

Op weg naar een klimaatneutrale regionale voedselketen in de omgeving van Arnhem en Nijmegen

18 oktober 2019



Groen Traject Consultancy (*Team 2346*)

Willemien de Groot
Iris de Jonge
Marcel Kok
Eva Ros
Nynke Smits
Judith Tinselboer

Oregional

Marcel Vijn
Gerard Titulaer

Contactgegevens

Groen Traject Consultancy

Eva Ros (voorzitter)

eva.ros@wur.nl

+31 6 14280185

Judith Tinselboer (secretaris)

judith.tinselboer@wur.nl

+31 6 42699181

Oregional

Adres: Hoeksehofstraat 9, 6515 AV Nijmegen

Gerard Titulaer (voorzitter)

ghjtitulaer@planet.nl

Marcel Vijn (opdrachtgever vanuit Wetenschapswinkel)

marcel.vijn@wur.nl

Dankwoord

Na een intensieve periode van twee maanden leggen wij, Groen Traject Consultancy, de laatste hand aan het ACT project *“Op weg naar een klimaatneutrale regionale voedselketen in de omgeving van Arnhem en Nijmegen”*. Graag willen wij een aantal mensen bedanken die ons hebben geholpen in de afgelopen periode. Ten eerste natuurlijk onze coach Josette Jacobs. Josette, we willen je bedanken voor al je positiviteit, inspiratie en meelevendheid. Je stond altijd achter ons, je collega's, en naast alle serieuze zaken hebben we ook veel gelachen met zijn allen.

Daarnaast willen we ook graag Bart Gremmen bedanken voor het inspringen. Fijn dat je op zo'n korte termijn zo goed en intensief hebt kunnen helpen. Ook Corina van Middelaar, die ons door de moeilijke LCA berekeningen heen heeft gesleept, willen we graag bedanken voor de moeite.

Vervolgens onze academische adviseur, Lenneke Vaandrager, die ons goed op weg heeft geholpen. We willen je graag bedanken voor je kritische en wetenschappelijke blik.

Ook een speciale dank naar melkveehouder Bart Lubbers en Henk Wolderink voor het aanleveren van data. Bedankt dat je uitvoerig de tijd en moeite hebt genomen om ons te ontvangen en data te delen om de LCA te kunnen uitvoeren. Daarnaast willen we ook graag een aantal andere boeren van Oregional bedanken die tijd hebben genomen om ons te ontvangen en onze vragen te beantwoorden: Albert Kosdi, Twan Houterman en Arno de Beijer, bedankt voor jullie gastvrijheid. Paul Roelofsen, Roy Tomesen en Wessel van Olst, bedankt dat jullie ons hebben ingepland in jullie drukke agenda's. Deze gesprekken zijn zeer waardevol voor ons geweest.

Tot slot nog een dankwoord naar onze opdrachtgevers, Marcel Vijn en Gerard Titulaer. Bedankt dat jullie altijd bereikbaar waren en ons op tijd feedback gaven.

Wij als Groen Traject Consultancy team hebben deze twee maanden ontzettend veel geleerd en zijn dankbaar dat wij deel mochten uitmaken van dit project.

Wageningen, 18 oktober 2019.

Samenvatting

Het doel van dit rapport was om maatregelen aan te dragen die boeren in de voedselketen van Oregional kunnen nemen om broeikasgasuitstoot en daarmee hun klimaatimpact te verminderen. Uit exploratieve interviews met boeren werd duidelijk dat boeren al veel deden op het gebied van klimaatneutraliteit en open stonden voor nieuwe maatregelen, mits er een verdienmodel aan vast zit. Middels literatuuronderzoek en telefonische interviews met boeren zijn mogelijke maatregelen onderzocht voor verschillende onderdelen binnen de landbouw, waaronder genetica van vee, veevoer, mest, stal, bodem, bestrijdingsmiddelen, energie en precisielandbouw. Op basis van literatuur en inkoopcijfers van Oregional bleek dat vlees, melk en eieren een grote CO₂-eq. bijdrage hebben binnen de keten van Oregional. Daarnaast kwam uit de LCA uitgevoerd op een melkveehouderij aangesloten bij Oregional een klimaatimpact van 0,9452 kg CO₂-eq. per kg melk, gecorrigeerd voor vet- en eiwitgehalte. Hieruit bleek dat de ondernemer de klimaatimpact van het bedrijf kan verminderen door aanpassingen in het kunstmestgebruik, voeder-input en energieverbruik, vergeleken met een voorgaande LCA studie. Daarnaast is bevestigd dat de CH₄ die vrijkomt bij de enterische fermentatie van koeien de grootste bijdrage levert aan de klimaatimpact van melk. Aangezien LCA een hele ingewikkelde en tijdrovende methode is, is het moeilijk om klimaatneutraliteit te waarborgen en te bepalen. Daarom wordt geadviseerd meer te focussen op samenwerkingsverbanden omtrent circulariteit en op het implementeren van klimaatvriendelijke maatregelen, wat voor een sterke positie op de markt kan zorgen.

Abstract

The goal of this report was to provide measures to the farmers in the food chain of Oregional to reduce greenhouse gas emissions and therefore reduce their climate impact. Explorative interviews were performed and it became clear that farmers already do a lot regarding climate neutrality. Besides, they have an open attitude towards taking other measures regarding climate neutrality. However, it is important that these measures also make a profit. Searching in literature resulted in a number of possible measures for different areas within agriculture. Amongst others, genetics, feed, manure, soil, pesticides, energy and precision agriculture. Based on literature and purchase numbers of Oregional meat, milk and eggs seem to contain the highest contribution in emission of CO₂-eq within the food chain of Oregional. Furthermore, an LCA was performed on a dairy farm within the food chain of Oregional. The climate impact of this dairy farm is 0,9452 kg CO₂-eq. per kg milk, corrected for fat and protein content (FPCM). Compared to an LCA in literature, the results show that agricultural entrepreneurs could reduce their climate impact by adapting their use of artificial fertilizers, feed-input and energy use. Besides, it is confirmed once again that CH₄ emissions from enteric fermentation of cows is responsible for the highest contribution to the total CO₂-eq. emission of milk. Since performing an LCA is a time-consuming and complicated method it is difficult to define and guarantee climate neutrality. Therefore, it is advised to focus more on collaborations between the farmers regarding circular farming and the implementation of environmental-friendly measures. Both can result in a strong position in the market.

Inhoudsopgave

Contactgegevens	3
Dankwoord	5
Samenvatting	6
Abstract	6
Inhoudsopgave	7
Lijst met afkortingen	10
Introductie	11
Inleiding	11
Project: probleemanalyse, projectdoel en onderzoeksvragen	12
Probleemanalyse	12
Projectdoel	13
Onderzoeksvragen	13
Theoretisch kader	14
Het verschil tussen klimaatneutraliteit en circulariteit	14
Transitiemanagement: uitdagingen van systeemveranderingen binnen de landbouw	15
Sociaal-technologische systemen	15
Systeemveranderingen	15
Wet- en regelgeving	16
Broeikasgasuitstoot	17
Materiaal en methoden	19
Deelvraag 1: Maatregelen naar klimaatneutraliteit	19
Deelvraag 2: Bereikbaarheid van boeren	19
Deelvraag 3: Klimaatimpact productgroepen van Oregional	19
Deelvraag 4: Levenscyclusanalyse	19
Resultaten	25
Deelvraag 1: Welke maatregelen bestaan er die bedrijven kunnen nemen om CO ₂ -eq. uitstoot te verminderen?	25
Genetica	29
Voer	30
Mest	32
Stal	35
Bodem	37
Bestrijdingsmiddelen	40

Energie	40
Precisielandbouw	42
Samenvatting deelvraag 1.....	42
Deelvraag 2: Wat is bereidheid van boeren om maatregelen voor klimaatneutraliteit te implementeren?.....	44
Deelvraag 3: Wat is de klimaatimpact van de productgroepen van Oregional en welke productgroep met een grote bijdrage is geschikt voor het uitvoeren van een LCA?.....	46
Samenvatting deelvraag 3.....	47
Deelvraag 4: Wat is de klimaatimpact van een bedrijf van Oregional met een grote CO2-eq.bijdrage, gebaseerd op een levenscyclusanalyse?	48
Vergelijking LCA resultaat met literatuur.....	50
Adviezen.....	52
Afname Oregional van de zuivelboerderij	53
Discussie	54
Deelvraag 1: Ethische verantwoording van maatregelen	54
Deelvraag 2: Bereidheid van boeren om maatregelen te treffen & transitie management	54
Deelvraag 3: Klimaatimpact van productgroepen van Oregional	55
Deelvraag 4: LCA van melkproductie	55
Conclusies en aanbevelingen	57
Referenties	59
Introductie	59
Inleiding.....	59
Theoretisch kader.....	59
Klimaatneutraal/circulair	59
Transitiemanagement.....	60
Wet- en regelgeving.....	61
Broeikasgasuitstoot	61
LCA	61
Materiaal en methoden	62
Deelvraag 3: Klimaatimpact productgroepen van Oregional	62
Deelvraag 4: LCA.....	62
Resultaten	63
Deelvraag 1: Maatregelen.....	63
Deelvraag 3: Klimaatimpact productgroepen van Oregional	69
Deelvraag 4 : LCA	69

Discussie.....	69
Bijlagen	70
Deelvraag 2: Haalbaarheid en bereidbaarheid van boeren	70
Bijlagen	71
1. Exploratieve interviews.....	71
Komkommerkweker	71
Akkerbouwer	73
Aardbeienkweker	74
Melkveehouder	77
2. Interviews: over haalbaarheid en bereidbaarheid van boeren voor implementeren van maatregelen voor klimaatneutraliteit	79
3. Uitstoot van voedselproducten van Oregional	87
4. Levenscyclusanalyse (LCA)	88
4.1 Methode LCA	88
4.2 Kunstmest.....	90
4.3 Mest	91
4.4 Enterische fermentatie.....	93
4.5 Voederproductie	96
4.6 Energieproductie	97
4.7 Energiegebruik.....	99
4.8 Functionele eenheid	100

Lijst met afkortingen

Afkorting	Toelichting
CH ₄	methaan
CO ₂	koolstofdioxide
CO ₂ -eq.	CO ₂ -equivalent
GPS	Global Positioning System
GWP	Global Warming Potential
LCA	levenscyclusanalyse
N ₂ O	lachgas
NH ₃	ammoniak

Introductie

Inleiding

Om de opwarming van de aarde deze eeuw te limiteren tot 1.5 °C is klimaatmitigatie nodig. Hieronder wordt de verminderde uitstoot van de broeikasgassen koolstofdioxide (CO₂), methaan (CH₄) en lachgas (N₂O) verstaan (IPCC, 2018). Een groot deel van de wereldwijde broeikasgasemissies, geschat op 25-30%, wordt toegerekend aan ons voedselsysteem. Dat komt onder andere doordat de voedselsector sterk afhankelijk is van fossiele brandstoffen (Monforti-Ferrario & Pascua, 2015).

In Europa verbruikte de voedselsector in 2013 gemiddeld 26% van de gehele energieconsumptie. Op kop staat de landbouwsector, waaronder gewasteeit en veehouderij, met ongeveer 33% van de totale energieconsumptie in de voedselsector. Op de tweede plaats staat de industriële verwerking van voedsel met 28% (Monforti-Ferrario & Pascua, 2015). De land en-tuinbouw in Nederland is verantwoordelijk voor 14% van de broeikasgasemissies (Dolman & Jager, 2019). Een voorbeeld van broeikasgasuitstoot afkomstig van de landbouw is de melkveehouderij. Er wordt geschat dat CH₄-emissies afkomstig van de enterische fermentatie van koeien voor 52% bijdragen aan broeikasgasemissies binnen de levenscyclus van melk (Gerber, Vellinga, Opio, Henderson & Steinfeld, 2010).

Onder andere door de hierboven genoemde redenen wordt de noodzaak voor transitie naar klimaatneutrale en circulaire landbouw steeds vaker aangekaart. Het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedsel (LNV) wil de transitie naar kringlooplandbouw stimuleren om voedselverspilling tegen te gaan en broeikasgasemissies te beperken. Echter is er momenteel vaak kritiek op de verantwoordelijkheid voor broeikasgasuitstoot die enkel op de boeren afgeschoven lijkt te worden. De Nederlandse landbouwsector behoort reeds tot de meest efficiënte ter wereld. Tussen 1990 en 2015 zijn CH₄-emissies met 14% gedaald door efficiënter melkvee en het afnemen van de veestapel (van Bruggen et al., 2017).

Boeren hebben veel te maken met de economische druk van de markt die inzet op efficiëntie en lage productiekosten (LNV, 2018 - a). Niet alleen agrarische ondernemers maar ook consumentengedrag speelt een belangrijke rol in het verduurzamen van de landbouw. Een goede ontwikkeling in de maatschappij is dat steeds meer mensen zich interesseren in de herkomst van producten waardoor de transitie naar kringlooplandbouw gestimuleerd kan worden (Schoutsen, Vijn & Dekking, 2010). Er is binnen het debat over klimaatneutraliteit behoefte aan het verduidelijken van verschillende concepten en het aanreiken van pragmatische handvatten voor klimaat-mitigerende maatregelen.

Een organisatie die inzet op kansen die regionale voedselketens bieden is Oregional, een coöperatie en tevens groothandel bestaande uit twintig individuele boeren, één vleesgroothandel, en zes bedrijven die een deel van de producten van de boeren verwerken en verkopen. De streekproducten van Oregional worden verkocht in de regio van Arnhem en Nijmegen, binnen een straal van 50 kilometer. Afnemers zijn de horeca, zorginstellingen, catering en supermarkten. Echter, de markt voor duurzame en lokale producten wordt steeds populairder en is aan het verzadigen (Schoutsen et al., 2010; persoonlijke communicatie met akkerbouwer van Oregional, 2019). Oregional heeft als visie klimaatneutraal te zijn in 2025 en zich daarmee de eerste klimaatneutrale voedselketen in Nederland

te kunnen noemen. Wanneer Oregional haar doelstelling kan behalen en dus klimaatneutraal kan produceren in 2025, kunnen ze zich beter onderscheiden in de huidige markt.

Project: probleemanalyse, projectdoel en onderzoeksvragen

Probleemanalyse

Het probleem waarvoor Groen Traject Consultancy benaderd is, is dat Oregional momenteel nog niet klimaatneutraal is.

In de beginfase van het project kwam uit de exploratieve interviews met boeren en gesprekken met de opdrachtgever naar voren dat Oregional al veel bezig is met klimaatneutraliteit en circulariteit. Oregional is vrij ambitieus, bijvoorbeeld met betrekking tot 'waste free' en klimaatneutraal transport.

De vraag die Oregional Groen Traject Consultancy stelt is om te helpen bij het zetten naar de eerste stappen richting een klimaatneutrale keten. Het nemen van maatregelen voor een klimaatneutrale voedselketen vergt een grote investering van geld, tijd en moeite van alle partijen in de voedselketen. Het is daarom noodzakelijk om vast te stellen of volledige klimaatneutraliteit haalbaar is en waar in de keten transitie naar klimaatneutraliteit kan plaatsvinden.

Klimaatneutraliteit in de voedselketen: focus bepalen

Tabel 1, afkomstig van het rapport van Sukkel, van Dijk, & van Wijk (2014), laat zien wat de impact is per schakel in een voedselketen. Er wordt duidelijk dat de productieschakel over het algemeen een groot aandeel in de totale impact heeft (aangegeven met 'xxx'). Daarnaast spelen voedselkilometers, afvalproductie en mineralen ophoping/verlies een grote rol. De primaire productie heeft het hoogste aandeel van de totale impact per schakel. Daarom focust dit rapport voornamelijk op mogelijkheden voor broeikasgasreductie bij de boeren. Het is goed om te beseffen dat bij broeikasgasreductie niet alleen 'de grootste slagen' van belang zijn, maar dat een set van maatregelen voor reductie nodig is. Er kan namelijk op veel andere punten in de schakel ook nog verlaging van impact plaatsvinden, aangegeven in de tabel met 'x' of 'xx'.

Tabel 1: Aandeel in de totale impact per schakel uit de keten (overgenomen van Sukkel, van Dijk & van Wijk, 2014).

Ketenschakel	Productiemiddelen & voedselproductie	Verwerking, bewaring & verpakking	Transport, distributie & handel	Consument	Reststromen afval
Indicator					
Grondgebruik/kwaliteit	xxx	-	-	-	-
Milieuverontreiniging nutriënten/pesticiden	xxx	-	-	x	x
Mineralen ophoping/verlies	xx	x	-	-	xxx
Biodiversiteit	xxx	-	-	-	-
Afvalproductie ¹	x	x	-	xxx	xxx
Waterproductie	xxx	x	-	xx	x
Broeikasgasemissie	xxx	xx	x	xx	x
Fossiele energie	xx	xx	x	xx	x
Voedselkilometers	x	x	xxx	xxx	x

- = geen of relatief zeer gering aandeel in de impact

x = relatief klein aandeel in de totale impact

xxx = groot aandeel in de totale impact

¹ Gedefinieerd als de productie van afvalstromen die weer elders moeten worden verwerkt

Projectdoel

Na de exploratieve interviews is het volgende projectdoel bepaald: Het aandragen van haalbare maatregelen die boeren in de voedselketen van Oregional kunnen nemen om broeikasgasuitstoot en daarmee hun klimaatimpact te verminderen.

Onderzoeksvragen

Hoofdvraag: Wat zijn haalbare manieren en maatregelen die agrarische ondernemers van Oregional kunnen nemen om klimaatneutraliteit te bevorderen?

Deelvragen:

1. Welke maatregelen bestaan er die bedrijven kunnen nemen om de CO₂-eq. uitstoot te verminderen?
2. Wat is de bereidheid van boeren om maatregelen voor klimaatneutraliteit te implementeren?
3. Wat is de klimaatimpact van de productgroepen van Oregional en welke productgroep met een grote bijdrage is geschikt voor het uitvoeren van een LCA?

4. Wat is de klimaatimpact van een bedrijf van Oregional met een grote CO₂-eq.bijdrage, gebaseerd op een levenscyclusanalyse?

Om de deelvragen te beantwoorden, is het ten eerste van belang om de definities van belangrijke begrippen vast te stellen. Deze begrippen zullen veel voorkomen in ons project en worden daarom bepaald in het theoretisch kader.

Theoretisch kader

Het verschil tussen klimaatneutraliteit en circulariteit

In het huidige debat worden vaak verschillende concepten gebruikt om de transitie naar duurzame landbouw te omschrijven. Zo worden klimaatneutraliteit en de circulaire economie vaak als complementair aan elkaar gezien. Echter kunnen bepaalde speerpunten van deze begrippen ook tegenstrijdig aan elkaar zijn en dragen niet alle klimaatneutrale strategieën bij aan een circulaire economie (Rood, Muilwijk & Westhoek, 2017).

Een voorbeeld van tegenstrijdigheid komt voort uit het gebrek aan definitie van circulariteit. Soja kan vanuit Zuid-Amerika overgebracht worden naar Nederland om hier aan de dieren te voeren. Vervolgens kan de mest verwerkt worden en weer teruggestuurd worden naar Zuid-Amerika om daar op het land uit te strooien om de soja weer te laten groeien. In feite spreek je dan van circulariteit. Echter, deze methode draagt niet bij aan klimaatneutraliteit door de hoge CO₂-uitstoot als gevolg van de vele transportkilometers die moeten worden afgelegd (persoonlijke communicatie met pluimveehouder van Oregional, 11 oktober 2019). Om helderheid te scheppen voor gebruik van de termen klimaatneutraliteit en circulariteit in dit rapport worden deze hier gedefinieerd. In het rapport zullen deze definities aangenomen worden.

Bij klimaatneutraliteit gaat het erom zo min mogelijk bij te dragen aan klimaatverandering door het uitstoten van broeikasgassen (Faaij, Jager & Kok, 2013). In essentie gaat het om vermindering van broeikasgassen in de atmosfeer. Denk hierbij aan maatregelen die broeikasgasuitstoot verminderen of het overstappen naar hernieuwbare energiebronnen (IPCC, 2011). Klimaatneutraliteit is als begrip door het gebrek aan consensus problematisch. Zo wordt ook het compenseren van de uitstoot van broeikasgassen door middel van het aanplanten van bossen vaak genoemd (Canadell & Raupach, 2008). CO₂-compensatie door planten van bossen wordt door de EU als een CO₂-neutrale strategie onderschreven. Echter levert dit pas na decennia of zelfs eeuwen de gewenste compensatie op.

McDonough (2016), noemt deze 'oorlog tegen koolstof' een verkeerde interpretatie van het klimaatprobleem. Koolstof is een cruciale bouwsteen voor planten, een gezonde bodem en het in balans houden van ecosystemen. Agrarische ondernemers geven tevens terecht aan dat een klimaatneutrale koe geen realistische verwachting is (Topsector Agri & Food, 2017). De mogelijkheid om tot volledige, klimaatneutrale landbouw te komen valt daarom te betwisten. Binnen dit rapport wordt klimaatneutraliteit gezien als de situatie waarin de emissie van CO₂ nul is. Dit kan gerealiseerd worden middels reductie en compensatie. Broeikasgassen anders dan CO₂ worden hier uitgedrukt in een CO₂ equivalent. Verderop in het theoretisch kader wordt hier verder op ingegaan.

Voor circulariteit kan onderscheid gemaakt worden tussen de circulaire voedselketen als geheel en circulaire landbouw/kringlooplandbouw op bedrijfsniveau. Het principe is echter hetzelfde. In een circulaire keten wordt het gebruik van grondstoffen (mineralen, water etc.) beperkt om uitputting van stoffen te voorkomen, wordt voedselverspilling tegengegaan en worden de grondstoffen waar mogelijk hergebruikt binnen het systeem (LNV, 2018 - b). Zoals eerder genoemd, wil het Ministerie van Landbouw Natuur en Voedselkwaliteit de omslag maken naar circulaire landbouw (ook wel kringlooplandbouw genoemd) (LNV, 2019). Door te streven naar het sluiten van kringlopen kunnen inkomende en uitgaande stromen worden geminimaliseerd (Bianchi et al., 2018).

Het is van belang een focuspunt te kiezen voor het aandragen van de maatregelen. Het rapport richt zich op het aspect van klimaatneutraliteit en het verminderen van broeikasgassen. Dit betekent niet dat de waarde van circulariteit wordt ondermijnd, maar betekent enkel dat hier verder geen concluderende adviezen over worden geschreven.

Transitiemanagement: uitdagingen van systeemveranderingen binnen de landbouw

Sociaal-technologische systemen

Ons huidige landbouwsysteem is een voorbeeld van een complex sociaal-technologisch systeem. Dit systeem wordt gekenmerkt door overproductie en intensieve productiesystemen (Geels, 2006). De Nederlandse overheid heeft activiteiten opgesteld om bekendheid en draagvlak voor circulaire voorzieningen, producten en diensten onder consumenten te vergroten (Rijksoverheid, 2019). Zo willen ze gedragsverandering stimuleren die bijdraagt aan de transitie naar een circulaire economie. Echter, sociale en technologische aspecten, zoals beleid, culturele normen en consumentengedrag, zijn in onze samenleving met elkaar verbonden en zijn lastig te veranderen. Sociaal-technologische systemen worden actief gevormd en in stand gehouden door actoren in sociale netwerken. Actoren die onderdeel uitmaken van het systeem worden door verschillende normen, waarden en belangen gedreven (Geels, 2006).

Systeemveranderingen

De energietransitie van fossiele brandstoffen naar onder andere hernieuwbare energie en de transitie naar een circulaire economie zijn voorbeelden van complexe veranderingen die ook wel systeemveranderingen genoemd worden (Geels, 2006; Europese Commissie, 2010). Een aantal hoofdkenmerken van systeemveranderingen worden door Geels (2006) genoemd. Om te beginnen is er bij systeemveranderingen vaak sprake van co-evolutie van gerelateerde problemen. Zo kan bijvoorbeeld gesteld worden dat de verduurzaming van ons voedselsysteem niet slechts een verandering vereist op productieniveau maar ook op consumentenniveau. Zoals het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (2018-b) in een rapport opmerkt, is onze maatschappij en voedselcultuur zo vormgegeven dat voedsel voor de laagste kostprijs geproduceerd en verkocht wordt. Daarnaast is er sprake van anonimiteit binnen onze voedselcultuur. van der Schans & Gebbink (2014) stellen dat regionale voedselketens de connectie tussen consument en voedselproducten kunnen versterken.

Ten tweede vergen systeemveranderingen zowel aanpassingen op het gebied van technologie, kennis en industrie structuren maar ook op sociaal-maatschappelijk gebied (Geels, 2006). Het aandrijven van

systeeminnovaties vergt dus niet alleen praktische veranderingen maar heeft ook een sociaal-maatschappelijke dimensie. Leeuwis & Aarts (2011) beschrijven dat innovatie van complexe systemen een combinatie is van hardware (technologie en praktijken), software (nieuwe kennis en denkwijzen) en orgware (nieuwe organisatiesystemen en instituten). Ten derde gaat het bij systeemveranderingen over lange termijn processen en zijn er vaak een groot aantal actoren bij betrokken die transitie complex maken (Geels, 2006).

Binnen dit project wordt er gekeken naar de regionale voedselketen van Oregional in de regio Arnhem en Nijmegen. Deze coöperatie en groothandel kan schematisch worden weergegeven als een sociaal technologisch systeem in figuur 1.



Figuur 1: Schematische weergave van de voedselketen van Oregional als sociaal-technologisch systeem (gebaseerd op Geels, 2006).

Wet- en regelgeving

Op zowel nationaal als Europees niveau gelden er voor agrarische ondernemers regels. Het Europese Gemeenschappelijk Landbouwbeleid (GLB) geldt voor iedereen. 36% van het volledige budget van de Europese Unie gaat uit naar landbouwbeleid (Europa Nu, 2019). De randvoorwaarden van het GLB bepalen tevens of een ondernemer subsidies ontvangt vanuit de Europese Unie. Zo krijg je als boer 260,00 euro basispremie per hectare als je voldoet aan milieu en duurzaamheidseisen. Voor de stimulering van biodiversiteit (vergroening) krijgen boeren 115,00 euro premie per hectare. Jonge boeren onder de 41 krijgen eveneens een vergoeding van 50,00 euro per hectare (RVO, 2019). Ook wordt binnen het GLB geld uitgetrokken voor marktregulering zoals een crisis reserve en het ontwikkelen en stimuleren van innovatie binnen de landbouwsector (RVO, 2019).

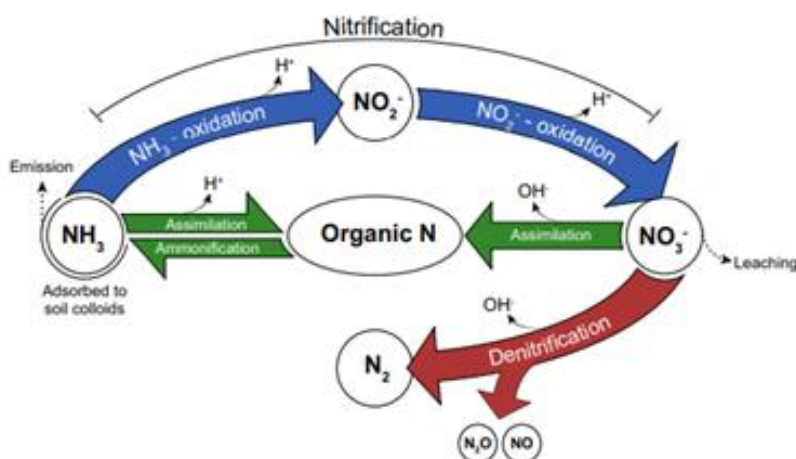
Een lange tijd kregen agrarisch ondernemers minimale prijzen voor hun producten. “Op de wereldmarkt resulteerde dit in de jaren 70 in overproductie (boterbergen en melkplassen)” (van Doorn, 2017). Daarom werden subsidies voor productie vervangen door bovengenoemde inkomsten subsidies. Bovenop de randvoorwaarden gesteld door het GLB kunnen er op nationaal niveau strengere eisen worden gesteld aan landbouw. Deze zijn in Nederland van toepassing op de

identificatie en registratie van dieren en dierenwelzijn. De bepalingen binnen het GLB kunnen worden opgesplitst in drie categorieën: milieu, gezondheid en dierenwelzijn (RVO, 2019).

Broeikasgasuitstoot

De aarde ontvangt energie in de vorm van zonnestralen. 50% van deze zonne-energie wordt geabsorbeerd door het aardoppervlak. De andere 50% reflecteert terug in de atmosfeer, in de vorm van infrarode straling, oftewel warmte. Broeikasgassen als CO₂, CH₄ en N₂O vangen deze infrarode straling binnen de atmosfeer. Dit zorgt voor opwarming van de aarde. Hoe meer broeikasgassen er aanwezig zijn in de atmosfeer, hoe warmer de aarde. Dit proces wordt het broeikasgaseffect genoemd (Anderson, Hawkins & Jones, 2016).

- Een van de belangrijkste broeikasgassen die bijdraagt aan klimaatverandering is **koolstofdioxide (CO₂)**. Dit gas ontstaat voornamelijk bij het verbranden van fossiele brandstoffen en ontbossing (Kellogg, 2019).
- Een ander belangrijk broeikasgas, voornamelijk betrokken bij landbouw, is **methaan (CH₄)**. Dit draagt voor 16% bij aan de wereldwijde broeikasgasemissies waarvoor de mens verantwoordelijk is (Wallace et al., 2015). CH₄ komt vrij bij fermentatie in herkauwers en wordt gevormd door methanogene archaea. (Makkar et & Vercoe, 2007). Van de wereldwijde totale CH₄-uitstoot is 17% afkomstig van herkauwers middels enterische fermentatie (Knapp, Laur, Vadas, Weiss & Tricarico, 2014). Enterische fermentatie levert daarmee een grote bijdrage aan broeikasgasemissies (Aguirre-Villegas & Larson, 2017).
- **Lachgas (N₂O)** is een broeikasgas dat wordt gevormd binnen de kringloop van nitraat. In de landbouw komt dit gas vrij bij het uitrijden van wordt gevormd uit mest (de Mol & Hilhorst, 2003). N₂O kan vrijkomen als er nitraat (NO₃⁻) wordt gevormd of afgebroken. In figuur 2 is te zien hoe vorming van NO₃ en ammoniak (NH₃) tot stand komt. Micro-organismen in de vaste mest kunnen ureum uit urine omzetten in NH₃ met het enzym urease (Sigurdarson, Svane & Karring, 2018). Vervolgens kan NH₃ door middel van nitrificatie en denitrificatie worden omgezet in het broeikasgas N₂O in de bodem. De mate van omzetting naar lachgas hangt samen met het microbiologische evenwicht van de bodem (Koch-eurolab, 2019)



Figuur 2: Stikstofkringloop (Sigurdarson, Svane & Karring, 2018).

Broeikasgassen verschillen in tijdsduur waarmee ze in de atmosfeer blijven. Daarom is het concept Global Warming Potential (GWP) ontwikkeld (Houghton, Jenkins & Ephraums, 1990). De Global Warming Potential geeft aan wat het relatieve warmte effect is van een broeikasgas in een bepaalde

tijdspan, in vergelijking met CO₂. Figuur 3 geeft een overzicht van de verschillende GWP's. Vaak wordt er gekeken naar de GWP van 100 jaar, dan zie je dat:

- CH₄ een 25 keer hogere bijdrage levert dan CO₂
- N₂O een 300 keer zo'n hoge bijdrage levert dan CO₂.

Met de GWP kan ook de CO₂ equivalent uitstoot worden berekend (Gohar & Shine, 2007). De hoeveelheid gas wordt dan vermenigvuldigd met de GWP. De uitkomst is een hoeveelheid uitgedrukt in CO₂-eq. De naam van de eenheid refereert naar het feit dat het verwarmende effect is vergeleken met CO₂. Op deze manier zijn we in staat om verschillende gasmengsels met elkaar te vergelijken met betrekking tot hun verwarmende effect.

