

10 AUGUSTUS 2020



VOORONDERZOEK

WELKE VOERADDITIEVEN HEBBEN TOT OP HEDEN DE MEESTE POTENTIËLE EFFECTIVITEIT VOOR CH₄-REDUCTIE BIJ MELKKOEIEN EN HOE KUNNEN DEZE PRAKTIJKRIJP GEMAAKT WORDEN?

RUBEN NIJHOF

OPLEIDING DIER- EN VEEHOUDERIJ
Docent G. Klop | Aeres hogeschool Dronten

Afstudeerwerkstuk

Welke voeradditieven hebben tot op heden de meeste potentiële effectiviteit voor CH₄-reductie bij melkkoeien en hoe kunnen deze praktijkrijp gemaakt worden?

Bedrijf:

Lely Center Zelhem
Berkendijk 2b
7021 HE Zelhem
0314 622 446

Begeleider:

Martijn Fokkink
Teamleider verkoop Lely
Berkendijk 2b
7021 HE Zelhem
0031 612672630

Docent:

G. Klop
Aeres Hogeschool Dronten
De Drieslag 4
8251 JZ Dronten
g.klop@aeres.nl
088 020 6000

Auteur: (student)

Ruben Nijhof
De Stegge 11
7137 ND Lievelede
3022553@aeres.nl
0031 681001228

Datum:

10-08-2020

DISCLAIMER

Dit rapport is gemaakt door een student van Aeres Hogeschool als onderdeel van zijn/haar opleiding. Het is géén officiële publicatie van Aeres Hogeschool. Dit rapport geeft niet de visie of mening van Aeres Hogeschool weer. Aeres Hogeschool aanvaardt geen enkele aansprakelijkheid voor enige schade voortvloeiend uit het gebruik van de inhoud van dit rapport.

Voorwoord

Het afstudeerwerkstuk heeft als doel een voeradditief te vinden voor de melkveehouderij, die een antwoord gaat geven op de vraag: Welk additief potentie heeft voor de melkveehouderij? Hierdoor kan Lely center Zelhem een techniek ontwikkelen die het voeren van dit additief mogelijk maakt. Dit onderzoek is geschreven door Ruben Nijhof student aan de Aeres Hogeschool in Dronten. Tijdens het afstudeerjaar wordt er een onderzoek uitgevoerd bij een bedrijf voor het schrijven van een afstudeerwerkstuk. Dit afstudeerwerkstuk is geschreven bij Lely Center in Zelhem. Lely Center Zelhem is een dealerbedrijf van Lely Nederland die nieuwe technieken ontwikkelt en produceert voor de melkveehouderij.

Melkveebedrijven in Nederland staan voor de uitdaging om uitstoot van methaan bij hun koeien te verlagen. Deze uitdaging komt voort uit de wet- en regelgeving. Deze wet- en regelgeving is tot stand gekomen door de opwarming van de aarde. Methaan is een veroorzaker van deze opwarming. Een voeradditief wordt door de praktijk gevraagd om deze methaanuitstoot te verlagen. Lely Center Zelhem krijgt de vraag vanuit hun netwerk of er een techniek is om deze voeradditieven nauwkeurig te doseren. Lely Center Zelhem wil eerst weten om welk voeradditief het gaat en waar de meeste interesse in is, voordat zij een techniek gaan ontwikkelen om deze voeradditieven te kunnen doseren.

Het vooronderzoek is na de beoordelingen aangepast op basis van de gegeven feedback, daarom is een nieuwe beoordeling gewenst.

Meerdere personen hebben geholpen bij het opzetten van dit onderzoek. Ik wil via deze weg Geronda Klop, docent aan de Aeres Hogeschool, Martijn Fokkink, begeleider vanuit Lely Center Zelhem, en het team binnen Lely Center Zelhem bedanken voor het meehelpen aan dit onderzoek en het beschikbaar stellen van hun kennis en tijd.

Met vriendelijke groeten,
Ruben Nijhof

10-08-2020
Zelhem

Inhoud

Samenvatting	4
Summary.....	5
1. Inleiding.....	6
1.1 Vraagstuk vanuit praktijkbedrijf	6
1.2 Oorzaak van het vraagstuk.....	7
1.3 Methaanuitstoot en proces in de koe.....	9
1.4 Voeradditieven als oplossing	10
1.5 Hoofdvraag en deelvragen	15
1.6 Doelstelling.....	15
2. Materiaal en methode	16
2.1 Databanken en zoektermen.....	16
2.2 Onderzoekstafel.....	17
2.3 Deelvragen beantwoorden	18
2.4 Afbakenen	19
3. Resultaten	20
3.1 De categorie met voeradditieven met de meeste potentie om praktijkrijp te worden.....	20
3.2 De potentiële effectiviteit van de voeradditieven per categorie bij verschillende uitgangssituaties.....	21
3.3 De vervolgstappen om de voeradditieven praktijkrijp te krijgen	22
4. Discussie	23
4.1 De categorie met voeradditieven met de meeste potentie om praktijkrijp te worden.....	23
4.2 De potentiële effectiviteit van de voeradditieven per categorie bij verschillende uitgangssituaties.....	23
4.3 De vervolgstappen om de voeradditieven praktijkrijp te krijgen.....	24
5. Conclusie & Aanbevelingen	25
Bronnenlijst.....	26
Bijlage 1, Checklist Schriftelijk Rapporteren	29
Bijlage 2, Onderzoekstabel.....	30

Samenvatting

De Nederlandse melkveehouderij heeft een belofte gedaan om in de toekomst minder broeikasgassen uit te stoten. De Nederlandse overheid heeft met de Europese Unie afgesproken minder broeikasgassen uit te stoten, elke sector moet haar steentje bijdragen. De landbouw is voor een groot deel verantwoordelijk voor de uitstoot van deze broeikasgassen. Melkkoeien stoten methaan uit bij het verteren van voedsel. Omdat methaan een broeikasgas is wat 28 keer zwaarder is dan CO₂ in CO₂ equivalenten, heeft het veel effect wanneer dit gereduceerd wordt.

Het doel van dit onderzoek is om te achterhalen hoe de methaanemissie van melkkoeien gereduceerd kan worden door middel van een toevoeging aan het voer van de melkkoeien. Hiervoor is de volgende onderzoeksvraag opgesteld: *Welke voeradditieven hebben tot op heden de meeste potentiële effectiviteit voor CH₄-reductie bij melkkoeien en hoe kunnen deze praktijkrijp gemaakt worden?* De hoogte van de methaanreductie is van belang om de hoogte in potentie te willen aangeven van de voeradditieven. Ook andere effecten of bijwerkingen moeten achterhaald worden, dit gebeurt door middel van de overall score. De praktijkrijpheid is belangrijk omdat de vertaling van de theorie naar de praktijk de eerste stap is om het in de praktijk te brengen. Het bedrijf Lely center Zelhem kan dan als vervolgstap een techniek ontwikkelen die deze voeradditieven kan doseren aan de melkkoeien.

Om een antwoord te kunnen geven op de onderzoeksvraag is er een literatuurstudie gedaan, de resultaten hiervan zijn verzameld en geanalyseerd in een onderzoekstabel. De onderzoekstabel bestaat in de basis uit vier verschillende categorieën waaronder de voeradditieven verdeeld zijn. Om een hogere betrouwbaarheid te geven aan deze studie is alleen gebruik gemaakt van wetenschappelijke artikelen met daarin een praktijkonderzoek (vivo). Alle wetenschappelijke artikelen hadden melkkoeien als materiaal. Op deze manier kon er een reële vergelijking gemaakt worden met de Nederlandse veehouderij. Uit dit onderzoek blijkt dat de categorie secundaire metaboliëten de meeste potentie heeft om in de praktijk ingezet te gaan worden. Acacia en rode algen hebben een positieve methaanreductie en een positieve overall score.

Door de melkkoeien het voeradditief Acacia te gaan voeren, kan er 11% methaanreductie gehaald worden. Wanneer de praktijk kiest om rode algen te gaan voeren is het mogelijk om de methaanreductie met 75% te reduceren. De verschijningsvorm van deze voeradditieven zal verder onderzocht moeten worden. Wanneer het mogelijk is om beide voeradditieven tot een brok te persen, is het doseren van het additief gemakkelijker. Op dit moment is Acacia als voeradditief het goedkoopst om te voeren namelijk € 9,76 per koe per dag, wanneer gerekend wordt met een voeropname van 20 kg ds per dag. Rode algen zijn veel duurder € 21,- per koe per dag. In de toekomst zal de praktijk de teelt van deze voeradditieven verder moeten ontwikkelen, net zoals het productieproces tot een voeradditief.

Summary

The Dutch dairy farming has made a promise to emit less greenhouse gases in the future. The Dutch government has agreed with the European Union to emit less greenhouse gases, and each sector must contribute to do this. Agriculture is a major part of the responsible for these greenhouse gas emissions. Dairy cows emit methane when digesting food. Methane is a greenhouse gas which is 28 times heavier than CO₂ in CO₂ equivalents, it has a lot of effect when it is reduced.

The goal of this research is to find out how this methane emission can be reduced by means of an addition to the feed of the dairy cows. To this end, the following research question has been formulated: Which feed additives have to date had the greatest effect on CH₄ reduction in dairy cows and how can they be made ready for use? The amount of methane reduction is important to indicate the amount in potential. Other effects of side effects must also be identified, this is done by means of the overall score. The readiness to practice is important because the translation from theory to practice is the first step to put it into practice. As a next step, the Lely center Zelhem company can then develop a technique that can dose these feed additives to the dairy cows.

To answer the research question, there is a literature study, the results of this literature study collected and analyzed in a research table. The research table basically consists of different categories under which the additives are divided. To give a higher reliability to this study, only scientific articles containing practical research (vivo) were used. All scientific articles had dairy cows as material. In this way, a realistic comparison can be made with Dutch livestock farming. This research shows that the category of secondary metabolites has the most potential to be put into practice. Acacia and red algae have a positive methane reduction and a positive overall score.

By feeding the dairy cows an Acacia additive, an 11% methane reduction can be achieved. When practice chooses to feed red algae, it is possible to reduce the methane reduction by 75%. The appearance of these additives will have to be further investigated. When it is possible to compress both feed additives into a feed pellets, is the feed additives easier to dose. Now Acacia as a feed additive is the cheapest to feed, namely € 9.76 per cow per day. Red algae are much more expensive, namely € 21 per cow per day. In the future, practice will have to further develop the cultivation of these additives, just like the production process into a feed additive.

1. Inleiding

De Nederlandse melkveehouderij is de laatste jaren verder ontwikkeld. Zo zijn er nu in 2019 550 melkveebedrijven gestopt. De melkveehouderijen die er nog zijn worden groter en nemen indirect de aantallen over van de gestopte melkveehouders. Bedrijven specialiseren zich steeds meer op een diersoort, dit is te zien aan het dalende aandeel bedrijven dat meerdere diersoorten houdt. Melkveehouderijen specialiseren zich ook binnen de diercategorie. Zo zijn er ook melkveebedrijven die alleen melkkoeien houden en het opfokken van jongvee uitbesteden. Melkveebedrijven worden groter (Meulen, 2019), tussen 2000 en 2019 is het aantal melkkoeien op één melkveebedrijf toegenomen van 57 tot 103. Hierdoor is de melkveehouder op zoek naar personeel of automatisering. De arbeid kan vaak op melkveebedrijven groter dan 100 koeien niet meer door één volwaardig persoon gedaan worden. Veel dagelijks werk wordt geautomatiseerd. In de loop der jaren is wereldwijd veel werk overgenomen door automatisering. Er is bijna geen sector te noemen waar geen verschuiving heeft plaats gevonden tussen handwerk en automatisering. Er zijn gigantische stappen gezet rondom automatisering, ook in de melkveehouderij.

