

Naar een klimaatvriendelijke biologische Voedselketen

Verkenning van mogelijkheden voor de Nederlandse biologische landbouw

bioKennis
voor biologische agroketens

Wijnand Sukkel



Naar een klimaatvriendelijke biologische voedselketen

Verkenning van mogelijkheden voor de Nederlandse biologische landbouw

Wijnand Sukkel

© 2010 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO)

Alle intellectuele eigendomsrechten en auteursrechten op de inhoud van dit document behoren uitsluitend toe aan de Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO). Elke openbaarmaking, reproductie, verspreiding en/of ongeoorloofd gebruik van de informatie beschreven in dit document is niet toegestaan zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van DLO.

Voor nadere informatie gelieve contact op te nemen met: DLO in het bijzonder onderzoeksinstituut Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Akkerbouw Groene ruimte en Vollegrondsgroenten.

DLO is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

PPO Publicatienr.402

Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht van het Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie (EL&I).



Ministerie van Economische Zaken,
Landbouw en Innovatie

Projectnummer: 3250099411

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, onderdeel van Wageningen UR Business Unit Akkerbouw, Groene ruimte en Vollegrondsgroenten

Address : Postbus 430, 82200 AA LELYSTAD
: Edelhertweg 1, 8219 PH LELYSTAD
Tel. : +31 320 29 11 11
Fax : +31 320 23 04 79
E-mail : info.ppo@wur.nl
Internet : www.ppo.wur.nl

Inhoudsopgave

Pagina

SAMENVATTING.....	5
1 INLEIDING	9
2 AMBITIES, EMISSIEBRONNEN EN STERKTEN/ZWAKTEN	11
2.1 Ambities biologische landbouw	11
2.2 Belangrijkste bronnen van broeikasgasemissie in de voedselketen.....	12
2.3 Zwakke punten biologische landbouw	16
2.4 Sterke punten (biologische) landbouw	18
2.5 Beïnvloedbaarheid emissies	19
2.6 Aandachtspunten en kansen	21
3 VOLLEDIG KLIMAATNEUTRAAL, IS HET MOGELIJK VOOR DE BIOSECTOR?	25
3.1 Definitie Klimaatneutraal	25
3.2 Berekening broeikasgasemissies	26
3.3 Emissiereductie en compensatie: naar een netto nul emissie van broeikasgassen.....	29
3.4 Emissiereductie of compensatie door direct fossiel energieverbruik.....	31
3.5 Emissiereductie van directe emissies van methaan en lachgas	32
3.6 Emissiereductie via veevoer	33
3.7 Emissiereductie via beperking verliezen en efficiëntieverbetering	34
3.8 Emissiereductie en compensatie door verandering voorraden organische stof.....	34
3.9 Compensatie van bedrijfsemissies.....	35
4 REKENVOORBEELDEN	37
4.1 Biologische akkerbouw/groentebedrijven.....	37
4.2 Biologische melkveehouderij.....	38
4.3 Biologische varkenshouderij.....	39
LITERATUUR.....	41

Samenvatting

De biologische sector wil zichzelf doelen stellen voor haar bijdrage aan de vermindering van de oorzaken van klimaatverandering. Hiervoor is een helder inzicht nodig in de huidige bijdrage van (biologische) landbouw aan klimaatverandering en in de daaruit voortvloeiende aandachtspunten en kansen van biologische landbouw op dit terrein. Daarnaast dient de betekenis van het begrip klimaatneutraal duidelijk zijn en is inzicht gewenst in de mogelijkheden voor biologische landbouw om klimaatneutraal te produceren.

Op basis van een analyse van:

- de ambities van de biologische landbouw op het thema klimaat,
 - de belangrijkste emissie bronnen en de beïnvloedbaarheid hiervan,
 - een sterkte/zwakte analyse van biologische landbouw op het thema klimaat,
- worden een aantal kansen en aandachtspunten voor verbetering van de prestatie van biologische landbouw op het thema klimaat geformuleerd.

De ambities van biologische landbouw richten zich in de eerste plaats op direct fossiel energieverbruik, vervolgens op instandhouding van organische stof gehalte in de bodem en op indirect energieverbruik door transport en verpakkingen. Verder moet voedselderving zoveel mogelijk worden voorkomen.

Kijkend naar de belangrijkste emissiebronnen in de landbouw blijkt dat:

- Bij broeikasgasemissies in de voedselketen zowel de primaire productie, de keten van producent tot consument en de consument in aanmerking moeten worden genomen
- Vooral voor de primaire productie in de landbouw is niet alleen het fossiel energieverbruik maar ook methaan- en lachgasemissie relevant om in aanmerking te nemen bij de emissiereductie van broeikasgassen.
- Veranderingen in de opgeslagen voorraad koolstof in vegetatie en de bovenste meter van de bodem spelen een belangrijke rol in het totaal van de emissie van broeikasgassen naar de atmosfeer.

Deze genoemde emissiebronnen verschillen in de mate waarop er invloed op uitgeoefend kan worden. Elektriciteitsverbruik op basis van fossiele energie is relatief eenvoudig geheel te vermijden. Het fossiele brandstofverbruik op het bedrijf zelf is op de korte termijn vrij beperkt te verminderen, op de langere termijn zijn er meer mogelijkheden in het type brandstof of energiebron.

Methaanemissies veroorzaakt door de spijsvertering van vee is slechts zeer beperkt beïnvloedbaar, de stal- en mestopslag emissies van methaan en lachgas bieden meer kans voor reductie. Lachgasemissies uit de bodem zijn potentieel redelijk beïnvloedbaar. Ook de opgeslagen voorraden organische stof in bodem en vegetatie kunnen door management worden beïnvloed.

Zwakke punten van biologische landbouw zijn vooral de lagere opbrengsten c.q. lagere productie-efficiëntie zodat de emissie per eenheid product soms hoger uitvalt dan in de gangbare landbouw. Daarnaast geeft het werken met organische mest risico's op methaan en lachgasemissies. Verder zijn de dierlijke emissies in de biologische landbouw minder makkelijk te controleren door de verplichting van buitenuitloop.