LIFETIME AND GLOBAL WARMING POTENTIAL OF HUMAN-GENERATED GREENHOUSE GASES						
Gas	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CFC-11	CFC-12	HCFC-22
Lifetime years	Multiple	12	114	45	100	12
Global warming potential						
20 years	1	72	289	6,730	11,000	5,160
100 years	1	25	298	4,750	10,900	1,810
500 years	1	8	153	1,620	5,200	549

Figuur 3: De Global Warming Potential van broeikasgassen over 20, 100 en 500 jaar (Schonhoff, 2015).

Materiaal en methoden

Om onze hoofd- en deelvragen te beantwoorden, maken wij gebruik van een aantal activiteiten en methoden.

Deelvraag 1: Maatregelen naar klimaatneutraliteit

Om deelvraag 1 te beantwoorden zijn maatregelen onderzocht die broeikasgasuitstoot kunnen verminderen op boerderijniveau. Door middel van literatuuronderzoek werd meer informatie vergaard over klimaatneutraliteit en toepassingen in de landbouw. Hiervoor is gebruik gemaakt van bronnen uit de wetenschappelijke literatuur, rapporten en vakbladen. Om deze te vergaren, is gebruik gemaakt van zoekmachines als Google, Google Scholar en de WURLibrary.

Deelvraag 2: Bereidbaarheid van boeren

Er zijn verschillende interviews gehouden met een aantal boeren van Oregional (bijlage 2). Het doel hiervan was om de bereidheid voor implementatie van maatregelen te peilen. In de beginfase van het project zijn drie exploratie interviews afgenomen. Hierbij werd onder andere ingegaan op de belangen en de motivatie voor boeren om aan te sluiten bij Oregional, het duurzaamheidstraject en wat eventuele (toekomstige) obstakels hiervoor zijn. Een komkommerkwekerij, Zorgboerderij en Aardbeienkwekerij zijn hiervoor benaderd. Deze exploratieve interviews hebben veel waardevolle informatie opgeleverd, wat ook is verwerkt in de resultaten. Daarnaast zijn twee telefonische diepte-interviews afgenomen met een pluimveehouder en fruitteler van Oregional. In deze interviews werd gevraagd naar hun mening over klimaatneutraliteit en circulariteit. Vervolgens werd er dieper ingegaan op hun mening over de haalbaarheid van bepaalde maatregelen. Op deze manier is duidelijk geworden wat boeren wel of niet zouden willen toepassen op hun bedrijf.

Deelvraag 3: Klimaatimpact productgroepen van Oregional

Om deelvraag 3 te beantwoorden is er een interview afgenomen met Oregional, om te weten te komen welke productgroepen het meest worden afgenomen. Deze cijfers zijn schattingen. Daarnaast is met behulp van de literatuur in kaart gebracht wat de gemiddelde emissies zijn (per kg/stuk/L) van de producten die Oregional levert. De meegenomen producten/productgroepen zijn: aardappelen, groente, fruit, eieren, rundvlees, kippenvlees, varkensvlees, melk, kaas en brood. Om het aandeel van de uitstoot van Oregional als voedselketen te bepalen, is de uitstoot vermenigvuldigd met de afname door Oregional per product in kg/jaar. Hiervoor zijn de inkoopcijfers van Oregional gebruikt, verkregen op inschatting via Oregional. Vervolgens werd een product met een relatief grote koolstofvoetafdruk geselecteerd voor het uitvoeren van een LCA.

Deelvraag 4: Levenscyclusanalyse

Na het identificeren van de bijdrage van de producten binnen Oregional, werd één van de producten van Oregional gekozen met de grootste klimaatimpact, waarvan er ook een grote afzet is bij Oregional. Het product met de grootste impact werd in detail onderzocht met behulp van een levenscyclusanalyse (LCA). Een LCA is een wereldwijd gebruikte methode om de milieu-impact van productieprocessen en al haar in- en outputs te kwantificeren (Üçtuğ, 2019). De algemene beschrijving van de LCA is te vinden in bijlage 4. Groen Traject Consultancy heeft een single-issue LCA uitgevoerd:

deze richt zich enkel op klimaatverandering en dus de op de uitstoot van broeikasgassen (CO₂, CH₄ en N₂O). Andere impacts op het milieu zijn niet meegenomen in de analyse en de adviezen.

Met de single-issue LCA wordt de broeikasgasuitstoot van producten of diensten gedurende de (productie)keten in kaart gebracht. Dit is dus van de productie van grondstoffen tot het eindproduct melk (cradle to farm gate). Omdat niet enkel op boerderij niveau wordt gekeken, maar naar de keten, wordt er een completer beeld geschept en is afwenteling van uitstoot naar een ander deel van de keten geen mogelijkheid. Uiteindelijk wordt de uitstoot van deze broeikasgassen uitgedrukt in CO₂-equivalenten (CO₂-eq.). In de resultaten is beschreven welk broeikasgas er op welk moment wordt uitgestoten en in welke mate dat gebeurt. Deze analyse is een belangrijke basis voor aanbevelingen waarbij duurzaamheid een belangrijke rol speelt.

Om data voor de LCA te verzamelen is de eigenaar van een melkveehouderij geïnterviewd. Bij het voltooiën van de LCA werd de klimaatimpact van dit product dat Oregional afneemt vergeleken met de norm van Nederlandse productie. Daarnaast is zichtbaar gemaakt waar de grootste bijdragen binnen de keten liggen. Het resultaat wordt daarnaast als input gebruikt om met stappen te komen richting een klimaatneutraal bedrijf. Aan de melkveehouder is informatie gevraagd om de LCA van de productie van melk te kunnen uitvoeren.

Binnen dit rapport is gebruik gemaakt van het LCA raamwerk om de broeikasgasemissie te bepalen voor de sector binnen Oregional met de grootste bijdrage aan klimaatverandering. Als indicator is GWP gebruikt; Global Warming Potential of in het Nederlands aardopwarmingsvermogen. De vier fases binnen het LCA raamwerk zijn terug te vinden in bijlage 4. Hieronder zijn de belangrijkste afkaderingen kort toegelicht:

1. Doel en strekkings-analyse

Doel: Het berekenen van broeikasgasuitstoot over de keten van melk geproduceerd door de melkveehouder. Hotspots van broeikasgasemissie zijn geïdentificeerd om en adviezen te geven aan de melkveehouder. Ook kan de impact van de totaal afgenomen stroom van Oregional worden benaderd.

Afbakening: Omdat het in dit rapport gaat om interventies die de boer kan doen, is de focus op de processen van de wieg, tot het verlaten van de boerderij. Er is besloten niet tot “het graf” van het productieproces te gaan. Dit valt namelijk buiten de beslissing mogelijkheid van de boer en voor de verdere distributie van Oregional ligt al een plan van aanpak omtrent klimaatneutraliteit.

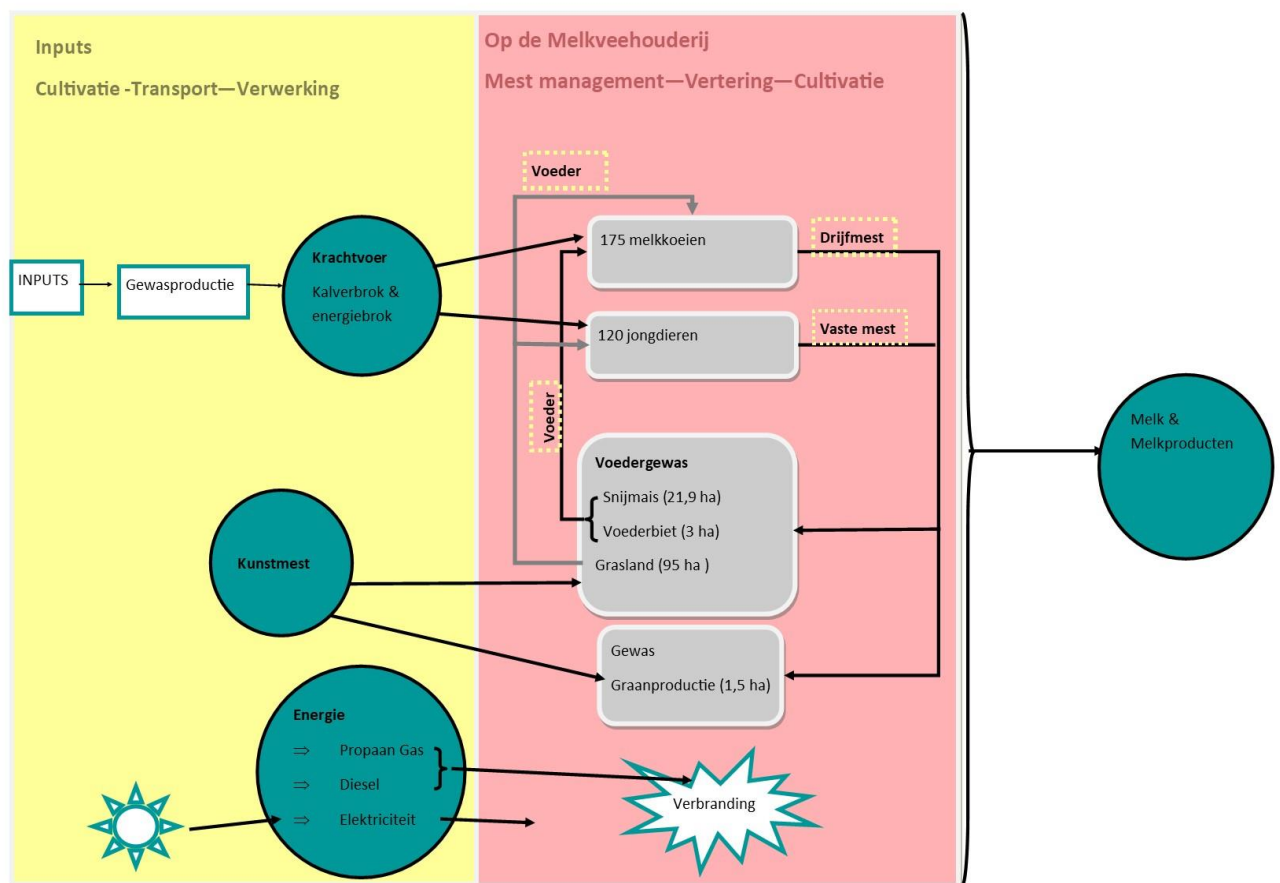
Functionele eenheid: “1 kilogram van voor vet én eiwit gecorrigeerde melk” Met de engelse afkorting FPCM (Fat and Protein Corrected Milk) (Blok & Spek, 2016). Deze gestandaardiseerde eenheid maakt het vergelijken met andere melkveebedrijven mogelijk.

Allocatie: Economische allocatie is gebruikt. Hiervoor is gekozen omdat het een eenvoudige allocatiemethode is. Daarnaast doet het recht aan het gebruik van bijproducten door de boer, omdat hier geen grote impact aan wordt berekend.

2. Inventarisatie-analyse

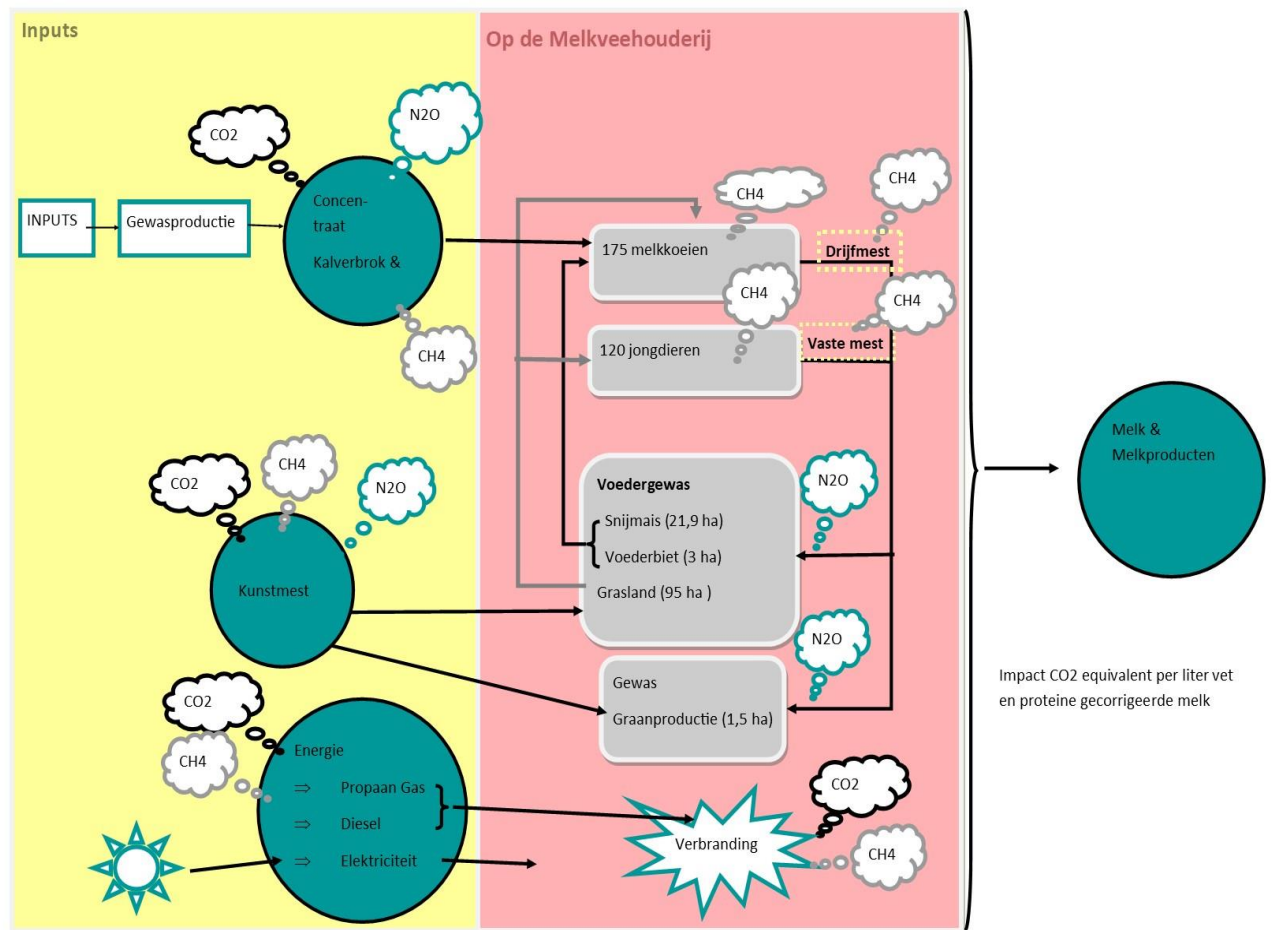
In figuur 4 staan de aspecten die worden meegenomen in de LCA. De gebruikte methodes binnen de inventarisatie zijn gebaseerd op persoonlijke communicatie met dr. ir. Corina van Middelaar (Animal Production Systems) en op de methode gebruikt in het vak 'Sustainability Assessment of Animal Systems' of 'Duurzaamheidsanalyse van Dierlijke Productiesystemen' aan de Wageningen universiteit (de Boer et al., 2019).

De meegenomen inputs zijn gebaseerd op voorgaande LCA studies van melkveehouderijen en representeren de belangrijkste inputs (Thomassen et al., 2008; van Middelaar, 2014; FAO, 2010). Als uitgaande stroom is gekozen om enkel de belangrijkste output mee te nemen. Dit betekent dat de gehele berekende impact wordt verhaald op de FPCM output. De kalveren die niet worden aangehouden worden ook niet meegenomen in de LCA. De LCA is als het ware in een momentopname berekend wanneer geen zwangere koeien en geen jonge vleeskalveren aanwezig zijn. Zowel de uitstoot van de vleeskalveren als de producten van hen is niet meegenomen in de analyse. Daarnaast is in deze LCA niet de uitstoot van 'Land use change' of 'landgebruik verandering' meegenomen, dit is de uitstoot die vrijkomt doordat er land wordt vrijgemaakt voor landbouwgrond (FAO, 2010).



Figuur 4: Stromen meegenomen in de levenscyclus van de melk van de melkveehouderij.

De volgende stap was om per productiestap te kijken waar de emissies vandaan komen. Dit is terug te zien in figuur 5. Voor uitgebreide berekeningen, aannames en bronnen die gemaakt en gebruikt zijn, kan bijlage 4 worden geraadpleegd.



Figuur 5: Broeikasgasuitstoot van de processen binnen de levenscyclus van melk. Het gele vlak gaat over de broeikasgasuitstoot van de inputs “off-farm”. Het rode vlak gaat over de broeikasgasuitstoot op de boerderij.

Broeikasgasuitstoot van de inputs “off-farm”

Voederproductie

Om de broeikasgasuitstoot van off-farm voederproductie te berekenen is de schatting van de voedselconsumptie van de koeien van de melkveehouder omgerekend naar ton per jaar. Met behulp van FeedPrint en data over het ingekochte voer is de CO₂-eq uitstoot achterhaald voor de productie van 1 ton van een bepaald product. FeedPrint is een database waarin de CO₂-eq uitstoot voor de productie van voeder-items beschreven staat. Deze database bekijkt de broeikasgasemissie van transport, proces en cultivatie van verschillende diervoeders (Vellinga et al., 2013).

Energiewinning

Om de broeikasgasuitstoot van de productie van energie te berekenen is de verbruikte energie vermenigvuldigd met een emissiefactor afkomstig uit Excel. Omdat er op het bedrijf zonnepanelen aanwezig zijn, wordt een deel van de elektriciteit zonder emissie opgewekt. Daarom is de hoeveelheid kWh elektriciteit opgewekt door zonnepanelen op het bedrijf afgehaald van het totale aantal kWh elektriciteit.

Kunstmestproductie

Om de uitstoot van CO₂-eq van de productie van kunstmest te berekenen is de hoeveelheid N in de vorm van kunstmest gebruikt door de melkveehouder vermenigvuldigd met een emissiefactor.

Broeikasgasuitstoot op de boerderij

Mestmanagement

Bij de opslag en applicatie van mest komen broeikasgassen vrij (zie hiervoor ook de toelichting in het theoretische kader en de maatregelen tabel)

1. Methaanemissie - management

De methaanemissie uit mest is berekend op basis van een geschatte waarde voor methaanuitstoot per dier. Uit het IPCC rapport wordt voor een Nederlandse melkkoe 21 kg CH₄/dier/jaar, voor elk andere koe, en in dit geval de jongdieren, wordt 6 kg CH₄/dier/jaar aangehouden.

2. Lachgasemissie door applicatie

Omdat alle mest die op de boerderij wordt geproduceerd ook op eigen land wordt uitgereden, wordt de volledige mestproductie meegenomen. De mestproductie van de kudde wordt berekend op basis van gemiddelde cijfers van mest per dier per jaar. De kalfjes produceren vaste mest, de koeien drijfmest. Hierdoor hebben beide een ander stikstofgehalte.

De uiteindelijke emissie is gebaseerd op de kg stikstof aanwezig in de mest, die vervolgens is vermenigvuldigd met de emissiefactor 0,0125, om zo de lachgasemissie te krijgen (IPCC, 2006).

Ook applicatie van kunstmest levert lachgasemissie op, deze is in de berekeningen verder meegenomen onder het algemene kopje 'kunstmest'.

Verbranding van fossiele energie

Om de impact van de benodigde energie te berekenen zijn jaarcijfers of schattingen van 2018 en 2019 gebruikt, die waren aangereikt door de melkveehouder. Verbruik van elektriciteit, gas en diesel is terug te halen op boerderijniveau. Er is gekozen om geen onderscheid te maken in verbruik tussen verschillende processen (melken, verwerking, oogst, etc), om de berekening simpel en haalbaar te houden. De CO₂ en CH₄ die vrijkomen bij het verbranden van diesel en gas zijn standaardwaarden, die de kg CO₂ of CH₄ per liter aangeven.

Enterische fermentatie-emissie

Om de methaanemissie van de koeien zelf te berekenen, is gebruik gemaakt van de volgende formule van IPCC (2006).

$$EF = (GE * Y_m) / 55,65$$

EF = emissiefactor, kg CH₄ / dier / jaar

GE = gross energy/ bruto energie; MJ / dier / jaar

Y_m = methane conversiefactor = 0.065

55,65 = energy content of methane (MJ/kg CH₄)

Om deze emissie te kunnen berekenen is gebruik gemaakt van de 'Gross Energy' of 'Bruto Energie' waarden van de verschillende voeders die worden gebruikt (Feedipedia, 2019). Voor de energiewaarden van het krachtvoer is er contact opgenomen met de leverancier van het voeder.

De inschatting van grasopname is gemaakt door de totale energie van het overige voeder van de energiebehoefte af te halen. Om dit te kunnen berekenen is er gebruik gemaakt van Voeder Eenheid Melk (VEM) waarden. VEM is een Nederlandse eenheid om energiegehalten van voeder en energiebehoeftes van vee in uit te drukken (Wageningen Livestock Research, 2016). De VEM behoefte die nog niet is vervuld door het andere voeder, wordt tot het gras gerekend. Hiermee is het grasrantsoen bepaald.

Na het voltooien van de inventarisatie kwamen de impact-analyse en de interpretatie fase aan bod. In deze fase is de uiteindelijke berekende impact concreet gevisualiseerd. De impact per liter FPCM melk wordt uitgesplitst in bovenstaande categorieën. Hierna zijn de resultaten vergeleken met de resultaten van een algemene LCA, zodat kon worden bekeken op welke punten boven of ondergemiddeld wordt gepresteerd. Hierop is het advies en bijbehorende maatregelen voor de melkveehouder gebaseerd.

Naast het advies voor de melkveehouder, is berekend wat de totale CO₂ impact van de afname van Oregional is, op basis van aangereikte inkoopcijfers. Ook werd een indicatie gegeven hoeveel nodig is om deze impact te compenseren.

Resultaten

Deelvraag 1: Welke maatregelen bestaan er die bedrijven kunnen nemen om CO₂-eq. uitstoot te verminderen?

In dit hoofdstuk zijn de resultaten beschreven van de literatuurstudie. Maatregelen die agrarische ondernemers kunnen nemen om klimaatneutraliteit van hun bedrijf te bevorderen worden hier beschreven. Tabel 2 geeft een samenvatting en tevens een overzicht van alle maatregelen per landbouwsector. Deze zijn onderverdeeld in de categorieën genetica, voer, mest, stal, bodem, bestrijdingsmiddelen, energie en precisielandbouw.

De maatregelen die genoemd worden in de tabel zijn een greep uit een groot aantal mogelijke maatregelen die boeren kunnen nemen om broeikasgasuitstoot te reduceren. Er is getracht een goed overzicht te geven van maatregelen die al bestaan en die in ontwikkeling zijn.

Het is belangrijk dat de genoemde maatregelen tegen elkaar worden afgewogen. De ene maatregel kan namelijk positief uitwerken op de reductie van een bepaald broeikasgas maar negatief op die van andere gassen. Bepaalde strategieën zouden tegelijk kunnen worden toegepast om zowel de vorming als het vrijkomen van broeikasgassen te beteugelen. De maatregelen worden na de tabel verder toegelicht.

Tabel 2: Maatregelen om broeikasgasuitstoot te verminderen in de landbouw.

Categorie maatregel	Landbouwsector	Maatregel	Broeikasgas	Effectiviteit	Haalbaarheid	Kanttekening
Genetica	Veehouderij	Fokken op lage voederconversie ratio	CO2, CH4, N2O			Effectiviteit hangt af van de genetische vooruitgang van de boerderij. Dit is vaak al hoog in Nederland.
		Fokken op hoge levensverwachting, gezondheid en vruchtbaarheid	CO2, N2O			Effectiviteit hangt af van bedrijfsspecifieke situatie. Aangezien in Nederland over het algemeen veel wordt gefocust op productie kan dit een goede alternatieve strategie zijn.
	Rundveehouderij	Fokken op lagere CH4-emissie	CH4			CH4-emissie mitigatie via genetica is nog in onderzoeksfase.
Voer	Rundveehouderij	Graskwaliteit verhogen, bv. hoger bemest gras of eiwitgehalte, jonger gras	CH4			
		Mais met hoger drogestofgehalte toevoegen aan veevoer, bv. door verlaat oogstmoment	CH4			
		Voer uit de regio of bijproducten uit bioraffinageproces gebruiken in voer	CO2			Vanwege logistieke problemen is het moeilijk om dit aan te passen.
		3-nitrooxypropanol (3-NOP) toevoegen aan voer	CH4			Nog niet in de verkoop, laatste onderzoeken zijn bezig.
		Peulvruchtenkruiden, bv. Sainfoin, toevoegen aan voer	CH4			Onduidelijkheden over verkoop en kosten.
	Pluimveehouderij	Verhouding voer/eierenproductie bepalen en daar voer op afstemmen	CO2			
		Voer met lage klimaatimpact kiezen, bv. alternatieve eiwitbronnen voor soja	CO2			
Mest	Rundveehouderij	Gecontroleerde anaerobische vergisting van mest in bijvoorbeeld septictanks, en vervolgens het oxideren van CH4	CH4			Er is weinig onderzoek naar gedaan, pas rendabel vanaf 4500 m3. Het (minder sterke) broeikasgas CO2 wordt geproduceerd.
		Scheiden van mest en urine	CH4 en N2O			

	Aeratie: lucht toevoegen aan mest	CH ₄		Aanwezigheid van zuurstof kan zorgen voor omzetting NH ₃ in N ₂ O. Juiste beluchting nodig om dit tegen te gaan.
	Kortere opslagtijd van mest	CH ₄ , NH ₃ ¹		
	Afdekken van mest met riet. Methanogene bacteriën in riet zetten CH ₄ om in CO ₂ .	CH ₄ , NH ₃ ¹		Het (minder sterke) broeikasgas CO ₂ wordt geproduceerd.
	Korst/verharding van mest	CH ₄ , NH ₃ ¹		
	Composteren (aanwezigheid van zuurstof)	CH ₄		Aanwezigheid van zuurstof kan zorgen voor omzetting NH ₃ in N ₂ O. Arbeidsintensief.
	Lagere opslagtemperatuur van mest	NH ₃ ¹		Er is meer onderzoek nodig naar effectiviteit. Inbouw van koelelementen vraagt om verbouwing van de mestkelder.
	Gecontroleerd toedienen van meststof	N ₂ O		Vergt bemestingsadvies en actuele metingen/modellerings.
Akkerbouw en tuinbouw	Gebruik van dierlijke meststoffen i.p.v. synthetische meststoffen	N ₂ O		Kunstmatige meststoffen gebruikt in Nederland behoren tot de meest efficiënte ter wereld.
	Gebruik nieuwe (organische) meststoffen	N ₂ O		
	Groenbemester / vanggewas	N ₂ O		Gaat ten koste van landbouwruimte en is landbouwintensief.
	Meststoffen uit Nederland halen en productie van duurzame meststoffen	N ₂ O		Er is nog volop onderzoek naar productie van NH ₃ .
Stal	Veehouderij	Scheiden van mest en urine	NH ₃ ¹	Vraagt om verbouwing stal.
		Emissie-arme vloer	NH ₃ ¹	Brandgevaar en vraagt om verbouwing van stal.
		Gebruiken van luchtwasser	NH ₃ ¹	Brandgevaar, hoge kosten.
		Afvangen van CH ₄ door te laten adsorberen aan actieve kool	CH ₄	Nog niet economisch haalbaar geacht, vanwege lage CH ₄ concentratie in stal.

		Afvangen en oxideren van CH ₄	CH ₄		CH ₄ afvangen uit stallen is lastig en met gering potentieel. Explosierisico, vergunning nodig, nog niet economisch haalbaar.
		Biologisch filter	CH ₄		Verwijderingsefficiëntie afhankelijk van CH ₄ concentratie vanwege lage wateroplosbaarheid van CH ₄ .
Bodem	Veehouderij	Permanent grasland onderhouden	CO ₂		Legt CO ₂ vast in de vorm van biomassa.
	Veehouderij en akkerbouw	N ₂ O-emissies beperken door hoeveelheid ammonium en nitraat te verminderen en bodemverdichting tegen te gaan	N ₂ O		N ₂ O levert 300 keer zo'n grote bijdrage aan de opwarming van de aarde als CO ₂ .
	Akkerbouw	Omploegen beperken, bevorderen van bodemleven en gewasresten laten liggen of aan de bodem toevoegen	CO ₂		
Bestrijdingsmiddelen	Akkerbouw	Spray-verminderende technieken gebruiken en de ziekte-drempel monitoren	CO ₂		
		Ziekte- en plaag-resistente gewassen gebruiken	CO ₂		
		Buffer strips van vegetatie rondom landbouwpercelen aanleggen	CO ₂		Minder uitspoeling van pesticiden naar omgeving.
		Bloemranden rondom landbouwpercelen aanleggen	CO ₂		
		Biologische bestrijdingsmiddelen of natuurlijke vijanden gebruiken	CO ₂		
Energie	Veehouderij	Hernieuwbare energiebronnen gebruiken	CO ₂		
		Biobrandstoffen gebruiken	CO ₂		
Precisielandbouw	Veehouderij, akker- en tuinbouw	GPS technologie met sensoren	Niet specifiek		
		Drones	Niet specifiek		

¹ Vermindering van NH₃ uitstoot zorgt voor een vermindering van N₂O.

Genetica

Fokprogramma's in de veehouderij kunnen op drie manieren bijdragen aan broeikasgasreductie (Wall, Sim & Moran, 2010). Zo kunnen ze productiviteit en efficiëntie bevorderen, maar ook tot een hogere levensverwachting, gezondheid en vruchtbaarheid zorgen, of direct broeikasgasemissies aanpakken (methaanemissie). De kunst is om deze drie doelen zo op elkaar af te stellen dat de klimaatimpact zo laag mogelijk is.

Fokken op hogere productiviteit en efficiëntie

Het fokken op hogere efficiëntie betekent dat het voer beter kan worden omgezet door het dier in een product, zoals vlees, melk of eieren, waardoor het minder voer nodig heeft (Leinonen & Kyriazakis, 2016; Macleod, Gerber & Mottet, 2012). Hierdoor gaan emissies van N₂O en CO₂ in relatie tot voerproductie omlaag. Een ras met een lage voederconversie ratio, heeft minder voer nodig voor hetzelfde product en zal daarom minder impact op het klimaat hebben.

Er is al veel genetische vooruitgang geboekt in de efficiëntie van productie. Het gebruik van efficiënte rassen is de norm in de Nederlandse veehouderij, onder andere omdat het de meest kostenefficiënte manier is (Remmelink, van Middelkoop, Ouweltjes & Wemmenhove, 2019). Bij leghennen is deze strategie effectief, omdat de grootste broeikasgasemissie wordt veroorzaakt door de productie en transport van diervoeder (Macleod, Gerber & Mottet, 2012). Hierdoor is de productie van eieren relatief klimaatvriendelijk. Bij herkauwers is de CH₄-uitstoot de grootste bijdrage, en is de impact van voer inname onduidelijker omdat herkauwers gras grazen, waardoor fokken voor efficiënte productie voor herkauwers minder ver ontwikkeld is (Van Engelen, 2018).

Fokken op hogere levensverwachting, gezondheid en vruchtbaarheid

Naast efficiëntie is het voor klimaatvriendelijke productie ook belangrijk dat er zo min mogelijk verloren gaat. Door niet enkel te fokken richting hogere productie, maar ook te investeren in levensverwachting, gezondheid en vruchtbaarheid, kan het onnodig verlies van dieren worden voorkomen. Door een hogere levensverwachting zijn er minder dieren nodig voor vernieuwing, waardoor de efficiëntie en dus ook de klimaatvriendelijkheid van het systeem toeneemt (Wall, Sim & Moran, 2010). In een praktijkrapport voor melkveehouderij De Marke met betrekking tot stappen naar klimaatneutrale landbouw, wordt het kiezen van een robuuster ras als strategie gekozen (Sebek, Verloop, Hilhorst & van der Vegte, 2012). Door het inkruisen met duurzame rassen, bijvoorbeeld Montbeliarde of Zweedse Roodbont, kunnen koeien langer worden aangehouden. Dit is voordelig omdat oudere koeien een relatief lagere onderhoudsbehoefte hebben en omdat minder jongvee aangehouden hoeft te worden.