Tabel 1.1 Overzicht soorten/typen melkstallen (aantal bedrijven) (Verhagen, 2019)

Staltype	2019	22-03-2020
Draaimelkstallen	931	924
Grupstallen	934	903
Tandemmelkstallen	416	409
Automatische melksystemen	4378	4422
Visgraat melkstallen	5750	5623
Swingover melkstallen	475	470
Zij-aan-zij melkstallen	3919	3905
Totaal	16803	16656
Melksystemen (totaal)	6767	6856

In Nederland zijn ongeveer 250 bedrijven met een automatisch voersysteem, elk jaar komen er ongeveer 80 á 100 voerrobots bij. In vergelijking met de melkrobot is dat 8 keer minder, het aantal melkrobots neemt met 800 stuks per jaar toe (Verhagen, 2019). De automatische melksystemen zijn in opmars (zie tabel 1.1)

Op dit moment is Lely marktleider van melkrobots en voerrobots in Nederland. Lely Nederland innoveert in automatisering binnen de melkveehouderij sector. Steeds meer veehouders worden klant van Lely, zodoende komt Lely steeds meer op melkveebedrijven en stellen de veehouders vragen over hun management (Minnaert, 2019).

1.1 Vraagstuk vanuit praktijkbedrijf

Lely Center Zelhem is een dealerbedrijf van Lely Nederland, zij werken in de regio Oost-Nederland. Binnen Lely Center Zelhem is er een Farm Management Supportteam (FMS), zij begeleiden melkveehouders met het managen van hun bedrijf.

Lely Center Zelhem (LCZ) wil inspelen op de behoefte van de markt. Om te weten te komen wat de behoefte is, moet deze eerst in kaart worden gebracht. Vanuit de melkveehouders die begeleid worden door het FMS-team is er een vraagstuk ontstaan.

Veehouders vragen zich af of het een meerwaarde kan zijn om voeradditieven bij te voeren. LCZ wil daarom weten of dit in de toekomst een behoefte is en blijft voor de melkveesector.

Om dit vraagstuk te beantwoorden is het noodzakelijk om eerst te weten wat de behoeften in de sector zijn en waar de agrarische sector in Nederland in de toekomst naar toe wil werken.

1.2 Oorzaak van het vraagstuk

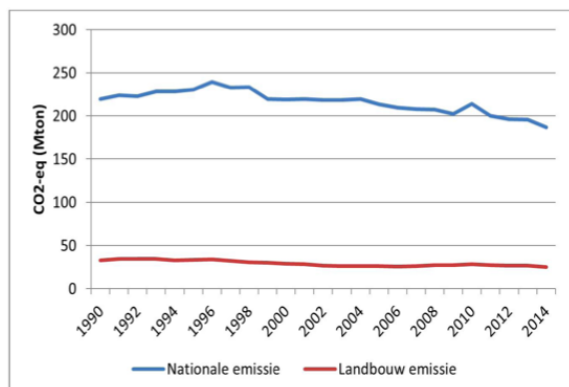
De Nederlandse regering heeft door het opgelegde Europese klimaatakkoord besloten dat de veehouderij ook haar steentje moet bijdragen aan het verlagen van de broeikasgasuitstoot (Moerkerken, 2016). Zo is er een uitdaging voor de sector ontstaan om de broeikasgasuitstoot te verlagen.

Het Europese klimaatakkoord is tot stand gekomen, doordat de aarde opwarmt. Elke land is hier verantwoordelijk voor. De aarde warmt op door broeikasgassen die worden uitgestoten. Bijna iedere sector is verantwoordelijk voor de broeikasgassen. De Nederlandse overheid heeft berekend dat de veehouderij voor 14% van de broeikasgasuitstoot verantwoordelijk is, daarom vraagt de overheid naar praktische oplossingen vanuit de sector (Moerkerken, 2016).

Wereldwijd neemt de uitstoot van broeikasgassen toe, door de toename van broeikasgassen warmt de aarde op. Op de klimaatconferentie in Parijs zijn afspraken gemaakt om de uitstoot van broeikasgassen te verlagen, zodat de aarde minder snel opwarmt.

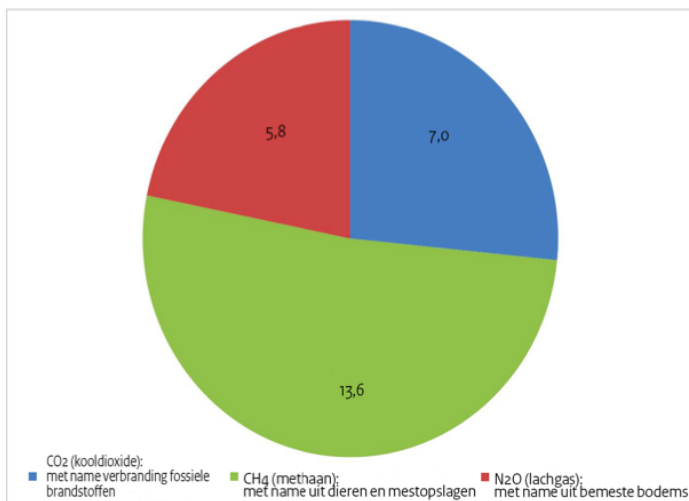
De uitstoot van broeikasgassen wordt in Nederland voor 85% door de verbranding van fossiele brandstoffen veroorzaakt. De andere 15% komt uit de CO₂ (koolstofdioxide) uitstoot van industriële processen en verder nog een klein deel (1%) uit gefluoreerde koolwaterstoffen. Van deze 15% zijn methaan en lachgas een onderdeel. De landbouw is voor een groot deel verantwoordelijk voor de methaanuitstoot.

Er is in onderstaand figuur 1.1 te zien dat de uitstoot van broeikasgassen door de landbouw tussen 1990 en 2014 met 20% is gedaald.



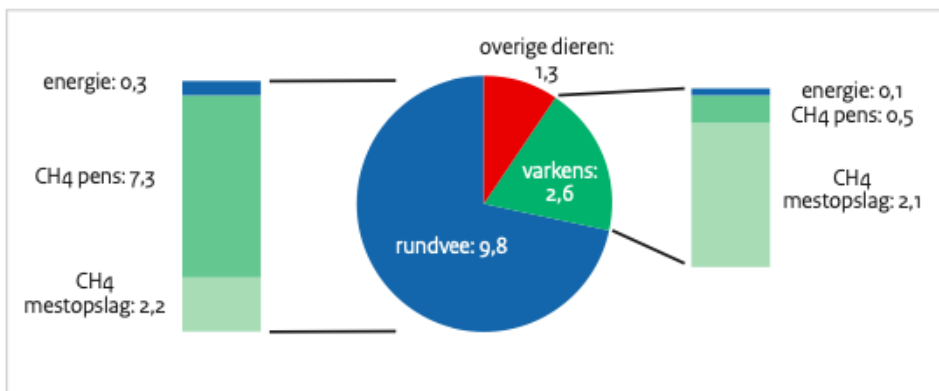
De veehouderij is voor de helft van de broeikasgasuitstoot uit de landbouw verantwoordelijk. De emissiebronnen bestaan uit de dieren en de mestopslagen. Van de broeikasgassen in figuur 1.2 is methaan de grootste veroorzaker (13,6 Megaton CO₂-equivalenten). Methaan is de grootste veroorzaker van broeikasgassen, omdat methaan een veel zwaarder broeikasgas is dan de andere broeikasgassen (1 kilo methaan heeft hetzelfde effect als 28 kilo CO₂).

Figuur 1.1 Nationale en landbouw emissie, af te lezen wat de emissie waren vanaf 1990 tot 2014. Blauwe lijn is de nationale emissie en e rode lijn is de landbouw emissie (Moerkerken, 2016).



Figuur 1.2 Verdeling van de broeikasgasemissies uit de Nederlandse landbouw in Mton (megaton) CO₂-eq (Milieucentraal, 2020)

Specifieke doelstellingen voor de veehouderij kunnen in de toekomst te maken hebben met de klimaatverbetering. Veehouders denken al mee in de richting van nieuwe technieken rondom hun management. Op deze manier willen zij proberen de broeikasgassen te reduceren. Binnen de veehouderij zijn er drie categorieën: Rundvee, varkens en overige dieren die methaan produceren. Door verteringsprocessen wordt methaan voor grotendeels gevormd in de pens(voormaag) van de koe. Rundvee is de grootste methaanproducent met een aandeel van 9,8 megaton (Mton) CO₂-eq. Van deze 9,8 Mton CO₂-eq is 7,2 Mton CO₂-eq afkomstig uit de pens van de koe. Dit betekent dat de meeste methaanreductie valt te halen op het verteringsproces wat zich afspeelt in de pens, zie figuur 1.3 (Moerkerken, 2016).



Figuur 1.3 Onderverdeling emissie veehouderij in 2014 naar diersoort in Mton CO₂-eq (Moerkerken, 2016).

De melkveehouderij is de grootste veroorzaker van de methaanuitstoot. De zuivel- en sectorpartijen, waar bijna alle melkveehouders achter staan hebben een reductie doelstelling van 0,8 Mton methaanuitstoot voor 2030. Om dit te halen zijn melkveehouders op zoek naar een praktische oplossing om de methaanproductie in de pens te verlagen (Veldman, 2019).

Lely Center Zelhem wil de vraag uit de praktijk beantwoorden, hiervoor dient er eerst een literatuuronderzoek gedaan te worden over wat er al bekend is. In dit onderzoek is eerst een literatuurstudie gedaan naar methaanuitstoot in de melkveehouderij. Dit is gedaan omdat "methaanuitstoot verlagen" in de toekomst belangrijk is voor veehouders. Lely kan door nieuwe technieken te ontwikkelen helpen dit te realiseren.