Sterke punten van biologische landbouw zijn de aandacht voor duurzaam bodembeheer en hiermee samenhangend de potentieel hogere koolstofopslag en lagere lachgasemissie. Daarnaast heeft de biologische landbouw per hectare al een relatief lage broeikasgasemissie. Ook worden veel nieuwe kansen gecreëerd en nieuwe technieken uitgetoetst en toegepast door de hoge innovatiekracht van de sector. Op basis van voorgaande worden kansen en aandachtspunten geformuleerd.

Kansen, aangrijpingspunten voor vermindering bedrijfsemissie:

Vermindering van elektriciteitsverbruik uit fossiele energie.

Een optie die op de meeste bedrijven relatief makkelijk te realiseren is door vooral eigen elektriciteitsproductie. Levert een relatief grote bijdrage aan de vermindering van de emissie (akkerbouw/ groenteteelt en melkveehouderij) en sluit ook aan bij de geformuleerde ambities van de sector zelf.

Beïnvloeding veranderingen in de koolstofvoorraad.

Kan een belangrijke bijdrage leveren aan de vermindering van emissie. Sluit aan bij de ambities van de

biologische sector. Is relatief goed beïnvloedbaar en heeft ook positieve invloed op andere duurzaamheidsaspecten. Past verder goed bij de sterke punten van biologische landbouw.

Lachgasemissie uit de bodem

Kan een belangrijke bijdrage leveren aan de vermindering van emissie. Is redelijk beïnvloedbaar. Wordt niet als speerpunt genoemd in de ambities van de biologische landbouw. Sluit echter goed aan bij al bestaand biologisch management.

Aandachtspunten; hoge bedrijfsemissies die relatief moeilijk te verminderen zijn

Emissies door fossiel brandstofverbruik voor transport/mechanisatie

Is een relatief belangrijke bron in de akkerbouw/groenteteelt en in de keten na de primaire productie. Speelt in meer of mindere mate in de gehele voedselketen en voor alle sectoren. Voor de meeste toepassingen is nog geen goede alternatieve brandstofbron beschikbaar. Vermindering gebruik sluit aan bij de ambities van de biologische sector.

Emissies van CO₂ door fossiel energiegebruik in de glastuinbouw

Is veruit de belangrijkste emissiebron voor de (verwarmde) kasteelt. De emissie is op korte termijn nog moeilijk sterk te verlagen. Vormt een belangrijk afbreukrisico voor biologische glastuinbouw.

Emissieverlaging van CO₂ door fossiele brandstof sluit aan bij de ambities van de biologische sector.

Indirecte emissies in de veehouderij door veevoer

Hoogste bijdrage in het totaal van de broeikasgasemissies in vooral de varkenshouderij. Speelt in alle veehouderij sectoren. Zorgt voor zowel CO₂ emissie door fossiel brandstofverbruik, CO₂ emissie door landgebruik en lachgasemissie in de teelt. Is ook (in combinatie met een hoge voederconversie) oorzaak van hogere broeikasgasemissies in vergelijking met gangbaar. Vermindering van deze emissiebron sluit ook aan bij ambities biologische sector.

Verhoging van emissies door lage opbrengsten en productderving

Belangrijke factor die de emissie per kg product sterk kan verhogen. Is in de biologische primaire plantaardige productie de belangrijkste oorzaak van de hogere emissie per kg product in vergelijking met gangbare productie. Lage opbrengsten in de primaire productie wordt niet specifiek als aandachtspunt genoemd in de ambities van biologische landbouw.

Mestmanagement

Levert een gemiddelde bijdrage aan de totale emissie (zowel via lachgas als methaan). Kan ook bron van energieproductie zijn. Beperking van de emissie is matig tot redelijk mogelijk. Wordt niet genoemd in de ambities van de biologische landbouw.

Het begrip klimaatneutraal wordt op verschillende manieren te pas en te onpas gebruikt. Klimaatneutraal wordt hier gedefinieerd als:

Klimaatneutraal betekent dat – via een transparant proces van het vaststellen van emissies, reductie van deze emissies en compensatie van de overblijvende emissies - de netto berekende broeikasgasemissies gelijk zijn aan nul.

De definitie geeft aan dat bij de claim klimaatneutraal, het helder moet zijn waar het begrip betrekking op heeft en hoe het wordt berekend. Daarnaast biedt de definitie ruimte voor het compenseren van emissies, het zorgen voor vermindering van broeikasgasemissies elders en het verrekenen hiervan met de eigen broeikasgasemissies.

Aan de berekeningen van broeikasgasemissies zitten de nodige haken en ogen. Voor de biologische landbouw ontbreken bijvoorbeeld specifieke emissiefactoren. Ook hebben een aantal berekende emissies nog een grote foutmarge, zoals de broeikasgasemissie veroorzaakt door veranderingen in de voorraad in organische stof opgeslagen koolstof. Voortschrijdend inzicht zal de calculaties voortdurend verbeteren. De berekeningen verschaffen echter een goede basis voor inzicht in de belangrijkste emissieposten voor een sector c.q. bedrijf.

Op basis van de gehanteerde definitie is de biologische, evenals de gangbare landbouw niet klimaatneutraal. Er zijn voldoende aangrijpingspunten om de emissies sterk te verminderen. Voor volledig klimaatneutraal is er echter de nodige compensatie nodig door eigen energieproductie of extra opslag van koolstof in de bodem of vegetatie. Een aantal rekenvoorbeelden voor verschillende sectoren geven aan wat de potentie is van maatregelen voor reductie van de broeikasgasemissies in een bepaalde sector.

1 Inleiding

De biologische sector wil zichzelf doelen stellen voor haar bijdrage aan de vermindering van de oorzaken van klimaatverandering. Hiervoor is een helder inzicht nodig in de huidige bijdrage van (biologische) landbouw aan klimaatverandering en in de daaruit voortvloeiende aandachtspunten en kansen van biologische landbouw op dit thema.