Fokken op lagere CH₄-emissie (rundveehouderij)

De mitigatie van CH₄-emissies in runderen door fokprogramma's en genetica wordt al toegepast in de wetenschap, maar het is nog niet toepasbaar in de praktijk. Het is een veelbelovend wetenschappelijk veld, waar nu veel onderzoek naar wordt gedaan. Er wordt verwacht dat het wisselen in runderrassen geen directe voordelen heeft richting CH₄-emissies, gebaseerd op een CH₄-emissie vergelijking tussen drie melkrassen (Münger & Kreuzer, 2006). Uit onderzoek blijkt dat het wel mogelijk is om op CH₄-emissie te fokken (Van Engelen, 2018). Er is voldoende variatie in genotypes tussen koeien om te

fokken. De erfelijkheidsgraad ligt tussen de 3% en 44%, afhankelijk van de methode die wordt gebruikt. Dit betekent dat maximaal 44%, maar waarschijnlijk minder, van de CH₄-uitstoot wordt veroorzaakt door het genotype, en dat het andere deel wordt veroorzaakt door omgevingsfactoren. Dit is een vrij lage erfelijkheidsgraad, maar het heeft wel potentie om op deze eigenschap te fokken. Daarnaast bleek uit dit onderzoek dat CH₄-emissie meenemen in het fokdoel minimale impact heeft op andere producteigenschappen binnen het fokdoel.

Naast deze wetenschappelijk aangetoonde mogelijkheden, zijn er ook praktische voordelen om voor de genetica-strategie te gaan wanneer deze commercieel beschikbaar is. Aangezien het verbeteren in genotypes blijvend en cumulatief is, kan het zeer effectief en kostenefficiënt zijn (Van Engelen, 2018; Wall, Simm & Moran, 2010). Een probleem om dit toe te passen in de praktijk is het ontbreken van voldoende data over CH₄-uitstoot (Wall, Sim & Moran, 2010; Stienezen, 2015). Een groot initiatief om data over CH₄-uitstoot te verzamelen van individuele runderen in Europa is het project Methagene dat liep van 2013 tot 2017 (Methagene, 2017). Daarmee zijn, samen met het onderzoek van Van Engelen (2018), de bouwblokken gevormd voor fokprogramma's op CH₄-reductie. Wanneer de boeren een economische stimulatie krijgen om CH₄-reductie in hun fokdoel op te nemen, kunnen de fokbedrijven hiermee aan de slag (Vikinggenetics, 2018).

Gebaseerd op bovengenoemde maatregelen is voor nu de beste strategie om het fokdoel goed te balanceren tussen productie en robuustheid. Door beide doelen mee te nemen in het fokdoel kan de kudde verbeteren in productie, maar ook in langlevende en robuuste dieren. De relevantie van beide doelen hangt af van het type productiesysteem (kort-levende dieren hoeven minder robuust te zijn) en van de genetische startpositie van de dieren.

Voer

Rundvee

Een manier om broeikasgasuitstoot van veehouderijen te verminderen is via aanpassingen aan het veevoer. Hierbij ligt de nadruk op het broeikasgas CH₄, omdat de enterische uitstoot van CH₄ voor 17% bijdraagt aan de totale CH₄-uitstoot op aarde (Knapp, Laur, Vadas, Weiss & Tricarico, 2014). CH₄ wordt geproduceerd in de pens van herkauwers en ontstaat door een proces genaamd methanogenese (Van Nevel & Demeyer, 1996). Hierbij vormen archaeobacteria CH₄ en water vanuit CO₂ en waterstof. Verschillende manieren om de CH₄-uitstoot te verlagen via veevoer zullen hieronder worden besproken.

Basisrantsoen

In dit rapport wordt er onder basisrantsoen gras en maïs geschaard en deze worden verder toegelicht in deze sectie. Naast krachtvoer is gras het belangrijkste deel van het rantsoen van veehouderij. Bannink & Dijkstra (2015) hebben onderzoek gedaan naar de invloed van graskwaliteit op de CH₄-uitstoot. Bij hoger bemest gras was de CH₄-uitstoot lager dan bij lager bemest gras. Dit heeft te maken met de betere verteerbaarheid van hoger bemest gras. Ook was gesuggereerd dat een hoger eiwitgehalte van het gras zou resulteren in een lagere CH₄-uitstoot. Daarnaast heeft de ouderdom van het gras ook invloed: jong gras zorgt voor een lagere uitstoot dan oud gras.

Tevens is aan de Aarhus Universiteit in Denemarken in 2016 een project gestart met als doel gras

te ontwikkelen dat zorgt voor een lagere CH₄-uitstoot (Independent, 2016). Hierbij worden moderne DNA-technieken worden gebruikt. Er wordt vooral gekeken naar de verteerbaarheid van het gras. Verwacht wordt dat het 'supergras' in 2024 gereed is voor gebruik.

Ook maïs hoort bij het basisrantsoen van herkauwers. Wageningse onderzoekers hebben onderzoek gedaan naar het effect van het oogstmoment van maïs op CH₄-uitstoot (Bannink, Hatte & Dijkstra, 2015). Ze toonden aan dat een verlaat oogstmoment zorgt voor een hogere hoeveelheid drogestof, met daarbij een hoger aandeel zetmeel en een lager celwandgehalte. Een toenemend drogestofgehalte zou resulteren in een lagere CH₄-uitstoot per kg meetmelk. Een verlaat oogstmoment zorgt dus voor een lagere CH₄-uitstoot.

Krachtvoer

Verder kan er gekeken worden naar de klimaatimpact van de verschillende ingrediënten in krachtvoer. Vellinga et al. (2009) van de Animal Sciences Group van Wageningen UR heeft een literatuurstudie gedaan naar de impact van ingrediënten van krachtvoer. De meest belastende ingrediënten zijn citruspulp, maïsglutenvoermeel, sojaschroot/-schilfers en raapzaadschroot. Citruspulp is een bijproduct van het verwerken van grapefruit- en sinaasappelsap. De reden voor de grote impact van citruspulp op het klimaat is vanwege het proces van het drogen van de pulp, waar fossiele brandstof voor nodig is. Daarnaast wordt het uit de Verenigde Staten of Brazilië gehaald, wat zorgt voor een hoge CO₂-uitstoot door transport. Maïsglutenvoermeel wordt ook uit de Verenigde Staten geïmporteerd en er wordt tevens fossiele brandstof gebruikt voor de verwerking. Sojaschroot heeft een hoge impact, omdat een groot landgebruik nodig is voor de productie. Een toename van ontbossing voor soja zal leiden tot een hogere CO₂-uitstoot. Als laatste is er voor raapzaadschroot ook veel fossiele brandstof nodig, wat een hoge klimaatimpact heeft.

Vellinga et al. (2009) concludeerden dat een mogelijke oplossing is om bijproducten uit een bioraffinageproces te gebruiken in veevoer. Verder is het belangrijk dat de impact op het milieu wordt doorberekend in de kostprijs. Dit zal effect hebben op de vraag naar het krachtvoer, omdat agrarische ondernemers economische belangen hebben.

Additieven

Additieven in het veevoer kunnen ervoor zorgen dat de CH₄-uitstoot in de veehouderij wordt verminderd. Hristov et al. (2013) heeft een overzicht gemaakt van potentiële additieven en andere voerstrategieën, waarbij gelet is op een aantal zaken: het verlagende effect op CH₄-uitstoot, het langetermijneffect, effectiviteit, veiligheid voor de omgeving en het dier, en of het wordt aangeraden. Vele stoffen zijn onderzocht, waaronder chloroform, 3-nitrooxypropanol (3-NOP), nitroethaan, ionoforen en saponinen. De meesten hadden mogelijke voordelen, maar geen enkele stof sprong eruit en in bijna alle gevallen moest er meer onderzoek naar gedaan worden. Vijf jaar later had Jayanegara et al. (2018) een meta-analyse uitgevoerd op het effect en de veiligheid van 3-NOP als additief in veevoer. 3-NOP inhibeert het enzym methyl-coenzyme M reductase (MCR), welke verantwoordelijk is voor de belangrijkste stap in methanogenese (Ermler, Grabarse, Shima, Goubeaud & Thauer 1997). Uit de meta-analyse blijkt dat 3-NOP zorgt voor een verminderde uitstoot van CH₄-emissies van herkauwers (Jayanegara et al., 2018). Verder heeft het geen effect op de verteerbaarheid en de kwaliteit van de producten van de herkauwers. Het bedrijf DSM is bezig met de afronding van

onderzoek naar 3-NOP en wil het op de markt brengen als Bovaer® (DSM, 2019). DSM beweert dat een kwart theelepel in het dagelijks veevoer kan leiden tot een vermindering van CH₄-uitstoot met 30%. Dit zou dus een veelbelovende oplossing zijn met gunstige gevolgen voor broeikasgasreductie.

Verder is er onderzoek gedaan naar de effecten van peulvruchtkruiden, bijvoorbeeld Sainfoin. Sainfoin is een kruid met veel positieve gezondheidseffecten (Huyen, 2016). Het bevat tannines die voordelige effecten hebben, zoals bescherming van dieren tegen een opgeblazen gevoel. Daarnaast heeft Sainfoin een reducerend effect op de CH₄-uitstoot door herkauwers. Het toevoegen van Sainfoin aan het veevoer zorgt dus voor een verminderde uitstoot van CH₄.

Pluimvee

Ook tijdens de productie van voer voor leghennen worden broeikasgassen uitgestoten. Via het kippenvoer kunnen maatregelen worden genomen om deze uitstoot te verminderen. In een review van Leinonen & Kyriazakis (2016) worden twee strategieën aangehaald. Ten eerste moet de efficiëntie verbeterd worden. Als men precies bepaalt hoeveel voer nodig is om een bepaald gewicht van leghennen te bereiken, wordt er geen voer verspild en dus ook geen onnodige broeikasgassen uitgestoten. Ten tweede moeten ingrediënten in het voer gekozen worden die een lage klimaatimpact hebben. De grootste eiwitbron in kippenvoer komt van soja-eiwit, wat een grote klimaatimpact heeft zoals eerder beschreven. Alternatieve eiwitbronnen zouden dus voor een lagere klimaatimpact kunnen zorgen.

Kortom, qua voer zijn er zeker mogelijkheden voor boeren om broeikasgasuitstoot te verminderen. Ten eerste kan graskwaliteit verbeterd worden, waardoor de verteerbaarheid wordt verhoogd. Dit is ook haalbaar om te doen en effectief. Daarnaast kunnen ingrediënten worden aangepast, door ze bijvoorbeeld te vervangen door ingrediënten met een lagere klimaatimpact. Dit is echter moeilijker te implementeren. Ook zou Sainfoin in het basisrantsoen een goede optie voor methaanreductie zijn, hoewel het niet duidelijk is in hoeverre dit kruid verkrijgbaar is. Voor de toekomst hebben het additief 3-NOP en het Deense 'supergras' zeker potentie om de methaanuitstoot flink wat te verminderen. Het is voor de boeren nog afwachten of deze maatregelen daadwerkelijk geïmplementeerd kunnen worden in de toekomst.

Mest

Mest draagt met ongeveer 10% bij aan broeikasgasemissies in de veehouderijsector (Gerber et al., 2013). Mestbeheer kan daarom veel invloed hebben op de mate van broeikasgasuitstoot. Maatregelen moeten bedrijfsspecifiek worden bekeken omdat bedrijfsprocessen, bedrijfsvoering en bedrijfsgrootte erg verschillen tussen bedrijven en daarmee potentiële maatregelen beïnvloeden (Aguirre-Villegas & Larson, 2017).

Topsector Agri & Food stelde in 2017 een rapport samen met adviezen voor klimaatneutrale productiesystemen. Voor de landbouw en specifiek het gebruik en verwerking van meststoffen, kwamen een aantal maatregelen met bijkomend potentieel en toepasbaarheid aan bod. Op het gebied van mest kunnen maatregelen genomen worden die zorgen voor een reductie in broeikasgasuitstoot tijdens mestbehandeling, mestopslag en mestapplicatie.

Mestbehandeling

Een eerste optie is gecontroleerde anaerobische vertering, oftewel de vergisting van mest in een gesloten ruimte, bijvoorbeeld in tanks (Gerber et al., 2013). Dit is een proces waarbij micro-organismen biologisch materiaal afbreken bij afwezigheid van zuurstof. Als eindproduct wordt bij anaerobische vertering biogas geproduceerd dat weer gebruikt kan worden in de bedrijfsvoering (Holly, Larson, Powells, Ruark & Aguirre-Villegas, 2017). Dit kan middels CH₄-oxidatie. Dit is het afvangen en verbranden van CH₄ in gesloten omstandigheden. Gedurende dit proces wordt CH₄ omgezet in het minder sterke broeikasgas CO₂. Het opvangen van CH₄ uit stallen is echter complex en heeft nog geen groot reductiepotentieel (Topsector Agri & Food, 2017). In een studie van de provincie Limburg is de potentie voor emissiereductie in deze categorie geschat op 10% (Briffaerts et al., 2011).

Een tweede optie is het scheiden van vaste en vloeibare mest (Mosquera et al., 2010). Het langdurig opslaan van vloeibare mest draagt het meest bij aan emissies van N₂O en CH₄ en daarom is scheiden een interessante maatregel. Onder maatregelen voor stal worden manieren aangereikt om dit te faciliteren.

Een volgende maatregel is aeratie. Hierbij wordt zuurstof toegevoegd aan mest waarbij de productie van CH₄ wordt tegengegaan. Dit is een relatief makkelijke en financieel haalbare maatregel. Wel moet gekeken worden hoe de vorming van NH₃, en daarmee N₂O, beteugeld kan worden middels de juiste beluchting (RVO, 2010).

Mestopslag

Maatregelen in deze categorie zijn relatief makkelijk en zonder grote financiële kosten te implementeren. Een korte mestopslag kan de uitstoot van CH₄ en NH₃ reduceren, en daarmee ook N₂O. Het FAO geeft aan dat het mitigatiepotentieel tenminste 30% is (Gerber et al., 2013). Korstvorming/verharding van de mest en het afdekken van mestopslag met riet hebben een even hoog reductiepotentieel van tenminste 30% voor CH₄ en NH₃. Het effect op N₂O emissie blijft een onzekere factor (Gerber et al., 2013). Mest koelen zorgt voor een reductie van NH₃. Het reductiepotentieel is gering, maar de maatregel wordt wel als een “quick win” omschreven. Wel moet rekening worden gehouden met mogelijke investeringskosten voor een koelingsstelsel (Topsector Agri & Food, 2017). Composteren gaat het uitspoelen van nutriënten tegen door oxidatie van mest. Bacteriën en schimmels breken de mest af waaruit organische meststof ontstaat. Door dit proces gecontroleerd te laten plaatsvinden kan het verlies van nutriënten naar de bodem beperkt worden (Termorshuizen et al., 2004). Het reductiepotentieel voor CH₄ is tenminste 30%. Voor het effect op NH₃ wordt een toename van het mitigatie potentie verwacht, echter is dit nog onzeker. Daarnaast is composteren als maatregelen arbeidsintensiever dan bijvoorbeeld inkuilen (Gerber et al., 2013).

Applicatie van mest en meststoffen

De manieren waarop mest kan worden toegepast hebben verschillende effecten op de uitstoot van broeikasgasemissies. Maatregelen die naar voren komen gaan vooral in op de afweging tussen het gebruik van organische en anorganische meststoffen en groenbemesters. Daarnaast wordt in de sectie precisielandbouw het toepassen van meststoffen ook besproken. Er zijn verschillende meningen over het gebruik van organische versus anorganische meststoffen. Organische meststoffen worden

gewonnen uit mest van dieren. Door applicatie op land wordt stikstof opgenomen in de bodem wat ongunstig is voor de balans in de bodem (Briffaerts et al., 2011).

Het verminderen van stikstof binnen bemesting kan door het implementeren van nieuwe meststoffen op basis van NH_3 die broeikasgasemissies kunnen verminderen. Dit gaat om meststoffen die volledig zijn geproduceerd met NH_4 , met stoffen met lage emissies zoals ureum of urean, en meststoffen die nitrificatieremmers bevatten (Briffaerts et al, 2011). Meststoffen Nederland (2019) onderschrijft in een rapport dat de efficiëntie van minerale meststof productie binnen Nederland al tot de meest efficiënte en energiezuinige manieren behoort. Daarnaast kunnen minerale meststoffen bijdragen aan de mate van stikstofopname van organische mest. Zelfs binnen kringlooplandbouw waar reststromen hergebruikt worden treedt er stikstofverlies op (zie figuur 6). Aanvulling middels anorganische meststoffen kan hier een bijdrage leveren (Meststoffen Nederland, 2019). Briffaerts et al. (2011) schatten het directe N_2O -reductiepotentieel voor nieuwe organische meststoffen op 3.3% .



Figuur 6: De stikstofkringloop heeft onontkoombaar te maken met N-verliezen door de complexe biologische processen die plaatsvinden (overgenomen van Meststoffen Nederland, 2019).

Ook kan er binnen de tuinbouw en akkerbouw gebruik gemaakt worden van groenbemesting en vanggewas. Dit komt neer op het telen van een gewas na het hoofdgewas, om uitspoeling van nutriënten tegen te gaan. Dit komt ten goede aan bodembescherming, mineralen management en de toevoer van organische stoffen. Vlinderbloemige groenbemesters kunnen actief stikstof binden, en vanggewassen hebben een mitigerend effect op N_2O emissie. Het potentieel voor het verminderen van indirecte N_2O emissie wordt geschat op 2,5%. Deze maatregelen vragen een inspanning van de ondernemer en kunnen daarnaast ten koste gaan van kostbare landbouwgrond (Briffaerts et al., 2011).

De maatregelen die worden besproken onder deze sectie vragen veelal aanpassingen aan de stalfaciliteiten. Daarom kunnen de uitkomsten onder *mest* goed gekoppeld worden aan de maatregelen die worden aangedragen onder de sectie *stal*.

Gecontroleerde anaerobische vertering en de opvolgende CH₄ oxidatie en de aeratie van mest zijn als maatregelen interessant vanwege de potentiële reductie en het feit dat het nieuwe brandstof oplevert. Gezegd moet worden dat voornamelijk grote bedrijven zouden kunnen kijken naar de potenties gezien de investeringen die nodig zijn. Korstvorming/verharding van de mest en het afdekken van mestopslag met riet zijn relatief makkelijk implementeerbare maatregelen en kunnen als minder arbeidsintensief beschouwd worden dan composteren. Bedrijfsgrootte en de hoeveelheid mestproductie bepalen in grote lijnen hoe nuttige bepaalde maatregelen zijn. Daarnaast zou gekeken kunnen worden naar de mogelijkheid om gecomposteerde mest als reststroom uit te zetten naar akkerbouw en/of tuinbouw bedrijven. Het gebruik van organische meststoffen boven anorganische meststoffen kan gezien worden als een gunstige maatregel. Het verkrijgen van organische meststoffen is een goed voorbeeld van het effectief benutten van reststromen. Daarnaast dragen de productie en transport van meststoffen bij aan broeikasgasemissies.

Stal

In stallen kunnen verschillende maatregelen worden getroffen om de uitstoot van CH₄ en N₂O te verminderen.

Scheiden van urine en mest

Zoals al aangegeven in het theoretisch kader kunnen micro-organismen in de vaste mest ureum uit urine omzetten in NH₃, wat vervolgens door nitrificatie en denitrificatie (zie uitleg in theoretisch kader) kan worden omgezet in N₂O (Sigurdarson, Svane & Karring, 2018). Het scheiden van urine en mest kan daarom bijdragen aan een verminderde NH₃ en dus ook N₂O productie. In Nederland zijn er verschillende scheidingstechnieken voor drijfmest, een mengsel van urine en vaste mest. Dit zijn de trommelfilter, vijzelpers en centrifuge (Mosquera et al., 2010). Uit de gescheiden fracties komt minder CH₄ vrij dan uit ruwe mest. Echter, om menging van urine en mest te voorkomen en daarmee de productie van NH₃ en N₂O zoveel mogelijk te beperken, is directe scheiding van urine en mest nodig (Sigurdarson, Svane & Karring, 2018). Hiervoor zou een V-vormige mestband onder de roostervloer, die onder een lichte hoek staat, kunnen worden gebruikt (figuur 7; Ellen, Jansen, Smit & Vermeij, 2014-a). Urine kan dan continue wegglopen, en de vaste mest blijft op de band liggen en kan worden verwijderd door de mestbanden de andere kant op te laten draaien dan waar de urine naar wegloopt.



Figuur 7: V-vormige mestband voor gescheiden afvoer van mest en urine (Ellen, Jansen, Smit & Vermeij, 2014-a).

Emissiearme vloer

Daarnaast komt N₂O voornamelijk vrij uit de dikke fractie van mest tijdens opslag waar wel zuurstof beschikbaar is en bijna niet uit opslag van dunne vloeibare mest waar geen zuurstof beschikbaar is (Mosquera et al., 2010). In afwezigheid van zuurstof kan er geen nitrificatie plaatsvinden en kan NH₃ niet worden omgezet in N₂O (figuur 2; Sigurdarson, Svane & Karring, 2018). Het is daarom belangrijk dat mest in een dichte ruimte wordt opgeslagen (Ellen, Jansen, Smit & Vermeij, 2014-b). Een mogelijkheid is een emissiearme vloer, zoals een semi-roostervloer voor dikke mest, een roostervloer met rubberen bekleding of een dichte vloer (DLV Advies, 2019; ZLTO, 2019). Een voorbeeld van een roostervloer met rubberen bekleding is de Groene Vlagvloer (Beerling, 2013). Daarbij kunnen rubberen klepjes worden gebruikt die opengaan als er mest of urine op valt, en weer dichtgaan als de mest er doorheen gevallen is. Het gebruik van Groene Vlag roosters zou zorgen voor verlaagde drukbelasting van de klauwen, en het droger houden van roosters kunnen klauwproblemen voorkomen.

Een voorbeeld van een dichte loopvloer is die van het Vrije Keuzestel concept (Ellen, Jansen, Smit, & Vermeij, 2014-b). Daarbij wordt de vloeibare mest opgevangen in gleuven in de vloer, wordt een mestschuif gebruikt om de mest weg te schuiven, en Groene Vlag roosters met kleppen op plekken waar de schuif niet kan komen. Het is geschat dat de toepassing van deze vloer een reductie in NH₃-uitstoot heeft van 22% wanneer het wordt vergeleken met een traditionele ligboxenstal bij permanent opstallen. Een mogelijk nadeel van een dichte vloer kan zijn dat het vuil dat wat langer op de vloer blijft liggen zorgt voor klauwproblemen door bijvoorbeeld infecties. Een roostervloer met rubberen bekleding is makkelijker te implementeren in een bestaande stal (DLV Advies, 2019). De semi-roostervloer en dichte vloer zijn makkelijker aan te brengen bij nieuwbouw. Men moet er echter rekening mee houden dat het risico op stalbrand kan toenemen als mest in een gesloten systeem wordt opgeslagen en vrijgekomen gasen niet weg kunnen.

Waar het afdekken van mest minder NH₃ en N₂O productie tot gevolg heeft, kan het wel tot meer CH₄ productie leiden omdat anaerobe omstandigheden gunstiger zijn voor de productie van dit gas door micro-organismen. Er moet dus een afweging worden gemaakt tussen maatregelen die NH₃- en daarmee N₂O-uitstoot verminderen, en maatregelen die leiden tot een reductie in CH₄-uitstoot.

Luchtwasser

Luchtwassers worden momenteel gebruikt om NH₃ uit stallucht te filteren (ZLTO, 2019; Kenniscentrum InfoMil, n.d.). Afhankelijk van het type luchtwasser wordt er 70-95% van de NH₃ en fijnstof uit de stallucht gefilterd (de Jong Ursem, n.d.). Nadelen ervan zijn hoge kosten en risico's bij stalbranden.

Afvangen met actieve koolstof

Een maatregel om het vervliegen van het reeds geproduceerde CH₄ in de atmosfeer te reduceren is het afvangen van CH₄. Dit kan bijvoorbeeld door het te laten adsorberen aan actieve kool (Courage, n.d.). In stallucht is de concentratie van CH₄ alleen erg laag door ventilatie in de stal. Vergeleken met CH₄ in mestopslag is het 1.000-100.000x lager (WUR, n.d.). Daarom zou er veel actieve kool nodig zijn om het CH₄ af te vangen. Daarnaast is er een groot drukverschil nodig om de lucht door de kool heen te blazen, wat energie kost. Hierdoor wordt de kosteneffectiviteit nog laag geschat.

Oxidatie

De klimaatimpact door CH₄-emissie kan worden verminderd door het af te fakkelen of te verbranden als biogas (Courage, n.d.; WUR, n.d.). Door oxidatie van CH₄, een sterk broeikasgas, ontstaat er onder meer CO₂, een minder sterk broeikasgas. 1 kg CH₄ wordt omgezet in 2,75 kg CO₂, wat de broeikasgasimpact reduceert met een factor 10. Deze omzetting is bijvoorbeeld mogelijk door middel van thermische oxidatie, zoals affakkelen of verbranden. Verbranden kan gedaan worden in een gasmotor met behulp van een katalysator. Hiervoor moet alleen veel warmte geproduceerd worden, wat nog niet haalbaar wordt geacht in een stal. Een andere mogelijkheid is biologische oxidatie door middel van methanotrofe bacteriën, die ook CH₄ omzetten in CO₂. In 2003 was het geschat dat het affakkelen van CH₄, zonder subsidie, €34 kost per ton CO₂-eq. emissie reductie (Melse, 2003). Bij het afvangen en opslaan van CH₄ is het wel belangrijk rekening te houden met explosierisico's.

Biologisch filter

Een volgende maatregel om CH₄ emissie te verminderen is het gebruik van een biologisch filter (Melse, 2003). Dit is in 2003 geschat op €100-500 per ton CO₂-eq. emissiereductie, zonder subsidie. De verwijderingsefficiëntie is afhankelijk van de CH₄ concentratie vanwege de lage wateroplosbaarheid van CH₄.

Binnen de maatregelen om de emissies van CH₄ en N₂O in stallen te reduceren, kan er duidelijk verschil worden gemaakt tussen de effectiviteit en haalbaarheid van de verschillende maatregelen. Het direct scheiden van urine en vaste mest kan de productie van N₂O flink verminderen, net als dichte mestopslag met emissiearme vloeren. Deze maatregelen vragen wel om het verbouwen van de stal, wat minder haalbaar geacht kan worden door boeren. Het gebruik van een luchtwasser is een veel gebruikte maatregel om NH₃- en daarmee N₂O-uitstoot te verminderen. Om CH₄-emissie te verminderen lijkt het het affakkelen of verbranden van CH₄ als biogas het meest voordelig. Dit geldt vooral voor het CH₄ dat is afgevangen in een mestkelder en niet in een stal, aangezien de CH₄-concentratie in de stal erg laag is door de ventilatie. Het afvangen van CH₄ met actieve kool of biologisch filter wordt om diezelfde reden nog niet haalbaar geacht in de stal.

Bodem

Koolstof vastleggen

Een vaak besproken onderwerp in het kader van klimaatneutraliteit is het vastleggen van koolstof door aanplant van bossen. Vegetatie kan namelijk CO₂ opnemen uit de atmosfeer en omzetten in biomassa (Arets, 2018). Daarnaast kunnen ook andere soorten natuur, bijvoorbeeld rietmoeras, schraalgrasland of landbouwgrond hieraan bijdragen (Lesschen et al., 2012). Echter, op grasland en landbouwgrond ligt ook veel opgeslagen, respectievelijk 171 en 88 Mton koolstof (Lesschen et al., 2012). Schelhaas, Van Wijk & Nabuurs (2002) schatten de totale Nederlandse koolstofvoorraad van bossen op 41 Mton, en Lesschen et al. (2012) op 38 Mton. Het voordeel van het gebruik van graslanden en akkers voor koolstofopslag is dat er hier meer van zijn op de aarde en deze sneller groeien dan bossen (Elferink, Rougoor, Terryn & Van der Weijden, 2012). In tabel 3 staat de bodemkoolstofvoorraad per landgebruik. Zoals te zien in deze tabel, heeft moeras de hoogste gemiddelde koolstofopslag per jaar (153 ton/ha) omdat dit meestal op veengronden ligt, gevolgd door

grasland (122 ton/ha). In deze sectie worden zowel de mogelijkheden van blijvende graslanden als beheer van landbouwgrond voor koolstofopslag besproken.

Tabel 3: De totale bodemkoolstofvoorraad per landgebruik in Nederland (overgenomen van Lesschen et al., 2012).

Landgebruik	Areaal (x1000 ha)	Totale bodem C voorraad (Mton C)	Gemiddelde C voorraad (ton C/ha)
Grasland	1408	171	122
Akkerland	940	88	94
Bos	392	38	96
Moeras	27	4	153
Bebouwing	566	55	97
Overig	37	0	0
<i>Totaal</i>	<i>3370</i>	<i>357</i>	<i>106</i>

Blijvend grasland

Een veelal aangedragen onderwerp is de potentie van blijvend grasland voor de opslag van koolstof, zeker met het oog op kansen voor de veehouderij (Koeien en kansen, 2018; Groen Kennisnet, 2018). Een grasland is ‘blijvend’ als het tenminste 5 jaar grasland is en het voor minstens 50% uit grassoorten bestaat (RVO, 2019). Boeren die blijvend grasland hebben, kunnen bijdragen aan koolstofvastlegging. De hoogste koolstofvastlegging op blijvende graslanden is op kleigrond (Lesschen et al., 2012). Volgens de berekening van Lesschen et al. (2012) leidt in Nederland de omzetting van grasland naar akkerland tot een jaarlijkse emissie van 35,1 kton CO₂ en zorgt conversie van akkerland naar grasland jaarlijks tot een vastlegging van 34,7 kton CO₂. Hier compenseren emissies en vastlegging elkaar. In Europa bedraagt grasland 20% van het landgebruik (Soussana et al., 2004). Grasland heeft dus de potentie om bij te dragen aan klimaatmitigatie.

Het juiste beheer kan ervoor zorgen dat meer koolstof wordt opgeslagen in de graslandbodem. Verlaging van de grondwaterstand kan ervoor zorgen dat koolstof oxideert onder invloed van zuurstof, waardoor CO₂ vrijkomt (Arets, 2018). Dit moet dus voorkomen worden. Om permanent grasland te behouden, moet ervoor worden gezorgd dat er zo min mogelijk scheuren in het grasland komen om verlies van koolstof te voorkomen (Lesschen et al., 2012). Graslandvernieuwing is nodig wanneer de productie van het grasland te laag is geworden. Het streven is om zo min mogelijk afbraak van organische stof te hebben. Doorzaaien om het grasland te vernieuwen kan hiervoor gunstig zijn (Rietberg, Luske & Visser, 2013).

Beheer van landbouwgrond

Lesschen et al. (2012) stelde dat de totale hoeveelheid vastgelegde koolstof in de Nederlandse bodem wordt geschat op 357 Mton en dat de landbouw bij benadering 5 Mton kan bijdragen aan de totale bodemkoolstofopslag.

Maatregelen die door Lesschen et al. (2012) worden genoemd om koolstofopslag in de bodem te verbeteren en allemaal relatief haalbaar zijn:

- (1) omploegen beperken
- (2) bevorderen van bodemleven en-structuur door gewasresten te laten liggen of aan de bodem toe te voegen.

Omploegen verstoort het bodemleven en de bodemstructuur. Ze maken namelijk voedingsstoffen vrij die nodig zijn voor hoge plantenproductie en ze vormen organische stof (Elferink, Rougoor, Terryn & Van der Weijden, 2012). Het bodemleven is belangrijk voor een gezonde bodem met goede capaciteiten voor koolstofvastlegging. Bodemleven omvat vele soorten: bodemfauna als wormen, mijten, springstaarten, (niet-plantenetende) aaltjes, maar ook protozoa, bacteriën en schimmels zijn belangrijk. Daar komt nog bij dat door ploegen schimmelnetswerken beschadigd kunnen raken en de afbraak van organisch materiaal wordt versneld, dusdanig dat er ook meer CO₂ vrijkomt. CO₂ komt namelijk vrij uit de bodem door oxidatie. Door de beschikbaarheid van zuurstof in de bodem wordt organisch materiaal afgebroken en komen nutriënten beschikbaar (Magdoff & Van Es, 2000). Bodemorganismen zijn gunstig voor een hogere biologische activiteit. Weliswaar zorgt een hogere biologische activiteit voor iets meer materiaalafbraak en daarmee meer CO₂-emissie, het levert een grotere bijdrage aan het vastleggen van plantaardige koolstof in de vorm van organisch-minerale stof (Fornara et al., 2011). Deze mineralen zijn weer beschikbaar voor opname door planten na afbraak van de organische stof. Het toevoegen van gewasresten of compost is gunstig, omdat deze een hoge gehalte organische stof bevatten.