1.3 Methaanuitstoot en proces in de koe

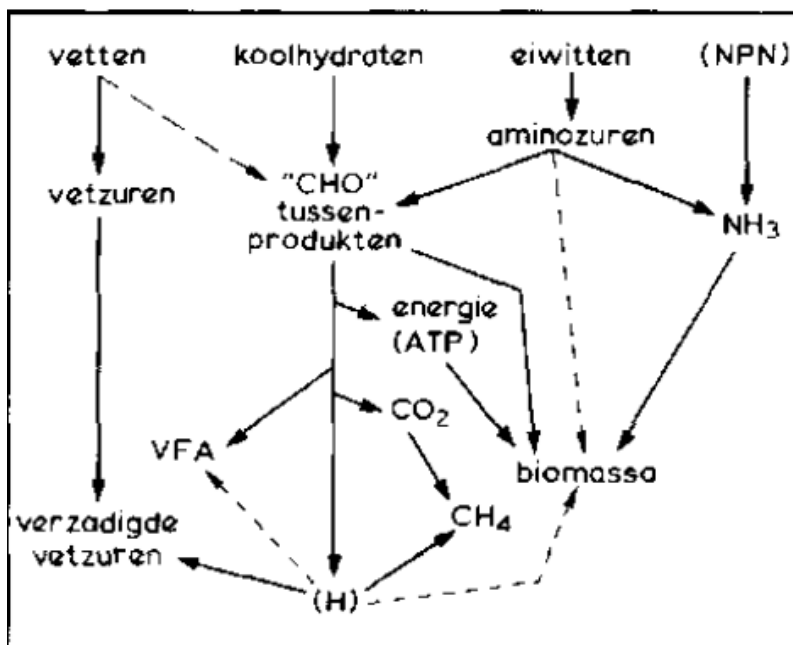
Alvorens de mogelijkheden om de methaanemissie te reduceren te bekijken, is het goed om te weten hoe methaan wordt gevormd.

Methaan (CH_4) is een koolstof die onder de categorie broeikasgassen valt. De veehouderij heeft een belofte gedaan dat ten op zichte van 1990, 30% minder broeikasgassen worden uitgestoten door de melkveehouderij.

Het proces waarbij methaan ontstaat in de koe speelt zich af in de voormaag (pens) van de koe. Deze maag zorgt voor de fermentatie van het voer dat de koe vreet. Hoe minder pensfermentatie aanwezig is, hoe minder methaan er geproduceerd wordt. Gevolg hiervan is dat er ook mogelijk minder melkproductie is (WUR, 2012).

Methaan en koolstofdioxide zijn natuurlijke bijproducten. Deze stoffen ontstaan door microbiële fermentatie. Microbiële fermentatie is nodig om koolhydraten en eiwitten (aminozuren) in de pens opneembaar te maken voor de darm van de koe, bij deze fermentatie ontstaat methaan. Methaan wordt onder geheel anaerobe (zonder zuurstof) omstandigheden geproduceerd door ééncellige organismen (methanogenese), deze ééncellige organismen zijn organismen die waterstof (H_2) met koolstofdioxide (CO_2) binden. Bij herkauwers vindt het overgrote deel van de CH_4 -productie plaats in de pens. 89% van de CH_4 emissie wordt vanuit de maag via de slokdarm uitgescheiden, de rest komt rectaal naar buiten bij de koe (Gerber, Henderson, Makkar, 2013).

Fermentatie is een proces dat biologisch materiaal omzet in de afwezigheid van zuurstof. Door de voormagen kan de koe voedermiddelen zoals gras, grasproducten en bijproducten van de voedings- en genotmiddelenindustrie, die voor de mens als voedsel onbruikbaar zijn, omzetten in hoogwaardige producten, zoals melk en vlees. Dit is mogelijk doordat het opgenomen voer een fermentatie vertering ondergaat in de voormagen, voordat het eigenlijke verteringsproces in de maag en dunne darm plaatsvindt (Tamminga, Vuuren, Koelen, 1987).

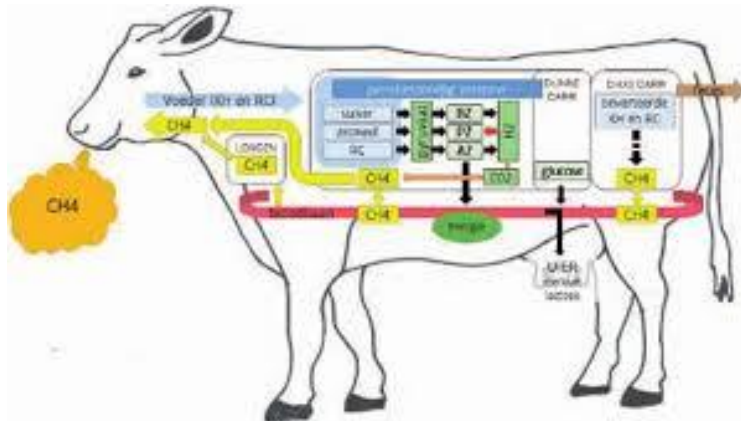


Figuur 1.4 schematische tekening hoe koolhydraten in de pens van de koe worden afgebroken. (Tamminga et al., 1978)

Koeien verliezen energie bij het vormen van CH_4 , al vele jaren wordt gedacht dat bij het remmen van het CH_4 proces energie bespaard kan worden. In feite is het proces van methaanvorming eigenlijk het wegwerken van de aanwezige waterstof (H) die ontstaat door fermentatie van koolhydraten. De

waterstof kan opgenomen worden om CH_4 te vormen, maar ook kan dit opgenomen worden om bijvoorbeeld propionzuur te vormen of voor het verzadigen van vetzuren. Als één van deze laatstgenoemde processen in belangrijke mate optreedt, wordt er minder CH_4 gevormd.

De microben in de pens zorgen voor methaanproductie. Deze microben heten methanogenen, dit zijn micro-organismen (archaea) die methaan produceren als metabolisch bijproduct in een zuurstofloze omgeving. In figuur 1.4 is dit proces te zien (Campeneere, Vandaele, Peiren & Goossens, 2015).



Figuur 1.5 Schematisch overzicht van de koolhydraatvertering en de methaanproductie in de koe. BZ = boterzuur, PZ = propionzuur, AZ = azijnzuur, H₂ = waterstofgas, CH₄ = methaan, RC = ruwe celstof, KH = koolhydraten (Rundveeloket, 2015)

Zetmeel rijke rantsoenen fermenteren naar meer propionzuur in de pens (zie figuur 1.5), dan bijvoorbeeld eiwit rijke rantsoenen. Omdat propionzuur meer waterstof opneemt is er minder waterstof beschikbaar voor de vorming van methaan. Hierdoor wordt er bij zetmeel rijke rantsoenen minder methaan gevormd. Koeien hebben ook behoefte gras, dat bijvoorbeeld veel eiwit bevat, wordt het aandeel zetmeel beperkt om te voeren. Wanneer er meer zetmeel gevoerd wordt heeft dit direct consequenties op de melkproductie en de melksamenstelling (Hatew, 2015). Naast eiwit en zetmeel is het ook mogelijk om een kleine dosering van een voersoort toe te voegen, dat wordt een voeradditief genoemd.

1.4 Voeradditieven als oplossing

In de praktijk zijn veel voeradditieven te verkrijgen die gevoerd kunnen worden aan melkkoeien. Elk voeradditief heeft zijn eigen bijdrage aan het rantsoen van de koe. Vaak worden voeradditieven ingezet om de prestatie van de melkkoe te verbeteren of om gezondheidsproblemen te voorkomen of op te lossen. Door de commotie over methaanuitstoot in de melkveehouderij, worden er ook proeven gedaan die de methaanemissie van de melkveehouderij moeten verlagen. Vanuit de praktijk wordt er ook belangstellend gereageerd op deze proeven en is men geïnteresseerd in mogelijke oplossingen zoals een voeradditief.

Door middel van proeven worden de mogelijkheden hiervoor bekeken. Voeradditieven kunnen op koe- en koppelniveau worden gevoerd. De reden dat het voeradditief op koe of koppelniveau gevoerd wordt heeft te maken met het doel van het additief en wat de mate van dosering is. Omdat er veel voeradditieven beschikbaar zijn kunnen deze in verschillende categorieën ingedeeld worden. Zo zijn er over het algemeen veel voeradditieven die zorgen voor snelle energie en/of stimulatie voor vertering. Doordat elke veehouder zijn eigen manier heeft om zijn koeien te voeren kan het vaak voor een bepaalde veehouder wel mogelijk zijn en voor een andere veehouder niet om een bepaald additief te voeren. De voermethode en de doseer mogelijkheden geven dan de doorslag om wel of niet een additief te voeren.

Voeradditieven worden in de praktijk ingezet als toevoegingsmiddel voor diervoeders. Omdat voeradditieven een haalbare mitigatiestrategie (methaanverlagende strategie) kunnen zijn en omdat ze meestal alleen worden gevoerd in kleine hoeveelheden aan de koe. Zodoende zal de gehele rantsoensamenstelling niet veel veranderen. Herkauwers zijn in staat om plantaardig voedsel wat voor de mens niet te verteren is wel te verteren en om te zetten in melk en vlees, wat dan vervolgens wel als voeding voor de mens gebruikt kan worden. Voeradditieven die gevoerd kunnen worden als toevoeging aan het rantsoen van koeien worden gedefinieerd als stoffen, micro-organismen of preparaten, wanneer voedermiddelen of voermengsels een groter deel in het rantsoen uitmaken is dit anders (Klop, 2016).

Mogelijk zijn er meer voeradditieven van verschillende categorieën interessant om in te zetten in de praktijk. Van deze voeradditieven moet de kennis gebundeld worden. Om de potentie van een additief goed in te schatten dienen onderstaande punten bekend te worden:

- CH₄-emissie verlagend vermogen
- Hoogte van dosering
- In welk lactatiestadium dient het voeradditief gevoerd te worden?
- Wat is de verschijningsvorm van het voeradditief?
- Welke kosten heeft het voeradditief voor de veehouder?

Wanneer de voeradditieven op basis van het CH₄-emissie verlagend vermogen worden geselecteerd is het belangrijk dat de eenheid waarin deze worden beschreven goed in beeld is. In de onderzoeken die gedaan zijn worden meerdere eenheden beschreven. Soms kunnen eenheden omgerekend worden naar een andere eenheid.

Een voorbeeld van een eenheid is ton CO₂ equivalenten per kg meetmelk, in een onderzoek (Middelaar, 2014) is de methaaneenheid omgerekend naar CO₂-equivalenten. De methaanemissie wordt hierbij gekoppeld aan meetmelk, andere onderzoeken drukken de methaanemissie ook wel uit in gram CH₄ per kg gevreten droge stof (ds).

De hoogte van de dosering is belangrijk om te weten wanneer een voeradditief in de praktijk ingezet gaat worden. De veehouder moet weten welke dosering moet worden toegepast om een goed resultaat te halen, maar ook is het belangrijk om te weten wat het aandeel is van het voeradditief op het gehele rantsoen. Een koe kan maar een bepaald aantal kilogrammen voer opeten per dag. Wanneer van het voeradditief veel grammen gevoerd dienen te worden, valt een deel van een ander voedermiddel weg en krijgt de koe minder voederwaarde binnen. Dit kan gevolgen hebben op de dierprestaties.

Het voeradditief wordt op een bepaald moment gevoerd wanneer de koe melk produceert of juist droogstaat (zwangerschapsverlof voor koeien). Het voeradditief wat gevoerd gaat worden heeft invloed op het basisrantsoen wat de koe op dat moment vreet. Het lactatiestadium bepaalt hoeveel en wat een koe vreet. Dit is belangrijk om te weten wanneer het voeradditief gevoerd wordt en de hoeveelheid hiervan.

De verschijningsvorm van het voeradditief is belangrijk om te weten voor het doseren. Wanneer de praktijk een voeradditief wil inzetten dan moet de verschijningsvorm bekend zijn. Voor het doseren zijn verschillende technieken bekend. Wanneer bekend is welk verschijningsvorm het voeradditief bevat, kan er een passende techniek gevonden worden.