Om deze reden is eind 2009 door de Bioconnect Themawerkgroep Energie en Broeikasgassen aan de Wageningen University and Researchcentre gevraagd om in een korte verkenning de belangrijkste aandachtspunten in kaart te brengen om te komen tot een meer klimaatvriendelijke biologische landbouw.

Voor dit doel zijn in de onderliggende notitie de volgende vragen uitgewerkt:

- Wat zijn de belangrijkste emissiebronnen in de (biologische) landbouw?
- Wat zijn de eigen ambities van de biologische landbouw op het terrein van klimaat?
- In hoeverre zijn de belangrijkste emissies in de biologische landbouw beïnvloedbaar?
- Wat zijn de sterke en zwakke punten van biologische landbouw bij de emissies van broeikasgassen?

Op basis van de beschikbare informatie over de voorliggende vragen zijn een aantal aandachtspunten en kansen voor een klimaatvriendelijker biologische landbouw uitgewerkt.

Vervolgens wordt ingegaan op de mogelijkheden van emissiereductie en het realiseren van een klimaatneutrale biologische (vooral primaire) productie.

Er is geen eenduidige definitie en begrip van de term klimaatneutraal. In de praktijk is het gebruik van de term inconsistent, vaag en soms misleidend. Het wordt door vele partijen geclaimd voor systemen, processen of producten. De waarde en waarheid van deze claims zijn echter sterk afhankelijk van de gekozen definitie, de systeemaafbakening en de betrouwbaarheid van de gehanteerde aannames en data. Dit alles leidt tot misleidende verwijzingen naar klimaatneutraliteit en naar beschuldigingen van 'window dressing'.

Hiervoor zijn de volgende vragen uitgewerkt:

- Hoe kan het begrip klimaatneutraal worden gedefinieerd?
- Hoe kan, uitgaande van de gebruikte definitie(s), klimaatneutraliteit worden vastgesteld?
- Is, uitgaande van de gebruikte definitie(s), klimaatneutraal haalbaar voor de biologische sector?
- Wat zijn de mogelijkheden om in biologische landbouw en voedselsystemen tot een klimaatneutraal systeem te komen?

Voor een beter inzicht in deze complexe materie worden vervolgens een aantal rekenvoorbeelden uitgewerkt die inzicht verschaffen in de mogelijkheden van een klimaatneutrale biologische landbouw voor een aantal verschillende sectoren.

2 Ambities, emissiebronnen en sterkten/zwakten

Er zijn verschillende uitgangspunten mogelijk voor een analyse van grootste uitdagingen van de biologische landbouw voor een meer klimaatvriendelijke voedselketen. De uitdagingen worden beschreven aan de hand van de volgende analyses:

- welke uitdagingen liggen er op de weg naar de invulling van de eigen ambities
- wat zijn de grootste veroorzakers van emissie van broeikasgassen in de biologische landbouw
- wat zijn de zwakke en sterke punten van biologische landbouw in relatie tot klimaat

Deze drie benaderingen worden in de volgende paragrafen uitgewerkt.

2.1 Ambities biologische landbouw

De ambities van de biologische landbouw op het thema klimaat zijn afgeleid van de 'position paper' die is opgesteld door de Bioconnect Themawerkgroep Energie en Broeikasgassen. De hierin verwoorde ambities luiden als volgt:

De hoofddoelstelling is dat in 2020 op biologische landbouwbedrijven netto geen fossiele brandstoffen meer worden gebruikt. *Netto* wil zeggen dat het eventuele gebruik van fossiele brandstoffen volledig wordt gecompenseerd met productie van elektriciteit en warmte uit hernieuwbare bronnen. Dit doel kan worden bereikt door energiebesparing, door duurzame energie af te nemen of zelf te produceren.

Verder zet de biologische sector in op de volgende onderwerpen:

1. De biologische landbouw neemt zo spoedig mogelijk maatregelen om een verdere afname van het organisch stofgehalte in de bodem stop te zetten.
2. In de biologische voedselketen worden in 2020 de producten op de markt gebracht met volledige compensatie van broeikasgasemissies als gevolg van energieverbruik. Daarbij kunnen ketenpartijen gebruik maken van elkaars inspanningen.
3. In 2020 wordt in de biologische voedselketen alleen groene stroom gebruikt, die al dan niet op het eigen bedrijf wordt geproduceerd.
4. De biologische sector streeft er naar om transportafstanden van voedsel en veevoer en zijn ingrediënten in te dammen. Daartoe heeft ze 2 idealen:
 - a. Idealiter is in 2020 al het in de biologische landbouw gebruikte krachtvoer en zijn ingrediënten afkomstig uit Europa.
 - b. Idealiter komen in 2020 biologische voedselproducten die in Nederland verhandeld worden voor 80% uit Europa. Voor zover producten uit andere werelddelen aangevoerd worden, worden vervoersmiddelen gebruikt die per kilogram product een zo laag mogelijke belasting van het milieu geven.
5. Gezocht wordt naar een betere afstemming van vraag en aanbod van biologische producten om zo tot minder voedselderving te komen.
6. Voor verpakking van biologische producten wordt materiaal gekozen met een gunstig energie- en klimaatprofiel; er is een voorkeur voor recyclebaar materiaal.

De ambities richten zich dus in de eerste plaats op het fossiele energieverbruik. Hierbij in de eerste plaats het directe verbruik in de primaire productie en in de tweede plaats het verbruik door vooral transport. Daarnaast wordt indirect energieverbruik door verpakkingen genoemd. De ambities voor het fossiele energieverbruik richten zich niet alleen op de primaire productie maar ook op de totale voedselketen.

Als tweede punt wordt genoemd de instandhouding van het organische stof gehalte van de bodem en

hiermee het voorkomen van CO₂ emissie door afbraak van organische stof in de bodem. Als derde en vierde punt worden voedselderving en verpakkingen genoemd.