N₂O-emissies beperken

Naast CO₂ kan ook N₂O vrijkomen uit de bodem (Decock et al., 2015), wat zowel een verlies van stikstof voor de bodem betekent als ook de emissie van een sterk broeikasgas. Wereldwijd is 35% van de N₂O-emissie afkomstig van de landbouw (Bouwman, Bouwmans & Batjes, 2001). Er zijn verscheidene redenen waarom landbouw kan bijdragen aan N₂O-emissie en voor klimaatmitigatie is het dus noodzakelijk om N₂O-emissies in de landbouw te reduceren.

Vooraf kunstmest zorgt voor een hogere N₂O-emissie door de extra hoeveelheid stikstof die wordt toegevoegd aan de bodem (Denman et al., 2007). De stikstofopname door planten uit kunstmest is niet optimaal (Bouwman, Bouwmans & Batjes, 2001). Slechts 50% wordt opgenomen en de rest gaat verloren door uitspoeling of verlies in gasvorm door biologische bodemprocessen als denitrificatie waarbij anaerobe bacteriën een rol spelen. Bij die processen komt ook N₂O vrij. Zuurstofloze omstandigheden kunnen zich voordoen wanneer er sprake is van bodemverdichting of veel regenval, waarna anaerobe bacteriën gaan domineren. Door middel van het denitrificatieproces zetten deze bacteriën ammonium (NH₄) en nitraat (NO₃) in de bodem om in N₂, NO én N₂O, welke als gassen in de lucht terecht komen (Zanen, Belder, Cuijpers & Bos, 2011). Daarnaast speelt de poreusheid van de bodem een belangrijke rol in de hoeveelheid N₂O-uitstoot (Chapuis-Lardy, Wrage, Metay, Chotte & Bernoux, 2007). Hoe langer de weg van N₂O naar de atmosfeer, hoe meer N₂O gereduceerd kan

worden tot N₂. Een sterke verdichting van de bodem is dus niet gunstig omdat het leidt tot minder oppervlak om N₂O af te breken.

Er kunnen verschillende maatregelen worden getroffen om N₂O-emissies in de landbouw tegen te gaan.

- (1) Een relatief eenvoudige manier is bodemverdichting voorkomen door niet met zware landbouwvoertuigen over het land te rijden als het heeft geregend en een lagere bandenspanning te hebben (Zanen, Belder, Cuijpers & Bos, 2011).
- (2) Daarnaast kan vermindering van de hoeveelheid NH₄ en NO₃ in de bodem bijdragen aan de vermindering van N₂O-omzettingen, door vaste mest en compost te gebruiken in plaats van kunstmest. De hoeveelheid koolstof in de bodem wordt hiermee verhoogd en nutriënten spoelen minder snel uit.

Bestrijdingsmiddelen

In 2003 was het pesticidengebruik in Nederland $9,6 \times 10^6$ kg actieve deeltjes (a.d.), of 11,8 kg a.d./ha/jaar. Vergeleken met andere Europese landen, met een gemiddeld gebruik van 3,5 kg a.d./ha/jaar, is dit een erg hoog pesticidengebruik. Dit hoge pesticidengebruik per hectare komt door de hoge intensiteit van landgebruik in Nederland in combinatie met het Nederlandse klimaat, wat een hoog pesticidengebruik vereist in aardappel- en fruitteelt. Ook non-food gewassen zoals bloembollen vereisen een relatief hoog pesticidengebruik. 9,5% van de pesticiden gaat verloren in de omgeving, zoals uitspoeling naar oppervlakte-, bodem- en grondwater, en vervlieging naar de atmosfeer (De Jong, de Snoo & van de Zande, 2008). Daarnaast zorgen pesticiden ook voor de uitstoot van broeikasgassen. Audsley, Stacey, Parsons & Williams (2009) hebben berekend dat 1364 MJ/ha pesticiden overeenkomt met een broeikasgasuitstoot van 94 kg CO₂ equivalent per hectare. Het is dus belangrijk om pesticidengebruik tegen te gaan.

Om de productie en toepassing van pesticiden en daarmee ook de CO₂-eq. uitstoot te verlagen, zijn er een aantal opties. Een eerste optie is het gebruik van spray-verminderende technieken en het monitoren van de pest-threshold (=ziekte drempel) (Brown, Giles, Oliver & Klassen, 2008). Op deze manier worden de pesticiden efficiënter benut en is er minder verlies naar de omgeving. Verder kunnen boeren gebruik maken van resistente gewassen, zodat planten minder vatbaar zijn voor ziekten en plagen waardoor er minder pesticiden nodig zijn (Skevas & Lansink, 2014). Ook zouden er zogenoemde buffer strips van vegetatie aangelegd kunnen worden rondom landbouwpercelen, waardoor pesticiden minder snel uitspoelen naar de omgeving, doordat ze worden vastgehouden door de buffer strips. Ook kunnen bloemranden worden aangelegd, die natuurlijke vijanden van plagen aantrekken en huisvesten. Bovendien verspreiden ziekten en plagen zich hierdoor minder snel waardoor er minder pesticiden nodig zijn (Bianchi & Wäckers, 2008). Nog een andere optie is het vervangen van pesticiden door biologische bestrijdingsmiddelen of het inzetten van natuurlijke vijanden om plaaginsecten te bestrijden (Van Grinsven, 2019).

Energie

In het artikel van Gebrezgabher, Meuwissen & Lansink (2012) staat dat de Nederlandse melkveesector zich richt op het bereiken van energieneutrale productie in het jaar 2020. Om dit te bereiken is het nodig om zelfvoorzienend te zijn in energiebehoefte door de hele keten (cradle to gate). Wanneer de

keten alleen nog maar energie verbruikt van hernieuwbare energiebronnen wordt ook de CO₂-eq. uitstoot verminderd. Om dit te bereiken is er een transitie nodig richting energiebronnen als zonne-energie, windenergie en aardwarmte. Ook biobrandstof is een optie om het gebruik van fossiele brandstoffen te verminderen. Om de broeikasgasuitstoot tijdens de winning van aardgas te verminderen is een vergister een mogelijkheid. Hierin wordt mest omgezet tot biogas (Gebrezgabher et al., 2012). Op deze manier raakt de gehele voedselketen minder afhankelijk van fossiele energiebronnen en wordt de CO₂-eq. uitstoot verminderd.

Om klimaatneutraal te produceren is energie besparen een eerste stap. Voorbeelden van maatregelen zijn het gebruik van spaarlampen, warmtepompen en warmtewisselaars. Daarnaast zijn er ook maatregelen bekend waarmee in totaal 15-20% van de uitstoot kan worden verminderd (tabel 4). Echter blijft energie afkomstig van hernieuwbare energiebronnen minstens zo belangrijk. Zonne-energie vraagt een forse investering, maar doordat de geleverde energie wordt gesubsidieerd komt de terugverdientijd neer op ongeveer vijftien jaar. Windenergie is niet voor iedere ondernemer weggelegd, omdat gemeenten er vaak geen vergunning voor geven (Noorduyn, Vrolijk & van Veluw, 2009).

Tabel 4: Mogelijke energiebesparende maatregelen en bijbehorende effecten (Noorduyn, Vrolijk & van Veluw, 2009).

Maatregel	Emissiereductie
Lagere krachtvoergift	1 tot 3% vooral CO ₂
Hoger VEM	Maximaal 2%, vooral CH ₄
Hoger zetmeel	Maximaal 2%, vooral CH ₄
Hogere melkproductie	Enkele %, alle broeikasgassen
Groene energie	2,5%, vooral CO ₂
Meer maïs	Enkele %, vooral CH ₄
Verlagen vervangingspercentage	Enkele %, alle broeikasgassen
Niet meer scheuren grasland	Minder dan 1,5%, vooral N ₂ O
Verlagen transport krachtvoer	Max. 5%, vooral CO ₂
<i>Totaal</i>	<i>15-20%</i>

Precisielandbouw

Om optimaal gebruik te kunnen maken van grondstoffen kan de techniek van precisielandbouw worden toegepast. Bij precisielandbouw gaat het om het optimaliseren van landbouwprocessen, waarbij moderne technologieën worden toegepast om de opbrengst en kwaliteit van productie te verhogen. Deze technieken kunnen bijvoorbeeld gebruikt worden als weersomstandigheden veranderen door klimaatverandering, zoals bij meer droogte is of juist veel regenval.

Precisielandbouw werkt als volgt: met behulp van technologie wordt nauwkeurig data verzameld over bijvoorbeeld de hoeveelheid nutriënten, water of meststoffen die dieren of gewassen nodig hebben (Katyal & Pandian, 2019). Na het verzamelen van data worden deze geanalyseerd en geëvalueerd waarna de uitkomsten gebruikt worden voor beslissingen op het land (Balafoutis et al., 2017).

Een maatregel binnen de bemesting is bijvoorbeeld het toepassen van geleide bemesting. Binnen dit proces worden meststoffen op basis van de behoeften van specifieke gewassen zo precies mogelijk toegediend. Hierbij wordt er rekening gehouden met de nutriëntenbalans van de bodem. Deze manier van precisielandbouw heeft volgens Briffaerts et al. (2011), een reductiepotentieel van 2,5% ten opzichte van indirecte reductie van N₂O. Kanttekeningen hier zijn dat er actuele bodem metingen nodig zijn en persoonlijk bemestingsadvies.

Een ander voorbeeld van een moderne technologie die gebruikt wordt in precisielandbouw is Global Positioning System (GPS)-technologie (van der Schans et al., 2008). Dit wordt vaak gebruikt in combinatie met sensortechnologie. In een perceel is er namelijk sprake van variatie in bijvoorbeeld grondsoort, waterhuishouding en vruchtbaarheid. Sensoren kunnen deze verschillen waarnemen. Zo kunnen bodem- of vochtsensoren respectievelijk de gehalten aan organische stof of nutriënten en vocht meten om hulpstoffen efficiënt te benutten. Door sensoren te koppelen aan een GPS-systeem heeft de boer inzicht in kwaliteit van de bodem. Daarnaast kunnen ook drones worden ingezet om geo-informatie te verzamelen (Daponte et al., 2019). Zo kunnen er detailfoto's worden genomen van landbouwvelden, waarmee bijvoorbeeld in kaart kan worden gebracht waar er onkruid staat en fotosynthesesnelheid kan worden gemonitord (Stehr, 2015). Aan de hand van deze informatie kunnen maatregelen getroffen worden om de productiviteit van het gewas te optimaliseren.

Daarnaast is er ook het domein van mechanisatie en robotisering voor precisielandbouw. Hierbij geldt dat werktuigen en machines zo zijn afgesteld, zodat ze precieze handelingen kunnen uitvoeren op de juiste plaats. Een voorbeeld hiervan is dat de grond op de juiste plaats wordt bemest met de juiste hoeveelheid (Kempenaar, 2010). GPS en sensorsystemen zijn hiervoor dus weer nodig om de nauwkeurigheid van de machines te kunnen bepalen.

Samenvatting deelvraag 1

In deze sectie is gekeken naar maatregelen die agrarische ondernemers kunnen nemen om meer klimaatneutraliteit te creëren in hun bedrijf. Er is gekeken naar de efficiëntie, haalbaarheid en bereidheid van de boeren. Maatregelen die momenteel de belangrijkste zijn om te implementeren zijn voornamelijk op het gebied van mest, voer, bodem, en energie. Kleine aanpassingen in mestbeheer en mestopslag kunnen voor een verminderde uitstoot zorgen. Daarnaast kunnen ook in het voer kleine aanpassingen worden gemaakt, door ingrediënten die resulteren in een lagere

methaanuitstoot. Op het gebied van energie zijn ook haalbare maatregelen door te voeren, bijvoorbeeld hernieuwbare bronnen, zoals zonnepanelen implementeren. Als laatste kan in de sectie bodem meer gekeken worden naar management van landbouwgrond en mogelijkheden voor koolstofopslag door bijvoorbeeld het onderhouden van blijvend grasland.

Vervolgens is ook gekeken naar de toekomstige mogelijkheden. Dit zijn mogelijkheden met veel potentie waar nog onderzoek naar wordt gedaan. Een voorbeeld is het gebied van genetica, waar genetische aanpassingen zouden kunnen leiden tot een verminderde methaanuitstoot van koeien. Daarnaast is er veel hoop voor het 3-NOP additief, wat het bedrijf DSM op de markt wil brengen onder de naam Bovaer®. Een kleine hoeveelheid van dit additief kan leiden tot 30% vermindering van CH₄ uitstoot.

Deelvraag 2: Wat is bereidheid van boeren om maatregelen voor klimaatneutraliteit te implementeren?

Aan de hand van de interviews zijn een aantal interessante bevindingen naar voren gekomen. Als eerste kan genoemd worden dat ondernemers die zich hebben aangesloten bij Oregional vaak zelf al bezig zijn met het (nadenken over) duurzaam ondernemen. Agrarische ondernemers realiseren zich dat er veranderingen moeten plaatsvinden binnen het huidige voedselsysteem.

“De relatie tussen consument en voedsel is belangrijk”

Collectief wordt uitgesproken dat de relatie tussen consument en voedsel structureel anders moet. Als agrarisch ondernemer word je geconfronteerd met economische druk om voor een zo laag mogelijke prijs voedsel te produceren en te verkopen. Zonder een systematische verandering in de manier waarop binnen de maatschappij wordt omgegaan met voedsel zullen grote innovaties uitblijven.

“Gezichtsbehoud is belangrijk”

Ook bleek dat ondernemers vaak verschillende motieven hebben om zich aan te sluiten bij Oregional. Bedrijven verschillen daarnaast erg in bedrijfsgrootte en grootte van productafzet aan Oregional. Ook de mate van contacten tussen boeren binnen het netwerk van Oregional verschilt erg tussen ondernemers. Maar gezichtsbehoud van hun producten binnen Oregional was een algemene tendens.

“Agrarische ondernemers treffen momenteel al veel maatregelen”

Veel ondernemers van Oregional zijn reeds actief bezig met het onderzoeken van duurzaamheidsstrategieën. Zo wekken veel ondernemers zelf energie op middels zonnepanelen en wordt er actief nagedacht over het benutten van reststromen. Er wordt door de boeren nagedacht over het benutten en uitwisselen van reststromen. Samenwerkingen staan hier vaak centraal, al gaat dit in de praktijk voornamelijk op lokaal niveau, bijvoorbeeld tussen burens.

“Er is veel bereidheid onder boeren om maatregelen voor klimaatneutraliteit te implementeren”

In de interviews kwam naar voren dat er een hoge bereidheid is onder boeren tegenover de maatregelen om klimaatneutraliteit te bevorderen. Wel vinden boeren het concept klimaatneutraliteit vaak een ‘modewoord of een imago strategie’. Het gebruik van hernieuwbare energiebronnen werd door de geïnterviewde boeren goed ontvangen. Zo zijn zonnepanelen populair en zijn sommige boeren zelfs al leverancier van deze opgewekte groene stroom. Biogas werd als minder populair gezien onder akkerbouwers maar werd wel als suggestie aangedragen voor veehouders.

“Meningen over twee specifieke maatregelen”

Een aantal specifieke maatregelen kwam ook aan bod. Een voorbeeld is de maatregel om voer te gebruiken met ingrediënten die een kleinere klimaatimpact hebben. Een pluimveehouder gaf aan dat hij graag zou willen dat sojaschroot in zijn kippenvoer niet meer uit Zuid-Amerika wordt geïmporteerd, maar uit Europa, om zo de cirkel kleiner te krijgen. Op deze manier zou hij de klimaatimpact van zijn voer dus willen minderen.

Daarnaast is aan een fruitteiler om zijn mening gevraagd over biologische bestrijdingsmiddelen. Hij vertelde dat in zijn bedrijf het grootste deel biologisch wordt bestreden, maar dat er wel chemische middelen gebruikt worden bij hardnekkige plagen. Hij heeft geen ambitie om helemaal over te schakelen naar biologische bestrijdingsmiddelen, omdat je dan continu preventief aan het bespuiten bent. Hij heeft meer met het keurmerk Planet Proof, waarbij de inzet biologisch is, maar chemische middelen gebruikt mogen worden als het niet anders kan.

“Financiële beperkingen is het grootste probleem”

Het voornaamste probleem waar boeren tegenaan lopen om duurzaamheidsmaatregelen te implementeren is van financiële aard. Het aanpassen van bedrijfsprocedures is daarnaast niet overnacht gerealiseerd en vergt stapsgewijze innovatie. Een goed verdienmodel is de basisvoorwaarde voor het implementeren van maatregelen. De consument speelt hier een grote rol in en moet bereid zijn meer te betalen voor een duurzaam product. De boeren spelen in op de consument. Een vergroot draagvlak onder consumenten zal daarom als extrinsieke motivatie, innovaties in de landbouw kunnen aandrijven.

“Verandering vindt plaats door zetten van kleine stappen”

Daarnaast is genoemd dat veranderingen voor transitie naar klimaatneutraliteit op bedrijfsniveau gedaan kunnen worden door het zetten van meerdere kleine stappen. Boeren zijn bereid om dit te doen, maar hiervoor moet wel een goed plan van aanpak opgesteld waar veel tijd in geïnvesteerd moet worden.

Samenvatting deelvraag 2

Er is gepeild bij een aantal boeren naar de bereidheid om deze maatregelen te implementeren. Vooral in zonnepanelen worden kansen gezien. Er wordt ook positief gekeken naar kleine aanpassingen in het voer en (tot op zekere hoogte) het gebruik van duurzame bestrijdingsmiddelen. Uit de interviews bleek ook dat de boeren van Oregional interesse hebben in samenwerkingen op het gebied van reststromen en circulariteit, wat een interessante opening kan zijn voor Oregional.

Deelvraag 3: Wat is de klimaatimpact van de productgroepen van Oregional en welke productgroep met een grote bijdrage is geschikt voor het uitvoeren van een LCA?

De LCA wordt uitgevoerd voor een productgroep met een grote klimaatimpact. Met data van de LCA kan gekeken worden waar de grootste winst te behalen valt op het gebied van uitstoot van broeikasgassen. Het doel hiervan is om advies te geven waar en hoe in de productie de koolstofvoetafdruk verlaagd kan worden.

Uit literatuuronderzoek zijn een aantal bronnen naar voren gekomen met cijfers over de klimaatimpact van verschillende producten. De tabel met alle cijfers hiervan is te vinden in bijlage 3. Om uiteindelijk de totale bijdrage per product voor de keten van Oregional te berekenen, worden de cijfers van het RIVM gebruikt (tabel 5; RIVM, 2019). Deze cijfers zijn gebaseerd op LCA's uitgevoerd in Nederland en zijn dus voor dit project relevant. Bovendien zijn ze gepubliceerd op 4 oktober 2019, dus het zijn de meest recente cijfers. De verschillende soorten milieubelastingen berekend door het RIVM zijn opgedeeld in de categorieën klimaatverandering, terrestrische verzuring, vermesting zoetwater, vermesting marien water, landgebruik en waterverbruik. In dit rapport is alleen gebruik gemaakt van de impact van productgroepen op klimaatverandering, welke zijn uitgedrukt in kg CO₂-eq. per kg product.

Tabel 5: kg CO₂-eq. per kg product, gebaseerd op cijfers van het RIVM (RIVM, 2019).

Productgroep	kg CO ₂ -eq./kg product	Specificatie product
Aardappelen	0.9231	
Groente	2.6345	Courgette
	1.3624	Bloemkool
	1.8778	Komkommer
Fruit	6.4122	Aardbeien
	0.5254	Appel
	0.7825	Sinaasappel
Eieren	4.3203	Gekookt ei
Rundvlees	31.3386	Runderbiefstuk
Varkensvlees	12.4190	
Kippenvlees	13.5503	Kip met vel
Melk	2.0270	
Kaas	13.0930	Goudse kaas 48+
Brood	1.0328	Volkoren

Zoals te zien is in tabel 4 is de grootste klimaatimpact afkomstig van rundvlees (31,3386 kg CO₂-eq./kg product). Echter zijn hier geen inkoopcijfers van Oregional over beschikbaar. Het is dus onduidelijk of rundvlees een grote bijdrage levert aan de koolstofvoetafdruk binnen de keten van Oregional.

Uit de berekening in tabel 6 blijkt dat eieren de grootste CO₂-eq. uitstoot heeft (125.289,7 CO₂-eq./jaar) binnen Oregional. Echter, de productie van eieren is al relatief klimaatvriendelijk doordat er gebruik wordt gemaakt van efficiënte rassen. Wellicht kan de reden voor de hoge klimaatimpact van eieren toegeschreven worden aan het feit dat Oregional hier relatief veel van afneemt. Daarnaast scoort melk ook hoog (125.268,6 CO₂-eq./jaar). De CO₂-eq. van eieren en melk verschilt weinig. Er is gekozen om de LCA uit te voeren op een melkveehouderij. Hiervoor is gekozen in verband met de haalbaarheid van de LCA. Er is binnen het Groen Traject Consultancy team namelijk meer achtergrondkennis over melkveehouderijen dan over pluimveehouderijen.

Tabel 6: Berekeningen van CO₂-eq. per jaar per product op basis van afname in kg/jaar (gebaseerd op schattingen van Oregional B.V.).

Product	Afname in kg/jaar	CO ₂ -eq./jaar
Aardbeien	12.500	6,4122*12.500 = 80.152,5
Eieren	29.000 ¹ (500.000 eieren)	4,3203*29.000 = 125.289,7
Appels en peren	40.000	0,5254*40.000 = 21.016²
Zuivelproducten	Melk ³ : 61.800 (60.000 L)	Melk: 2,0270*61.800 = 125.268,6

¹ Uitgaande van een medium ei in de klasse 53-63g (Eicode, 2019). Het gemiddelde gewicht is genomen: 58g.

² Aangenomen hierbij is dat appels en peren een gelijke klimaatimpact hebben.

³ Dichtheid van melk is 1,03 kg/dm³.

Samenvatting deelvraag 3

Na een vergelijking van de uitstoot van verschillende productgroepen van Oregional, bleek dat de productie van rundvlees de grootste bijdrage geeft in CO₂ equivalenten (31.3 kg CO₂ eq/kg product). Daarnaast bleek dat de grootste bijdragen binnen Oregional komt van dierlijke producten (vlees, zuivel, eieren). Ondanks het feit dat het product 'eieren' naar voren kwam als de grootste leverancier van CO₂ equivalenten uitstoot van Oregional, is er voor gekozen om de LCA uit te voeren op een melkveebedrijf vanwege de haalbaarheid van een dergelijke LCA.

Deelvraag 4: Wat is de klimaatimpact van een bedrijf van Oregional met een grote CO₂-eq.bijdrage, gebaseerd op een levenscyclusanalyse?

De melk en melkproducten die worden geleverd door Oregional. De impact die de bedrijfsprocessen, van grondstof tot product, hebben wordt in deze LCA berekend. Data van desbetreffende melkveehouder zijn zo veel mogelijk gebruikt om een realistische inschatting van de klimaatimpact te kunnen maken. Om de uiteindelijke hoeveelheid CO₂-eq uitstoot te berekenen per kg PFCM is de CO₂-eq uitstoot van verschillende onderdelen van de zuivelboerderij berekend. Deze onderdelen zijn:

- Kunstmest
- Mest
- Enterische fermentatie
- Voederproductie
- Energieproductie
- Energiegebruik

De resultaten zijn hieronder per onderdeel kort uitgewerkt, zie voor de volledige berekeningen bijlage 4.

Kunstmest

Kunstmest is onderverdeeld in productie en gebruik. Op de zuivelboerderij wordt jaarlijks 19.921 kg N gebruikt in de vorm van kunstmest. De productie van kunstmest resulteert in een totale CO₂-eq uitstoot van 58.766,95kg.

Daarnaast veroorzaakt de applicatie van kunstmest N₂O-emissies. Dit heeft een totale CO₂ emissie van 391,305 kg N₂O *298 = 116.609,89 CO₂-eq uitstoot tot gevolg.

Mest

De totale CO₂-eq uitstoot van mest is onder te verdelen in 3 categorieën. Vaste mest van kalveren <1 jaar en >1 jaar en drijfmest van melkkoeien.

De vaste mest van de kalveren is verantwoordelijk voor een uitstoot van 43,914 kg N₂O per jaar. De drijfmest van de melkkoeien zorgt voor een uitstoot van 616,00 kg N₂O per jaar en de CH₄-emissie van vaste en drijfmest is 3405 kg CH₄ per jaar. Deze uitkomsten omgerekend naar CO₂-eq maakt dat mest verantwoordelijk is voor een uitstoot van 305.029,372 kg CO₂-eq per jaar.

Enterische fermentatie

De CO₂-eq uitstoot van enterische fermentatie is berekend aan de hand van on-farm geproduceerde voederproducten: voederbiet, maïs en gras en off-farm geproduceerde voederproducten: het concentraat voor kalf en koe (respectievelijk pensstartbrokken en maximabrok gluco), bierbostel en tarwegist. Voor alle voederproducten was de ingekochte of verbouwde hoeveelheid bekend, behalve voor gras. De hoeveelheid gras hebben we daarom berekend aan de hand van de energiebehoefte van koeien en kalveren.

De totale CO₂-eq uitstoot van enterische fermentatie is 645.243,438 kg. Dit onderdeel draagt dus het meest bij aan de totale CO₂-eq uitstoot van de zuivelboerderij.

Voederproductie

Off-farm voerproductie bestaat uit de productie van pensstartbrokken (56.239,2 kg CO₂-eq) voor de kalveren en Maximabrok Gluco (290.625,88 kg CO₂-eq) voor de melkkoeien. Verder is de productie van bierbostel (1.533 kg CO₂-eq) en tarwegist (657 kg CO₂-eq) ook meegenomen. De impact van deze producten is relatief laag, omdat dit restproducten zijn van andere industrieën. Bij elkaar is dit goed voor een totale hoeveelheid CO₂-eq uitstoot van 349.055,08 kg.

Energieproductie

Er zijn broeikasgassen vrijgekomen bij de productie van diesel, gas en elektriciteit, respectievelijk 1.104, 1.630,4 en 41.104,78 kg CO₂-eq. Dat maakt samen 43.839,17 kg CO₂-eq uitstoot voor energieproductie per jaar.

Energiegebruik

Bij het gebruiken van de eerder geproduceerde energie komen alleen nog broeikasgassen vrij bij de verbranding van diesel en gas. Bij de verbranding van energie wordt jaarlijks 13869,3 kg CO₂-eq uitgestoten. 1104 kg CO₂-eq is afkomstig van de verbranding van diesel en 12792,33 kg CO₂-eq is afkomstig van de verbranding van gas.

Functionele eenheid

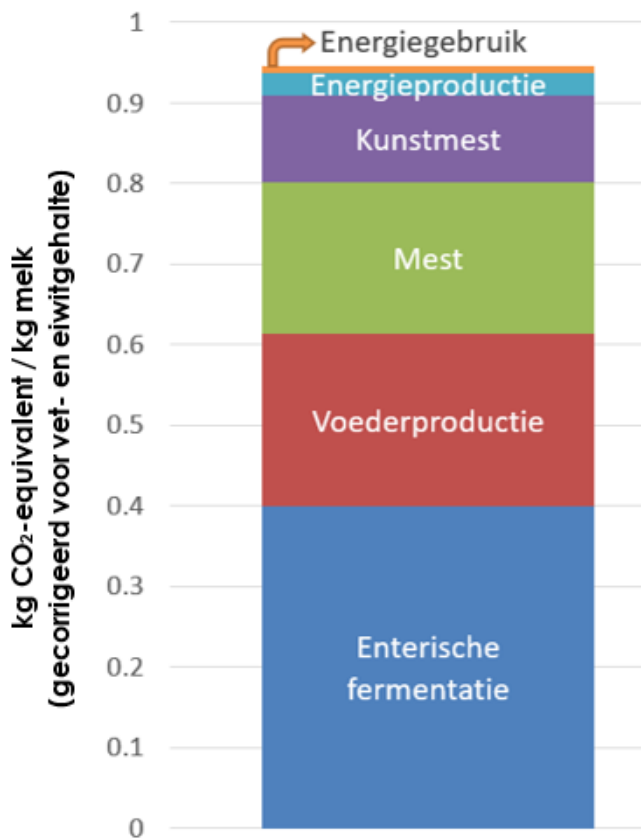
De functionele eenheid is 1 kg FPCM. Zie ook bijlage 4.7.

Resultaten

De totale CO₂-eq uitstoot komt dan neer op 1.476.112,91 kg per jaar. Dit is per onderdeel gedeeld door de functionele eenheid, de kg FPCM. Dit resulteert in een uitstoot van 0,945 kg CO₂-eq per kg FPCM. In tabel 7 zijn de bijdragen van de verschillende onderdelen weergegeven. De resultaten zijn ook weergegeven in figuur 8.

Tabel 7 - Overzicht van alle onderdelen met bijbehorende CO₂-eq uitstoot.

	CO ₂ -eq uitstoot (kg/farm/jaar)	CO ₂ -eq uitstoot (kg CO ₂ -eq/kg FPCM)
Energiegebruik	13.896,33	0,0086
Energieproductie	43.839,17	0,0270
Kunstmest	175.375,95	0,1080
Mest	305.029,24	0,1878
Voederproductie	349.055,08	0,2150
Enterische fermentatie	647.684,08	0,3989
TOTAAL	1.476.112,91	0,9452



Figuur 8 - Overzicht van de opbouw van de totale CO₂-eq uitstoot per kg FPCM.

Vergelijking LCA resultaat met literatuur

Door het vergelijken van het resultaat van deze LCA met resultaten uit de literatuur kunnen verschillen en overeenkomsten worden geanalyseerd. Per liter FPCM varieert de impact in de literatuur. Een onderzoek van Thomassen (2008) en Thomassen (2009) vinden beide een impact van 1,4 kg CO₂-eq/kg FPCM, gebaseerd op respectievelijk 10 conventionele bedrijven en 119 melkveebedrijven. In de studie van de Boer et al., (2014) werd een impact van 1,81 gevonden.

Uit de resultaten van onze LCA is gebleken dat de zuivelboerderij van Oregional een CO₂-eq uitstoot van 0,95 kg/kg FPCM heeft. Vergeleken met resultaten uit vergelijkbare LCA kan gezegd worden dat zuivelproducent binnen Oregional een relatief lage CO₂-eq uitstoot per kg FPCM genereert.

Om de uitsplitsing in de impact te kunnen vergelijken wordt gebruik gemaakt van de studie van Gerber et al. (2013). Dit is te vinden in tabel 8. De data is een wereldwijd gemiddelde van de GWP in CO₂-eq per FPCM. Deze vergelijking geeft een indicatie van prestaties, echter, kan niet precies vergeleken worden omdat de LCA niet van dezelfde berekeningen en afkaderingen gebruik maakt. Door middel van deze vergelijking kan de relatieve impact worden bekeken. Dit zegt meer dan de absolute emissies, omdat inherente emissies altijd hoog zullen uitkomen, in het geval van melkproductie een hoge impact van enterische fermentatie.

Tabel 8 - Vergelijking CO₂-eq impact huidige studie met wereldwijde FAO studie (Gerber et al., 2013).
Een groene kleur geeft een relatieve lage emissie-bijdrage aan, een oranje kleur een relatief hoge.

