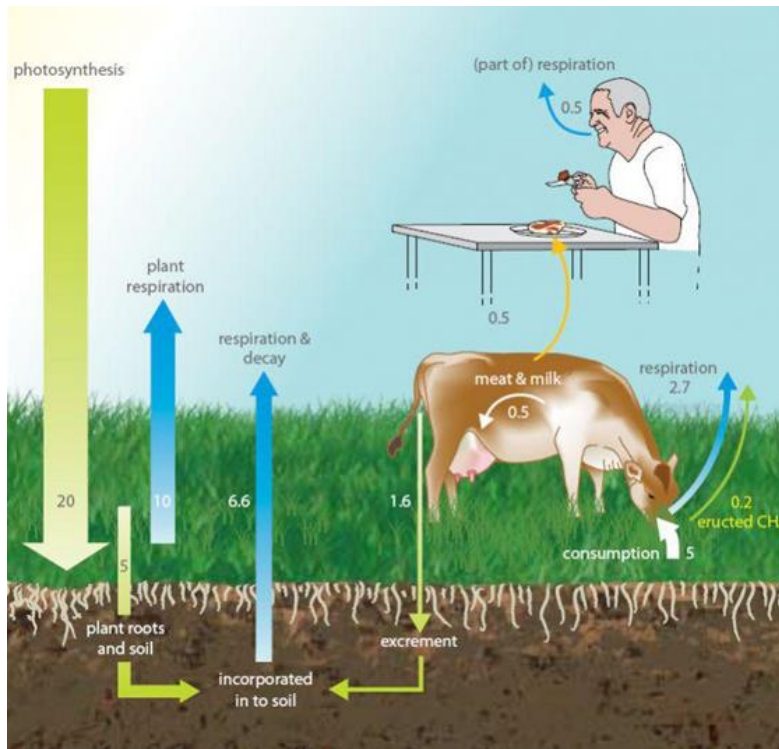
Opvallend in Figuur VI is het relatief grote percentage boeren dat zegt ‘andere maatregelen’ te nemen om methaan of lachgas te reduceren. Bij doorvragen bleek het weliswaar niet om directe methaanreductie te gaan, maar een flink aantal ondernemers heeft stappen gezet op het gebied van meer koolstof in de bodem vasthouden, anders met de mest omgaan, innovatieve stalsystemen, biologisch boeren zonder gebruik van kunstmest, of toepassing van landschapselementen en agroforestry. Deze strategieën krijgen de voorkeur bij de betreffende ondernemers en passen in het bredere kader van de totale milieubelasting en sociaal-economische positie. Nederlandse melkveehouders opereren in een internationale markt, waarbij de kosten voor grond, arbeid en milieumaatregelen in Nederland (veel) hoger zijn dan in concurrerende landen (Erisman en Poppe, 2020). Van Dijk et al. (2019) beschrijven hoe boeren met soortgelijke maatregelen een manier vinden om de milieubelasting te reduceren, door uit het model van productie voor een zo laag mogelijke kostprijs voor de wereldmarkt te stappen.

Dan is er nog de factor ‘mens’. De verwachte groei van de wereldbevolking, in combinatie met een toenemende welvaart en behoefte aan zuivel en vlees, zorgen voor een geprognosticeerde groei van methaanemissies van 20% tot 50% (Reisinger et al., 2021). Dat staat in schril contrast tot de klimaatambities. Reductiemaatregelen zullen alleen effectief blijken als gelijktijdig de vraag naar zuivel en vlees wordt beperkt (Pérez-Domínguez et al., 2021). Daar is op dit moment nog geen sprake van, anders dan alleen in communicatiecampagnes. Ook de directe methaanemissies van de mens worden niet meegenomen bij de bepaling van broeikasgasemissies, hoewel het slechts een kleine bron betreft met een verwachte mondiale groei van 0,7 tot 1,2 Mton per jaar.

#### 4 De koolstofkringloop in de melkveehouderij

Wereldwijd is een kwart van de landbouwgrond niet geschikt voor akkerbouw, groente- of fruitteelt (Herrero et al., 2016) Deze gronden zijn bij uitstek geschikt voor blijvend grasland, waarin koolstof kan worden vastgelegd. Daarnaast kunnen herkauwers deze gronden verder opwaarderen, door gras om te zetten in melk en vlees. De onderstaande figuur toont de situatie voor grondgebonden melkveehouderij, met een gesloten koolstofkringloop. Gras onttrekt - via fotosynthese - CO<sub>2</sub> aan de atmosfeer en slaat dat op in koolstofverbindingen. Het gras wordt gegeten door de koe, waarna het omgekeerde gebeurt: de koolstofverbindingen reageren met zuurstof tot CO<sub>2</sub>, dat wordt uitgedemd. De koe produceert ook melk en vlees, dat gedronken en gegeten wordt door de mens, waarbij ook weer koolstofverbindingen reageren met zuurstof tot CO<sub>2</sub>, dat