Conclusie: *De ambities van biologische landbouw richten zich in de eerste plaats op direct fossiel energieverbruik, vervolgens instandhouding van organische stof gehalte in de bodem en op indirect energieverbruik door transport en verpakkingen. Verder moet voedselderving zoveel mogelijk worden voorkomen.*

2.2 Belangrijkste bronnen van broeikasgasemissie in de voedselketen

De belangrijkste bronnen van broeikasgasemissie verschillen sterk per sector of ketenonderdeel. Voor een analyse van de belangrijkste bronnen dienen dan ook per sector de belangrijkste emissiebronnen te worden verkend.

Er zijn twee benaderingswijzen voor het toerekenen van broeikasgassen. Geredeneerd vanuit de consumptie van voedsel of geredeneerd vanuit de productie. Bij het toerekenen vanuit de Nederlandse consumptie zijn ook inbegrepen de geïmporteerde voedselproducten maar niet inbegrepen zijn de geëxporteerde voedselproducten. Bij het toerekenen vanuit de productie worden zowel de emissies van in Nederland afgezette producten als die van geëxporteerde producten meegerekend.

De beschikbare data voor beide berekeningswijzen hebben één belangrijk onderdeel niet inbegrepen. Dit zijn de emissies door veranderingen in de koolstofvoorraad in vegetatie en in de organische stof in de bodem. Dit onderdeel wordt daarom apart behandeld.

De verschillende wijzen van toerekenen geven samen een goed beeld van de broeikasgasemissies in de voedselketen.

Mondiale emissie bronnen door primaire voedselproductie

Bellarby et al (2008) geven in een rapport uitgebracht door Greenpeace een overzicht van de impact van landbouw op klimaat. Het rapport is gebaseerd op wetenschappelijke publicaties en IPCC (International Panel for Climate Change) data en laat zien dat landbouw mondiaal een belangrijke rol speelt in klimaatverandering. Het rapport geeft een inschatting dat landbouw verantwoordelijk is voor tussen de 17 en 32 % van de door de mens veroorzaakte broeikasgasemissies. In tabel 2.1. worden de belangrijkste emissiebronnen weergegeven. Het rapport geeft ook de onzekerheden in de verschillende schattingen. Het totaal van de directe methaan- en lachgasemissies varieert van 10 tot 12% van de mondiale broeikasgasemissie; de productie en verspreiding van meststoffen 0,6 – 1,2%; de bedrijfsvoering 0,2 – 1,8 en veranderingen in landgebruik 6-17%.

Tabel 2.1. Belangrijkste bronnen van de mondiale emissie veroorzaakt door landbouw

bron	Broeikasgasemissie in miljoen ton CO ₂ eq.
Lachgas uit de bodem	2128
Methaan door voedselvertering dieren	1792
Biomassa verbranding	672
Rijstproductie	616
Mest	413
Kunstmestproductie	410
Irrigatie	369
Mechanisatie	158
Productie pesticiden	72
Verandering landgebruik	5900

Belangrijkste bronnen van emissie zijn veranderingen in landgebruik (LULUC, Land Use and Land Use Changes), lachgasemissie uit met stikstof bemeste bodems en methaanemissies van vee. LULUC is verreweg de grootste post maar heeft ook de grootste onzekerheid in de schatting. LULUC is niet alleen de vermindering van de koolstofvoorraad in de vegetatie (bijv. door het kappen van bos) maar vooral de voorraad koolstof die is opgeslagen in de bodem en de strooisellaag. Deze bodemvoorraad neemt nog zeer lange tijd na de verandering (ontginning) in landgebruik af. Akkerbouwgronden bevatten de laagste koolstofvoorraad in de bodem.

Vertaald naar de Nederlandse situatie spelen verbranding van biomassa en rijstproductie nauwelijks een rol en verandering in landgebruik in mindere mate. Maar ook op veel Nederlandse landbouwgronden neemt de voorraad koolstof in de bodem nog steeds af.

CBS verdeling naar sectoren in Nederland

CBS (2010) laat de emissie voor de verschillende Nederlandse sectoren zien (tabel 2.2.). Deze indeling geeft echter alleen de directe emissies weer en niet de indirecte emissies die voedsel gerelateerd zijn. Bijvoorbeeld de productie van kunstmest, of de emissies die gepaard gaan met de productie van veevoer elders in de wereld. Voor primaire productie bedraagt de totale directe emissie (mobiel + stationair) 15% van de Nederlandse emissie. Wanneer de aan voedsel gerelateerde emissies uit de andere sectoren worden meegerekend zoals de energiesector (productie van elektriciteit) en wegverkeer (waarvan naar schatting 30% aan voedsel is gerelateerd) dan komt de voedselgerelateerde emissie in Nederland uit op meer dan 30%.

Kijkend naar de directe emissie (CO₂ eq.) in de primaire productie dan bestaat deze emissie voor 30% uit CO₂ (veroorzaakt door gebruik fossiele brandstof), voor 40% uit methaan en voor 30% uit lachgas.

Opvallend is dat de methaan- en lachgasemissies vooral in de landbouw voorkomen, 60% van de methaanemissies komt voort uit de landbouw en 80% van de lachgasemissies. Voor de biologische landbouw zal de methaanemissie een relatief iets kleiner aandeel hebben in de totale broeikasgasemissie vanwege het kleinere aandeel van dierlijke productie in de totale biologische landbouw.

Methaan komt vooral vrij uit de pensfermentatie van herkauwers en bij mestopslag. Lachgasemissie wordt vooral veroorzaakt door de-nitrificatie van stikstof verbindingen in de bodem.