	LCA melkveehouder Oregional	Percentages	LCA FAO milk	Percentages
Enterische fermentatie	0,4	42%	1,3	46,5%
Voederproductie	0,2	21%	0,286	11%
Mest	0,19	20%	0,67	26%
Kunstmest	0,11	12%	0,08	7,4%
Energie	0,04	4%	0,02	0,05%
Totaal	0,95	100%	2,6	100%

Adviezen

(1) Een eerste manier waarmee de impact van de melkveehouder kan worden verminderd is het stoppen met het gebruik van kunstmest. Hierdoor wordt zijn impact in één keer 0,1 kg CO₂-eq per liter melk lager, veroorzaakt door zowel de productie, transport als de N₂O die vrijkomt bij applicatie. Omdat er al een aanzienlijk volume aan mest mag worden gebruikt op het land en omdat er meer dan genoeg gras wordt geproduceerd om de koeien te voeden (tabel 9), kan worden beargumenteerd te stoppen met de kunstmest in de productie voor snijmaïs voordelig is. De eventuele tegenvallende oogst van de maïs (door gebrek aan N) kan worden gecompenseerd met het gras. Hierdoor gaat de uiteindelijke productie van melk niet omlaag, maar wordt het klimaat wél gespaard. Daarnaast worden de kosten bespaard omdat kunstmest niet of minder kan worden ingekocht.

De vermindering van applicatie van kunstmest is ook een maatregel gepresenteerd in deelvraag 1, omdat meer N₂O vrijkomt wanneer kunstmest wordt gebruikt in vergelijking met organisch materiaal (Denman et al., 2007). Aan de andere kant heeft kunstmest de potentie om precies te worden toegediend (precisielandbouw), waardoor de emissie weer beter kan worden beperkt in vergelijking met het gebruik van mest.

Tabel 9 - Totale grasoogst gebaseerd op onderzoek bij de melkveehouder, het grasrantsoen is naar voren gekomen tijdens het uitvoeren van de LCA

	hoeveelheid gras (ton droge stof)
Totale oogst (95 ha * 7 ton)	665
Totaal gevoerd	243,2
Totaal over	421,8

(2) Een tweede advies is om de voeder-input aan te vullen met producten uit de keten binnen Oregional, omdat de melkveehouder relatief hoog scoort op emissies van voeder-inputs. Door het gebruik van nóg meer reststromen (naast tarwegist en bierbostel), bijvoorbeeld door middel van een samenwerkingsverband tussen boeren binnen Oregional, kan de input van krachtvoeder worden verlaagd en hiermee de CO₂-eq impact verlaagd. Daarnaast kunnen de kosten voor krachtvoer omlaag worden gebracht. Het resultaat is een meer regionale én minder uitstoot-rijke melkproductie.

(3) Een derde advies is het inzetten op hernieuwbare energiebronnen. Er zijn al zonnepanelen aanwezig op het bedrijf en er zijn ook al plannen om meer te plaatsen in de toekomst (Melkveehouder, 2019). Verder inzetten op hernieuwbare energiebronnen wordt geadviseerd, al is de totale impact op de productie van melk marginaal (figuur ...).

(4) Het laatste advies is om de genetica en voeder adviezen (zie tabel 2) op te volgen om de inherente CH₄-emissie van de vertering van koeien mogelijk omlaag te brengen, omdat dit een zeer groot deel binnen de productie van melk.

Afname Oregional van de zuivelboerderij

De totale CO₂-eq uitstoot van de zuivelboerderij is dus 1.476.112,907kg. Dit komt voort uit de productie van 1.575.000L melk (175*9000). Dat betekent dat de CO₂-eq uitstoot per liter melk gelijk is aan 0,86318 kg. Omdat Oregional 60.000L melk per jaar afneemt van de melkveehouder zou je kunnen stellen dat Oregional verantwoordelijk is voor 51.790 kg CO₂-eq. Om klimaatneutraliteit te realiseren voor het product melk, moet er dus voor 51.790 kg CO₂-eq worden gecompenseerd. Dat zou enerzijds kunnen door investeringen van de zuivelboerderij in klimaatneutrale maatregelen en anderzijds zou Oregional ook kunnen compenseren voor de uitgestoten CO₂-eq door middel van het aanplanten van bomen. Bomen slaan immers CO₂ op uit de atmosfeer in biomassa door middel van fotosynthese. Hierbij stoten zij zuurstof uit en tevens een deel van de CO₂ vanwege respiratie. Bovendien creëren bomen humus, wat op zijn beurt ook CO₂ vasthoudt in de bodem (Boon et al., 2006). In de literatuur zijn uiteenlopende waardes te vinden voor de CO₂-opvangcapaciteit van bossen. Dit varieert van 1,2 tot 35 ton CO₂ per hectare per jaar voor nieuwe bossen (Boon et al., 2006). Theoretisch gezien is het compenseren van de uitgestoten broeikasgasemissie bij de melkproductie van Oregional door middel van het aanplanten van bossen dus een optie om klimaatneutraal te produceren, maar het is ook erg omvangrijk. In het gunstigste geval is een oppervlak van $51,8/35 = 1,48$ hectare aangeplant bos nodig om de broeikasgasemissie te compenseren. In het minst gunstige geval is dit $51,8/1,2 = 43,16$ hectare aangeplant bos.

Discussie

In deze discussie worden de deelvragen kort besproken en een aantal kritische kanttekeningen gezet bij de onderzoeksmethoden en -resultaten.

Deelvraag 1: Ethische verantwoording van maatregelen

De maatregelen die zijn aangedragen komen voort uit literatuuronderzoek. Door de beperkte tijd van het project was het niet mogelijk om de maatregelen heel gedetailleerd uit te werken. Daarom moet de lezer beseffen dat de diepgang van de maatregelen begrensd is.

De maatregelen worden ofwel momenteel al toegepast op boerenbedrijven om klimaatneutraliteit te bevorderen, of zijn veelbelovend voor in de toekomst. Een kanttekening bij dit onderzoek is dat er niet is onderzocht welke uitwerking deze maatregelen hebben op het dieren- en menswelzijn en bijvoorbeeld biodiversiteit. De mate waarop een maatregel een reducerend effect heeft op broeikasgasuitstoot moet dus worden afgewogen tegen de gevolgen die de maatregel heeft op aspecten zoals dier- en menswelzijn. Voorbeelden zijn:

- 1) *Gesloten stalsysteem versus weidegang*: Om CH₄-emissie optimaal uit stallen af te vangen is een gesloten stalsysteem nodig, wat zou betekenen dat koeien permanent binnen moeten blijven. Dit is niet ethisch verantwoord, en daarom is het afvangen van CH₄ in een gesloten stal geen optie. In een open stalsysteem is de CH₄-concentratie te laag om het afvangen economisch haalbaar te achten (Courage, n.d.). Daarom moeten er andere maatregelen worden toegepast om CH₄-uitstoot te verminderen.
- 2) *Precisielandbouw versus organische stof verhogen*: Precisielandbouw gebruikt minimale hoeveelheden meststoffen om het milieu zo min mogelijk te schaden, maar deze methode richt zich niet op het bevorderen van bodemleven of het verhogen van het gehalte van organische stof in de bodem.

Deelvraag 2: Bereidheid van boeren om maatregelen te treffen & transitiemanagement

Voor het onderzoek zijn er interviews gehouden met enkele boeren aangesloten bij Oregional. Idealer zou zijn geweest om meer boeren te hebben geïnterviewd, maar dat was mede door het tijdslimiet van het project niet mogelijk.

Uit deze interviews bleek dat de boeren openstaan voor de maatregelen om te werken aan duurzaamheid, klimaatneutraliteit en circulariteit, zolang er een verdienmodel is. Boeren zijn ondernemers die winst moeten maken om hun bedrijf draaiende te houden, waarbij ze afhankelijk zijn van andere actoren binnen de voedselketen. Deze actoren zijn onder andere de toeleverende industrie, de voedselverwerkingsindustrie, supermarkten en consumenten.

Tevens benadrukken de uitkomsten de complexiteit en actualiteit van het debat over de noodzaak voor een duurzame transitie binnen de landbouw. Met het nieuw verschenen stikstofadvies worden de belangen en perspectieven omtrent de klimaatproblematiek aangekaart. Vanuit de agrarische

sector komen argumenten naar voren die stellen dat de landbouw al genoeg geïncasseerd heeft in de afgelopen decennia en dat meerdere actoren verantwoordelijkheid moeten dragen voor het mitigeren van klimaatimpact. Zoals genoemd in het theoretisch kader is de transitie naar een duurzaam landbouwmodel een complex en multidimensionaal proces. De verandering vergt niet alleen de praktische en technologische aanpassingen maar tevens een verandering in het gedachtegoed van de maatschappij.

Deelvraag 3: Klimaatimpact van productgroepen van Oregional

Een kritische kanttekening bij het bepalen van de klimaatimpact van de verschillende productgroepen is dat de CO₂-eq. uitstoot gebaseerd is op gemiddelden. Daarnaast waren de inkoopcijfers van Oregional voor melk en eieren wel bekend, maar voor vlees niet. Vanwege deze reden kon de klimaatimpact van vlees voor Oregional als keten dus niet bepaald worden. Rundvleesproductie draagt in wezen meer bij aan broeikasgasuitstoot (~31,3 kg CO₂-eq./kg product) dan eieren (~4,3 kg CO₂-eq./kg) of melk (~2,0 kg CO₂-eq./kg). Om fundamenteel de klimaatimpact van rundvleesproductie te verminderen kan gekeken worden naar het verminderen van de uitstoot door de rundvleessector. Maatregelen tijdens de vleesproductie zorgen ervoor dat de broeikasgasuitstoot wordt verlaagd of de totale productie van dierlijke voedingsproducten kan verminderd worden.

De keuze om een LCA uit te voeren voor zuivelproducten was gebaseerd op de relatief hoge klimaatimpact van melk binnen Oregional, en het feit dat er binnen Groen Traject Consultancy meer achtergrondkennis is over melkveehouderijen. Ondanks dat eieren voor Oregional een iets hogere klimaatimpact hebben en vlees waarschijnlijk ook een grote bijdrage levert, was het haalbaarder om de LCA voor zuivelproducten uit te voeren. Eieren zijn echter al relatief klimaatvriendelijk. Wellicht is de reden voor de in deelvraag 3 geconcludeerde hoge klimaatimpact toe te schrijven aan het feit dat Oregional relatief veel eieren afneemt.

Enkel het aandeel wat Oregional afneemt verminderen of uitstoot compenseren helpt niet om de totale regionale/Nederlandse koolstofvoetafdruk te verlagen. In het algemeen kan gesteld worden dat een voedselpakket wat minder dierlijke producten bevat (vlees, zuivel, eieren), bij kan dragen aan het verminderen van de koolstofvoetafdruk. Ook in 'Het Menu van Morgen', waarin een menu wordt samengesteld wat duurzaam is voor de toekomst, wordt gesproken van een mindering in vleesconsumptie van 108 naar 30-66 gram/dag (Kramer & Blonk, 2015).

Deelvraag 4: LCA van melkproductie

De LCA is uitgevoerd zodat broeikasgasuitstoot van de melk over de keten van Oregional kan worden berekend. Daarnaast kan door de CO₂-eq. inventarisatie de relatieve bijdrage van processen worden vergeleken met voorgaande studies. Hierdoor kunnen adviezen worden aangereikt aan de melkveehouder, die gebaseerd zijn op het eigen bedrijf en ook aspecten buiten zijn bedrijfsvoering meerekent. De LCA is een representatie van de werkelijkheid. Vanwege limitaties in kennis en tijd is er een versimpelde LCA uitgevoerd, en is er slechts een deel van alle processen meegenomen in de analyse. Daarnaast zijn veel berekeningen gebaseerd op algemene waardes en aannames in de literatuur. Een overzicht van berekeningen en bijbehorende aannames zijn te vinden in de methoden

en bijlage 4. Naast de aannames uit de literatuur, zijn de data van de melkveehouder (bijvoorbeeld verbruik van diesel, voederinputs of gewasopbrengsten) vaak geschatte waardes, of cijfers aangereikt van verschillende jaren. Het is belangrijk om te realiseren dat de uiteindelijk berekende impact gebaseerd is op deze aannames en dat de gunstige uitslag die de melkproducent van Oregional scoort wellicht in praktijk hoger kan zijn.

De interpretatiefase is ook gebaseerd op een hoop aannames. De vergelijking met andere studie is door het bovenstaande eigenlijk niet een eerlijke vergelijking, omdat de precieze berekening van de studie niet duidelijk zijn. Deze vergelijking is gedaan om een grove vergelijking te kunnen doen en op basis hiervan met een advies komen, dit is echter geen wetenschappelijk correcte vergelijking. Ook de berekening van de impact die op Original's bordje ligt is een zeer grove indicatie en kan niet worden geïnterpreteerd als een precieze compensatie.

Bovenstaande illustreert goed de complexiteit die het berekenen en analyseren van klimaatimpact met zich mee brengt. Het berekenen, laat staan doorberekenen van klimaatmaatregelen, vergt inspanning, zeker wanneer dit op een juiste manier moet worden gedaan.

Het zou interessant zijn voor boeren om te weten wat het effect is van de in dit rapport aangedragen maatregelen op de klimaatimpact van hun eigen product. Om dit te onderzoeken is het nodig om bedrijfsspecifieke LCA's uit te voeren voor en na het implementeren van de maatregel. Naast specifiek per sector te kijken, moet rekening gehouden worden met het feit dat de resultaten niet altijd automatisch gelden voor andere situaties. Het is belangrijk om ervan bewust te zijn dat het uitvoeren van een LCA of het gebruik maken van 'tools' om zelf op een bedrijf de klimaatimpact van een product te onderzoeken complexe methodes zijn.

Conclusies en aanbevelingen

Ondanks het feit dat klimaatneutraliteit een complex probleem is, heeft dit project wel naar voren gebracht dat er verschillende maatregelen genomen kunnen worden door boeren om met kleine stappen bij te dragen aan de bevordering van klimaatneutraliteit. Gebaseerd op de efficiëntie van de maatregel, de haalbaarheid en de bereidheid van de boeren zijn de belangrijkste maatregelen bepaald. Er wordt onderscheid gemaakt tussen maatregelen die op dit moment haalbaar en effectief zijn voor ondernemers van Oregional en maatregelen die in de toekomst interessant zouden kunnen zijn. De maatregelen die momenteel goed implementeerbaar zijn kunnen vooral gevonden worden in de secties bodem, voer, mest en energie. Samenvattend komt dit neer op:

- Kleine aanpassingen in mestbeheer en mestopslag
- Een basisrantsoen dat zorgt voor een verminderde CH₄-uitstoot
- Het gebruik van alternatieve energiebronnen zoals zonnepanelen
- Meer aandacht voor landbouwmanagement
- Het bestuderen van de mogelijkheden van permanent grasland voor de opslag voor koolstof

Een aantal maatregelen die geanalyseerd zijn uit de literatuur hebben interessant potentieel voor de toekomst. Onderzoeken en studies die momenteel worden uitgevoerd moeten concrete winsten nog uitwijzen. Zo is er binnen genetica onderzoek potentie om CH₄-uitstoot door koeien te verminderen. Ook 3-NOP additief in voeding zou tot dit resultaat kunnen leiden. Binnen deze maatregelen moet wel benadrukt worden dat ethische vraagstukken aandacht verdienen. In ons onderzoek is tevens naar voren gekomen dat de potentie van koolstofopslag in permanent grasland een interessante maatregel is voor Oregional om te onderzoeken. Binnen dit project is er echter geen ruimte geweest om dit uitvoerig te behandelen.

Uit het onderzoek bleek dat boeren van Oregional bereid zijn om dergelijke maatregelen te nemen. Zij vinden dit belangrijk en willen investeren, zolang er sprake is van een verdienmodel. Vanuit de overheid wordt daarnaast ook steeds meer wetgeving gecreëerd ten behoeve van duurzame landbouw. Agrarische ondernemers worden daarmee, al dan niet middels subsidies, gedwongen te investeren in duurzaamheid. Tevens kwam naar voren dat er interesse ligt in samenwerkingsverbanden op het gebied van reststromen. Er zouden uitwisselingen kunnen plaatsvinden tussen verschillende bedrijven en zelfs tussen de klanten van Oregional en de bedrijven. Dit domein heeft nog veel capaciteit om te groeien en boeren zijn daar klaarblijkelijk ook toe bereid. Oregional kan nadenken over het faciliteren van manieren om reststromen te benutten. Om dit te realiseren moet er bijvoorbeeld gekeken worden naar logistieke mogelijkheden.

Daarnaast is er een LCA uitgevoerd. In onze optiek is het zeer moeilijk om van elk product in de keten van Oregional te bepalen wat de klimaatimpact is. Ondanks dat LCA dé methode is om milieu impact te berekenen, is het een uiterst ingewikkelde, technische en tijdrovende methode waarin vele aannames gemaakt moeten worden. De vraag is dus hoeveel de uitkomst van een dergelijke LCA zegt en of het haalbaar is om klimaatneutraliteit te kunnen waarborgen. Een volledig klimaatneutrale voedselketen realiseren is discutabel, zonder uitstoot van broeikasgassen voedsel produceren is niet mogelijk. Tijdens enterische fermentatie in herkauwers wordt nou eenmaal CH₄ geproduceerd, en ook als biogas zou worden gebruikt in bedrijfsvoering komen er broeikasgassen vrij. Theoretisch

gezien zou de keten van Oregional klimaatneutraal genoemd kunnen worden door compensatiestrategieën voor de broeikasgasuitstoot toe te passen. Ook door te investeren in een hernieuwbare energiebronnen voor bijvoorbeeld het transportsysteem en koelsystemen kan vooruitgang worden geboekt.

Steeds vaker wordt er gewezen naar de verantwoordelijkheid van de consument. Er is grote noodzaak het draagvlak voor eerlijke producten en eerlijke prijzen onder kopers te vergroten. Door meerdere geïnterviewde ondernemers en Oregional zelf, worden ambities en plannen uitgesproken die als stimulans kunnen werken. Een terugkerend voorbeeld is het openstellen van boeren ondernemingen. Zo wordt op een laagdrempelige manier contact gecreëerd tussen consumenten en de afkomst van hun voeding.

De bereikbaarheid en reeds geïmplementeerde maatregelen ter bevordering van duurzaamheid onder de ondernemers van Oregional is groot. Het lijkt ons daarom een goede strategie voor Oregional om de focus te verleggen. In plaats van het streven naar volledige klimaatneutraliteit, kan beter worden gefocust op het uitbreiden en toepassen van samenwerkingsverbanden; het implementeren van klimaatvriendelijke maatregelen; en het stimuleren van duurzame bedrijfsvoeringen onder boeren. Het actief uitdragen van deze pioniers positie naar zowel andere agrarische ondernemers als de maatschappij kan een speerpunt worden in de visie van Oregional. We denken dat, met deze uitgangspunten in het achterhoofd, Oregional een sterke positie kan innemen in de markt.

Referenties

Introductie

Inleiding

van Bruggen, C., Bannink, A., Groenestein, C. M., Huijsmans, J. F. M., Luesink, H. H., Voshaar, S. O., & Vonk, J. (2017). Emissies naar lucht uit de landbouw in 2015: Berekeningen met het model NEMA (No. 98). Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu.

Dolman, M. A., & Jager, J. H. (2019). Duurzaamheidsprestaties van de Nederlandse land- en tuinbouw in vogelvlucht.

Gerber, P., Vellinga, T., Opio, C., Henderson, B., & Steinfeld, H. (2010). Greenhouse Gas Emissions from the Dairy Sector, A Life Cycle Assessment. FAO Food and Agriculture Organisation of the United Nations. *Animal Production and Health Division, Rome*.

IPCC (2018). Global Warming of 1.5°C: An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P. R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)]. In Press.

LNv (2018 - a). Visie Landbouw, Natuur en Voedsel: Waardevol en Verbonden. Geraadpleegd op 17 september 2019 van: <https://www.rijksoverheid.nl/ministeries/ministerie-van-landbouw-natuur-en-voedsel/kwaliteit/documenten/beleidsnota-s/2018/09/08/visie-landbouw-natuur-en-voedsel-waardevol-en-verbonden>

Monforti-Ferrario, F., & Pascua, I. P. (Eds.) (2015). *Energy use in the EU food sector: State of play and opportunities for improvement*. Publications Office.

Remkes, J. W., Dijkgraaf, E., Freriks, A., Gerbrandy, G. J., Maij, W. H., Nijhof, A. G., ... & Vet, L. (2019). *Niet alles kan: Eerste advies van het Adviescollege Stikstofproblematiek: aanbevelingen voor korte termijn 25 september 2019*. Adviescollege Stikstofproblematiek.

Schoutsen, M., Vijn, M., & Dekking, A. (2010). Biologische boerenmarkten in Nederland, analyse en aanbevelingen voor verder ontwikkeling. Geraadpleegd van: http://orgprints.org/19156/1/Biologische_boerenmarkten_in_Nederland.pdf

Theoretisch kader

Klimaatneutraal/circulair

Bianchi, F., de Boer, I., Conijn, S., Dijkstra, J., van Doorn, A., van den Ende, E., ... & de Olde, E. (2018). Technische Briefing Kringlooplandbouw.

Canadell, J. G., & Raupach, M. R. (2008). Managing forests for climate change mitigation. *Science*, 320 (5882), 1456-1457.

Faaij, A., Jager, D., & Kok, M. (Eds.). (2013). *Global warming and social innovation: the challenge of a climate neutral society*. Routledge.

IPCC (2011). Summary for Policymakers. In: IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation [O. Edenhofer, R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, K. Seyboth, P. Matschoss, S. Kadner, T. Zwickel, P. Eickemeier, G. Hansen, S. Schlömer, C. von Stechow (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

LNV (2018 - b). Landbouw, natuur en voedsel: waardevol en verbonden. Nederlands als koploper in de kringlooplandbouw. Geraadpleegd van: <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/richtlijnen/2018/09/01/landbouw-natuur-en-voedsel-waardevol-en-verbonden-nederland-als-koploper-in-kringlooplandbouw>

LNV (2019). Omslag naar kringlooplandbouw. Geraadpleegd op 9 september 2019 van: <https://www.rijksoverheid.nl/ministeries/ministerie-van-landbouw-natuur-en-voedselkwaliteit/omslag-naar-kringlooplandbouw>

McDonough, W. (2016). Carbon is not the enemy. *Nature News*, 539(7629), 349.

Rogelj, J., Shindell, D., Jiang, K., Fifita, S., Forster, P., Ginzburg, V., ... & Mundaca, L. (2018). Mitigation pathways compatible with 1.5 C in the context of sustainable development

Rood, T., Muilwijk, H., & Westhoek, H. (2017). Food for the circular economy. PBL Publication, (2878).

Topsector Agri & Food (2017). Onderzoeks-en innovatieagenda klimaatneutrale voedselproductie. Geraadpleegd van: https://www.wur.nl/upload_mm/e/d/d/70d3da38-2d5e-437b-b486-e6d6f1a4b19b_Onderzoeks-en_Innovatieagenda_Klimaatneutrale_Voedselproductie-Topsector_Agri_Food.pdf

Transitiemanagement

Europese Commissie (2010). Mededeling van de commissie aan het Europees parlement, de raad, het Europees economisch en sociaal comité en het comité van de regio's. Het Europees platform tegen armoede en sociale uitsluiting: een Europees kader voor sociale en territoriale samenhang. Geraadpleegd van: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/ALL/?uri=CELEX:52010DC0758>

Geels, F. W. (2006). Multi-level perspective on system innovation: relevance for industrial transformation. In *Understanding industrial transformation* (pp. 163-186). Springer, Dordrecht.

Leeuwis, C., & Aarts, N. (2011). Rethinking communication in innovation processes: creating space for change in complex systems. *Journal of agricultural education and extension*, 17(1), 21-36.

LNV (2018 - b). Landbouw, natuur en voedsel: waardevol en verbonden. Nederlands als koploper in de kringlooplandbouw. Geraadpleegd van: <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/richtlijnen/2018/09/01/landbouw-natuur-en-voedsel-waardevol-en-verbonden-nederland-als-koploper-in-kringlooplandbouw>

Rijksoverheid (2019). Uitvoeringsprogramma circulaire economie 2019-2023. Geraadpleegd van: <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2019/02/08/uitvoeringsprogramma-2019-2023>

van der Schans, J. W., & Gebbink, S. K. (2014). *Regionaal voedsel in Arnhem: naar meer regionaal voedsel in Arnhem* (No. 303). Wageningen UR, Wetenschapswinkel.

Wet- en regelgeving

van Doorn, A. (2017). *Het Europese landbouwbeleid en biodiversiteit* (No. 2831). Wageningen Environmental Research.

Europa Nu (2019). Landbouwbeleid (GLB). Geraadpleegd op 14 oktober 2019 van: https://www.europa-nu.nl/id/vg9pir5eze8o/landbouwbeleid_glb

RVO (2019). Randvoorwaarden GLB. Geraadpleegd op 1 oktober 2019 van: <https://www.rvo.nl/onderwerpen/agrarisch-ondernemen/gemeenschappelijk-landbouwbeleid/gemeenschappelijk-landbouwbeleid/randvoorwaarden>

Broeikasgasuitstoot

Aguirre-Villegas, H. A., & Larson, R. A. (2017). *Evaluating greenhouse gas emissions from dairy manure management practices using survey data and lifecycle tools*. *Journal of cleaner production*, 143, 169-179.

Anderson, T. R., Hawkins, E., & Jones, P. D. (2016). CO₂, the greenhouse effect and global warming: from the pioneering work of Arrhenius and Callendar to today's Earth System Models. *Endeavour*, 40(3), 178-187.

Gohar, L. K., & Shine, K. P. (2007). Equivalent CO₂ and its use in understanding the climate effects of increased greenhouse gas concentrations. *Weather*, 62(11), 307-311.

Houghton, J. T., Jenkins, G. J., Ephraums, J. J., (1990). *Climate change: the IPCC scientific assessment*. Intergovernmental Panel on Climate Change.

Kellogg, W. W. (2019). *Climate change and society: consequences of increasing atmospheric carbon dioxide*. Routledge.

Makkar, H. P., & Vercoe, P. E. (Eds.) (2007). *Measuring methane production from ruminants*. Springer Science & Business Media.

Koch-Eurolab (2019). Lachgas ontwikkeling in de bodem. Geraadpleegd van: <http://www.eurolab.nl/lachgas.htm>

de Mol, R. M., & Hilhorst, M. A. (2003). *Methaan-, lachgas-en ammoniakemissies bij productie, opslag en transport van mest*. IMAG.

Schonhoff, B.R. (2015). "Gaseous Carbon Emissions (Methane and Carbon Dioxide) from Wetland Soils in a Re-created Everglades Landscape". *FIU Electronic Theses and Dissertations*.

Sigurdarson, J. J., Svane, S., & Karring, H. (2018). The molecular processes of urea hydrolysis in relation to ammonia emissions from agriculture. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 17(2), 241-258.

LCA

de Boer, I., Bokkers, E., van Middelaar, C., Oosting, S., Udo, H., Viets, T. (2019). Lecture notes: Sustainability Assessment of Animal Systems (SusSys), APS 30306.

de Vries, M., & de Boer, I. J. (2010). Comparing environmental impacts for livestock products: A review of life cycle assessments. *Livestock science*, 128(1-3), 1-11.

EcolInvent (2019). Geraadpleegd via: <https://www.ecoinvent.org/>

Gerber, P. J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., ... & Tempio, G. (2013). Tackling climate change through livestock: a global assessment of emissions and mitigation opportunities. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).

IPCC (2008). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories – A primer, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Miwa K., Srivastava N. and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan. Geraadpleegd van: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/support/Primer_2006GLs.pdf

ISO (2006). Environmental management – Life Cycle Assessment – Requirements and guidelines. ISO 14044. Geneva. Geraadpleegd van: <https://www.iso.org/standard/37456.html>

Vellinga, T. V., Blonk, H., Marinussen, M., van Zeist, W. J., & Starmans, D. A. J. (2013). *Methodology used in feedprint: a tool quantifying greenhouse gas emissions of feed production and utilization* (No. 674). Wageningen UR Livestock Research.

Materiaal en methoden

Deelvraag 3: Klimaatimpact productgroepen van Oregional

Kramer, K.J. (2000). Food matters: on reducing energy use and greenhouse gas emission from household food consumption. PhD dissertation, University of Groningen.

Deelvraag 4: LCA

Blok, M. C., & Spek, J. W. (2016). CVB Veevoedertabel 2016: chemische samenstellingen en nutritionele waarden van voedermiddelen. CVB.

CBS, (2017). Dierlijke mest en mineralen. Geraadpleegd van: <https://www.cbs.nl/nl-nl/publicatie/2018/37/dierlijke-mest-en-mineralen-2017>

CBS (2018) Energieverbruik van particuliere huishoudens (4 personen/150-250m²). Geraadpleegd van: <https://www.cbs.nl/nl-nl/achtergrond/2018/14/energieverbruik-van-particuliere-huishoudens>

CO2 Emissiefactoren → Brandstoffen Energieopwekking. Geraadpleegd van: <https://www.co2emissiefactoren.nl/lijst-emissiefactoren/>

CVB (2018). CVB Veevoedertabel 2018 Chemische samenstellingen en nutritionele waarden van voedermiddelen. Geraadpleegd via: www.cvbdiervoeding.nl

de Boer, I. J. M., Iepema, G., & Thomassen, M. A. (2004, October). Environmental impact assessment at commercial dairy farms. In *Life Cycle Assessment in the Agri-food Sector. Proceedings from the 4th International Conference* (Vol. 61, pp. 214-218).

FAO (Food and Agriculture Organization Of The United Nations. Animal Production and Health Division). (2010). Greenhouse gas emissions from the dairy sector : A life cycle assessment. Rome: Food and Agriculture Organization Of The United Nations, Animal Production and Health Division. (2010). Retrieved October 11, 2019.

Feedtables. (2019). Composition and nutritive values of feeds for cattle, sheep, goats, pigs, poultry, rabbits, horses and salmonids. INRA. CIRAD. Geraadpleegd via: <https://www.feedtables.com/>

Feedipedia (2019). Animal feed resources information system/ an online encyclopedia of animal feeds.. Geraadpleegd via: <https://www.feedipedia.org/>

IPCC (2008). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories – A primer, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Miwa K., Srivastava N. and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan. Geraadpleegd van: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/support/Primer_2006GLs.pdf

Koch - Eurolab, (2019). Gemiddelde samenstelling organische meststoffen in bulk. Geraadpleegd van: <http://www.eurolab.nl/meststof-organisch-v.htm>

van Middelaar, C. (2014). Milk production & greenhouse gases : Integrated modeling of feeding and breeding strategies to reduce emissions (Doctoral dissertation, 2014). Wageningen UR.

Vellinga, T. V., Blonk, H., Marinussen, M., van Zeist, W. J., & Starmans, D. A. J. (2013). *Methodology used in feedprint: a tool quantifying greenhouse gas emissions of feed production and utilization* (No. 674). Wageningen UR Livestock Research.

RVO (2018). Tabel 4 Diergebonden forfaitair gehalten, mestbeleid 2018. Geraadpleegd van: <https://www.rvo.nl/onderwerpen/agrarisch-ondernemen/mestbeleid/mest/tabellen-en-publicaties/tabellen-en-normen>

RVO (2019). Tabel 5 Forfaitaire stikstof- en fosfaatgehalten in dierlijke mest, mestbeleid 2019-2021. Geraadpleegd van: <https://www.rvo.nl/onderwerpen/agrarisch-ondernemen/mestbeleid/mest/tabellen-en-publicaties/tabellen-en-normen>

Thomassen, M. A., van Calster, K. J., Smits, M. C., Iepema, G. L., & de Boer, I. J. (2008). Life cycle assessment of conventional and organic milk production in the Netherlands. *Agricultural systems*, 96(1-3), 95-107.

Üçtuğ, F. G. (2019). The Environmental Life Cycle Assessment of Dairy Products. *Food Engineering Reviews*, 1-18.

Wageningen Livestock Research (2016). Tabellenboek veevoeding 2016 : Voedernormen rundvee, schapen, geiten en voederwaarden voedermiddelen voor herkauwers (Cvb-reeks, nr. 52).

Resultaten

Deelvraag 1: Maatregelen

Genetica

Leinonen, I., & Kyriazakis, I. (2016). How can we improve the environmental sustainability of poultry production? *Proceedings of the Nutrition Society*, 75(3), 265-273.