De melkveehouderij heeft te maken met kleine marges, hierdoor is elke kostprijsverhogende handeling niet wenselijk. Wanneer het voeradditief een grote meerwaarde heeft wordt het voor de veehouders interessanter om deze te gebruiken. Voeradditieven die de dierprestaties negatief

beïnvloeden zijn niet wenselijk, omdat dit de opbrengst in melkgeld verlaagt.

In de toekomst kan de Nederlandse overheid de veehouders bij wet verplichten wat aan de methaanemissie te doen. Een vergoeding vanuit de overheid zal dan niet opmerkelijk zijn. Hierdoor is het voor de veehouder makkelijker om te investeren.

Voeradditieven kunnen op basis van hun werkingsvorm onderverdeeld worden in verschillende categorieën. Per categorie wordt beschreven hoe deze voeradditieven werken en wat tot nu toe bekend is (Klop, 2016).

In dit onderzoek wordt de focus gelegd op de volgende categorieën voeradditieven:

1. Alternatieve waterstof consumerende stoffen
2. Synthetische additieven
3. Secundaire metabolieten (etherische oliën)
4. Vetten/vetzuren

Alternatieve waterstof consumerende stoffen

Alternatieve waterstof consumerende stoffen zijn in eerdere studies al vaker onderzocht of ze de emissie van methaan kunnen verminderen bij koeien (Klop, 2016). Waterstof consumerende stoffen die eerder onderzocht zijn zijn bijvoorbeeld, sulfaat, nitraat, calciumfumaraat en carbonzuren.

Nitraat consumeert de waterstof die ook nodig is voor de vorming van methaan (methanogenese). Door nitraat te voeren aan de koe wordt waterstof gebuikt, hierdoor wordt er NH_3 (ammoniak) gevormd. Dit is ook een broeikasgas, maar dan van minder zware vorm in vergelijking met methaan. Ook kan een koe de stikstof uit de ammoniak gebruiken om microbieel eiwit te maken.

De meeste voeradditieven hadden geen positieve werking op de vermindering van de CH_4 -productie, zo wel dan waren er negatieve bijkomstigheden op diergezondheid of prestaties (Lee & Beauchemin, 2014).

Het gebruik van nitraat als middel om de CH_4 -productie te verminderen heeft in een praktijkonderzoek (vivo) aanhoudend effect getoond, zowel bij schapen als bij koeien. Wel kan nitraat leiden tot ongewenste bijwerkingen zoals nitraatvergiftiging.

In de pens van de koe is er een proces gaande, die ervoor zorgt dat nitraat tot ammoniak gevormd wordt. Het proces van het omzetten van nitraat naar nitriet als tussenproduct in de pens gaat relatief snel ten opzichte van het proces van nitriet naar ammoniak. Waterstof wordt hierbij gebruikt als consumerende stof.

Nitriet in de pens wordt via de penswand in de bloedbaan opgenomen, waar het vervolgens terecht komt kan hemoglobine oxideren tot methemoglobine. Dit proces remt het zuurstofvervoer in het bloed van de koe.

Door geleidelijke aanpassingen van het rantsoen, oftewel het geleidelijk toevoegen van nitraatkorrels aan het rantsoen kan nitraatvergiftiging worden voorkomen of beperkt. Om dit met zekerheid te kunnen zeggen is meer vivo onderzoek nodig. Als er meer vivo onderzoek is gedaan, is er meer betrouwbaarheid en duidelijkheid om het in praktijk toe te passen. Nitraat wordt ook in kunstmest vorm wordt gebruikt. Hierdoor kan snel kunstmest bewerkt worden tot voeradditief (Lee & Beauchemin, 2014).

Synthetische additieven

Bij de fermentatie van het voer in de pens van de koe komt waterstof vrij. Dit wordt via enzymen omgezet in methaan, oftewel methaan heeft waterstof nodig. Synthetische additieven zoals bepaalde stikstofverbindingen kunnen de enzymen hinderen om methaan te maken. De enzymen worden niet gedood maar de werking wordt vermoeilijkt.

Nitraat is ook een stikstofverbinding, alleen nitraat werkt op een iets andere manier (zie hierboven beschreven).

Andere synthetische stikstofverbindingen zijn: Nitro-ethaan, 2-nitroalcohol, 2-nitro-1-propanol, 3-nitrooxypropanol, 3-nitro-1-propanol en 3-nitro-1-propionzuur. Dit is een diverse groep van stikstofverbindingen die biotransformeerd (omgezet naar natuurproduct) zijn door de pensbacteriën. Het gebruik van deze synthetische additieven beïnvloedt de enzymactiviteit die verantwoordelijk is voor de overdracht tussen methylgroepen en waterstof-elektronen.

Hoe deze enzymactiviteit beïnvloed wordt is niet bekend en vergt daarom meer onderzoek. Door meer enzymatisch vivo (praktijk) onderzoek kan achterhaald worden hoe deze enzymen beïnvloed worden door bijvoorbeeld 3NOP (3-nitrooxypropanol). Door deze onbekendheid is deze vorm van voeradditief nog niet praktijkrijp (Zhang et al., 2017).

Secundaire metabolieten (knoflookachtige) (etherische oliën)

Secundaire plantmetabolieten (PSM) zouden kunnen worden benut als toevoegingsmiddel aan een rantsoen om de methanogenese te remmen bij koeien. De werking van deze metabolieten is dat ze antimicrobiële stoffen doden of remmen, hierdoor zijn er minder werkende bacteriën in de pens aanwezig. Melkzuurbacteriën worden niet aangetast maar wel vele andere pensbacteriën en micro-organismen, die ook belangrijk zijn voor de afbraak van voer worden wel aangetast. Daarom zijn er ook ongewenste effecten gevonden bij het voeren van etherische oliën.

Sommige planten of hun extracten met hoge concentraties bioactieve plantmetabolieten zoals, saponine, tannines, etherische oliën, zwavelverbindingen en nog meer van deze extracten lijken de methaanproductie in de pens te remmen.

Veel effecten van PSM's op de methanogenese in de pens zijn nog niet duidelijke genoeg beschreven. Een hoge dosis van saponinen kunnen de methanogenese verminderen door remming van de pensprotozoa. In tegen deel van saponinen kunnen tannines de methanogenese direct remmen, ook door remming van protozoa groei.

De chemische samenstelling van het rantsoen kan effect hebben op de werking van de PSM's. PSM's kunnen een negatief effect hebben op de nutriënten, er is wel bewijs gevonden dat methanogenese kan worden onderdrukt door deze PSM's zonder de pens fermentatie negatief te beïnvloeden.

Zwavelverbindingen en flavonoïden hebben direct effect tegen methanogenese, de effecten tegen het protozoa-getal is ondergeschikt ondervonden.

Veel PSM's hebben in een vitro onderzoek wel geleid tot minder methaan, maar om dit te vertalen naar de praktijk zal er meer vivo onderzoeken moeten worden gedaan. Dit waren vooral PSM's met onbekende bio-activiteit. De aanpassing van de micro-organismen aan PSM in de pens is een beperking, het effect tot minder methaanemissie vermindert. Zo zal er in een vivo onderzoek meer getest worden en deze onbekende PSM's roterend moeten worden gevoerd zodat uitgesloten kan worden dat de pens zich ook bij roterend voeren wel of niet aanpast in de tijd. (Amlan K. Patra, 2009)

Een voorbeeld van een voeradditief dat potentie lijkt te hebben is druivendraf, dit is het restproduct bij het maken van wijn. Uit onderzoek blijkt dat korrels van druivendraf de methaanemissie kunnen verlagen. Belangrijk hierbij is in welke vorm de druivendraf gevoerd wordt (Moate et al., 2014).

Vetten/vetzuren

Voedingsstrategieën met vet hebben veel potentie om de methaanemissie bij koeien te verminderen. Vet hoeft namelijk niet gefermenteerd te worden in de pens en gaat direct door naar de darm.

Wanneer er vet gevoerd wordt is er vaak een reactie op de melkproductie en de samenstelling van de melk, dit levert vaak een verschil op in vergelijking met het niet voeren van vet.

In een review (Grainger & Beauchemin, 2011) is beschreven op basis van een meta-analyse met gegevens van 27 onderzoeken, dat er een lineair verband is tussen het totale vetgehalte van het rantsoen en de CH₄-emissie. Dit verband was bij het voeren van 130 g/ kg droge stof (DS). Verder werd een praktisch onderzoek gedaan tot een voedingsbereik van 80 g/ DS. Dit leverde op dat 10 g/ vet per droge stof in de voeding de CH₄-emissie beperkt werd met 1 g /kg DS.

Vet toevoegen aan een melkvee rantsoen kan leiden tot een aanhoudende daling van de CH₄-emissie. Uitgesloten is niet dat de melkproductie en samenstelling hiervan niet beïnvloed wordt. In het praktische bereik van vetten is het belangrijk om te weten dat er meerdere soorten vetten zijn uit olie en zaad, deze hebben een andere samenstelling van vetzuren (C12, C14, C18) bijvoorbeeld maar er zijn ook vetbronnen zoals, koolzaad, soja, zonnebloem en kokos. Vetten kunnen niet onbeperkt worden gevoerd aan koeien, belangrijk hierin is het lactatiestadia. Meestal wordt er tot 500 gram per koe per dag gevoerd (Grainger & Beauchemin, 2011).

Algen kunnen ook onder de categorie vetten vallen, omdat algen ook vetzuren bevatten. Algenmeel bevat docosahexaeenzuur (DHA), dit is een vetzuur dat ongeveer voor 20% uit DHA bestaat. Uit onderzoek blijkt dat het voeren van algenmeel (DHA) de concentratie van melkvet minder wordt. Uit vivo onderzoek blijkt dat er geen verlaging van CH₄-emissie plaats vindt (Moate et al, 2013)

Knowledge gap

Alternatieve waterstof consumerende additieven, zoals nitraat hebben een blijvend effect op de methaanemissie, maar brengen gezondheidsrisico's met zich mee. Sommige secundaire metabolieten verlagen de methaanemissie, maar het effect van deze stoffen houdt niet altijd aan na verloop van tijd. Synthetische additieven hebben veel potentie, maar de praktijktoepassing hiervan is nog vrij onzeker door te weinig kennis hoe de werking precies is van het voeradditief op de enzymen. Het voeren van vetten heeft wel een aanhoudend effect op de methaanemissie, maar deze kunnen maar in beperkte mate gevoerd worden en hebben ongewenste invloed op de melkproductie en de melksamenstelling. Het voeren van een voeradditief afkomstig van algen kan de melkvetopbrengst sterk laten dalen.

Wat nodig is om één of meerdere methaanemissie verlagende voeradditieven praktijkrijp te krijgen is kennis verzamelen van de tot nu toe potentiële voeradditieven en de manier van doseren. Lely en veehouders willen weten wat het effect is op de kostprijs van het produceren van melk.