Tabel 2.2. Broeikasgasemissies in Nederland per CBS sector

Onderwerpen	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ -equivalenten	procentueel (%)
Totaal (stationair + mobiel)	175700	812,97	37,92	207324,4	100
<u>Stationaire bronnen</u>					
Stationaire bronnen in de landbouw	7600	481,83	30,27	28666,21	14
Raffinaderijen	11800	0,93	0,04	11835,17	6
Voedings- en genotmiddelenindustrie	3600	0,73	0,01	3621,23	2
Bouwmaterialenindustrie	2300	0,36	0,01	2311,98	1
Chemische industrie	16100	13,17	3,37	17433,51	8
Basismetalenindustrie	7300	1,19	0,01	7332,73	4
Overige industrie	2800	0,57	0,04	2826,17	1
Huishoudens	18100	16,37	0,24	18580,77	9
Energiesector	52100	41,25	0,45	53265,35	26
Handel, Diensten, Overheid	11000	5,52	0,11	11170,78	5
Milieudienstverlening	2500	246,71	1,91	9236,93	4
Overige stationaire bronnen	800	1,81	0	845,25	0
<u>Mobiele bronnen</u>					
Mobiele bronnen in de landbouw	1300	0,09	0,01	1305,23	1
Wegverkeer	34800	2,17	1,39	35268,47	17
Binnenvaart	700	0,04	0,01	703,98	0
Spoorwegen	100	0,01	0	100,25	0
Luchtvaart	70	0,01	0	70,25	0
Visserij	900	0,06	0,01	904,48	0
Defensie-activiteiten	400	0,04	0,02	406,96	0
Overige mobiele bronnen	1500	0,1	0,01	1505,48	1

Conclusie: Niet alleen fossiel brandstofverbruik maar ook methaan en lachgasemissie spelen in de landbouw een belangrijke rol in de totale broeikasgasemissies in de voedselketen.

Verdeling van emissies vanuit voedselconsumptie

De totale emissie van broeikasgassen veroorzaakt door voedselconsumptie in Nederland wordt geschat op 30% (Nijdam en Wilting, 2003) van de Nederlandse uitstoot door consumptie. De verdeling van de emissies over de verschillende ketenonderdelen werd berekend door Kramer et al (1999). Zie tabel 2.3.

Tabel 2.3. Broeikasgasemissies per ketenonderdeel

	Energie (%)	Broeikasgasemissies (%)
Landbouw	26,5	39
Industrie	21,5	17
Verpakking	5,5	5
Transport	6,5	6
Handel	12	10
Consumptie	28,5	23,5
Afval	-0,5	-0,5
Totaal	100	100

Uit de tabel blijkt dat primaire productie (Landbouw) de belangrijkste bron is. De keten na primaire productie tot de consument draagt in totaal 38% bij. De consumptie (transport voor boodschappen, bewaring, bereiding) 23,5%. Alle drie de ketenonderdelen leveren dus een belangrijke bijdrage!

Behalve in het ketenonderdeel landbouw bepaalt voor alle andere ketenonderdelen het fossiele energieverbruik vrijwel uitsluitend de emissie.

In hoeverre het Nederlands gemiddelde ook representatief is voor biologische productie is niet geheel duidelijk. Gezien de marktaandeelen van de verschillende productgroepen waarbij biologische versproducten

een relatief hoog aandeel hebben, zullen voor biologisch de onderdelen industrie en verpakking waarschijnlijk kleiner zijn.

In het ketenonderdeel transport speelt het wegtransport de belangrijkste rol. Bij de handel speelt koeling een belangrijke rol. Bij consumptie is dit een combinatie van autokilometers, koeling en bereiding. Een andere belangrijke rol die de consument in de totale emissie speelt, maar die niet tot uiting komt in tabel 2.3., is het weggooigedrag. Naar schatting wordt ca 20% van het voedsel door de consument weggegooid. De getallen van Kramer et al (1999) zijn enigszins gedateerd. Voedseltrends zijn meer gemaksvuedsel, kleinverpakking, kant-en-klaar maaltijd en een toename van afhaal/bezorg maaltijden. De voedseltrends in aanmerking nemend is de verwachting dat anno 2010 de broeikasgasemissie in de keten tussen primaire productie en consumptie relatief is toegenomen.

Conclusie: *Bij de broeikasgasemissie in de voedselketen spelen zowel de primaire productie, de keten van producent tot consument en de consument een belangrijke rol.*

Veranderingen van voorraden opgeslagen koolstof

Mondiaal is er ongeveer 1500 Pg (1 Pg = 10^{15} g) organische koolstof (C) in de bovenste meter van de grond opgeslagen. Dit is ongeveer 3 keer de hoeveelheid van de koolstof die in de bovengrondse biomassa is opgeslagen en twee de hoeveelheid koolstof in de atmosfeer (Batjes, 1996; Janzen, 2004). Verliezen van organische koolstof uit de bodem beïnvloeden de hoeveelheid mondiale broeikasgasemissies. Bij de huidige (onzekere) schattingen bedraagt de mondiale emissie door veranderingen in landgebruik tussen de 31 en de 57% van de totale door landbouw veroorzaakte broeikasgasemissie en tussen de 6 en de 17% van de mondiale broeikasgasemissies.

Opslag van koolstof in bodems wordt gepromoot als een strategie om de toenemende hoeveelheid emissies van broeikasgassen naar de atmosfeer te verminderen. (Lal et al., 1998; 2001; Janzen, 2004).

Voor de Nederlandse situatie op biologische akkerbouw bedrijven (gemiddelde bedrijfsvoering van 100 biologische bedrijven) werd op basis van de aanvoer van organische stof en de afbraak van de organische stof in de bodem, een netto vermindering van de C voorraad van 260 kg per hectare per jaar voor de komende 50 jaar berekend (Sukkel et al, 2008). Deze afname terugbrengen tot 0 betekent een verminderde CO₂ emissie die ca 18% bedraagt van de totale emissie per hectare. Bij volledige toepassing van de mogelijkheden van groenbemesters, gewasresten en aanvoer van organische stof en de toepassing van minimale grondbewerking zou er naar schatting in potentie in de komende 50 jaar een toename van 250 tot 500 kg C per hectare per jaar mogelijk zijn. Bij het benutten van de maximale potentie betekent dit ten opzichte van de door Sukkel et al (2008) berekende huidige situatie (260 kg per hectare daling) een aandeel van ruim 50% van de huidige CO₂ emissie per hectare per jaar.