MacLeod, M., Gerber, P., & Mottet, A. (2012). *Greenhouse gas emissions from pig and chicken supply chains: a global life cycle assessment*. AGA/FAO. Geraadpleegd van: <http://www.fao.org/3/i3460e/i3460e.pdf>

Methagene (2017). Infographic with main messages from METHAGENE. Geraadpleegd via: www.methagene.eu

Münger, A., & Kreuzer, M. (2006, July). Methane emission as determined in contrasting dairy cattle breeds over the reproduction cycle. In *International Congress Series* (Vol. 1293, pp. 119-122). Elsevier.

Rommelink, G., van Middelkoop, J., Ouweltjes, W., & Wemmenhove, H. (2019). *Handboek melkveehouderij 2019/20* (No. 42). Wageningen Livestock Research.

Sebek, L. B., Verloop, J., Hilhorst, G. J., & van der Vegte, D. Z. (2012). *Klimaatneutrale melkveehouderij op proefbedrijf De Marke: stappenplan om broeikasgasemissie te minimaliseren = Reducing the footprint of experimental dairyfarm De Marke* (No. 66). Wageningen UR Livestock Research.

Stienezen, I. (2015). Methaanemissie verlagen via voeding én fokkerij. Wagenings onderzoeksproject onderzoekt interactie tussen koe, voer en micro-organismen op methaanuitstoot. *Veeteelt*, 10-12.

Van Engelen, S. (2018). *The genetic background of methane emission by dairy cows*. Wageningen University.

Vikinggenetics (2018). Lower methane production through breeding. Geraadpleegd van: <https://www.vikinggenetics.com/media/news?show=auhl&showFull=usa#targetText=Lower%20methane%20production%20through%20breeding,to%20improve%20dairy%20cow%20efficiency>

Wall, E., Simm, G., & Moran, D. (2010). Developing breeding schemes to assist mitigation of greenhouse gas emissions. *Animal*, 4(3), 366-376.

Wallace, R. J., Sasson, G., Garnsworthy, P. C., Tapio, I., Gregson, E., Bani, P., ... & Snelling, T. J. (2019). A heritable subset of the core rumen microbiome dictates dairy cow productivity and emissions. *Science advances*, 5(7).

Voer

Bannink, A., & Dijkstra, J. (2015). Graskwaliteit beïnvloedt methaanuitstoot flink: Jong en hoog bemest gras zorgt voor minste methaanuitstoot per kg meetmelk. *Veeteelt*, 30-30.

Bannink, A., Hatew, B., & Dijkstra, J. (2015). Oogstmoment snijmaïs beïnvloedt methaanuitstoot: Later oogsten maïs verlaagt methaanuitstoot zonder negatieve bijeffecten. *Veeteelt*, 34-35.

DSM (2019). Farm wise, climate friendly, Significant reduction of methane emissions from cattle. Geraadpleegd van: <https://www.dsm.com/corporate/solutions/climate-energy/minimizing-methane-from-cattle.html>.

Ermiler, U., Grabarse, W., Shima, S., Goubeaud, M., & Thauer, R. K. (1997). Crystal structure of methyl-coenzyme M reductase: the key enzyme of biological methane formation. *Science*, 278(5342), 1457-1462.

Hristov, A. N., Oh, J., Firkins, J. L., Dijkstra, J., Kebreab, E., Waghorn, G., ... & Gerber, P. J. (2013). Special topics—Mitigation of methane and nitrous oxide emissions from animal operations: I. A review of enteric methane mitigation options. *Journal of animal science*, 91(11), 5045-5069.

Huyen, N. T. (2016). Sainfoin (*Onobrychis viciifolia*): A forgotten crop for dairy cows with future potential. Geraadpleegd van: <https://edepot.wur.nl/369007>

Jayanegara, A., Sarwono, K. A., Kondo, M., Matsui, H., Ridla, M., Laconi, E. B., & Nahrowi. (2018). Use of 3-nitrooxypropanol as feed additive for mitigating enteric methane emissions from ruminants: a meta-analysis. *Italian Journal of Animal Science*, 17(3), 650-656.

Knapp, J. R., Laur, G. L., Vadas, P. A., Weiss, W. P., & Tricarico, J. M. (2014). Invited review: Enteric methane in dairy cattle production: Quantifying the opportunities and impact of reducing emissions. *Journal of dairy science*, 97(6), 3231-3261.

Leinonen, I., & Kyriazakis, I. (2016). How can we improve the environmental sustainability of poultry production?. *Proceedings of the Nutrition Society*, 75(3), 265-273.

Van Nevel, C. J., & Demeyer, D. I. (1996). Control of rumen methanogenesis. *Environmental Monitoring and assessment*, 42(1-2), 73-97.

Vellinga, T. V., van Laar, H., Thomassen, M. A., De Boer, I. J. M., Berkhout, P., & Aiking, H. (2009). *Milieueffecten van diervoeders* (No. 205). Animal Sciences Group.

Mest

Andersson, M. (1998). Reducing ammonia emissions by cooling of manure in manure culverts. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 51(1), 73-79.

Aguirre-Villegas, H. A., & Larson, R. A. (2017). *Evaluating greenhouse gas emissions from dairy manure management practices using survey data and lifecycle tools*. *Journal of cleaner production*, 143, 169-179.

Briffaerts, E. C., Dils, E., Franckx, L., Laes, E., Lodewijks, P., Meynaerts, E., ... & Vos, D. (2011). TOTAAL ACTIEPLAN CO₂ Scenario's voor een CO₂-neutraal Limburg in 2020. Geraadpleegd van: http://www.provinciaalnatuurcentrum.be/webfiles/limburg/leven/klimaatmilieu/klimaatneutraal_2011_einrapport_klimaatstudie.pdf.

Gerber, P. J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., ... & Tempio, G. (2013). *Tackling climate change through livestock: a global assessment of emissions and mitigation opportunities*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Geraadpleegd van: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20133417883>

Holly, M. A., Larson, R. A., Powell, J. M., Ruark, M. D., & Aguirre-Villegas, H. (2017). Greenhouse gas and ammonia emissions from digested and separated dairy manure during storage and after land application. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 239, 410-419.

Meststoffen Nederland (2019). Kunstmest 4.0- De nieuwe visie van meststoffen NL. Geraadpleegd van: <https://onlinetouch.nl/meststoffennederland/kunstmest-4-dot-0?html=true#/0/>

Mosquera, J., Schils, R., Groenestein, K., Hoeksma, P., Velthof, G., Hummelink, E. (2010). Emissies van lachgas, methaan en ammoniak uit mest na scheiding. Geraadpleegd op 7 oktober 2019 van: <https://edepot.wur.nl/161899>.

RVO, (2010). *VindingRIJK aanbesteden*. Agentschap NL. Geraadpleegd van: <https://www.rvo.nl/sites/default/files/bijlagen/Brochure%20VindingRIJK%20aanbesteden.pdf>

Termorshuizen, A. J., Moolenaar, S. W., Veeken, A. H. M., & Blok, W. J. (2004). The value of compost. *Reviews in Environmental Science and Biotechnology*, 3(4), 343-347.

Topsector Agri & Food (2017). Onderzoeks-en innovatieagenda klimaatneutrale voedselproductie. Geraadpleegd van: https://www.wur.nl/upload_mm/e/d/d/70d3da38-2d5e-437b-b486-e6d6f1a4b19b_Onderzoeks-en_Innovatieagenda_Klimaatneutrale_Voedselproductie-Topsector_Agri_Food.pdf

Stal

Beerling, W. (2013). Gezonde klauwen op Groene Vlag-vloer. Veehouderij Techniek. Geraadpleegd op 7 oktober 2019 van: <http://edepot.wur.nl/277648>.

Courage (n.d.). Afvangen methaan (nog) te kostbaar. Geraadpleegd op 7 oktober van: [https://www.courage2025.nl/inspiratie/afvangen-methaan-\(nog\)-te-kostbaar](https://www.courage2025.nl/inspiratie/afvangen-methaan-(nog)-te-kostbaar).

de Jong Ursem (n.d.). Emissiearme stalsystemen. Geraadpleegd op 9 oktober 2019 van: <https://www.dejongursem.nl/stallen/emissiearme-stalsystemen/>.

DLV Advies (2019). Emissiearme vloer voor bestaande stallen. Geraadpleegd op 9 oktober 2019 van: <https://www.dlvadvies.nl/nieuws/emissiearme-vloer-voor-bestaande-stallen/994>.

Ellen, H., Jansen, J., Smit, A., Vermeij, I. (2014-a). V-vormige mestband voor gescheiden afvoer mest en urine bij vleeskalveren. Geraadpleegd op 7 oktober 2019 van: <https://edepot.wur.nl/302619>.

Ellen, H., Jansen, J., Smit, A., Vermeij, I. (2014-b). Vrije Keuzestal voor melkvee. Geraadpleegd op 7 oktober 2019 van: <https://agroenergiek.nl/system/files/documenten/boek/302618.pdf>.

Kenniscentrum InfoMil (n.d.). Technisch informatiedocument "Luchtwassystemen voor de veehouderij": Eisen aan en richtlijnen voor de uitvoering en het gebruik van luchtwassystemen in dierenverblijven. Geraadpleegd op 10 oktober 2019 van: www.infomil.nl.

Melse, R. (2003). Biologisch filter voor verwijdering van methaan uit lucht van stallen en mestopslagen. Geraadpleegd op 8 oktober 2019 van: https://agroenergiek.nl/system/files/documenten/boek/55_biologisch_filter_voor_verwijdering_van_methaan_uit_lucht_van_stallen_en_mestopslagen_tcm24-240747.pdf.

Mosquera, J., Schils, R., Groenestein, K., Hoeksma, P., Velthof, G., Hummelink, E. (2010). Emissies van lachgas, methaan en ammoniak uit mest na scheiding. Geraadpleegd op 7 oktober 2019 van: <https://edepot.wur.nl/161899>.

Sigurdarson, J. J., Svane, S., & Karring, H. (2018). The molecular processes of urea hydrolysis in relation to ammonia emissions from agriculture. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 17(2), 241-258.

WUR (n.d.). Methaanoxidatie; drie verschillende technieken getoetst op reductie potentieel bij externe mestopslag. Geraadpleegd op 7 oktober 2019 van: <https://www.wur.nl/nl/Onderzoek-Resultaten/Onderzoeksprojecten-LNV/Expertisegebieden/kennisonline/SV-Methaanoxidatie-drie-verschillende-technieken-getoetst-op-reductie-potentieel-bij-externe-mestopslagen.htm>.

ZLTO (2019). Resultaten onderzoek emissiearme stallen vleeskalveren Brabant. Geraadpleegd op 9 oktober 2019 van: <https://www.zlto.nl/nieuwsberichten/2019/openbaar/08-aug/resultaten-onderzoek-emissiearme-stallen-vleeskalveren-brabant>.

Bodem

Arets, E. J. M. M. (2018). *Klimaatcijfers voor natuur: Cijfers voor koolstofopslag en vastlegging in Nederlandse natuur*. Wageningen Environmental Research.

Bouwman, A.F., L.J.M. Boumans, and N.H. Batjes, (2001): *Global Estimates of Gaseous Emission of NH₃, NO and N₂O from Agricultural Land*. Food and Agriculture Organisation, Rome, 57 pp.

Chapuis-Lardy, L., Wrage, N., Metay, A., Chotte, J.L., & Bernoux, M. (2007). Soils, a sink for N₂O? A review. *Global Change Biology*, 13, pp. 1-17.

Decock, C., Lee, J., Pereira, E., Necpalova, M., Tendall, D., & Six, J. (2015). Mitigating N₂O emissions from soil: from patching leaks to transformative action. *Soil*, 1, 687-694.

Denman, K. L., Brasseur, G., Chidthaisong, A., Ciais, P., Cox, P. M., Dickinson, R. E., Hauglustaine, D., Heinze, C., Holland, E., Jacob, D., Lohmann, U., Ramachandran, S., da Silva Dias, P. L., Wofsy, S. C., and Zhang, X.: Couplings Between Changes in the Climate System and Biogeochemistry, in: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, edited by: Solomon, S., Qin, D., Manning,

Elferink, E., Rougoor, C., Terryn, L., & Van der Weijden, W. (2012). QuickScan on the potential of carbon storage in the Dutch dairy cattle industry; QuickScan naar de potentie van koolstofopslag in de Nederlandse melkveehouderij.

Fornara, D. A., Steinbeiss, S., McNamara, N. P., Gleixner, G., Oakley, S., Poulton, P. R., ... & Bardgett, R. D. (2011). Increases in soil organic carbon sequestration can reduce the global warming potential of long-term liming to permanent grassland. *Global Change Biology*, 17(5), 1925-1934.

Groen Kennisnet (2018). *CO₂ opslag in de grasbodem*. Geraadpleegd op 2 oktober 2019 van: <https://www.groenkennisnet.nl/nl/groenkennisnet/show/CO2-opslag-in-de-grasbodem.htm>

Koeien en kansen (2018). *Blijvend grasland houdt veel koolstof vast en stimuleert biodiversiteit*. Geraadpleegd op 2 oktober 2019 van: <https://www.koeienenkansen.nl/nl/koeien-kansen-1/show/Blijvend-grasland-houdt-veel-koolstof-vast-en-stimuleert-biodiversiteit.htm>

Lesschen, J. P., Heesmans, H. I. M., Mol-Dijkstra, J. P., van Doorn, A. M., Verkaik, E., van den Wyngaert, I. J. J., & Kuikman, P. J. (2012). *Mogelijkheden voor koolstofvastlegging in de Nederlandse landbouw en natuur* (No. 2396). Alterra.

Magdoff, F., & Van Es, H. (2009). *Building soils for better crops*. Beltsville: Sustainable Agriculture Network.

Rietberg, P., Luske, B., & Visser, A. (2013). *Handleiding goed koolstofbeheer* (No. 2013-002 LbP). Louis Bolk Instituut.

RVO (2019). *Blijvend grasland 2019*. Geraadpleegd op 10 oktober 2019 van: <https://www.rvo.nl/onderwerpen/agrarisch-ondernemen/gemeenschappelijk-landbouwbeleid/betalingsrechten/voorwaarden-betalingsrechten-2019/vergroeningseisen-2019/blijvend>

Schelhaas, M. J., Van Wijk, M. N., & Nabuurs, G. J. (2002). *Koolstofvastlegging in bossen: een kans voor de boseigenaar?* (No. 553). Alterra.

Soussana, J. F., Loiseau, P., Vuichard, N., Ceschia, E., Balesdent, J., Chevallier, T., & Arrouays, D. (2004). Carbon cycling and sequestration opportunities in temperate grasslands. *Soil use and management*, 20(2), 219-230.

Zanen, M., Belder, P., Cuijpers, W. J. M., & Bos, M. (2011). Bodembreed interreg: deel 1: Duurzaam bodembeheer & Functionele Agrobiodiversiteit in de bodem: deel 2: Bodemleven.

Bestrijdingsmiddelen

Audsley, E., Stacey, K. F., Parsons, D. J., & Williams, A. G. (2009). Estimation of the greenhouse gas emissions from agricultural pesticide manufacture and use. Cranfield University. Geraadpleegd van:

https://dspace.lib.cranfield.ac.uk/bitstream/handle/1826/3913/Estimation_of_the_greenhouse_gas_emissions_from_agricultural_pesticide_manufacture_and_use-2009.pdf;jsessionid=19901ECB1614EAFE454BB6E64D3BDDAB?sequence=1

Bianchi, F. J., & Wäckers, F. L. (2008). Effects of flower attractiveness and nectar availability in field margins on biological control by parasitoids. *Biological control*, 46(3), 400-408.

Brown, D. L., Giles, D. K., Oliver, M. N., & Klassen, P. (2008). Targeted spray technology to reduce pesticide in runoff from dormant orchards. *Crop Protection*, 27(3-5), 545-552.

de Jong, F. M., de Snoo, G. R., & van de Zande, J. C. (2008). Estimated nationwide effects of pesticide spray drift on terrestrial habitats in the Netherlands. *Journal of Environmental Management*, 86(4), 721-730.

Skevas, T., & Lansink, A. O. (2014). Reducing pesticide use and pesticide impact by productivity growth: the case of Dutch arable farming. *Journal of agricultural economics*, 65(1), 191-211.

Van Grinsven, H. J. (2019). Benchmarking eco-efficiency and footprints of Dutch agriculture in European context and implications for policies for climate and environment. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 3, 13.

Energie

Gebrezgabher, S. A., Meuwissen, M. P., & Lansink, A. G. O. (2012). Energy-neutral dairy chain in the Netherlands: An economic feasibility analysis. *Biomass and bioenergy*, 36, 60-68.

Noorduyn, L., Vrolijk, M., & van Veluw, K. (2009). Energie steken in het klimaat. *BioKenniss bericht Zuivel & rundvlees*, 10.

Precisielandbouw

Balafoutis, A. T., Beck, B., Fountas, S., Tsiropoulos, Z., Vangeyte, J., van der Wal, T., ... & Pedersen, S. M. (2017). Smart farming technologies—description, taxonomy and economic impact. In: *Precision Agriculture: Technology and Economic Perspectives*, 21-77. Springer, Cham.

Daponte, P., De Vito, L., Glielmo, L., Iannelli, L., Liuzza, D., Picariello, F., & Silano, G. (2019, May). A review on the use of drones for precision agriculture. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 275(1), p.012022. IOP Publishing.

Katyal, N., & Pandian, B. J. (2019). A Comparative Study of Conventional and Smart Farming. In *Emerging Technologies for Agriculture and Environment* (pp. 1-8). Springer, Singapore.

Kempenaar, C. (2010). Precisielandbouw: slim combineren van nieuwe technologieën. *Syscope Magazine*, 26, 22-27.

Stehr, N. J. (2015). Drones: The newest technology for precision agriculture. *Natural Sciences Education*, 44(1), 89-91.

van der Schans, D. A., Jukema, J. N., van der Klooster, A., Molenaar, K., Krebbers, H., Korver, R., ... & Truiman, J. (2008). *Toepassing GPS en GIS in de akkerbouw: nut en rendement van toepassingen op het gebied van geolandbouw* (No. 3250062000). Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Business Unit AGV.

Deelvraag 3: Klimaatimpact productgroepen van Oregional

Eicode (2019). F.A.Q. Hoeveel weegt een gemiddeld ei? Geraadpleegd op 11 oktober 2019 van: <http://www.eicode.nl/faq.html>

RIVM (2016). Milieubelasting van de voedselconsumptie in Nederland. Geraadpleegd op 17 september 2019 van: <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2016-0074.pdf>

RIVM (2019). Milieubelasting voedingsmiddelen; levenscyclus, productgroep. Geraadpleegd op 4 oktober 2019 van <https://statline.rivm.nl/#/RIVM/nl/dataset/50060NED/table?ts=1570192199694>

Sukkel, W., van Dijk, S. M., & van Wijk, C. A. P. (2014). Duurzaamheid van een regionale voedselketen: Energieverbruik, emissie van broeikasgassen en voedselvoertuigkilometers voor de keten Oregional–Sint Maartenskliniek (No. 604). PPO AGV.

Deelvraag 4 : LCA

De Boer, I. J. M., Iepema, G., & Thomassen, M. A. (2004, October). Environmental impact assessment at commercial dairy farms. In Life Cycle Assessment in the Agri-food Sector. Proceedings from the 4th International Conference (Vol. 61, pp. 214-218).

Boon, B. H., Schroten, A., & Kampman, B. (2006, June). Compensation schemes for air transport. In Paper written for the E-CLAT Climate Change and Tourism Conference in the Netherlands (pp. 11-14).

Denman, K. L., Brasseur, G., Chidthaisong, A., Ciais, P., Cox, P. M., Dickinson, R. E., Hauglustaine, D., Heinze, C., Holland, E., Jacob, D., Lohmann, U., Ramachandran, S., da Silva Dias, P. L., Wofsy, S. C., and Zhang, X (2007).: Couplings Between Changes in the Climate System and Biogeochemistry, in: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, edited by: Solomon, S., Qin, D., Manning, Bouwman, A.F., L.J.M. Boumans, and N.H. Batjes, 2001: Global Estimates of Gaseous Emission of NH₃, NO and N₂O from Agricultural Land. Food and Agriculture Organisation, Rome, 57 pp.

Gerber, P. J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., ... & Tempio, G. (2013). Tackling climate change through livestock: a global assessment of emissions and mitigation opportunities. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).

Thomassen, M. A., de Boer, I. J. M., Smits, M., Iepema, G., van Calster, K. J., Werkman, R., & Jansen, J. (2007). Krachtvoer heeft grote invloed op milieubelasting melkveehouderij. V-focus, 1, 20-22.

Thomassen, M. A., van Calster, K. J., Smits, M. C., Iepema, G. L., & de Boer, I. J. (2008). Life cycle assessment of conventional and organic milk production in the Netherlands. Agricultural systems, 96(1-3), 95-107.

Discussie

Courage (n.d.). Afvangen methaan (nog) te kostbaar. Geraadpleegd op 7 oktober van: [https://www.courage2025.nl/inspiratie/afvangen-methaan-\(nog\)-te-kostbaar](https://www.courage2025.nl/inspiratie/afvangen-methaan-(nog)-te-kostbaar)

Kramer, G., & Blonk, H. (2015). Menu van Morgen. Geraadpleegd van: <http://www.blonkconsultants.nl/wp-content/uploads/2016/06/Rapport-Menu-van-Morgen-Blonk-Consultants.pdf>

Bijlagen

Deelvraag 2: Haalbaarheid en bereidbaarheid van boeren

Blonk Consultants (2018). Onderbouwing CO2 en landgebruik modellering van voedingsproductgroepen geconsumeerd in Nederland. Geraadpleegd op 17 september 2019 van: <http://www.blonkconsultants.nl/wp-content/uploads/2019/04/Onderbouwing-CO2-en-landgebruik-modellering-van-voedingsproductgroepen-geconsumeerd-in-Nederland-Blonk-Consultants.pdf>

Blonk Consultants (2018a). Verantwoording campagne Nationale Week Zonder Vlees 2019. Geraadpleegd van <https://weekzondervlees.nl/wp-content/uploads/2018/12/Verantwoording-campagne-Nationale-Week-Zonder-Vlees-2019.pdf>

FAO (2010). Greenhouse Gas Emissions from the Dairy Sector. A Life Cycle Assessment. Geraadpleegd op 17 september 2019 van: <http://www.fao.org/3/k7930e/k7930e00.pdf>

Bijlagen

1. Exploratieve interviews

Komkommerkweker

Wat is jullie motivatie om je aan te sluiten bij Oregional?

Eigenlijk alleen vanwege de handel en de verhoogde marktprijs die Oregional geeft aan de komkommers. Bij Oregional krijgt de kweker ongeveer 8-10 cent meer per komkommer dan via de reguliere markt. De regionale markt is wel leuk, maar het bedrijf is zo groot dat het gewoon niet te doen is om alleen regionaal te leveren.

Wat voor maatregelen moet je nemen om aan te mogen sluiten bij Oregional?

De kweker wist niet zo te vertellen welke maatregelen daarvoor nodig zijn.

Hoeveel komkommers leveren jullie aan Oregional? Wat is de verdere afzetmarkt?

Een komkommerplant geeft ongeveer 6-13 komkommers. Dit is afhankelijk van het weer. In september wordt er 3-3,5 keer per week geoogst, en in de zomer ongeveer 6 keer per week. Minder dan 1% van de komkommers gaat naar Oregional, ongeveer 600 komkommers per week = 20 kratten. De andere 99% gaat naar Koornstra & Co, een exportbedrijf. Er is veel export naar Duitsland; ongeveer 700 miljoen van de 1 miljard (?) komkommers gaat naar Duitsland, waarvan 200 miljoen naar de Aldi. Andere afnemers zijn markten en de farmaceutische industrie (bv. de kromme komkommers gaan daar naartoe).

Kennen jullie de andere boeren van Oregional? Werken jullie samen? Zo ja, op welke manier?

Er is geen contact met andere boeren van Oregional, dus ook geen uitwisseling van reststromen.

Wat zijn maatregelen die jullie nemen om meer duurzaam/klimaatneutraal/circulair te worden? Wordt steenwol gebruikt? Wat zijn voor-/nadelen?

Steenwol wordt inderdaad als substraat gebruikt. Het wordt gemaakt van basaltsteen in een fabriek; bij de winning, verwerking en transport hiervan worden ook broeikasgassen uitgestoten en chemicaliën gebruikt. Grodan.nl → informatie over productie van steenwol (?). Een groot voordeel is dat er geen virussen in zitten, want het wordt steriel/schoon geproduceerd; dat heeft als voordeel dat er minder gewasbescherming nodig is. De vader van de kweker heeft vroeger komkommers in de volle grond gekweekt, maar hij moest een keer in de zoveel tijd de grond stomen op 80 graden Celsius tot 50-80cm diepte omdat tot daar de wortels van de planten reikten.

De komkommerzaadjes worden in steenwol gezaaid door plantenteler Van de Lugt in Bleiswijk onder assimilatielicht rond begin december. In de kassen van de komkommerkwekerij van de kweker worden de potjes vervolgens op stroken steenwol geplaatst. De wortels van de planten groeien door het hele steenwol heen. Elk jaar, tussen november en maart (?) wordt de hele kwekerij schoongemaakt/ gedesinfecteerd en dan wordt al het steenwol eruit gehaald. Dit wordt gerecycled tot baksteen. De steenwollen matten/potten moeten wel horizontaal/recht liggen zodat het water in elke pot gelijk is. Steenwol neemt water op, glaswol (isolatiemateriaal in huizen) niet.

Perliet is een alternatief voor steenwol, wat de kweker heeft gebruikt op zijn vorige kwekerij; perliet zijn kleine poreuze steentjes met een goede capillaire werking (die houden dus goed water vast); een van de nadelen ervan is dat de steentjes in het drainagesysteem komen (en de boel verstoppert?).

De kweker maakt ook gebruik van een klimaatcomputer om alle processen te regelen en in de gaten te houden. Hij kan dit zelfs op zijn mobiel inzien en regelen. Daarnaast maakt hij gebruik van energieschermen en zonnepanelen. De energieschermen kunnen horizontaal worden uitgevouwen onder het dak. Deze houden de warmte vast. Tussen de energieschermen en het dak hoeft er niet gestookt te worden. Het glas van de kassen is ongeveer 4mm dik.

Hoe worden ziektes en plagen bestreden in de kassen?

De kweker maakt veel gebruik van natuurlijke vijanden, zoals de roofmijt om spint aan te pakken. Een veelvoorkomende ziekteverwekker in komkommers is het komkommerbontvirus. Om bacteriën en virussen in water dat wordt hergebruikt te doden maakt de kweker gebruik van een UV-filter. Komkommers kunnen niet tegen tocht en moeten daarom altijd worden afgedekt, bv. in een kas. Als er geen komkommers worden geteeld, dan wordt de kas in ongeveer 5 weken schoongemaakt en gedesinfecteerd.

Hoe worden de komkommers verpakt?

De komkommers worden niet individueel verpakt (bijvoorbeeld in plastic). Ze worden per zoveel stuks in kartonnen dozen ingepakt, per maat komkommer (klein, middel, groot).

Hebben jullie een toekomstvisie als het gaat om circulair/klimaatneutraal/duurzaam?

De kweker zei dat het belangrijk is om bij de tijd te blijven, te moderniseren waar kan. Hij heeft geen opvolger voor zijn bedrijf. Daarom wil hij bijvoorbeeld niet overstappen van aardgas naar aardwarmte om warmte voor de kassen te produceren. De gasleiding ligt er al 50-60 jaar, er is slechte aardwarmte in de omgeving (?), en een warmtepomp is niet rendabel (kost 15-20 miljoen euro om te investeren?). Daarnaast wordt er door het verbranden van aardgas CO₂ geproduceerd die nodig is voor fotosynthese in de planten. Bij gebruik van aardwarmte wordt er geen CO₂ geproduceerd.

Hoeveel energie wordt er geproduceerd en hoeveel wordt er verbruikt op jaarbasis?

Er is 220.000 kwh nodig per jaar. Per jaar wordt er 800.000 m³ gas verbruikt (ter vergelijking: een huishouden gebruikt rond 2000 m³). Het bedrijf heeft 290 zonnepanelen die 45-48.000 kwh produceren.

Wat zijn de inputs van het bedrijf? Wat, hoeveel, waar vandaan?

Tijdens de verbranding van aardgas in de ketel van het bedrijf komt er zuiver CO₂ vrij (1.8kg CO₂ / 1m³ gas; 200-300 m³ CO₂/uur wordt geproduceerd). Deze CO₂ wordt vervolgens de kassen ingeblazen, want het nodig is voor de fotosynthese van de komkommerplanten (1000 ppm CO₂ is ideaal voor de planten, vaak wordt zo'n 700 ppm gehaald). CO₂ is vaak de limiterende factor voor fotosynthese. In de winter is er teveel CO₂, en in de zomer is er te weinig CO₂. Daarom moet de kweker zelfs CO₂ inkopen om genoeg CO₂ voor zijn planten te hebben. Hij haalt het CO₂ o.a. van een afvalverbranding fabriek. De kweker heeft een tank waar CO₂ in zit. CO₂ zelf opvangen kan, dat bestaat al in Zwitserland, maar het is heel duur.

Mest wordt in de vorm van vloeibare meststoffen met tankwagens geleverd. De tankwagens leveren verschillende soorten stoffen, zoals salpeterzuur en bitterzuur. Deze meststoffen worden gemengd op het bedrijf en toegevoegd aan het water dat naar de planten worden geleid.

Welk afval is er op het bedrijf? Wordt het afval gescheiden? Waar gaat het heen? Wordt het gerecycled? Binnen en/of buiten het bedrijf?

Gewasresten en komkommers die te lang hebben doorgegroeiwd (waardoor ze heel groot en geel zijn geworden) worden versnipperd en gecomposteerd in een composteerfabriek (125 euro per ton?). De kweker heeft geen zicht op wat er vervolgens met de compost wordt gedaan. De steenwol wordt verwerkt tot baksteen.

Hoe zit het met de waterstroom door het bedrijf? Waar komt het vandaan? Is het vervuild met nutriënten? Wordt het water gefilterd en hergebruikt?

Tot 2017 was er geen waterprobleem. Water wordt gehaald uit grondwater op 80 meter diepte of uit een regenwaterbassin. Ongeveer 30 miljoen liter water wordt per jaar gepompt? Het water bevat wel veel ijzer → De kweker heeft een machine die het water ontijzerd: als het ijzer in contact komt met lucht treedt er directe roestvorming op en slaat het ijzer neer. Verder is het water goed, moet wel een pH hebben van 5,2-5,5. Drinkwater bevat veel calcium en chloor en is daarom niet geschikt voor de tuinbouw. Het overtollige water van de planten wordt opgevangen in een watergootje (dat wat afloopt). Dit water gaat door een biofilter, en door een UV-ontsmetter om bacteriën en virussen te doden.

Akkerbouwer

Wat is je motivatie om je aan te sluiten bij Oregional?

“Met name het regionale product. Ik heb jaren voor de groothandel geproduceerd. Daar word je afgerekend op kwaliteit, prijs en marktwerking. 10 jaar geleden werd Oregional opgericht, dat vond ik een mooi initiatief. Ze zijn door hele diepe dalen gegaan. Sinds 3 jaar draait het goed. Het is nu een goed bedrijf, daar ben ik blij mee. Ik zie ook dat er mensen zijn die een regionaal product willen hebben. Geen rundvlees uit bijvoorbeeld Zuid-Amerika. Daar zie ik wel wat in. Iedereen is er mee bezig, ook grote winkelketens. De markt is aan het verzadigen. Daarentegen is het een deel van de markt en nooit zal de hele regio ervoor kiezen, maar dat hoeft ook niet. Vroeger zat ik meer in de groente, als enige van de regio. Momenteel lever ik aan Oregional aardappelen, uien en quinoa. Groente telen we niet meer. Oregional is maar een klein deel van de omzet, rond de 5%. Aardappelen, daar heb je er altijd heel veel van, dan heb je dus ook veel verschillende klanten nodig.”

Bestaan er samenwerkingen tussen de boeren van Oregional?