Mogelijk zijn er meer voeradditieven binnen verschillende categorieën interessant om in te zetten in de praktijk. Van deze voeradditieven moet de kennis gebundeld worden. Om de potentie goed in te schatten dienen onderstaande punten bekend te worden:

- CH₄-emissie verlagend vermogen
- Hoogte van dosering
- In welk lactatiestadium dient het voeradditief gevoerd te worden
- Wat is de verschijningsvorm van het voeradditief
- Welke kosten heeft dit voor de veehouder

1.5 Hoofdvraag en deelvragen

Naar aanleiding van bovenstaande knowledge gap, is de volgende hoofdvraag geformuleerd:

Welke voeradditieven hebben tot op heden de meeste potentiële effectiviteit voor CH₄-reductie bij melkkoeien en hoe kunnen deze praktijkrijp gemaakt worden?

Deelvragen

1. Welk categorie voeradditief heeft de meeste kans om praktijkrijp te worden?
2. Wat is de potentiële effectiviteit van de voeradditieven uit deze categorie bij verschillende uitgangssituaties?
3. Wat staat er nog in de weg om de voeradditieven uit de betreffende categorie praktijkrijp te krijgen?

1.6 Doelstelling

Naar aanleiding van dit literatuuronderzoek wordt duidelijk welk voeradditief of welke voeradditieven in de toekomst gevoerd gaan worden in de Nederlandse melkveesector. Bekend wordt wat er moet gebeuren om een voeradditief praktijkrijp te krijgen. Lely Center Zelhem weet straks welke techniek ze moeten inzetten om een methaanemissie verlagend voeradditief te doseren. Klanten (veehouders) weten straks in welke mate de methaanemissie wordt verlaagd door het voeren van het desbetreffende voeradditief of additieven. Ook weten zij wat de verschijningsvorm is, wat het gaat kosten en wat de eventuele de bijeffecten zijn.

2. Materiaal en methode

In het voorgaande hoofdstuk is beschreven wat er onderzocht is. In dit hoofdstuk is beschreven op welke manier het onderzoek is uitgevoerd. Per deelvraag is beschreven hoe er tot een antwoord is gekomen. Het onderzoek is kwalitatief, omdat er gebruik gemaakt is van specifieke literatuur. De onderzoekscriteria zijn op basis van bevindingen uit de literatuurstudie beschreven. Op deze manier kon er wat gezegd worden over de resultaten. Verder is de afbakening beschreven.

2.1 Databanken en zoektermen

Om zo veel mogelijk bruikbare literatuur te kunnen vinden is er gebruik gemaakt van veel verschillende databanken. Om in deze databanken goede wetenschappelijke artikelen te vinden zijn er gerelateerde zoektermen ingevoerd. Tijdens het schrijven van dit literatuuronderzoek zijn veel dezelfde databanken en zoektermen gebruikt. Deze databanken en zoektermen zijn ook gebruikt om informatie te verkrijgen voor de resultaten.

De reviews die gebruikt zijn om tot de verschillende categorieën te komen zijn opnieuw opgezocht in Google Scholar. Door onder de bron op "citeert door..." te klikken kwamen er andere wetenschappelijke artikelen naar voren. Vervolgens zijn de onderstaande zoektermen ingevoerd en gezocht in de wetenschappelijke artikelen die naar voren kwamen. Als laatste stap werd er het filter sinds 2016 aan toegevoegd, zodat er actuele wetenschappelijke artikelen naar voren kwamen.

Databanken:

- Google Scholar
- Science Direct
- Journal of Dairy Science
- GreenI (Aeres)
- WUR Library
- Google zoekmachine

Zoektermen

- Methane reduction
- CH₄ emission dairy cows
- Methane from the rumen
- Additive feed
- Methane production by ruminants
- Methane from dairy cows
- Feeding dairy cows additive methane
- synthetic additives
- Fats and oils
- Algae
- Metabolites additives
- hydrogen sinks

De resultaten die uit deze zoekstrategie zijn gekomen werden in eerste instantie gekwalificeerd op volledigheid en of de titel past bij de verwachting. Wanneer dit zo was, is er een selectie gemaakt op inhoud. Dit wil zeggen dat er gekeken is naar de introductie van de artikelen zodat gefilterd kon worden of het wel een vivo-onderzoek is. Alle voeradditieven die onderverdeeld konden worden in de benoemde categorieën zijn meegenomen. Wanneer het onderzoek onbetrouwbaar was door

Na het verzamelen van vivo onderzoeken en het maken van een onderzoekstabel (Tabel 2) werd er een review geschreven waarvan voorgaand hoofdstuk de inleiding is. Door het samenstellen van een onderzoekstabel werd er een helder overzicht gecreëerd en kwam er een duidelijk resultaat naar voren.

De “Overall score” gaf uiteindelijk aan of er verder gekeken moest worden hoe dit voeradditief in de praktijk ingezet kon worden. Het voeradditief of de voeradditieven met de hoogste “Overall score” en het meeste methaanemissie verlagend vermogen hadden de meeste potentie.

De resultaten van de voeradditieven binnen een bepaalde categorie werden in de resultaten beschreven. Hiervan werd de effectiviteit en de gewenste en ongewenste bijkomende effecten beschreven. Hoe dit voeradditief in de praktijk gebracht moest worden kwam naar voren. Ook de kosten voor de veehouder werden beschreven.

2.3 Deelvragen beantwoorden

Welke categorie voeradditief had de meeste kans om praktijkrijp te worden?

Door meerdere vivo onderzoeken te benaderen werd duidelijk welke voeradditieven het dichtst bij de praktijk staan. In eerste instantie was het belangrijk dat de categorie met de meeste potentie duidelijk werd. Door meerdere wetenschappelijke reviews te bestuderen werd er duidelijk wat de effecten per categorie waren. Aan de hand van de ‘overall score’ werd een categorie gekozen.

Wat is de potentiële effectiviteit van voeradditieven uit deze categorie bij verschillende uitgangssituaties?

Naar aanleiding van de uitkomst van deelvraag 1, werd vervolgens verder literatuuronderzoek gedaan. Wanneer vivo onderzoeken werden benaderd, werd er ook duidelijk wat de uitgangssituatie in de proef was (denk aan lactatiestadium, basisrantsoen, melkproductieniveau). Bij alle voeradditieven werd dit genoteerd, zodat de meest effectieve voeradditieven konden worden geselecteerd.

De criteria die gebruikt werden om de potentie in beeld te krijgen:

Criteria met waardering

- Blijvend effect (ja/nee)
- Voeropname (ds)
- Diergezondheid
- Melksamenstelling

Wat stond er nog in de weg om de voeradditieven uit de betreffende categorie praktijkrijp te krijgen?

Door meer literatuurstudie te bestuderen voor het beantwoorden van deelvraag 2 werd er duidelijk wat de reden is dat een voeradditief met potentie nog niet werd ingezet in de praktijk. Wanneer dat bekend was werd er ook duidelijk waar het probleem zat en wat er nog moest gebeuren (vervolgstap) om het praktijkrijp te krijgen. Deze vervolgstap werd uiteindelijk besproken in de discussie van de resultaten.

2.4 Afbakenen

Melkveehouders moeten en willen in de toekomst de CH₄-emissie verlagen op hun bedrijven. Wanneer er in kaart werd gebracht, welke voeradditieven per categorie de meest potentie bevatten zou duidelijk moeten worden in deze literatuurstudie. Daarnaast is het belangrijk hoe effectief deze tot op heden waren. Om een hogere betrouwbaarheid aan dit onderzoek te geven werd alleen gebruik gemaakt van “vivo” onderzoeken. Op deze manier bleef de standaard hoog en was het beter te vergelijken met wanneer veehouders deze voeradditieven gingen inzetten.

3. Resultaten

Om overzichtelijk te werk te gaan is ervoor gekozen om de resultaten per categorie voeradditieven in een onderzoekstabel weer te geven. In de onderzoekstabel zijn vier categorieën gemaakt namelijk alternatieve waterstof consumerende stoffen, synthetische voeradditieven, secundaire metabolieten (etherische oliën) en vetten/vetzuren. De informatie die hiervoor gebruikt is komt uit 14 wetenschappelijke artikelen. Om tot deze 14 wetenschappelijke artikelen te komen is er gebruik gemaakt van verschillende onderzoekscriteria. Voor de categorie alternatieve waterstof consumerende additieven zijn er 3 wetenschappelijk artikelen gevonden, bij de categorie synthetische additieven zijn er dit er ook 3, bij secundaire metabolieten zijn dit er 6 en bij de categorie vetten/vetzuren zij dit er twee. De belangrijkste onderzoekscriteria waren praktijkonderzoeken (vivo) waarin melkgevende dieren een voeradditief toegediend kregen naast hun basisrantsoen, daarnaast was het van belang dat de methaanreductie werd gegeven in het wetenschappelijk artikel. De methaanreductie per kg droge stof (ds) aan voer en de overall score waren de twee belangrijkste criteria om de potentie van het voeradditief te waarderen. In dit hoofdstuk worden de resultaten per deelvraag gegeven.

3.1 De categorie met voeradditieven met de meeste potentie om praktijkrijp te worden.

Per categorie zijn minimaal drie verschillende voeradditieven gebruikt, deze categorieën zijn verschillend in soort en/of dosering. Bij een enkel voeradditief is de stof hetzelfde maar de dosering anders.

In de categorie alternatieve waterstof consumerende stoffen is nitraat het voeradditief dat onderzocht is. Het voeradditief nitraat in het onderzoek van van Zijderveld (van Zijderveld et al., 2011) heeft een overall score van +1 en daarnaast een methaanreductie van 3 gram per kilogram voeropname (ds).

In de categorie synthetische voeradditieven is 3-nitrooxypropanol (3NOP) het voeradditief dat onderzocht is. Het voeradditief 3-NOP in het onderzoek van Haisan (Haisan et al., 2014) heeft een overall score van +1 en daarnaast een methaanreductie van 10,62 gram per kilogram voeropname (ds).

In de categorie secundaire metabolieten (etherische oliën) zijn verschillende soorten voeradditieven onderzocht. Het voeradditief Acacia heeft een overall score van +1 en daarnaast een methaanreductie van 2,9 gram per kg voeropname (ds) (Denninger et al., 2020). Het voeradditief rode algen (*Asparagopsis armata*) (Roque et al., 2019) heeft een overall score van +1 en een methaanreductie van 9 gram per kilogram (ds).

In de categorie vetten/vetzuren zijn verschillende soorten voeradditieven onderzocht. Saffloerolie in het onderzoek van Bayat (Bayat et al., 2018) heeft een overall score van -1 en een methaanreductie van 4,6 gram per kilogram voeropname (ds).

De categorie synthetische voeradditieven heeft een hogere gemiddelde methaanreductie dan de andere drie categorieën, zie tabel 1, namelijk gemiddeld 5,38 gram per kilogram voeropname (ds). Omdat in hoofdstuk 1 is benoemd dat er meer praktijkonderzoek nodig is naar het werkingsmechanisme (enzymen) van 3NOP heeft de categorie synthetische voeradditieven niet de meeste potentie om praktijkrijp te worden. Na de synthetische voeradditieven hebben de secundaire

metabolieten de hoogste potentie. De categorie secundaire metabolieten hebben een gemiddelde methaanreductie per voeradditief van gemiddeld 2,68 gram per kilogram voeropname (ds) en een hogere gemiddelde overall score dan de andere categorieën. Daarom heeft de categorie secundaire metabolieten de meeste potentie om praktijkrijp gemaakt te worden.