Voor de productie van varkensvoer werd ingeschat (Kool et al, 2009) dat de emissie veroorzaakt door verandering in landgebruik ongeveer even groot is als het totaal van de overige emissies die gepaard gaan met de voerproductie. Per kilogram eindproduct vlees tot en met de slachterij betekent dit een aandeel in de totale broeikasgasemissies van ruim 30%.

Conclusie: *Veranderingen in de opgeslagen voorraad koolstof in vegetatie en de bovenste meter van de bodem spelen een belangrijke rol in het totaal van de emissie van broeikasgassen naar de atmosfeer.*

Belangrijkste emissies in de primaire productie per Nederlandse sector

Wanneer ingezoomd wordt op het primaire productiebedrijf dan zijn de belangrijkste emissiebronnen (zie ook NB onderaan deze paragraaf) voor de grootste sectoren de volgende:

Akkerbouw/groentebedrijf

Voor de biologische open teelten in akkerbouw en groenten wordt 40 tot 50% van de broeikasgasemissie bepaald door de emissie van lachgas. De overige emissie komt door het directe of indirecte gebruik van fossiele energie. Methaanemissie is in de open teelten van ondergeschikt belang.

De lachgasemissies zijn indirect (via ammoniakvervluchtiging of nitraatuitspoeling) of direct uit de bodem of gewasresten.

Het fossiele energieverbruik bestaat voor 40% (groentebedrijf zand) tot 80% (akkerbouw/groenten klei) uit direct energieverbruik. Het directe energieverbruik bestaat weer voor ongeveer de helft uit dieselvebruik en de helft uit elektriciteitsverbruik (vooral voor de bewaring). Het indirecte energieverbruik op het groentebedrijf op zand bestaat voor het grootste deel uit energieverbruik voor de productie van plantgoed uit de verwarmde kas.

Melkveebedrijf

Voor de biologische melkveehouderij wordt ca 40% van de broeikasgasemissie veroorzaakt door methaanemissie, ca 35% door lachgasemissie en ca 25% door CO₂ emissie.

Van de methaanemissie wordt ca 80% veroorzaakt door de pensfermentatie en 20% door de mest.

Van de lachgasemissie wordt ca 35% veroorzaakt door indirecte emissie via krachtvoergebruik en ca 20% door beweiding. De overige bijdragen in de lachgasemissie zijn zeer divers zoals emissie door scheuren grasland en indirecte emissies door nitraatuitspoeling en ammoniakvervluchtiging.

Van de CO₂ emissie wordt ca 45% veroorzaakt door indirecte emissie via krachtvoerverbruik. Ongeveer 30% van de CO₂ emissie is direct via vooral elektriciteitsverbruik (melken en koeling) en dieselvebruik (incl. loonwerk).

De belangrijke post krachtvoerverbruik heeft vooral bij import van krachtvoer nog een effect door veranderingen in de koolstofvoorraad in de bodem en vegetatie. Wanneer dit wordt meegerekend kan de emissie veroorzaakt door krachtvoer, verdubbeld worden.

Varkenshouderij

In de biologische varkenshouderij bestaat ca 64% van de emissie uit indirecte broeikasgasemissies die ontstaan bij de productie en verwerking van voer en stro. Ongeveer 15% van de emissie bestaat uit directe methaanemissie (fermentatie en mest), ca 14 % bestaat uit lachgasemissie uit mest en ca 7% uit direct energieverbruik.

De belangrijke post krachtvoerverbruik heeft vooral bij import van krachtvoer nog een extra effect door veranderingen in de koolstofvoorraad in de bodem en vegetatie. Wanneer dit wordt meegerekend kan de emissie veroorzaakt door krachtvoer verdubbeld worden.

Glastuinbouwbedrijf

Bij de productie van glasgroenten is de omvang van de broeikasgasemissie sterk afhankelijk van de mate waarin de kas verwarmd wordt. Maar ook bij een zeer beperkte verwarming is het fossiele energieverbruik verreweg de belangrijkste post.

NB:

- a. *Bij de weergegeven getallen geldt voor alle sectoren dat vooral de methaan- en lachgasemissie relatief onzeker is doordat er geen specifieke emissie factoren voor biologische landbouw voorhanden zijn. De gebruikte emissiefactoren zijn gekoppeld aan de inputs en bewerking en zijn voor vergelijkbare inputs en bewerkingen dezelfde als bij gangbare landbouw. Het is mogelijk dat de emissiefactoren beïnvloed worden door het biologische management, bijvoorbeeld door een ander bodembeheer.*
- b. *In de weergave van de belangrijkste emissiebronnen is geen rekening gehouden met veranderingen in de voorraad opgeslagen koolstof in bodem en vegetatie, zie hiervoor volgende paragraaf.*
- c. *Elektriciteitsverbruik wordt hier als directe energie gerekend en de emissie veroorzaakt door de elektriciteitsproductie als directe emissie.*

2.3 Zwakke punten biologische landbouw

De urgentie van onderdelen in de aanpak van broeikasgasemissies in de biologische landbouw kan ook gemotiveerd worden vanuit de afbreukrisico's voor het imago die emissies in bepaalde ketenonderdelen of sectoren met zich meebrengen. De vergelijking met de gangbare landbouw (Sukkel, 2010) is hierbij een belangrijke maatstaf.

Vleesproductie

De productie van biologisch varkensvlees en naar verwachting analoog hieraan de productie van biologisch pluimveevlees heeft per gewichtseenheid product een hogere emissie dan gangbaar geproduceerd vlees. Dit is voor een deel verklaarbaar door de grote aandacht voor natuurlijk gedrag en dierenwelzijn in de biologische landbouw.

Toch betekent de hogere emissie per kg product een afbreukrisico voor de productie van biologisch vlees.

Plantaardige productie voor menselijke consumptie

Broeikasgasemissie per gewichtseenheid product is in Nederland bij biologische plantaardige open teelten gemiddeld licht hoger dan bij de gangbare productie. Voor de biologische glastuinbouw is de emissie per kg product flink hoger dan in de gangbare glastuinbouw. Dit wordt veroorzaakt door het relatief grote verschil in opbrengst tussen biologische en gangbare landbouw.