“Samenwerking tussen de boeren van Oregional is er wel, maar het zou wel beter kunnen. We hebben ook een workshop gehad, maar er moet meer verbinding zijn. Wat is de visie? Het draait maar om één ding: zo goedkoop mogelijk je product verkopen. Zorginstellingen en dergelijke willen alles zo goedkoop mogelijk. Je moet wel kunnen concurreren. Er zijn vergaderingen vanuit Oregional, ook omdat we aandeelhouders zijn. Onderling moeten we elkaar meer de bal toespelen. Het kan zeker beter.”

Heb je daar een bepaald idee over? - “We kunnen elkaar versterken. De bedrijven die bezig zijn binnen Oregional, ook voordat Oregional er was, hadden al een afzetmarkt. Die klanten zou een ander bedrijf ook kunnen gebruiken voor een ander product. Daarin zouden we elkaar kunnen versterken. Oregional heeft ook een distributie opzet, dat is erg handig. De ondernemers zijn vooral bezig met hun eigen bedrijf, we zijn te druk om een hoop andere dingen te doen. (Geen) tijd is je grootste concurrent.”

Kunt u iets vertellen over de reststromen binnen uw bedrijven wat ermee gedaan wordt?

“Wij hebben een zorgboerderij waar dieren lopen. De resten van aardappelen en uien gaan naar de dieren. Reststromen gaan naar [een veehouderij]. Koeien (hobbymatig) lopen bij een fruitbedrijf. Die reststromen zijn er. Ook vanaf de buurman gaan er reststromen naar de dieren. Daar zijn we niet bewust mee bezig, dat is vanzelfsprekend. We krijgen bijvoorbeeld ook oud brood van een hotel [uit de buurt].”

Zou je daar verbetering in zien? - “Ik denk dat wij daar al heel ver mee zijn.”

Hoe zit het met de inspanningseis duurzaamheidscriterium van Oregional?

“Die afspraken zijn nog niet concreet. Maar we zijn wel aan het kijken om de kringloop, met name bij de veehouderij, beter te krijgen. We doen alles netjes volgens de Nederlandse wetgeving. We kijken ook naar plantgezondheid en bodemgezondheid, daar weten we nog te weinig van. Ik denk dat richting de plantenteelt de komende 10 jaar veel gaat gebeuren, daar geloof ik ook in. Maar het moet wel tastbaar zijn. Er is nog veel te halen daarin.”

Wat vind je van circulariteit/klimaatneutraal?

“Ik heb daar niet erg een visie op, ik ben daar sceptisch over. Het is ook hip op het moment. Want het staat wel overal in de foldertjes, maar wat doen de ondernemers nu daadwerkelijk? Je probeert ook zo min mogelijk energie te verbrassen.”

Ben je de afgelopen 10 jaar bewust bezig geweest met klimaatneutraliteit?

“In de zorgboerderij wel. We hebben bewust gekozen om geen zonnepanelen te nemen, want dit was niet rendabel. We hebben toen wel frequentieregelaars op ventilatoren geïnstalleerd. Nu is de markt anders, daar moet ik ook maar eens mee aan de gang. Stroomverbruik is nog maar een derde van wat het vroeger was. Dit kwam voornamelijk door het bedrijf, wat toen nog veel groter was.”

Werk je ook wel eens samen met andere boeren van Oregional m.b.t. gewasrotatie?

“Ik werk niet samen met de boeren van Oregional als het gaat om gewasrotatie. Dit zijn allemaal hele andere takken, bijvoorbeeld komkommers in kassen. Daar kan ik niks mee. Maar met de boeren in de buurt wel.”

Waar ligt de behoefte als het gaat om circulariteit/klimaatneutraliteit?

“Ik heb behoefte aan duidelijkheid. Wat moeten we er precies mee?”

Na de oorlog was de opdracht voor boeren om te zorgen dat Nederlanders geen honger meer zouden hebben. Ze moesten dus voor lage kosten een hoge productie leveren. Daardoor hebben wij een markt gecreëerd, waardoor mensen het nu hebben over plofkippen en soortgelijke zaken. Het is dus een gevolg hiervan. De consument moet dit ook wel willen veranderen, zij willen zo goedkoop mogelijk boodschappen doen. De mensen van Oregional hebben dit gevoel minder. De hele mindset moet bij de consument komen. De supermarkten pushen de boeren om toch zo goedkoop mogelijk te produceren. Boeren willen waarschijnlijk ook liever 100 dan 5000 koeien melken. Ik hoop dat er een omslag komt, maar dit heeft allemaal een prijs. Carola Schouten is goed bezig, met name in de veehouderij. Er gaat veel gebeuren en er is al veel gebeurd. We kunnen nu beter dierlijke mest benutten dan vroeger.”

Klimaatneutraal of circulariteit?

“Ik heb meer met circulariteit dan met klimaatneutraal. Klimaatneutraal is een beetje een trend. Circulair is veel mooier. In mijn ogen is dat veel belangrijker.

Als het gaat over compensatie, waar ben je dan mee bezig: eerst iets kapot maken en dan iets ergens anders compenseren. Het gaat meer om een strategie voor imago om klimaatneutraal te zijn.”

Aardbeienkweker

Uit hoeveel hectare bestaat jullie bedrijf?

De productieoppervlakte is ongeveer een hectare. Ter vergelijking: er zijn ook aardbeienkwekerijen van ongeveer 40 hectare. Over omzet wordt niet gepraat, wordt voor kweker zelf gehouden. Gemiddeld 2-3 teelten per jaar. Een seizoen is maart-kerst. Met doordragende aardbeienplanten is ongeveer één seizoen mogelijk. Afhankelijk van teeltplan per kas wordt kas ongeveer eenmaal per jaar schoongemaakt.

Waarom doen jullie mee aan Oregional? Wat is jullie motivatie om mee te doen aan Oregional? Welke voordelen hebben jullie hiervan?

“Het behouden van ons eigen gezicht (geen anonimiteit, hoewel de naam van de kwekerij zelf niet op de verpakkingen van de aardbeien staan, maar wel van Oregional) en een hogere marktprijs. Hoe korter de keten, hoe rijper de teler kan oogsten, hoe beter de beleving bij de consument. Fruit moet rijpen aan de struik, en niet in de fruitschaal.”

Wat voor maatregelen moet je nemen om aan te mogen sluiten bij Oregional?

Geen. Alleen lid worden was nodig, maar de kweker gaf aan dat er wel een verschil is tussen leden van Oregional en leveranciers aan Oregional. Niet alle leveranciers zijn ook lid. De komkommerkweker is bijvoorbeeld wel leverancier maar geen lid. Een lid wordt wel meteen aandeelhouder, maar aandeelhouder is niet meteen lid (is alleen financieel).

Hoeveel aardbeien leveren jullie aan Oregional? Wat is de verdere afzetmarkt?

Huidige afzet bij Oregional is beneden 5%, maar dit jaar is een flinke stap gemaakt door meer vraag binnen Oregional. Het is nog afwachten wat de afzet dit jaar was, maar de kweker schat rond de 20%. Hoe stabiel het volgend jaar is, is onzeker. De kweker levert ook aan zelfstandige winkeliers: kleine supermarkten, ijssalons, ambulante handel, groentewinkeltjes, kleine groothandel in bakkerijwereld. 99,9% van de afzet is dichtbij huis. Ze proberen directe verkoop aan consumenten, zonder tussenkomst van tussenhandel, te vergroten.

Kennen jullie de andere boeren van Oregional? Werken jullie samen? Op welke manier?

De kweker zegt dat hij alle andere boeren van Oregional persoonlijk kent.

Wat zijn maatregelen die jullie nemen om meer duurzaam/klimaatneutraal/circulair te worden? Zijn er de afgelopen jaren (10-15 jaar?) veranderingen in het bedrijf doorgevoerd mbt duurzaamheid?

De kweker ziet circulariteit als het opnieuw gebruiken van alle input, bij voorkeur eerst binnen het eigen bedrijf, daarna binnen de voedselketen. De aardbeien groeien in kassen; plastic tunnelkassen; opstelling in de buitenlucht met daarover heen dun plastic folie als bescherming tegen neerslag.

Waarom deze verschillende manieren? Wanneer groeien de aardbeien op welke locatie? Hoe lang worden deze materialen gebruikt? De aardbeien worden beschermd tegen invloeden van buitenaf, zodat de voedselveiligheid optimaal wordt gewaarborgd. Wordt dit gedaan door het dunne plastic folie?

In kas worden de aardbeien het hele jaar geplant. In de buitenlucht alleen midden in de zomer. Plastic tunnelkas in het midden. Assimilatiebelichting is niet mogelijk in de huidige kas. Kwekerijen/sector moeten meegaan met modernisering, maar dat zal niet meer gebeuren in deze kwekerij. Hagel komt niet door het plastic. Kwaliteit in de buitenlucht in de zomer kan beter zijn dan in de kas, bijvoorbeeld als het 's nachts ook warm is.

De stekjes groeien tijdens de zomermaanden uit tot planten, die in speciale kratten verpakt en gekoeld bewaard bij een constante temperatuur van ca. -1,5 graden Celsius. De bevroren planten worden geleidelijk verdeeld over de seizoenen uit de koelcel gehaald, zodat we het hele seizoen aardbeien kunnen oogsten. Is dit duurzamer/kost dit minder energie dan het telen van de aardbeien op meerdere momenten in het jaar?

In december worden planten in winterslaap gebracht bij -1,5 graden Celsius. Maximaal 9 maanden worden ze in winterslaap gehouden. Dit richt geen schade aan aan de planten. Aardbeiplant heeft graag koele nacht (6-8 graden Celsius), hier streef je naar.

Verschillende rassen worden gebruikt: keuze gericht op smaak van consument. Bij verschillende omstandigheden kunnen sommige aardbeienrassen beter/efficiënter werken dan anderen.

Er zijn twee soorten aardbeienplanten:

- Doordragende aardbeienplant: houdt van warmte, niet te plannen wanneer ze gaan bloeien en vruchten dragen, planningstechnisch een drama, heel onvoorspelbaar, maar kan veel meer biologisch, kent veel langere productieperiode, veel langer de tijd om gebalanceerde omstandigheden te krijgen in de kas
- Junidragende aardbeienplant: buiten in de volle grond gaan de planten zelf groeien in een bepaalde periode, veel meer programmeerbaar.

Steeds meer doordragende planten, maar momenteel 50-50 in oppervlakte, want ze hebben allebei voor- en nadelen.

De planten worden van water en bemesting voorzien door 'druppelslangetjes,' de hoeveelheden worden daarbij zo uitgekiend dat de planten precies genoeg krijgen. Welke soort bemesting gebruiken jullie? Is alles geïmporteerd van een extern bedrijf?

Vloeibare kunstmest wordt gebruikt, wat op de kwekerij nog wordt gemengd (bv. salpeterzuur, bitterzuur enz.). Er worden geen korreltjes/poeders gebruikt, want deze zijn niet mogelijk om zonder ammonium te berekenen (?) en bevatten ballaststoffen zoals natrium.

Gebruik van gewasbeschermingsmiddelen is fors gedaald door de planten niet meer in de grond te telen maar op substraat (al sinds 1986).

Waarom hebben jullie gekozen voor potgrondmengsel of kokosgruis als substraat? Waar komt het vandaan? Worden de plastic potten hergebruikt? Wat zijn voor-/nadelen? Hebben jullie ook nagedacht over alternatieven? Stekvermeerding kan nog op volle grond, wordt soms niet door de kwekerij gedaan. 100% kokosgruis wordt gebruikt. Dit komt uit Sri Lanka/India. Legro potgrond BV importeert het en blazen de kokospakketten weer los. Aardbeienteelt is begonnen op veen, maar in duurzaamheidsverhaal is veen een drama: veen wordt meer afgegraven dan dat het aangroeit. Kokosgruis is afvalproduct. Transport is veel minder dan transport op veen. Kokosgruis kan meerdere jaren gebruikt worden. Kokosbaaltjes: kokosgruis in zakjes. Kan wel 10 jaar meegaan, maar dit is wel erg lang en daardoor meer kans op wortelziektes.

Welke middelen gebruiken jullie voor gewasbescherming? Hoeveel nog wel? Biologische bestrijding of chemisch?

De kwekerij is niet biologisch, maar probeert dat wel zoveel mogelijk dat te zijn. Er wordt een biofilter gebruikt, een grindbed: van nature vormt zich daarin een bacteriepakket dat zorgt voor het ontsmetten van het water. Een voordeel is dat het relatief goedkoop relatief grote waterstromen aan kan. Fytoftora stammen (schimmel) kunnen door dit filter worden verwijderd. Meeldauw (schimmel) is lastiger om aan te pakken; een vochtige

vrucht is gevoeliger. Daarvoor worden verschillende maatregelen getroffen: luchtingsstrategie, verwarming, zwavel, 'groene' methoden zoals osmotiserende stoffen (zoutcombinatie, dit droogt schimmel uit, De kweker weet niet of het biologisch is). Alsanta is een ras dat zeer gevoelig is voor meeldauw. Elke 8-10 dagen spuiten. Insecticiden tegen spint 3x per jaar, luis 5-6x per jaar, trips. Ook natuurlijke vijanden worden ingezet, zoals roofmijten (merk Koppert).

Wat voor energievormen worden er gebruikt? Hoeveel gas wordt er gebruikt? Wat zijn alternatieven? Elektriciteit: groene/grijze stroom; hoeveel; besparing? Techniek (zoals het zonnescerm)?

Stroomverbruik 110-120.000 kWh/jaar. Gasverbruik is sterk wisselend door weersinvloed, tussen 100-200.000 m³. CO₂ komt te kort, maar wordt misschien wel ingekocht in de toekomst. Het is nu nog niet rendabel om een CO₂ tank aan te schaffen. CO₂ van de ketel wordt de kassen ingeblazen. Warmte wordt opgeslagen in de ketel. Watertank als drager voor warmte. Sinds december zonnepanelen. Verwachting is 13.000 kWh > 10% van wat er wordt gebruikt. Aardwarmte is niet gewenst want dan wordt geen CO₂ geproduceerd.

Gebruiken jullie een klimaatcomputer om het klimaat en alle toevoegingen aan de planten te reguleren?

Ook een klimaatcomputer wordt gebruikt. Dag/nacht/etmaalgemiddeldes worden gebruikt. Sensoren voor instraling, windsnelheid/richting, luchtvochtigheid. Geen sensoren voor uitstraling, groeisensoren, infrarood.

Wat voor soort verpakkingsvormen worden er gebruikt?

De verpakkingen zijn nu van plastic: gerecycled PP of PE. Er zijn ideeën om over te stappen naar een kartonnen verpakking, maar dan kan de consument niet meer zien hoe de aardbeien die onderop liggen eruit zien. Een zwarte plastic verpakking kan ook mooi gevonden worden, omdat de rode kleur van de aardbeien afsteekt tegen de zwarte achtergrond. De verpakkingsvorm ligt dus erg aan de wens van de consument.

Hoe worden de aardbeien vervoerd? Hoe snel zijn ze bij afnemers/de consument?

Aardbeien die Oregional afneemt worden door busjes van Oregional opgehaald.

Hoeveel gewasresten/ongeschikte aardbeien? Hoeveel plastic / substraat? Hoe? Welk afval?

Niet of nihil verlies van aardbeien, geen kruiwagen per jaar. Er is niet nagevraagd hoeveel ander afval (plastic, substraat) er is.

Waar gaat het afval heen? Wordt het gerecycled/gecomposteerd? Binnen en/of buiten het bedrijf? Is er samenwerking met andere agrarische ondernemers aangesloten bij Oregional mbt reststromen?

Zelf composteren van kokosgruis en gewasresten sinds afgelopen jaar. Jos Bolk gebruikt dit als bodemverbeteraar. Als iets geld én duurzaamheid oplevert, dan kiest iedereen hiervoor; als het geen geld oplevert, dan kiest niemand daarvoor. Aardbeien die als ongeschikt worden bestempeld, worden gebruikt voor compostering. Aardbeien met deukje kunnen worden verwerkt in producten: ontkronen en eventueel geblend, dan ingevroren en naar andere bedrijven.

Hoe zit het met de waterstroom door jullie bedrijf? Waar komt het water vandaan? Is deze vervuild met nutriënten? Wordt het water gefilterd en hergebruikt? Hoeveel water gaat verloren?

Er wordt primair gebruik gemaakt van een regenwaterbassin en secundair van grondwater. Er is geen last van te weinig water, want er is genoeg water in combinatie met grondwater. In de zomer is er wel last van hitte. Het is nagenoeg mogelijk de gehele waterkringloop te sluiten binnen het bedrijf, maar dat heeft te maken met technische aspecten. Binnen 1-2 jaar denkt hij de waterkringloop te kunnen sluiten. Er is altijd overschot aan water nodig om bijvoorbeeld te kunnen spoelen. Een omgekeerde osmose-installatie wordt gebruikt voor demineralisatie van het water. Een voordeel hiervan is dat vrijwel alles uit het water wordt gefilterd, zoals natrium: dit doet niets in de plant waardoor het zich ophoopt en waardoor er minder 'ruimte' is voor bruikbare elementen.

Melkveehouder

Is er veel samenwerking tussen de boeren van Oregional?

De melkveehouder is aandeelhouder en daarom heeft hij vaak overleg met de andere aandeelhouders. Hij is er zich bewust van dat Oregional bezig is met klimaatneutraal worden.

Is er een inspanningseis die moet worden voldaan om bij Oregional te mogen horen?

De melkveehouder geeft aan dat er wel een inspanningseis is, maar dat er niet echt wordt gecontroleerd. Het gaat vooral op basis van vertrouwen.

Wat doe je al aan duurzaamheid?

De melkveehouder heeft 220 zonnepanelen. Hij wilt ze ook graag weer gaan leggen op de nieuw te bouwen gebouwen. Hij zou ook graag het warmteverlies aanpakken door de warmte op te slaan en te gebruiken om stallen mee schoon te maken bijvoorbeeld. Deze warmte komt bijvoorbeeld vrij bij het opwarmen van melk, of warme water waar de flessen mee om worden gespoeld. Verder is de melkveehouder in het bezit van het erkende Veluws Streekkeurmerk. Dit keurmerk wordt ook daadwerkelijk gecontroleerd.

Koeien

Het bedrijf heeft 175 koeien van het ras Holstein Friesian. De verhouding is volgens de melkveehouder erg belangrijk. De grond en koeien moeten goed met elkaar in verhouding staan. Op deze manier kan hij de kringloop behouden. De groei is er nu wel een beetje uit. Hij zou alleen meer koeien willen als de melk een hogere prijs krijgt, maar hij heeft momenteel geen ambitie om zijn aantal te verkleinen. Op jaarbasis wordt 1.4 miljoen kilo melk geproduceerd. De lactose van een koe is ongeveer 300 of 320 dagen. Daarna laat je een koe tot 500/600 dagen lopen. De melkproductie loopt dan langzaam af en de koel zal meer vlees produceren; Als de koe onder de 12/13 liter per dag zit aan melkproductie wordt de koe naar de slacht gebracht waarna je dan ongeveer 400 kilo geslacht gewicht overhoudt. Van het jongvee gaan de stierkalveren met twee/drie weken naar de kalvermesterij. Deze worden gemest tot 8 maanden of een jaar. Ongeveer de helft van de kalveren wordt afgevoerd. De koeien krijgen (x? kg krachtvoer per dag) en kunnen onbeperkt krachtvoer eten.

Mest

Er kan 2300 m3 mest worden opgeslagen voor een periode van 6 maanden. Er kan vrij bemest worden op het land omdat het perceel van het bedrijf zo groot is.

Grasland

Het bedrijf heeft permanente graslanden bij de uiterwaarden. Deze omgeving wordt gekenmerkt door uiterst vruchtbare kleigrond. Loopt wel eens onder water. Dit is niet erg zolang het 's winters is en het niet te lang duurt. Door het risico op overstroming is dit land enkel geschikt voor grasland. Grasland is permanent en wordt doorgezaaid. Ondanks de zo vruchtbare grond valt de productie toch tegen omdat zij veel last hebben van ganzen, die vooral in combinatie met hoog water veel schade kunnen aanrichten. Hij heeft een productie van 7 ton per hectare per jaar (ipv 10-11 ton). Het grasland wordt in principe niet bespoten met pesticiden, slechts als er sprake is van verschaaring.

Gewassen

Het bedrijf verbouwt graan voor menselijke consumptie en bieten en maïs als voer voor de koeien. Per jaar per hectare wordt er 50 ton kilogram maïs geproduceerd en 75 ton per hectare per jaar aan bieten, waarbij het blad niet is meegerekend.

Voederimport

Voor de koeien wordt krachtvoer (Maximabrok Gluco) geïmporteerd bij ForFarmers Nederland BV. Daarnaast wordt er per dag 700 kilogram bierbostel en 300 kilogram tarwegistconcentraat gevoederd. Deze laatste twee producten fungeren als krachtvoervangers waardoor minder krachtvoer ingekocht hoeft te worden. Het bierbostel komt van belgische brouwerijen en tarwegist concentraat uit Nijmegen.

Heb je ambities voor de toekomst?

Er zijn geen ambities om de veestapel uit te breiden. Momenteel wordt de verwerking van zuivel gefaciliteerd in de boerderij. Er zijn plannen om een nieuwe faciliteit te bouwen. Ook wil de melkveehouder melkrobots aanschaffen om zo meer tijd over te houden voor andere zaken. De melkrobot haalt vooral de pieken uit je dag. Met een melkrobot is de drukte wat meer over de dag verspreid. Om mensen meer bewust te maken van hun voeding wil de melkveehouder educatieboer met een open bedrijf worden. Het realiseren van een educatieruimte, scholen ontvangen, mensen mee laten helpen op het bedrijf, mensen kennis laten maken met een boerderij / inzicht geven wat er op een boerderij gebeurt zijn hier voorbeelden van. Ook wil hij de uiterwaarde er meer bij betrekken en meer biodiversiteit gebruiken.

2. Interviews: over haalbaarheid en bereikbaarheid van boeren voor implementeren van maatregelen voor klimaatneutraliteit

1. Interview met fruitteler van Oregional

Deel 1) Over verduurzamen in het algemeen

a. Hoe kijkt u aan tegen klimaatneutraliteit?

Positief. Dat is een hele goeie ambitie. Voor ons verhaal als Oregional, maar het is denk ik ook een stukje intrinsieke motivatie. Hoe dat te realiseren is een andere vraag maar dat is een hele goeie ambitie.

Is dat voor jullie ook de reden om aangesloten te zijn bij Oregional? Ja! Wij willen als fruit/landwinkel het liefst lokaal verkopen, dat is ons doel. Via winkel/andere kanalen en voor een groot deel via Oregional. Dat is wat we nastreven.

b. Hoe kijkt u aan tegen circulaire landbouw?

Ik denk dat we daar nog wel wat kunnen halen, wij verkopen natuurlijk, maar we krijgen niet de reststromen terug. Wat is circulariteit? Dat er een cirkel ontstaat ook met voedingsstoffen/nutriënten dat noem ik nu nog even kringlooplandbouw/circulair. Dat is het nu nog niet, Oregional is nu nog handel doen met elkaar, vraag en aanbod. Dus dat vraag en aanbod samenbrengen is iets anders dan circulaire landbouw. Daar zouden we meer mee kunnen doen. Hoe gaan we met de bodem om, hoe kunnen we reststromen lokaal opzoeken, de bodem verbeteren, voedingsstoffen weer te verhogen. En dan het product weer naar de klant brengen.

Dus u denkt dat er wel mogelijkheden om de landbouw circulair te krijgen binnen Oregional? Of dat via oregional moet, is voor het verhaal wel goed, maar ik denk niet dat dat per se de rol van Oregional moet zijn. Oregional is nu een coöperatie die producten bij de boeren ophaalt en dat lokaal wegzet. Circulariteit is weer wat anders, het is maar net hoe je circulariteit uitlegt. Ik zie dat meteen als kringloopgedachte. Denk dat leden van Oregional die ambitie wel hebben, maar dat dat bij de organisatie nog niet zo leeft. Misschien is dat een eerste stap.

Ik zou het interessant vinden om te kijken of er bij de klanten van Oregional reststromen zijn die de boeren weer kunnen gebruiken. Het zorgt ook voor verbinding met je klant, je bent dan niet alleen maar de leverancier van het product. Een verbinding over en weer, een relatie die je wat meer met elkaar aangaat. Je hebt elkaar allebei nodig. En het is ook interessant om te weten wat voor voedingsstoffen er in reststromen zitten, en is dat ergens voor geschikt?

- c. Zijn er de afgelopen jaren (10-15 jaar?) veranderingen in uw bedrijf doorgevoerd m.b.t. duurzaamheid?

Ja, genoeg! Elk jaar wordt de regelgeving strenger dus daar willen we voorop lopen. Wij zijn ook Planet Proof gecertificeerd. Het gaat hier om maatregelen die je treft voor gewasbescherming, biodiversiteit, omgang met omgeving. Dit zijn allemaal eisen waar we aan voldoen, waar we mee voorop lopen. Ook wordt het middelenpakket steeds strenger. Waar mogelijk biologisch bestrijden, plagen meer volgen, is bestrijding nodig ja/nee, kan de natuur het oplossen? We doen veel met solitaire bijen, daar hebben we veel kasten voor. Veel met groenblijvende/bloeiende hagen, zodat er altijd wat bloeit voor de bijen, we kijken of we meer met bodembeheer kunnen dus meer met compost om bodemleven te bevorderen. We zitten ook in de notenteelt, we hebben walnoten aangeplant, ook weer voor de biodiversiteit. Dus voldoende!

Heeft u ook nog ambities op dit gebied. Komt het ook vooral door de regelgeving? Allebei wel, we willen graag voorop lopen. Door regelgeving maar vinden het ook leuk om te pionieren. Voor een stukje is het verplicht dat wordt steeds moeilijker. Middelenpakket

Dat is een lastige discussie. Bijvoorbeeld als je ziek bent dan neem je eerst thee en pas als dat niet helpt neem je een aspirientje. Bij onze bomen werkt dat net zo. Een boom willen we ook goed houden en beschermen tegen ziektes en plagen. Als dat niet lukt zonder bestrijdingsmiddelen dan moet je overstappen op de chemie. Dus dat aspirientje moeten we wel houden. Dat maakt het heel lastig en er is veel discussie over. We streven altijd naar biologisch evenwicht, daar doen we alles voor. Maar dat lukt niet altijd dus je zult moeten kunnen sturen. Dat is ok de reden dat we Planet Proof gecertificeerd zijn en niet biologisch omdat ik vind dat Planet Proof duurzamer is dan biologisch.

U zegt dat biologisch minder duurzaam is, wat is daar precies de reden voor? Je kunt met biologisch nooit ingrijpen, dus je moet altijd met biologische middelen werken. Dus je bent veel meer met gewasbescherming bezig. Het is een lastige discussie. Iedereen maakt zijn eigen keuzes hierin. Wij hebben een goed gevoel bij PlanetProof. De inzet van planet proof is biologisch, lukt dat niet dan mag je chemie inzetten. Bij biologisch ben je altijd preventief bezig met biologische middelen, dus je spuit relatief gezien veel meer. Je kunt nooit afwachten. Bij Planet Proof kun je afwachten en als het niet goed gaat kun je de chemie erbij pakken. Doen we natuurlijk liever niet. Het hangt natuurlijk ook van je bedrijf af. In het algemeen geldt dat als je in Nederland gewoon netjes werkt, dat dan de Nederlandse producten gewoon hartstikke goed zijn, ongeacht hoe ze geteeld worden.

- d. Wat zijn problemen waar u als ondernemer tegenaan loopt als we het hebben over verduurzamen?

Het zijn gewoon stapjes, je kunt niet zomaar even je bedrijf omvormen. Het zijn kleine stapjes die je doet met veel werk. Er komt best veel bij kijken. Dat zie ik niet als negatief. Je moet best veel uitwerken en over dingen nadenken. Ik hoop wel dat ze dat als sector dat samen kunnen onderzoeken, dit gebeurt al bij Proeftuin Randwijk; nieuwe middelen, nieuwe bestrijdingsmethoden, mechanische onkruidbestrijding en wat voor effect heeft dat op bodemleven. Maar de consument wil een groen/duurzaam product, wil dat wij aan biodiversiteit doen, dus ik zie dat als kans om er ook wat geld uit te halen zodat we dat ook wat kunnen beheren. Ik wil best meer bomen, bloemenstroken, hagen hebben of meer bijen houden. Ik zie er veel in dat je dat lokaal regelt en dat je je klanten erbij betrekt, zoals bij Oregional. In gecombineerde opgave is dat wat lastig. Dus de landbouwtelling, dus dat is een beetje krom. Veehouders hebben er meer last van, ze mogen bloemenstroken niet gebruiken voor mestuitrijding. Hier word je dus voor gestraft. Die uitdaging hoort er ook bij, daar ben je ook ondernemer voor. Je kan dit soort dingen als uitdaging zien of als negatief zien.

Deel 2: Over realistische haalbaarheid van bepaalde maatregelen.

- a. **Energie:** wat is uw mening over hernieuwbare energiebronnen, bijvoorbeeld het aanschaffen van zonnepanelen of het gebruik van biogas?

Biogas heb ik geen interesse in, dat is niks voor mij. Maar zonnepanelen zeker! Dat willen wij ook. Voor een deel gaan we ze wel aanleggen. We hebben twee schuren waar ze op kunnen.

En biogas?

Wij hebben geen mest, dus dat zou makkelijker voor een veehouder zijn. Past niet in de omgeving waarin wij zitten. Een miniwindmolentje zou ik nog wel leuk vinden.

Zouden andere ondernemers zo iets moeten doen? Ja, dat is een eigen keuze. Ik zie dat niet per se als moeten. Het zijn ook niet de belangrijkste investeringen die je als bedrijf als eerste doet. Tuurlijk wil je het allemaal, maar andere dingen gaan vaak eerst.

b. Maakt u gebruik van bestrijdingsmiddelen? Zijn er alternatieven? Hoe werken deze?

Insecten kunnen we nagenoeg biologisch doen. Alleen de suzukivlieg, fruitmot, dat zijn hele lastige plagen. De klimaatverandering brengt nieuwe plagen met zich mee. grauwe schildwants, bruingemarmerde schildwants, heel veel van die wantsen tegenwoordig waar je heel veel schade van hebt. Schimmel is meer een uitdaging in een nat land dan krijg je gewoon schimmelinfecties. We willen geen zwarte vlekken op de appel en dat wil de consument ook niet, dus dan zullen we moeten spuiten met chemische middelen. Chemisch en nu ook met natuurlijke middelen dat wisselen we wel af. Daar zit in dit land de grootste uitdaging; klimaatverandering en wat brengt dat met zich mee? En schimmelbestrijding is een uitdaging.

Stel dat het beeld bij de consument verandert? Zou de bestrijding dan anders zijn, omdat het niet erg is dat die plekken er zijn? We produceren wat de markt vraagt. In de winkel verkopen wij ook tweedeklasse appels en voerappels (die je niet meer zelf kan eten en mensen aan beesten geven). We verkopen alle kwaliteiten en we doen ook heel veel sap. Appelchips maken we ook van de laatste Elstars waarvan de kwaliteit iets minder is. Van elke kwaliteit appel maken we wel iets. Natuurlijk als de consument dat vraagt dan kunnen we minder perfecte appeltjes leveren maar ik zie dat niet gebeuren. Natuurlijk hebben we de consument opgevoed met perfect fruit, dat gaat niet zomaar veranderen. Voor minder kwaliteit fruit hebben wij ook de mogelijkheden benut op ons bedrijf.

2. Interview met pluimveehouder van Oregional

1. Over verduurzamen in het algemeen

1. Hoe kijkt u aan tegen klimaatneutraliteit?

Het is een beetje een modewoord, maar er is wel serieus iets aan de hand. Ik zie dit dus als belangrijk.