Tabel 3: De vier categorieën voeradditieven met daaronder de gemiddelden aan methaanreductie in gram per kilogram voeropname (ds) en de gemiddelden van de overall scores.

Voeradditieven	Gram methaanreductie per kg voeropname (DS)	Overall score
Alternatieve H2 consumerende additieven		
Gemiddelde	2,60	0,00
Synthetische additieven		
Gemiddelde	5,38	0,00
Secundaire metabolieten		
Gemiddelde	2,68	0,09
Vetten/oliën		
Gemiddelde	3,45	-1,25

3.2 De potentiële effectiviteit van de voeradditieven per categorie bij verschillende uitgangssituaties

In de onderzoekstabel onder de categorie secundaire metabolieten (etherische oliën) zijn zeven soorten onderzoeken gedaan naar verschillende voeradditieven en/of doseringen.

Een onderzoek van Roque (Roque et al., 2019) over rode algen heeft een methaanreductie van 9 gram per kg voeropname (DS), dit is een methaanreductie van 75% ten opzichte van de controlegroep in dat onderzoek. In dit vivo onderzoek kregen Holstein koeien een TMR-rantsoen met 91% organisch materiaal, onbekend is waaruit het organisch materiaal bestond. De Holstein koeien zaten in het midden van hun lactatie en gaven gemiddeld 36,2 kg melk per dag. De effectiviteit van rode algen had een blijvend effect op de daling van de methaanemissie van de koeien. De voeropname van de koeien werd minder en er waren geen gevolgen op de diergezondheid en de melkproductie nam met een kleine hoeveelheid toe (1 kg per dag). Bij een hogere dosering aan rode algen was er een minder methaanreductie en de melkproductie werd lager.

In een onderzoek van Denninger (Denninger et al., 2020) over Acacia heeft een methaanreductie van 2,9 gram per kg voeropname (DS), dit is een methaanreductie van 11% ten opzichte van de controlegroep in dat onderzoek. In dit vivo onderzoek kregen Brown Swiss koeien een basisrantsoen met de twee hoofdbestanddelen kuilgras en snijmais. De Holstein koeien zaten in het einde van hun lactatie en gaven gemiddeld 26,9 kg melk per dag. De effectiviteit van Acacia had een blijvend effect op de daling van de methaanemissie van de koeien. De voeropname (ds) van de koeien werd niet beïnvloed en er waren geen gevolgen op de diergezondheid. Er zat meer variatie in de vetzuren in de melk.

Tabel 4: De vier voeradditieven met een positieve overall score (optelling van scores bij melksamenstelling, diergezondheid, blijvend effect en voeropname (ds)), de hoogste methaanreductie per kilogram voeropname (ds) en de dosering per dier van het voeradditief.

Voeradditieven	Dosering per dier additief	Gram methaanreductie per kg voeropname (DS)	Overall score
Nitraat	21 gram per kg ds	3,00	1
3-nitrooxypropanol	130 mg per kg ds	10,62	1
Acacia	30 gram per kg ds	2,90	1
Rode algen (<i>Asparagopsis armata</i>)	124,5 g per kg ds	9,00	1

3.3 De vervolgstappen om de voeradditieven praktijkrijp te krijgen

Het is onbekend in welke verschijningsvorm rode algen ingezet zijn in het onderzoek van Roque (Roque et al., 2019) en hoe deze toe te dienen zijn aan de koe. Reëel is dat rode algen kunnen worden gedroogd en eventueel gepelletteerd (brokken van maken) kunnen worden om de algen op deze manier te kunnen voeren aan de koeien. Er is verder onderzoek nodig hoe deze rode algen verwerkt kunnen worden tot een voeradditief. Wanneer er bekend is hoe de rode algen verwerkt worden tot een voeradditief ontstaat er ook meer duidelijk over de aanschafprijs van dit voeradditief. Op het moment zijn er in de humane voedingswereld producten te koop op basis van rode algen (zeewier). De ALGENLADEN BIO Dulse poeder (ALGENLADEN BIO Dulse Poeder- 100g | zeewier | rode algen uit de Atlantische Oceaan | rauwe groenten | veganistisch, 2020) kan gekocht worden voor 170 euro per kilogram. Wanneer een koe 20 kg droge stof op een dag vreet betekent dit dat de koe 2,5 kilogram rode algen per dag vreet bij een dosering van 124,5 gram per kg droge stof. Dit kost dan 21 euro per koe per dag.

In het onderzoek van Denninger (Denninger et al., 2020) wordt het voeradditief Acacia in 4,5 mm pellets gevoerd aan de koeien. Acacia kan gevoerd worden door middel van biochar (Pituya, P., Sriburi, T., & Wijtkosum, S. 2017), biochar is een houtskool geproduceerd uit plantaardig materiaal. Bij dit onderzoek werd er Acacia mearnsii als plantaardig materiaal gebruikt. De houtskool Black Wattle (Acacia) kan gekocht worden voor 2,71 euro per kg (Houtskool.nl, 2020). Wanneer een koe 20 kg droge stof op een dag vreet betekent dit dat de koe 600 gram houtskool per dag vreet bij een dosering van 30 gram per kilogram droge stof. Dit kost dan 9,76 euro per dag. Wanneer de rode algen ook gepelletteerd kunnen worden, kan er een doseertechniek ontwikkeld en geïnstalleerd worden die deze pellets kan doseren aan koeien. Zo kan Lely Center Zelhem deze techniek toepassen op bijvoorbeeld hun robots.

4. Discussie

Het doel van dit onderzoek is om erachter te komen welke voeradditieven in de toekomst gevoerd gaan worden in de Nederlands melkveesector. De keuze voor het voeradditief is gebaseerd op de hoeveelheid methaanreductie, voeropname (ds), diergezondheid en melksamenstelling. Door middel van een literatuuronderzoek zijn er een tal aan wetenschappelijke artikelen onderzocht, dit resulteerde in een onderzoekstabel met 25 verschillende voeradditieven in soort en/of dosering. De resultaten worden hieronder besproken en vergeleken met het doel van het onderzoek. De resultaten worden besproken per deelvraag. Een beperking van dit onderzoek was dat er binnen de onderzoekstermijn geen meerdere geschikte wetenschappelijke artikelen gevonden zijn. Desondanks zijn er genoeg wetenschappelijke artikelen gevonden om een conclusie te trekken. Door vervolgstappen te zetten kunnen de voeradditieven in de praktijk ingezet worden. De doelgroep, melkveehouders en de periferiesector weet welke voeradditieven in de toekomst worden ingezet en kan hierdoor inspelen op de teelt, verwerking en verkoop van deze voeradditieven.

De categorie synthetische additieven heeft de meeste potentie om praktijkrijp te worden, omdat deze categorie de meeste methaanreductie heeft, namelijk gemiddeld 5,38 gram per kg voeropname (ds) en een overall score van +1. In hoofdstuk 1 is benoemd dat er nog veel onbekendheid is hoe 3NOP op de enzymactiviteit in de koe reageert. Er zijn nog geen enzymatische vivo onderzoeken die achterhalen hoe deze enzymen beïnvloed worden door 3NOP. Daarom is er gekozen voor secundaire metabolieten, in deze categorie is meer bekend over de werkingsmechanismen.

4.1 De categorie met voeradditieven met de meeste potentie om praktijkrijp te worden

De categorie secundaire metabolieten hebben de meeste potentie om praktijkrijp te worden, omdat secundaire metabolieten een hoge methaanreductie hebben en een positieve overall score ten opzichte van alternatieve waterstof consumerende stoffen en vetten/vetzuren. De additieven in deze categorie hebben de meeste kans om in de toekomst gevoerd te worden in de Nederlandse melkveesector. Secundaire metabolieten zijn biologische stoffen die uit de natuur komen en kunnen op deze manier direct ingezet worden als voeradditief zonder een (chemisch) productieproces te ondergaan. Rode algen worden ingedeeld onder de categorie secundaire metabolieten, omdat rode algen tot het plantenrijk horen (Saunders, Hommersand, 2004).

Secundaire metabolieten hebben de meeste kans om praktijkrijp te worden, omdat secundaire metabolieten ten opzichte van synthetische additieven een grotere kans hebben op goedkeuring van de Europese Autoriteit voor Voedselveiligheid (EFSA), omdat deze niet synthetisch of chemisch zijn. Daarom wordt er binnen het resultaat toegespitst op de categorie secundaire metabolieten.

4.2 De potentiële effectiviteit van de voeradditieven per categorie bij verschillende uitgangssituaties

Binnen de categorie secundaire metabolieten hebben de voeradditieven Acacia en rode algen de grootste kans om in de Nederlandse melkveehouderij ingezet te gaan worden. Deze twee additieven hebben een hoge methaanreductie en een positieve overall score. Het basisrantsoen bij het onderzoek van Acacia heeft veel overeenkomsten met de meeste Nederlandse gemiddelde rantsoenen (Denninger et al., 2020). Hierdoor is het een goede analyse om Acacia in Nederland in te gaan zetten.

De rode algen (9 gram/kg/ds voeropname) hebben een drie keer hogere methaanreductie dan de Acacia (2.9 gram/kg/ds voeropname), hiermee is de effectiviteit van rode algen beter. Omdat het

basisrantsoen onbekend is van het onderzoek naar Rode algen, moet er wel geconcludeerd worden of de methaanreductie bij een gemiddeld Nederlands melkveerantsoen ook dezelfde reductie haalt.

Wanneer Acacia en/of rode algen worden ingezet kan er een gemiddelde methaanreductie gehaald worden van 43% (75% en 11%). Dit betekent dat er per kg ds aan voeropname (ds) bijna 6 gram gereduceerd kan worden. Uitgaande dat een melkkoe 20 kg ds aan voer vreet per dag, wordt er ruim 43 kilo per koe per jaar methaan gereduceerd. Op 1 april 2019 telde Nederland ongeveer 1,6 miljoen melkkoeien (CBS,2019). Een methaanreductie van 43 kg x 1,6 miljoen melkkoeien 70.000 ton methaan wordt er gehaald wanneer Acacia en/of rode algen als voeradditief worden ingezet. De Nederlandse melkveehouderij haalt hiermee 1.96 Mton CO₂-eq aan methaanreductie per jaar. De methaanemissie is 9.8 Mton CO₂-eq bij rundvee in Nederland, en daarmee wordt er een reductie gehaald van 20%.

4.3 De vervolgstappen om de voeradditieven praktijkrijk te krijgen

In Nederland moet nu een initiatief komen om rode algen te kweken. Vervolgens moet de verwerkende industrie innoveren in een productieproces dat rode algen kan verwerken tot een voeradditief.

Voor de Acacia additieven moeten er Acaciabomen gekweekt en geoogst worden. Hiervoor moet een verwerkende industrie van de Acacia houtskool maken en verwerken tot een voeradditief die aan melkkoeien gevoerd kunnen worden. Op deze manier is er een toepasbaarheid mogelijk die uitgevoerd kan worden in de praktijk.

5. Conclusie & Aanbevelingen

In dit literatuuronderzoek is er onderzocht welke additieven de meeste potentie hebben om ingezet te gaan worden in de Nederlandse melkveehouderij. Dit literatuuronderzoek ondersteunt het realiseren van de methaanreductie bij melkkoeien door middel van een voeradditief. De categorie synthetische additieven heeft niet de voorkeur, omdat nog veel onduidelijkheid is rondom de werking van de enzymen bij dit voeradditief, ook is een goedkeuring van de Europese Autoriteit voor Voedselveiligheid (EFSA) een onzekerheid.