Het grootste deel van de opbrengstderving in biologische plantaardige productie wordt veroorzaakt door ziekten en plagen. Een andere oorzaak is gelegen in de teelttechniek in het algemeen (o.a. bemesting, onkruidbeheersing, bodemkwaliteit).

Fossiel energieverbruik in de keten

De biologische keten wijkt in zijn algemeenheid qua energieverbruik niet af van de gangbare keten. Er zijn een aantal positieve initiatieven als webwinkels, emissiecompensatie projecten etc. Maar aan de andere kant zijn er soms ook een aantal negatieve kanten o.a. inefficiëntie door schaalgrootte of grotere verliezen door lage omloopsnelheid.

Direct fossiel energieverbruik

In zijn algemeenheid blinkt de biologische sector niet uit door de lage omvang van het directe fossiele energieverbruik. In de meeste gevallen is dit vergelijkbaar met de gangbare landbouw. Direct fossiel energieverbruik zit hem vooral in brandstofverbruik door mechanisatie, koeling en transport. Landbouw heeft de ruimte en de mogelijkheden om een belangrijk deel van het fossiele energieverbruik te vervangen door hernieuwbare bronnen.

Mest opslag en verspreiding

De biologische landbouw is afhankelijk van (dierlijke) mest. Mest moet tijdelijk worden opgeslagen alvorens toegepast te kunnen worden als voedingsstof voor bodem en planten. Mestopslag en mesttoepassing kunnen grote broeikasgasemissies veroorzaken in de vorm van zowel CO₂ (door afbraak van de organische stof in de mest) CH₄ en N₂O (door afbraak van bestanddelen van in mest onder anaerobe omstandigheden). Maar ook indirect door N₂O emissie door afbraak van vervluchtigde ammoniak.

Minder controlemogelijkheden van stalemissies

Doordat biologische dieren buiten komen, kunnen de emissies vanuit mest maar ook vanuit de dierlijke fermentatie in principe minder goed worden gecontroleerd.

Composteren

Het composteren van mest en gewasresten wordt regelmatig op het biologische bedrijf uitgevoerd.

Wanneer het proces onvoldoende gecontroleerd wordt kan de compostering een grote bron van methaan- en lachgasemissie zijn. Daarnaast wordt de warmte die bij composteren ontstaat niet benut.

Zeer grote variatie in klimaatprestaties

De variatie in milieu- en ook in klimaatprestaties tussen bedrijven is zeer groot. Dit houdt een risico in dat het totaal van de sector afgerekend wordt op de slechts presterende bedrijven. De verbetering van prestaties van de 'worst cases' kan de gemiddelde prestaties van de biologische landbouw sterk verbeteren.

2.4 Sterke punten (biologische) landbouw

De biologische landbouw scoort op een aantal punten relatief goed als het gaat om klimaat. Veel van de in biologische landbouw toegepaste strategieën passen uitstekend bij een vermindering van de klimaateffecten van landbouw. Deze onderdelen kunnen gebruikt worden voor verdere reductie van broeikasgasemissies en benadrukt worden in de communicatie.

Broeikasgasemissies per hectare.

Voor vrijwel alle grondgeboden sectoren presteert biologisch hier beter dan gangbaar. Dit zit hem vooral in het achterwege laten van gebruik van kunstmeststikstof. De variatie tussen bedrijven is echter groot. Er is zeker nog ruimte voor verbetering in het gemiddelde van de biologische sector door de minst presterende bedrijven te verbeteren. Bij alle bedrijven door een combinatie van maatregelen op vooral fossiel energieverbruik en lachgasemissie.

Koolstofopslag in de bodem

Het organische stof gehalte in de bodem en hiermee de hoeveelheid opgeslagen koolstof in de bodem, lijkt ook in de biologische landbouw af te nemen. Zij het in mindere mate dan in de gangbare landbouw. Minimaal instandhouding van het organische stof gehalte in de bodem maar bij voorkeur een verhoging tot een agronomisch, milieutechnisch en biologisch optimaal niveau is gewenst. Ondanks een berekende koolstofafname op biologische bedrijven, is deze minder sterk dan op gangbare bedrijven. Koolstofopslag in de bodem heeft naast vastlegging van CO₂ nog een aantal andere positieve effecten. Positief voor biodiversiteit, betere adaptatie aan klimaatverandering, hogere bodemvruchtbaarheid etc.

Duurzaam bodembeheer

Duurzaam bodembeheer neemt een cruciale rol in als het gaat om klimaatverandering. De biologische landbouw heeft vanuit haar traditie veel aandacht voor bodemkwaliteit. Duurzaam bodembeheer in de biologische landbouw geeft een hogere koolstofopslag, een beter adaptatievermogen, naar verwachting lager lachgasemissies en een hoger biodiversiteit.

(Potentieel) lage lachgasemissie uit de bodem

Lachgasemissie uit de bodem is een combinatie van de aanwezigheid van minerale stikstof en anaerobe omstandigheden in de bodem. Gezien de uitsluiting van het gebruik van kunstmeststikstof en gezien de aandacht voor bodemkwaliteit, is er een potentieel voor een lage lachgasemissie. Of biologisch beheerde bodems een structureel lagere lachgasemissie hebben dan gangbaar beheerde bodems is niet bekend.

Klimaat adaptatie vermogen van biologische bedrijfssystemen

Door de grote (bio)diversiteit van biologische bedrijfssystemen blijkt steeds meer dat ze beter weerbaar zijn tegen veranderende omstandigheden. Zoals hogere infectiedruk en nieuw voorkomende ziekten of plagen. Daarnaast is door het duurzame bodembeheer en de hogere organische stof aanvoer, in potentie de weerbaarheid van de bodem tegen extreme weersomstandigheden beter.