2. Hoe kijkt u aan tegen circulaire landbouw?

Alle landbouw is eigenlijk circulair, maar de discussie moet gevoerd worden op welke schaal het circulair moet zijn. In Nederland leven we niet op een eiland, we hebben te maken met vrijhandelsverdragen. Legkippen moeten gevoerd worden, ze eten sojaschroot wat uit Zuid-Amerika komt. Dit is gewoon iets wat kippen nodig hebben. Als mest/mineralen niet in NL blijven maar weer terug de wereld in gaan, dan kun je spreken van circulaire landbouw. Als we deze wegvoeren dan ontbreekt er wat in de cirkel. We moeten eerst de discussie aangaan hoe groot we de cirkel maken. Alle mest wordt tot mestkorrels verwerkt, deze worden over de hele wereld weer afgezet. Zelf weet ik niet of mijn mestkorrels op die specifieke plekken wordt afgezet waar de soja voor mijn kippen heeft gegroeid. Volgens mij ben ik op deze manier al een eind op weg met circulariteit. *Hoe zit het met reststromen die niet gebruikt worden?* Mijn kippenmest gaat naar een bedrijf die daar korreltjes van maakt. De leghennen worden geslacht en gaan voor consumptie weg. Eieren is mijn belangrijkste product.

3. Zijn er de afgelopen jaren (10-15 jaar?) veranderingen in uw bedrijf doorgevoerd m.b.t. duurzaamheid?

Dierenwelzijn scharen wij ook onder duurzaamheid. Wij zijn naar scharrel/beter leven en dergelijken doorgeschakeld. Daarnaast is ons hele bedrijf uitgerust met zonnepanelen. Wij hebben 6 jaar terug de eerste stap daarin gemaakt en het dit jaar afgemaakt. Nu zijn wij in plaats van energieconsument een energieproducent. We produceren meer dan we gebruiken. Mest bewerken we nu tot een product wat buiten de Nederlandse landbouw wordt afgezet/geëxporteerd. We hebben al redelijk wat stappen gezet richting duurzaamheid. .

4. Wat zijn problemen waar u als ondernemer tegenaan loopt als we het hebben over verduurzamen?

Het grootste probleem is het geld. Wij zou veel meer willen dan dat we tot nu toe gedaan hebben. Een goed verdienmodel moet eraan vast zitten, je investering zou ergens terugverdiend moeten worden. De grootste hobbel is dat de consument de mond vol heeft van duurzaamheid. Maar op moment dat de consument in de supermarkt is, gaat toch 9 van de 10 voor een goedkoop product in plaats van een duurzaam product. We hebben de consument en de burger. De burger wil van alles, maar de consument koopt vaak het goedkoopste. Dat is het lastige en om daarmee een verdienmodel mee op te zetten.

Wat zou je nog meer willen doen als er een goed verdienmodel achter zit? Puur voor mijn eigen bedrijf heb ik 2 uitdagingen: de kip die overblijft na eierproductie gaat nu voor een groot gedeelte geslacht, ingevroren en dan in een zakje de hele wereld over. Onze kippen zijn bijna 2 jaar oud als ze weg gaan. Die kip heeft een heel vrij leven gehad, maar heel veel spieren. Vergelijk het met kalfsvlees ten opzichte van draadjesvlees. Een 2 jaar oude kip op de barbeque wordt net rubber. Deze kan alleen maar gebruikt worden bij 'slow cooking' of kippensoep. Nu hebben wij samen met een slager een hamburger gemaakt en grilworst gemaakt van die uitgelegde legkip. Het vlees wordt gekookt en niet gebakken. Op een lage temperatuur en heel lang, het is een perfect stukje vlees. Het probleem is dat wij er nu niet meer op ingericht zijn om zo lang te kokkerellen. Met deze stap is al dat voorwerk al gedaan om vervolgens een goede hamburger te hebben. Dit is super duurzaam want anders gaat de kip op export weg. Er is geen beter stukje vlees dan een uitgelegde legkip.

En we produceren kuikenvlees wat in filet in de supermarkt gekocht kan worden. Ik vind dat geen duurzame optie, ik zou graag willen dat het kippenvlees wat overblijft op een duurzame manier verwerkt wordt in Nederlands voedsel. De tweede uitdaging: het broertje van de leghen wordt niet ouder dan 1 dag op dit moment en wordt verwerkt in diervoeding. Ook in dat kader moet daar wel iets mee, want het is een super stukje vlees wat je ervan kunt maken. Maar het kost heel veel tijd en qua prijs waarmee je het kan aanbieden kom je niet weg.

2. Over realistische haalbaarheid van bepaalde maatregelen.

De volgende vragen gaan over de realistische haalbaarheid van specifieke maatregelen om klimaatneutraliteit te stimuleren op uw bedrijf, om uitstoot van broeikasgassen te verminderen. Indien van toepassing op uw bedrijf, geeft u alstublieft aan wat uw mening is over de realistische haalbaarheid van deze maatregelen.

1. **Energie:** wat is uw mening over hernieuwbare energiebronnen, bijvoorbeeld het aanschaffen van zonnepanelen of het gebruik van biogas?

Vindt u dat andere bedrijven hier ook in moeten investeren, dat we dit met z'n allen doen?
Op een aantal plekken kan het niet, maar waar het kan zou het eigenlijk wel moeten vind ik. Olie, gas etc. is natuurlijk niet onbeperkt verkrijgbaar. We zullen een energietransitie moeten ondergaan. In wat voor vorm, water/zon/wind maakt niet uit, maar we moeten wel iets doen. Zelf ben ik vader van 2 jongens van 7 en 9 en ik heb er geen zin in dat ze over 10 jaar een geruïneerde toekomst hebben.

2. **Voer:** Wat vindt u ervan om alleen kippenvoer te gebruiken wat niet geschikt is voor menselijke consumptie?

Dat gebeurt natuurlijk voor een heel groot gedeelte al. Kipster is daar heel extreem in. Heel veel granen die in veevoer verwerkt worden zijn niet geschikt om meel van te maken. Een akkerbouwer die tarwe heeft wat verkocht kan worden als bakmeel levert meer op dan wanneer het verkocht moet worden als veevoer. Bijna alle grondstoffen die aan dieren gegeven worden zouden bestempeld kunnen worden als niet voor humane consumptie geschikt. In legkippenvoer zit nog sojaschroot, dit is een afvalproduct van sojaoliewinning. Zit vol met eiwit en is ook niet geschikt voor mensen. Maar het moet nu nog uit Zuid-Amerika komen, dat vind ik niet duurzaam omdat het van zo ver weg moet komen.

Zijn er mogelijkheden dichterbij huis? Wij zijn in gesprek met onze voerleverancier. Er komt volgende week een voorstel voor een samenstelling uit om alleen met grondstoffen uit Europa te werken. Dit is dichterbij huis en van daaruit gaan we proberen om het cirkeltje kleiner te krijgen. Het is wel voor een deel uitgesloten dat het alleen uit Nederland afkomstig is.

3. **Verpakkingen:** wat voor verpakkingen gebruikt u voor uw eieren? Ziet u mogelijkheden om duurzamere verpakkingen te maken?

Nu uitsluitend papier en karton. 100% recyclebaar dus. Ik denk dat ik op de goede weg ben. Verpakkingen kunnen ook gemaakt worden van gedroogd gras. Er zijn veel mogelijkheden, maar die kunnen ook veel meer kosten. Je merkt dat we er nog niet zo veel voor over hebben. Je kunt van alles, maar het moet betaald worden. Ik denk dat papier en karton al redelijk duurzaam is.

3. Uitstoot van voedselproducten van Oregional

Tabel 2: uitstoot van verschillende voedselproductgroepen, berekend door verschillende organisaties.

Bron	Blonk Consultants (2018) (kg CO ₂ -eq./kg)	Excel bestand Iris broeikasgasemissie	Blonk Consultants (2018a) (kg CO ₂ -eq./kg)	RIVM 2016 (kg CO ₂ -eq./kg)	FAO (2010) (kg CO ₂ -eq./kg)	RIVM 2019
Productgroep						
Aardappelen	0.7	0.2		0.815		0.9231
Groente	1.3	0.22 (carrots)		1.64 (courgette)		2.6345 (courgette) 1.3624 (bloemkool) 1.8778 (komkommer)
Fruit	1.0	0.33 (pears)		2.65 (aardbeien)		6.4122 (aardbeien) 0.5254 (appel) 0.7825 (sinaasappel)
Eieren	3.3		5.1	4.91 (gekookt ei)		4.3203
Rundvlees vleeskoeien	42.2	28.73	31.6	21.3	20.2	31.3386 (runderbiefstuk)
Rundvlees melkveehouderij	21.1				15.6	
Varkensvlees	7.0	5.85	12.0	12.7		12.4190
Kippenvlees	5.1	4.12	12.2	12.8 (kip met vel)		13.5503 (kip met vel)
Melk	1.5	1.29		1.63	2.4	2.0270 (halfvolle melk)
Kaas	9.4	8.55		10.5 (Goudse kaas 48+)		13.0930 (Goudse kaas 48+)
Brood	0.9			0.975 (tarwebrood volkoren)		1.0328 (volkoren)

4. Levenscyclusanalyse (LCA)

4.1 Methode LCA

Om de klimaatimpact van het case-study product van Oregional te kunnen berekenen, gaan wij gebruik maken van een LCA, een levenscyclusanalyse. De LCA is een raamwerk bedacht door ISO, the International Organization for Standardization (2006), en wordt wereldwijd gebruikt om de milieu impact van een product en haar levenscyclus te berekenen. Een LCA toepassen op een bepaald product geeft inzicht in de impact van verschillende stadia in de levenscyclus. Daarnaast kan het worden gebruikt voor marketingdoeleinden, bijvoorbeeld om een milieclaim te verantwoorden (ISO, 1997). Er wordt rekening gehouden met de gehele levenscyclus van een product, van het onttrekken van ruw materiaal tot het verwerken van het afval, en de daarbij behorende emissies (ISO, 2006). Daarnaast kunnen meerdere milieu-impacts worden bekeken en vergeleken. Veel gebruikte milieu indicatoren in levenscyclusanalyses binnen de veehouderij zijn landgebruik, fossiele brandstoffen gebruik, klimaatverandering, acidificatie en eutrofiëring (de Vries & de Boer, 2010). Door het kijken over de gehele cyclus, en door meerdere duurzaamheidsdoelen in de LCA te verwerken, heeft het de potentie om een holistisch en realistisch beeld te scheppen over de werkelijke impact van een productieproces. Hoe realistisch een LCA is hangt af van de keuzes binnen het LCA en ook aan de beschikbaarheid van (accurate) data (van Middelaar, 2019; Gerber et al., 2013). Het is belangrijk om goed bij te houden welke aannames en gemiddelde waardes voor de LCA gebruikt worden en dat je transparant bent over de limitaties van de gekozen (versimpelde) methode (van Middelaar, 2019).

Het LCA raamwerk kent vier fases (ISO, 2006; Boer et al., 2019):

1. Doel en strekkings-analyse: *Methode*

In de eerste stap wordt het doel van de studie gegeven. Gebaseerd op dit doel, wordt ook de afkadering van het onderzoek bepaald; wat van de gehele levenscyclus neem je mee in de LCA. Veel gebruikt zijn de "wie tot het verlaten van de boerderij", of de " wie tot graf " afkadering. Ook wordt de functionele eenheid/unit (FU) bepaald. Deze representeert de uiteindelijke functie van de keten; het is een strikte meting van de service die het systeem uiteindelijk levert. De uiteindelijke uitstoot wordt gegeven per FU. Bijvoorbeeld; impact per kilogram gestandaardiseerde melk(correctie voor vet- en proteïne levels) of impact per kg karkasgewicht. Als laatste moet er in deze stap worden besloten welke allocatie wordt gebruikt binnen de LCA. Wanneer een subsysteem (bijvoorbeeld het produceren van diervoeder) zelf meerdere outputs heeft, moet er worden besloten welk deel van de impact wordt meegenomen. Er zijn drie manieren van allocatie;

1. Systeem uitbreiding: De impact wordt volledig toegerekend op het hoofdproduct. Echter, de functie die het bijproduct nu inneemt wordt gezien als een substitutie van een ander goed. Bijvoorbeeld, vleeskalveren substitueren vleesvee. Deze afname van vleesvee als gevolg van kalfsvlees, en de impact hiervan, wordt afgehaald van de totale impact van het hoofdproduct (in dit voorbeeld, melk).
2. Fysieke allocatie: De relatieve energie inhoud, of de relatieve massa van de producten worden gebruikt om de impact te verdelen.
3. Economische allocatie: De relatieve economische waarde wordt gebruikt om de impact over de producten te verdelen. Bijproducten krijgen hierdoor een marginale milieu-impact.

2. Inventarisatie analyse: *Berekeningen en uitgebreide resultaten*

Tijdens de inventarisatie analyse wordt de levenscyclus van het product in kaart gebracht, en de bijbehorende emissies of vervuiling berekend. Veel data wordt verzameld, uit databases of vanuit echte bedrijfsdata, en hiermee worden milieu impacts berekend.

Als eerste wordt een materiaalstroom-analyse gedaan. Enkel de stromen die een relevante impact teweeg brengen worden meegenomen. In een versimpelde analyse kan ook worden laten zien welke stromen wel of niet mee worden genomen.

Vervolgens wordt voor iedere activiteit in het stroomdiagram de emissie of vervuiling berekend. Om dit te kunnen berekenen wordt er veel gebruik gemaakt van online databases als FeedPrint, emissies veroorzaakt door de productie van voeder (Vellinga, Blonk, Marinussen, van Zeist & Starmans, 2013), en EcolInvent, levenscyclus data van overige inputs, (EcolInvent, 2019). Aannames over emissie/vervuiling en benodigde inputs van het vee (mest-emissie, pensfermentatie) zijn vaak gebaseerd op de IPCC guidelines (IPCC, 2006).

3. Beoordeling van impact: *Resultaten kort en bonding*

De berekende impact van het product wordt in deze fase geëvalueerd. Dit gebeurt in twee subfasen; classificatie en karakterisatie. Deze fase is vooral belangrijk bij het hebben van meerdere impact-categorieën.

1. Classificatie: De materiaal en energiestromen worden geëvalueerd per impact categorie; bijvoorbeeld, welke stromen dragen bij aan klimaatverandering, welke aan eutrofiëring en welke aan fossiel energie gebruik.
2. Karakterisatie: De bijdrage van elke indicator wordt bekeken. Hoeveel (delen van) het productieproces bij draagt aan bepaalde milieu-impacten, uitgedrukt per functionele eenheid.

4. Interpretatie van de resultaten: *Discussie/Conclusie*

De data inventarisatie en de impact beoordeling worden samen bekeken. De gevonden resultaten worden geïnterpreteerd en de doelen van de studie worden uitgewerkt.

4.2 Kunstmest

Aannames

Tabel A1.a: Data gebruikt voor emissieberekening van kunstmest (1: melkveehouder; 2: IPCC, 2006)

	Kunstmest
N2O - Productie/hoeveelheid	19921 kg N/jaar (1)
N2O - Emissiefactor	N2O from synthetic fertilizer application = 0,0125 kg N2O-N/kg N applied (2)
N2O - Emissiefactor voor productie	2,95 kg CO2-eq/kg N (2)

Berekeningen

Tabel B1.a: CO2-eq uitstoot van kunstmestproductie. De emissiefactor 2,95 kg CO2-eq/kg N is gebruikt.

Hoeveelheid (kg N/jaar)	Totale emissie (kg CO2-eq/jaar)
19921	58766,95

Tabel B1.b: Berekening van kg N2O-N/ha kunstmestgebruik. De emissiefactor 0,0125 is gebruikt.

	Land (ha)	Hoeveelheid (kg N/jaar)	Hoeveelheid (kg N/ha/jaar)	Emissie (kg N2O-N/ha)
Kunstmest	120	19921	166,008333	2,07510467

Tabel B1.c: De kg N2O-N/ha uit tabel B1.b is omgerekend naar kg N2O per farm. De molaire massa is hiervoor gebruikt (*44/28).

	N2O emissie (kg N2O-N/ha)	N2O emissie (kg N2O-N/farm)	N2O-emissie (kg N2O/farm)
Kunstmest	2,075	249,013	391,305

Tabel B1.d: Totale CO2-eq uitstoot van kunstmest.

	kg N2O/farm	kg CO2-eq uitstoot/farm
Kunstmestproductie		58766,95
Kunstmestgebruik	391,305	116608,89
TOTAAL		175375,84

4.3 Mest

Aannames

- De mest die wordt geproduceerd wordt volledig op eigen land uitgereden. Het wordt opgeslagen op twee manieren; in de stal van de melkkoeien wordt mest opgevangen als drijfmest, de stal met jongdieren levert vaste mest op.
- Wij gaan er vanuit dat de data in het excelbestand van de LCA overeenkomt met de IPCC guidelines, omdat het bij beide gaat om een Nederlandse Melkveehouderij. Dit is een versimpelde indicatie van de werkelijkheid.

Tabel A2a: Data gebruikt voor emissieberekening van mest (1: RVO 2018, 2: CBS 2017, 3: Koch Eurolab 2019, 4: IPCC, 2008).

	Kalveren (vaste mest)	Koeien (drijfmest)
N2O - Productie/hoeveelheid	<1 jaar = 3,3 m3/dier/jaar (1) >1 jaar = 7,05 m3/dier/jaar (1) → cijfers doorgetrokken als jaarcijfers	28000 kg/dier/jaar (2) → inclusief mest buiten de stal.
N2O - Mest eigenschappen	Soortelijk gewicht = 0,9 (3)	Soortelijk gewicht = 1 (3)
N2O - N-content	N-content = 4 kg N/ton mest (1)	N-content is 6,4 kg N/ton mest (1)
N2O - Emissiefactor	N2O from manure application = 0,0125 kg N2O-N/kg N applied (4)	N2O from manure application = 0,0125 kg N2O-N/kg N applied (4)
CH4 - emissie van mest management	CH4 emissie kalveren = 6 en 5 kg CH4/dier/jaar (4)	CH4 emissie koeien = 21 kg CH4/dier/jaar (4)

Berekeningen

N₂O

Tabel B2.a: Berekening Kg N₂O-N/ha vaste mest en drijfmest. De emissiefactor (van N naar N₂O-N) van 0,0125 kg N₂O-N/kg N applied is gebruikt.

	Land (ha)	Hoeveelheid (m ³ /dier/jaar)	Hoeveelheid (L/dier/jaar)	Soortelijk gewicht (kg/L)	Hoeveelheid (kg/dier/jaar)	Hoeveelheid (kg/farm/jaar)
Vaste mest kalveren < 1	120	3,3	3300	0,9	2970	178200
Vaste mest kalveren > 1	120	7,05	7050	0,9	6345	380700
Drijfmest melkkoeien	120				28000	4900000

Vervolg tabel B2.a.

	Hoeveelheid (ton/jaar)	N content (kg N/ton mest)	N content (kg N/jaarlijkse mest)	Emissie (kg N ₂ O-N/farm)	Emissie (kg N ₂ O-N/ha)
Vaste mest kalveren < 1	178,2	4	712,8	8,91	0,07425
Vaste mest kalveren > 1	380,7	4	1522,8	19,035	0,158625
Drijfmest melkkoeien	4900	6,4	31360	392	3,26667

Tabel B1.b: De kg N₂O-N/ha uit tabel B2.a en is omgerekend naar kg N₂O per farm. De molaire massa is hiervoor gebruikt (*44/28).

	N ₂ O emissie (kg N ₂ O-N/ha)	N ₂ O emissie (kg N ₂ O-N/farm)	N ₂ O-emissie (kg N ₂ O/farm)
Vaste mest	0,23288	27,945	43,914
Drijfmest	3,267	392,000	616,000
	3,49988	356.945	659,914

CH4

Tabel B1.d: Berekening van hoeveelheid CH4 in kg/farm/jaar.

	Aantal dieren	Emissie van mest management (kg CH4/dier/jaar)	CH4 emissie (kg CH4/farm/jaar)
Melkkoeien	175	21	3675
Kalveren > 1 jaar	60	6	360
Kalveren < 1 jaar	60	5	300
			4335

Totale CO2-eq uitstoot

$(659,914 * 298) + (4335 * 25) = 305029,372$ kg CO2-eq uitstoot.

4.4 Enterische fermentatie

Aannames

- Kalveren krijgen enkel pens startbrok, mais en gras (melkveehouder, 2019). Hierdoor komt het grasrantsoen te hoog uit, om aan de voederbehoefte te voldoen. Kunstmelk wordt niet meegerekend wegens ontbreken van data.

Tabel A3.a: Data gebruikt voor de berekening van CO2-eq uitstoot van enterische fermentatie.

Waardes gebaseerd op inkoopcijfers, productie en persoonlijke communicatie melkveehouder (2019).

Gras-rantsoen berekend via tabel B3.a t/m B3.d. (1: CVB, 2018; 2: Voederproducent s; 3: Wageningen Livestock Research, 2016).

	Kilogram droge stof per dier per dag	Droge stof gehalten	VEM waardes/ kg droge stof (1,2,3)
Rantsoen van Jongvee			
Pensstart brok	0,9		889
Mais	0,31		1006
Gras	3,54		
Rantsoen van Melkvee			
Glucobrok Maxi	4,84		889
Snijmais Kuil	4,62		1056
Voederbiet	0,57		821
Bierbostel	3,64		1207
Tarwegist	0,45		1006
Gras	1,38		

Berekeningen

Tabel B3.a: Berekening van alle delen van het rantsoen, behalve gras.

	VEM	Rantsoen (kg DS/koe/dag)	DS gehalte (%)	Rantsoen (kg DS/kalf/dag)	VEM/koe/dag	VEM/kalf/dag
Concentraat koe	985,507	4,84			4769,9	
Concentraat kalf	956,521			0,9		860,870
Maïs	889	4,62		0,308	4107,2	273,812
Voederbiet	1056	0,57			601,9	
Tarwegist	1207	0,45			543,2	
Bierbosel	821	3,64			2988,4	
Melk						
Gras	1204		16,3		x	x
TOTAAL					13010,5	1134,682

Tabel B3.b: Berekening van het deel van gras binnen het rantsoen.

	VEM/koe/dag	VEM/kalf/dag
VEM/koe/dag	14670,7	5400
VEM (alles behalve gras)	13010,5	1134,682
VEM gras (=x uit tabel B2.a)	1660,2	4265,318

Tabel B3.c: Berekening van hoeveelheid gras per dier per dag.

	Hoeveelheid DS gras (VEM behoefte gras/VEM per kg DS gras)	Hoeveelheid gras (kg/dier/dag)
Koe	1,379	8,459
Kalf	3,543	21,734

Tabel B3.d: Berekening van de totale hoeveelheid gras gegeten door alle dieren per jaar.

	Hoeveelheid DS gras (ton/dieren/jaar)	Hoeveelheid gras (ton/dieren/jaar)
175 Koeien	88,075	540,337
120 Kalveren	155,167	951,281
TOTAAL (koe+kalf)	243,24	1492,281295

Tabel B3.e: Berekening van kg CO2-eq uitstoot enterische fermentatie.

	Opbrengst (ton)	DS gehalte (%)	DS opbrengst (ton)	DS opbrengst (ton) (10% verlies)	Ingekocht (kg/jaar)	Ingekocht (kg DS/jaar)	Bruto Energie (MJ/kg DS)	Bruto Energie (MJ/jaar)
Concentraat kalf		90,0			43800	39420	18,3	721386
Concentraat koe		90,0			343529,41	309176	18,27	5648654,1 2
Voederbiet	225	17,9	40,275	36,2475			15,6	565461
Maïs	1095	30,0	328,5	295,65			18,7	5528655
Bierbostel		91,0			255500	232505	19,7	4580348,5
Tarwegist		26,5			109500	29017,5	20,5	594858,75
Gras		16,3			1492281,3	243241,85	18,67	4541325,36

Vervolg tabel B3.e.

	Bruto Energie (MJ/jaar/koe)	Bruto Energie (MJ/jaar/kalf)	Emissiefactor (kg CH4/koe/jaar)	Emissiefactor (kg CH4/kalf/jaar)	Emissiefactor (kg CH4/farm/ jaar)	CO2-eq (kg/farm/jaar)
Concentraat kalf		6011,550		7,022	842,589	21064,730
Concentraat koe	32278,024		37,701		6597,709	164942,730
Voederbiet	3231,206		3,774		660,467	16511,664
Maïs	30149,743	2103,750	35,215	2,457	6457,549	161438,713
Bierbostel	26173,420		30,571		5349,913	133747,822
Tarwegist	3399,193		3,970		694,804	17370,089
Gras	9342,155	24220,402	10,912	28,290	5304,333	132608,333
TOTAAL					25907,363	647684,082

4.5 Voederproductie

Aannames

- We gebruiken FeedPrint om de CO₂-eq uitstoot van off-farm geproduceerde voederproducten te berekenen. Feedprint is een database waarin de kg CO₂-eq uitstoot is weergegeven van de productie per ton product.
- In FeedPrint is economische allocatie gebruikt. De voedermiddelen zijn ingevoerd en de totale impact van cultivatie, transport en productie zijn meegenomen.
- De allocatie gebruikt in de data overhandigd door voederproducent zijn onbekend.
- We nemen LandUseChange niet mee in de CO₂ impact uit Feedprint.

Tabel A4.a: Data gebruikt voor emissieberekening van voederproductie (1: Melkveehouder, 2019 2: Voederproducent, 2019 3: FeedPrint, 2019)

Concentraat kalf	Kalfjes krijgen 2 kg pensstartbrokken per dag. (1) Dit komt neer op $2 \cdot 120 \cdot 365 = 43800$ kg per jaar CO ₂ -eq is 1284 gram / kilo product. (2) Dit is gelijk aan 1284 kg CO ₂ -eq /ton product.
Concentraat koe	Er wordt 8000 kg Maximabrok Gluco gevoerd per 8/9 dagen aan 175 melkkoeien. (1) Dit komt neer op $(365/8,5) \cdot 8000 = 343529,41$ kg Maximabrok Gluco per jaar. CO ₂ -eq is 846 gram / kilo product. (2) Dit is gelijk aan 846 kg CO ₂ -eq /ton product. (2)
Bierbostel	Er wordt 700 kg bierbostel gevoerd per dag. (1) Dit komt neer op $700 \cdot 365 = 255500$ kg per jaar. Kg CO ₂ -eq uitstoot per ton product is gelijk aan 6. (3)
Tarwegist	Er wordt 300 kg tarwegist gevoerd per dag. (1) Dit komt neer op $300 \cdot 365 = 109500$ kg per jaar. Kg CO ₂ -eq uitstoot per ton product is gelijk aan 6 (3)

Feedprint is een database waarin de kg CO₂-eq uitstoot is weergegeven van de productie per ton product. In FeedPrint is economische allocatie gebruikt.

Berekeningen

Tabel B4.a: Kg CO₂-eq per farm per jaar berekend van de productie van de ingekochte voerproducten.

	Ingekocht (kg/jaar)	Ingekocht (ton/jaar)	CO ₂ -eq (kg/ton product)	CO ₂ -eq (kg/farm/jaar)
Concentraat kalf	43800	43,8	1284	56239,2
Concentraat koe	343529,41	343,5294	846	290625,8824
Bierbostel	255500	255,5	6	1533
Tarwegist	109500	109,5	6	657
				349055,0824

4.6 Energieproductie

Aannames

Energie (input & verbranding)

- Om de impact van de benodigde energie te berekenen gebruiken we jaarcijfers of schattingen van 2018 en 2019 die ons is aangereikt door de melkveehouder. Dit elektriciteit, gas en diesel verbruik zijn terug te halen op boerderij level. Er is ervoor gekozen geen onderscheid te maken in verbruik tussen verschillende processen (melken, verwerking, oogst, etc), om de berekening simpel en haalbaar te houden.
- energiekosten voor processen die wij verder niet meenemen, zitten wel in de cijfers van totaal energieverbruik (bijvoorbeeld: verwerking van melk)
- Productie van propaangas is CO2 gecompenseerd (<https://www.okgas.nl/>), dit is niet meegenomen in de LCA.

Tabel A5.a: Data gebruikt voor emissieberekening van energieproductie (1: Melkveehouder 2: IPCC, 2006 3: CO2 Emissiefactoren, 2019 ; 4: CBS, 2018 (4 personen/150-250m2).

Propaan Gas	8361L/jaar (1) Er is geen onderscheid gemaakt in privégebruik en bedrijfsvoering. Emissiefactoren: 0,195 kg CO2-eq / L (3)
Diesel	20000L/jaar waarvan 4000L/jaar voor privé gebruik. (1) Dat betekent 16000L/jaar voor bedrijfsvoering. Emissiefactoren: 0,0215 kg CO2/L (2) 0,0019 kg CH4/L (2)
Elektriciteit	Totale elektriciteitsbehoefte = 131384 kWh/jaar (1) Gemiddeld energieverbruik huishouden = 4445 kWh/jaar (4) Opwekking met 120 eigen zonnepanelen = 7100 kWh/jaar (1) Elektriciteitsbehoefte voor bedrijfsvoering = 131384 - 4445 - 7100 = 119839 kWh/jaar Emissiefactoren: 0,093 kg CO2/kWh (2) 0,01 kg CH4/kWh (2)

Berekeningen

Tabel B5.a: Weergave energieverbruik melkveehouderij.

Diesel (L/jaar)	Gas (L/jaar)	Elektriciteit (kWh/jaar)
16000	8361	119839

Tabel B5.b: Weergave van kg CO2 per unit geproduceerde diesel en elektriciteit. De CO2-eq uitstoot per L gas is ook weergegeven.

	Diesel (L)	Gas (L)	Elektriciteit (kWh)
CO2 (kg/unit)	0,0215		0,093
CH4 (kg/unit)	0,0019		0,01
N2O (kg/unit)	0		0
CO2-eq (kg/unit)		0,195	

*Tabel B5.c: Weergave van de broeikasgasemissie van energieproductie.
Gegevens uit tabel B5.a zijn vermenigvuldigd met gegevens uit tabel B5.b.*

	Diesel	Gas	Elektriciteit
kg CO2/farm/jaar	344		11145,027
kg CH4/farm/jaar	30,4		1198,39
kg N2O/farm/jaar	0		0
kg CO2-eq/farm/jaar		1630,396	

Tabel B5.d: Weergave van de totale CO2-eq uitstoot van energieproductie.

	Diesel	Gas	Elektriciteit
CO2 (kg)	344		11145,027
CH4 (kg)	30,4		1198,39
N2O (kg)	0		0
CO2-eq (kg)	1104	1630,396	41104,777
Totaal CO2-eq (kg)			43839,172

4.7 Energiegebruik

Aannames

Tabel A6.a: Data gebruikt voor emissieberekening van energiegebruik (1: Melkveehouder 2: IPCC, 2006 3: CO2 Emissiefactoren).

Propan Gas	Verbranding	8361L/jaar (1) Er is geen onderscheid gemaakt in privégebruik en bedrijfsvoering. Emissiefactoren: 1,53 kg CO2-eq / L (3)
Diesel	Verbranding	20000L/jaar waarvan 4000L/jaar voor privé gebruik. (1) Dat betekent 16000L/jaar voor bedrijfsvoering. Emissiefactoren: 0,0215 kg CO2/L (2) 0,0019 kg CH4/L (2)

Berekeningen

Tabel B6.a: Weergave van de broeikasgas uitstoot per gebruik van 1 L diesel en de CO2-eq uitstoot per gebruik van 1 L gas.

	Diesel (L)	Gas (L)
CO2 (kg/unit)	0,0215	
CH4 (kg/unit)	0,0019	
N2O (kg/unit)	0	
CO2-eq (kg/unit)		1,53

Tabel B6.b: Weergave van de totale CO2-eq uitstoot van energiegebruik. Gegevens uit tabel B6.a zijn vermenigvuldigd met gegevens uit tabel B5.a.

	Diesel	Gas
CO2 (kg)	344	
CH4 (kg)	30,4	
N2O (kg)	0	
CO2-eq (kg)	1104	12792,33
Totaal CO2-eq (kg)		13896,33

4.8 Functionele eenheid

De functionele eenheid is berekend volgens de volgende formule:

$FPCM = (0,337 + 0,116 * \text{vetpercentage} + 0,06 * \text{eiwitpercentage}) * \text{aantal L melk per jaar}$

Vetpercentage van de melk = 4,1%

Eiwitpercentage van de melk = 3,64%

Het aantal liters geproduceerde melk is 175 koeien * 9000 L melk/koe/jaar = 1575000

$FPCM = (0,337 + 0,116 * 4,1 + 0,06 * 3,64) * 1575000 = 1623825 \text{ kg.}$

1 L melk = 1 kg melk