wordt uitgeademd. Dat is een gesloten systeem, dat niet bijdraagt aan opwarming van de aarde. Een klein deel van de koolstofverbindingen reageert echter met waterstof tot  $\text{CH}_4$ . Mens en dier, vooral koeien, ademen naast  $\text{CO}_2$  een deel als  $\text{CH}_4$  uit. Daarnaast komen  $\text{CO}_2$  en  $\text{CH}_4$  vrij uit uitwerpselen. Nog steeds is de koolstofkringloop daarbij gesloten, maar de stralingsbalans ('radiative forcing') is niet in balans. Daarnaast kan organische stof worden opgenomen door de bodem. Schematisch wordt de opname en uitstoot van koolstofverbindingen weergegeven in figuur VII hieronder.



Figuur VII: Koolstofstromen bij melkproductie in ton koolstof (C)/ha.jaar (Parsons and Chapman, 2000).

De weergegeven koolstofstromen zijn gemiddelden en uiteraard bepalen vele factoren de specifieke situatie van een bedrijf. Factoren zoals de samenstelling en hoeveelheid van het voer, productieniveau, het genotype koe, de temperatuur, het stalsysteem, mestmanagement en de mate van weidegang bepalen de uitstoot van methaan (Liu et al., 2021). Voor een meer intensief bedrijf, dat niet alle mest direct op eigen grond kan plaatsen, kan de kringloop iets langer worden en, afhankelijk van vele factoren, de uitstoot in de vorm van methaan daardoor iets groter zijn. Daarnaast zijn er grote verschillen in de hoeveelheden  $\text{CO}_2$  en  $\text{CH}_4$  die vrijkomen, evenals in de verhouding daartussen. Gezien de verschillen in opwarmingscapaciteit tussen  $\text{CO}_2$  en  $\text{CH}_4$ , is die verhouding van groot belang. Weliswaar accumuleert  $\text{CO}_2$  gedurende langere tijd in de atmosfeer en is  $\text{CH}_4$  snel afgebroken, maar  $\text{CH}_4$  heeft een groter opwarmend effect. De C/N-verhouding speelt ook een rol, bijvoorbeeld in het vrijkomen van lachgas uit bodem en mest. Lachgas heeft een hogere  $\text{GWP}_{100}$  dan methaan en een veel langere verblijftijd in de atmosfeer, maar gezien de scope van deze studie wordt de specifieke rol van stikstof hier verder niet besproken.

Het bovenstaande plaatje maakt ook duidelijk dat het verhogen van het koolstofgehalte in de bodem, een aantrekkelijke methode is om het atmosferische koolstofgehalte te laten dalen (Jones en Donnelly, 2004). In de bodem onder graslanden en -velden neemt de hoeveelheid organische stof vaak toe. Dit komt doordat graswortels in een jaar veel nieuwe wortels aanmaken en oudere wortels dan afsterven en afgebroken worden tot organische stof. Dit is al vaker onderzocht en bewezen, zeker op permanent grasland. Het zijn trage processen, waarmee vaak enkele decennia zijn gemoeid. Momenteel loopt de [PPS Grasvelden, Klimaat &](#)

[Biodiversiteit](#), waarin wordt onderzocht hoeveel koolstof precies vastgelegd kan worden onder grasvelden. Die hoeveelheid blijkt sterk afhankelijk van het gebruik en management van het land. Belangrijk is dat die koolstof terecht komt in de stabiele koolstoffractie van de bodem, alleen opname is niet voldoende.

Ook bij im- en export van voer, producten of mest blijft de kringloop gesloten en verandert alleen de plaats van vastlegging en uitstoot van koolstof. De koolstofkringloop wordt echter verstoord zodra fossiele koolstofbronnen worden toegepast. In de praktijk is dit al snel het geval, vooral bij gebruik van kunstmest, maar ook bij transport, de toepassing van olie en gas, of indirect bij kunstmest en elektriciteit. Ook bij verandering van landgebruik kan de koolstofkringloop verstoord worden, zoals in geval van het bouwen van huizen op landbouwgrond. Vanuit klimaatoptiek is het daarnaast van belang om zo weinig mogelijk koolstof te laten ontsnappen naar de atmosfeer, zeker in de vorm van methaan.

**CLM Onderzoek en Advies**

**Postadres**

Postbus 62  
4100 AB Culemborg

**Bezoekadres**

Gutenbergweg 1  
4104 BA Culemborg

T 0345 470 700

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