Uit 4 verschillende categorieën blijkt dat secundaire metabolieten de hoogste potentie heeft om in de toekomst ingezet te gaan worden, namelijk een gemiddeld van 2.68 gram methaanreductie per kg voeropname (DS) en een gemiddelde overall score van 0.9. Onder de categorie secundaire metabolieten hebben Acacia en rode algen als voeradditief de meeste potentie om ingezet te gaan worden in de Nederlandse melkveehouderij. Met een methaan reductie van 75% bij Acacia en 11% bij rode algen kan de Nederlandse melkveehouder de uitdaging aangaan om de broeikasuitstoot te verlagen. Het basisrantsoen in het onderzoek naar Acacia heeft veel overeenkomsten met een Nederlands gemiddeld melkveeantsoen, hierdoor is de betrouwbaarheid van methaanreductie hoog.

Verder zal de praktijk nu stappen moeten gaan zetten om de additieven Acacia en rode algen te gaan voeren. Mogelijk zou zijn dat beide voeradditieven tot een brok (pellet) geperst worden. Lely center Zelhem kan een techniek gaan ontwikkelen waarbij het mogelijk is om Acacia en rode algen te doseren aan melkkoeien. Wanneer dit gedaan wordt kan er een methaanreductie van 20% gehaald worden ten op zichte van 2015 (Moerkerken,2016).

Bronnenlijst

- Amazon. (2020) ALGENLADEN BIO Dulse Poeder- 100g | zeewier | rode algen uit de Atlantische Oceaan | rauwe groenten | veganistisch. Geraadpleegd op 8 augustus 2020, van https://www.amazon.nl/ALGENLADEN-BIO-Dulse-Poeder-veganistisch/dp/B07ND24ZPF/ref=asc_df_B07ND24ZPF/?tag=nlshogostdde-21&linkCode=df0&hvadid=430666982532&hvpos=&hvnetw=g&hvrnd=13900765485631943113&hvpone=&hvptwo=&hvgmt=&hvdev=c&hvdvcmdl=&hvlocint=&hvlocph
- Bayat, A. R., Tapio, I., Vilkki, J., Shingfield, K. J., & Leskinen, H. (2018). Plant oil supplements reduce methane emissions and improve milk fatty acid composition in dairy cows fed grass silage-based diets without affecting milk yield. *Journal of dairy science*, 101(2), 1136-1151.
- Bryszak, M., Szumacher-Strabel, M., El-Sherbiny, M., Stochmal, A., Oleszek, W., Roj, E., ... & Cieslak, A. (2019). Effects of berry seed residues on ruminal fermentation, methane concentration, milk production, and fatty acid proportions in the rumen and milk of dairy cows. *Journal of dairy science*, 102(2), 1257-1273.
- Campeneere, S., Vandaele, L., Peiren, N., & Goossens, K. (2015). *Ammoniak en methaan vergeleken: oorsprong en reductiemogelijkheden*. Geraadpleegd van https://www.ilvo.vlaanderen.be/Portals/90/Documents/Ammoniak_en_Methaan_pres.pdf
- erber, P. J., Henderson, B., & Makkar H. P. S. (2013). *Mitigation of greenhouse gas emissions in livestock production* [Adobe Digital Editions version]. E-ISBN 978-92-5-107659-0.
- CBS. (2019). Kleine krimp rundveestapel. Geraadpleegd op 4 augustus 2020, van <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2019/29/kleine-krimp-rundveestapel#:~:text=Het%20aantal%20melkkoeien%20per%20bedrijf,2016%20tot%2051%20in%202019.>
- Chung, Y. H., Zhou, M., Holtshausen, L., Alexander, T. W., McAllister, T. A., Guan, L. L., ... & Beauchemin, K. A. (2012). A fibrolytic enzyme additive for lactating Holstein cow diets: Ruminal fermentation, rumen microbial populations, and enteric methane emissions. *Journal of dairy science*, 95(3), 1419-1427.
- Denninger, T. M., Schwarm, A., Birkinshaw, A., Terranova, M., Dohme-Meier, F., Mürnger, A., ... & Kreuzer, M. (2020). Immediate effect of Acacia mearnsii tannins on methane emissions and milk fatty acid profiles of dairy cows. *Animal Feed Science and Technology*, 261, 114388.
- Grainger, C., & Beauchemin, K. A. (2011). Can enteric methane emissions from ruminants be lowered without lowering their production? *Animal feed science and technology*, 166, 308-320.
- Grainger, C., Clarke, T., Auldist, M. J., Beauchemin, K. A., McGinn, S. M., Waghorn, G. C., & Eckard, R. J. (2009). Potential use of Acacia mearnsii condensed tannins to reduce methane emissions and nitrogen excretion from grazing dairy cows. *Canadian Journal of Animal Science*, 89(2), 241-251.
- Haisan, J., Sun, Y., Guan, L. L., Beauchemin, K. A., Iwaasa, A., Duval, S., ... & Oba, M. (2014). The effects of feeding 3-nitrooxypropanol on methane emissions and productivity of Holstein cows in mid lactation. *Journal of dairy science*, 97(5), 3110-3119.
- Hatew, B., Podesta, S. C., Van Laar, H., Pellikaan, W. F., Ellis, J. L., Dijkstra, J., & Bannink, A. (2015). Effects of dietary starch content and rate of fermentation on methane production in lactating dairy cows. *Journal of dairy science*, 98(1), 486-499.
- Houtskool.nl. Flames & Flavour Zuid-Afrikaanse Black Wattle Houtskool 8,5 kg. Geraadpleegd op 8 augustus 2020, van <https://houtskool.nl/product/houtskool-kopen-black-wattle/>
- Jiménez-Ocampo, R., Valencia-Salazar, S., Pinzón-Díaz, C. E., Herrera-Torres, E., Aguilar-Pérez, C. F., Arango, J., & Ku-Vera, J. C. (2019). The Role of Chitosan as a Possible Agent for Enteric Methane Mitigation in Ruminants. *Animals*, 9(11), 942.

- Klop, G. (2016). Low Emission Feed: using feed additives to decrease methane production in dairy cows. Wageningen University, Wageningen, NL
- Lee, C., & Beauchemin, K. A. (2014). A review of feeding supplementary nitrate to ruminant animals: nitrate toxicity, methane emissions, and production performance. *Canadian Journal of Animal Science*, 94(4), 557-570.
- Meulen, H. (2019, 16 december). *Gemiddeld 103 melkkoeien per bedrijf*. Geraadpleegd op 4 mei 2020, van <https://www.agrimatie.nl/ThemaResultaat.aspx?subpubID=2232&themaID=2272&indicatorID=2100§orID=2245>.
- Minnaert, G. (2019, 24 oktober). *Familiebedrijf Lely is marktleider in melkrobots*. Geraadpleegd op 4 mei 2020, van <https://atradiusdutchstatebusiness.nl/nl/nieuws/familiebedrijf-lely-is-marktleider-in-melkrobots.html#>.
- Moate, P. J., Williams, S. R. O., Hannah, M. C., Eckard, R. J., Auldist, M. J., Ribaux, B. E., ... & Wales, W. J. (2013). Effects of feeding algal meal high in docosahexaenoic acid on feed intake, milk production, and methane emissions in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 96(5), 3177-3188.
- Moate, P. J., Williams, S. R. O., Torok, V. A., Hannah, M. C., Ribaux, B. E., Tavendale, M. H., ... & Wales, W. J. (2014). Grape marc reduces methane emissions when fed to dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 97(8), 5073-5087.
- Moerkerken, A., & Ida Smit. (2016). *De Nederlandse landbouw en het klimaat*. Geraadpleegd van https://www.rvo.nl/sites/default/files/2016/12/RVO_De%20Nederlandse%20landbouw%20en%20het%20klimaat_Broch_def.pdf
- Lopes, J. C., de Matos, L. F., Harper, M. T., Giallongo, F., Oh, J., Gruen, D., ... & Hristov, A. N. (2016). Effect of 3-nitrooxypropanol on methane and hydrogen emissions, methane isotopic signature, and ruminal fermentation in dairy cows. *Journal of dairy science*, 99(7), 5335-5344.
- Patra, A. K., & Saxena, J. (2010). A new perspective on the use of plant secondary metabolites to inhibit methanogenesis in the rumen. *Phytochemistry*, 71(11-12), 1198-1222.
- Pituya, P., Sriburi, T., & Wijitkosum, S. (2017). Optimization of Biochar Preparation from Acacia Wood for Soil Amendment. *Engineering Journal*, 21(2), 99-105.
- Poteko, J., Schrade, S., Zeyer, K., Mohn, J., Zaehner, M., Zeitz, J. O., ... & Schwarm, A. (2020). Methane Emissions and Milk Fatty Acid Profiles in Dairy Cows Fed Linseed, Measured at the Group Level in a Naturally Ventilated Housing and Individually in Respiration Chambers. *Animals*, 10(6), 1091.
- Reynolds, C. K., Humphries, D. J., Kirton, P., Kindermann, M., Duval, S., & Steinberg, W. (2014). Effects of 3-nitrooxypropanol on methane emission, digestion, and energy and nitrogen balance of lactating dairy cows. *Journal of dairy science*, 97(6), 3777-3789.
- Roque, B. M., Salwen, J. K., Kinley, R., & Kebreab, E. (2019). Inclusion of *Asparagopsis armata* in lactating dairy cows' diet reduces enteric methane emission by over 50 percent. *Journal of Cleaner Production*, 234, 132-138.
- Saunders, G. W., & Hommersand, M. H. (2004). Assessing red algal supraordinal diversity and taxonomy in the context of contemporary systematic data. *American Journal of Botany*, 91(10), 1494-1507.
- Tamminga, S., Van Vuuren, A. M., & Van der Koelen, C. J. (1978). De betekenis van pensfermentatie bij herkauwers. *Landbouwkundig Tijdschrift*, 90(7), 197-203.
- Middelaar, C. E. (2014). *Milk production & greenhouse gases: integrated modeling of feeding and breeding strategies to reduce emissions*. Wageningen UR.
- Van Wyngaard, J. D. V., Meeske, R., & Erasmus, L. J. (2018). Effect of dietary nitrate on enteric methane emissions, production performance and rumen fermentation of dairy cows grazing kikuyu-dominant pasture during summer. *Animal Feed Science and Technology*, 244, 76-87.

- Van Zijderveld, S. M., Gerrits, W. J. J., Dijkstra, J., Newbold, J. R., Hulshof, R. B. A., & Perdok, H. B. (2011). Persistency of methane mitigation by dietary nitrate supplementation in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 94(8), 4028-4038.
- Veldman, J. W. (2019, 17 oktober). *Zoektocht naar oplossing voor methaan*. Geraadpleegd op 27 april 2020, van <https://www.boerderij.nl/Rundveehouderij/Achtergrond/2019/10/Zoektocht-naar-oplossing-voor-methaan-484939E/>
- Verhagen, M. (2019, 23 oktober). *Trend naar autonoom bij voerrobots*. Geraadpleegd op 25 april 2020, van <https://www.melkvee100plus.nl/Artikelen/Automatisering/2019/10/Trend-naar-autonoom-bij-voerrobots-487307E/>
- Zhang, Z. W., Cao, Z. J., Wang, Y. L., Wang, Y. J., Yang, H. J., & Li, S. L. (2018). Nitrocompounds as potential methanogenic inhibitors in ruminant animals: A review. *Animal feed science and technology*, 236, 107-114.

Bijlage 1, Checklist Schriftelijk Rapporteren



Checklist Schriftelijk Rapporteren 2018

Naam:

Klas:

*De beoordelingscriteria die met een * zijn aangegeven, zijn 'killing points'. Wanneer de beoordelaar daarvan meer dan vijf heeft aangekruist, dien je het rapport/verslag op alle onvoldoende onderdelen te verbeteren. In het afstudeerwerkstuk zijn geen 'killing points' toegestaan.*

1. Het taalgebruik

- ☐ Bevat niet meer dan drie grammaticale, spel- en typefouten per duizend woorden; het rapport/verslag is dan afgekeurd*
- ☐ Heeft een actieve schrijfstijl*
- ☐ Is zakelijk, formeel en objectief *
- ☐ Is coherent (verwijs- en verbindingswoorden)*
- ☐ Heeft een adequate interpunctie*
- ☐ Bevat niet de persoonlijke voornaamwoorden 'ik/ mij/me, jij/je/jou, jullie, u, wij/we/ons' *
- ☐ Is doelgroepgericht*
- ☐ Heeft een uniforme stijl*

2. De ordening

- ☐ Het verslag/rapport heeft een logisch opbouw
- ☐ Elk hoofdstuk heeft een logische alineastructuur
- ☐ Elk hoofdstuk kent een introductie (m.u.v. H.1)

3. Het rapport/verslag

- ☐ Is vrij van plagiaat*
- ☐ De pagina's zijn genummerd*
- ☐ Heeft een uniforme opmaak

4. De omslag

- ☐ Bevat de titel
- ☐ Vermeldt de auteur(s)

5. De titelpagina/het titelblad

- ☐ Heeft een specifieke titel*
- ☐ Vermeldt de auteur(s)*
- ☐ Vermeldt de plaats en de datum*
- ☐ Vermeldt de opdrachtgever(s)*

6. Het voorwoord:

- ☐ Bevat de persoonlijke aanleiding tot het schrijven van het rapport/verslag
- ☐ Bevat persoonlijke bedankjes (persoonlijke voornaamwoorden toegestaan)

7. De inhoudsopgave:

- ☐ Vermeldt alle genummerde onderdelen van het rapport/verslag*
- ☐ Vermeldt de samenvatting en de bijlage(n)
- ☐ Is overzichtelijk/gestructureerd
- ☐ Heeft een correcte paginaverwijzing

8. De samenvatting:

- ☐ Is een verkorte versie van het gehele rapport/verslag
- ☐ Bevat de conclusies
- ☐ Bevat suggesties voor verder onderzoek

- ☐ Bevat geen persoonlijke mening
- ☐ Staat direct na de inhoudsopgave

9. De inleiding

- ☐ Is hoofdstuk 1*
- ☐ Beschrijft het kader/de context en de aanleiding*
- ☐ Geeft inhoudelijke relevante achtergrondinformatie*
- ☐ Bevat de probleemstelling/de onderzoeksvraag*
- ☐ Vermeldt het doel*
- ☐ Bevat een leeswijzer voor het rapport/verslag*

10. Materiaal en methode

- ☐ Beschrijft de gevolgde onderzoeksmethode
- ☐ Motiveert de keuze voor de gevolgde onderzoeksmethode
- ☐ Past bij de probleemstelling/de onderzoeksvraag*
- ☐ Beschrijft de variabelen/eenheden
- ☐ Beschrijft de methode van data-analyse

11. De (opmaak van de) kern

- ☐ De hoofdstukken en de (sub)paragrafen met maximaal drie niveaus zijn genummerd*
- ☐ De hoofdstukken en (sub)paragrafen hebben een passende titel
- ☐ Een hoofdstuk beslaat ten minste één pagina
- ☐ Een nieuw hoofdstuk begint op een nieuwe pagina
- ☐ De zinnen lopen door (geen 'enter' binnen een alinea gebruiken)
- ☐ De figuren zijn (door)genummerd en hebben een passende titel (onder de figuur)*
- ☐ De tabellen zijn (door)genummerd en hebben een passende titel (boven de tabel)*
- ☐ Tabellen en figuren zijn zelfstandig te begrijpen
- ☐ In de tekst zijn er verwijzingen naar figuren en/of tabellen*
- ☐ De tekst bevat verwijzingen naar de desbetreffende bijlage(n)
- ☐ De tekst is ook zonder verwijzingen te begrijpen

12. De discussie

- ☐ Vermeldt de interpretatie(s) van de resultaten
- ☐ Bevat een vergelijking met relevante literatuur
- ☐ Geeft de valide argumentatie weer
- ☐ Evalueert de gevolgde onderzoeksmethode
- ☐ Bevat een kritische reflectie op de eigen bevindingen

13. De conclusies en aanbevelingen

- ☐ Bevatten antwoord(en) op de onderzoeksvraag
- ☐ Zijn gebaseerd op relevante feiten
- ☐ Bevatten geen nieuwe informatie*

14. De bronvermelding

- ☐ Verwijzingen in de tekst zijn conform de APA-normen*
- ☐ De bronnenlijst is conform de APA-normen*

15. De bijlagen

- ☐ Zijn genummerd
- ☐ Zijn voorzien van een passende titel
- ☐ Bevatten geen eigen analyse
- ☐ Zijn overzichtelijk weergegeven

Bijlage 2, Onderzoekstabel

Voeradditieven	Verschijningsvorm	Soort onderzoek	Diersoort	Basisantsoen	Melkproductieniveau	Lactatiestadium	0 meting ch4-DMI (g/KG)	Dosering per dier additief	Gram methaanreductie/kg voeropname (DS)	Voeropname	Diergezondheid	Melksamenstelling	Blijvend effect	Overall score
Alternatieve H2 consumerende additieven														
Nitraat laag	Korrels	Vivo	Jersey koeien	24 uur per dag aan het grazen	17,5	begin lactatie	21,8	11 gram per kg ds	1,7	-1	0	-1	1	-1
Nitraat hoog	Korrels	Vivo	Jersey koeien	24 uur per dag aan het grazen	17,5	begin lactatie	21,8	23 gram per kg ds	3,1	0	0	-1	1	0
Nitraat	korrels	Vivo	Holstein koeien	TMR op basis van Kuilvoer 66/35	33,2	vanaf 2 maand na kalven tot 104 dagen	19,5	21 gram per kg ds	3,00	0	0	0	1	1
Synthetische additieven														
3-nitrooxypropanol	Poeder	vivo	Holstein koeien	Gerst silage en droge maïsmeel	35,6	Midden lactatie	17,8	130 mg per kg ds	10,62	0	0	0	1	1
3-nitrooxypropanol	Poeder	vivo	Holstein koeien	Snijmais en luzerne	24,8	Eind lactatie	20,7	60 mg per kg ds	7,10	-1	0	-1	1	-1
3-nitrooxypropanol Laag (5)	Poeder	vivo	Holstein koeien	Hoofdbroon snijmais	27,6	Halverwege lactatie	23,5	24,5 mg per kg ds	1,50	0	0	-1	1	0
3-nitrooxypropanol Hoog (2)	Poeder	vivo	Holstein koeien	Hoofdbroon snijmais	25,8	Halverwege lactatie	23,5	124,4 mg per kg ds	2,30	0	0	-1	1	0
Secundaire metabolieten														
Residu zwarte bessen zaad	Vloeistof	vivo	Holstein-koeien	40% maïs, gras en luzerne	30,3	5-6 maand	onbekend	2 kg per dag	0,00	0	0	-1	1	0
Acacia	4,5 mm pellets	vivo	Braunswiss koeien	Grassilage 40, snijmaïs weidegang en raai gras en 5 kg	21	Eind lactatie	26,9	30 gram per kg ds	2,90	0	0	0	1	1
Acacia Tannine (CT-extract)	Poeder	vivo	Melkgevend koeien	gebarsten triticale weidegang en raai gras en 5 kg	33	Begin lactatie	21,9	8,6 gram per kg ds	2,2	-1	0	-1	1	-1
Acacia Tannine (CT-extract)	Poeder	vivo	Melkgevend koeien	gebarsten triticale weidegang en raai gras en 5 kg	33	Begin lactatie	21,9	4,6 gram per kg ds	4,9	-1	0	-1	1	-1
Fybolitisch enzym (laag)	vloeistof	vivo	Holstein koeien	Ingekuilde graan, ingekuide luzerne en luzerne hooi	36	begin lactatie	19,3	0,5 ml per kg ds	-1,5	0	0	0	1	1
Fybolitisch enzym (hoog)	vloeistof	vivo	Holstein koeien	Ingekuilde graan, ingekuide luzerne en luzerne hooi	36	begin lactatie	19,3	1 ml per kg ds	-2,4	0	0	0	1	1
Druivendraf gepletteerd (1)	korrels	vivo	Holstein koeien	luzerne hooi	15,6	Eind lactatie	26,1	131 g per kg ds	5,9	0	0	-1	1	0
Druivendraf ingekuild (EGM)	kuil	vivo	Holstein koeien	luzerne hooi	14,1	Eind lactatie	26,1	133 g per kg ds	4,6	0	0	-1	1	0
Yucca poeder	poeder	vivo	Holstein koeien	40 graskuil 30 snijmaïs	30	Onbekend	25,5	3 g per kg ds	-0,1	onbekend	onbekend	onbekend	onbekend	0
Rode algen (Asparagopsis)	Organisch materiaal	vivo	Holstein melkgeven	onbekend	36,2	na de piek	12	124,5 g per kg ds	9,00	-1,00	0	1	1	1
Rode algen (Asparagopsis)	Organisch materiaal	vivo	Holstein melkgeven	onbekend	36,2	na de piek	12	250 g per kg ds	4,00	-1,00	0	-1	1	-1
Vetten/oliën														
myristinezuur (MA)	Vloeistof	vivo	Melkgevend koeien	kuilgras als basis	22,1	begin lactatie	30,8	50 gram kg ds	1,4	-1	0	-1	0	-2
Koolzaadolie (RO)	Vloeistof	vivo	Melkgevend koeien	kuilgras als basis	29	begin lactatie	30,8	50 gram kg ds	3,5	-1	0	0	0	-1
Saffloerolie (SO)	Vloeistof	vivo	Melkgevend koeien	kuilgras als basis	29,6	begin lactatie	30,8	50 gram kg ds	4,6	-1	0	0	0	-1
lijnzaadolie (LO)	Vloeistof	vivo	Melkgevend koeien	kuilgras als basis	28,6	begin lactatie	30,8	50 gram kg ds	4,30	-1	0	0	0	-1
lijnzaad	korrels	vivo	Melkgevend koeien swissvies	50/50 gras- en maïs silage	33,2	onbekend	onbekend	geen effect	onbekend	onbekend	onbekend	onbekend	onbekend	0