Innovatiekracht

De biologische boer is over het algemene zeer innovatief en probeert dan ook regelmatig nieuwe dingen uit. Initiatieven die naar verwachting een positief effect hebben op de vermindering van de klimaateffecten van landbouw zijn o.a.: rijpadensystemen, 'pure graze' systeem en minimale grondbewerking. Door de innovatie te ondersteunen kan de biologische landbouw zich verder blijven ontwikkelen als klimaatvriendelijke vorm van landbouw.

2.5 Beïnvloedbaarheid emissies

De grootste emissiebronnen zijn relatief goed bekend zoals ook de risico's van bepaald management. Hoe goed is het echter mogelijk om ook daadwerkelijk de emissies te beïnvloeden? Het heeft pas zin om emissies aan te pakken op het moment dat ook duidelijk is dat de aanpak effect kan sorteren. Hieronder per broeikasgas en voor een aantal typen emissies per broeikasgas enig commentaar op de beïnvloedbaarheid ervan. In hoeverre de verschillende emissies geheel of gedeeltelijk vermeden kunnen worden en welke type management daarbij gebruikt kan worden, wordt meer in detail behandeld in hoofdstuk 3.

CO₂ emissie door direct fossiel energieverbruik

Beïnvloedbaar: Zeer goed voor elektriciteit uit fossiele brandstof:
Matig - redelijk voor brandstofverbruik

Er kan hier een nadere onderverdeling worden gemaakt in elektriciteit (uit fossiele brandstof) en fossiele brandstof voor landbouwmechanisatie.

Het gebruik van elektriciteit uit fossiele brandstof is relatief eenvoudig geheel te vermijden. De simpelste oplossing is aankoop van groene stroom. Het agrarisch bedrijf heeft echter mogelijkheden voor meer aansprekende oplossingen. Een agrarisch bedrijf heeft de ruimte en de mogelijkheden voor eigen elektriciteitsproductie door o.a. het plaatsen windmolens, zonnecollectoren, mestvergisting. Ook economisch hoeven er hier geen belemmeringen te zijn. Met eigen elektriciteitsproductie is afhankelijk van het type bedrijf een reductie in broeikasgasemissie mogelijk tussen de 5 en de 20%.

Het gebruik van fossiele brandstof voor de landbouwmechanisatie is op korte termijn lastiger te reduceren. Door zuinig gebruik is hier mogelijk een tiental procenten op het dieselverbruik te bezuinigen (is enkele procenten van de totale broeikasgasemissie). Er zijn echter nog weinig geschikte alternatieven voor het gebruik van vloeibare fossiele brandstof voor de landbouwmechanisatie. Bijmengen of het omschakelen op plantaardige olie is mogelijk. De tweede generatie brandstoffen liggen wat verder weg in de toepasbaarheid evenals de toepassing van electro-tractie voor landbouwmechanisatie.

Wanneer het gehele directe fossiele energieverbruik wordt vervangen door hernieuwbare energie dan is er een reductie van de broeikasgasemissie mogelijk van tussen de 20 en 40%

CO₂ emissie door indirect fossiel energieverbruik

Beïnvloedbaar: Matig

Deze post bedraagt afhankelijk van het bedrijf ca 10 tot 25% van de totale broeikasgasemissie. Deze post is lastiger te beïnvloeden dan de CO₂ emissie door het directe energieverbruik. Dit omdat de ondernemer hier meestal niet rechtstreeks sturing op kan uitoefenen. Een belangrijke post voor de groenteteelt is de opweek van plantgoed uit de verwarmde kas. Voor de veehouderij kan deze post vrij sterk oplopen via het aangekochte mengvoer. Op basis van producteisen of productspecificaties zijn er mogelijkheden om dit verbruik te beïnvloeden. Ook bijvoorbeeld de afstand waarmee aangekochte bedrijfsmiddelen vervoerd moeten worden kan worden beïnvloed. Bij bulkproducten als mest en veevoer kan dit een relevant onderdeel zijn van de CO₂ emissie door indirect fossiel brandstofverbruik.

CO₂ emissie door afbraak organische stof in bodem en vegetatie

Beïnvloedbaar: Redelijk voor C voorraden eigen bedrijf
Matig - redelijk voor C voorraden indirect via veevoer

Deze post wordt meestal niet meegenomen in de carbon footprint van producten of bedrijven. Toch kan het een relatief zeer grote post zijn (wel met grote onzekerheden omgeven). Voor de open teelten kan, afhankelijk van de inspanning en het type bedrijf, door specifiek management de netto broeikasgas emissie op bedrijfsniveau met 10 tot 50% verminderd worden.

De mogelijkheden voor een aangepast management gericht op een hogere organische stof opslag c.q. verminderd sterke teruggang, zijn afhankelijk van de bedrijfssituatie. Voor veel bedrijven zijn maatregelen als meer groenbemesters echter goed uitvoerbaar en haalbaar.

Naast de positieve effecten van organische stof opslag op vermindering van emissie, zijn er ook positieve resultaten te verwachten op adaptatie aan klimaatverandering, biodiversiteit, opbrengst, bewerkbaarheid etc.

Een belangrijke indirecte bron van afbraak van voorraden opgeslagen koolstof loopt via het aangekochte veevoer. Ook hier kunnen stappen gemaakt worden voor behoud van de organische stof voorraad in bodem en vegetatie. Het kostenaspect speelt hier echter vaak een belangrijke rol. De herkomst van de voor krachtvoer geteelde gewassen en het management voor het telen van de mengvoergewassen, kunnen grote invloed hebben op de CO₂ emissie (en ook lachgasemissie) door landgebruik.

Directe lachgasemissie

Beïnvloedbaar: matig – redelijk: emissies uit mest
redelijk: emissies uit de bodem

Lachgasemissie is een zeer relevante post, zowel voor de akkerbouw als de veehouderij. De totale (direct + indirect) lachgasemissie op het akkerbouw- en melkveehouderijbedrijf bedraagt respectievelijk 47 en 35% van de totale broeikasgasemissie. Van de totale lachgasemissie is voor het akkerbouw/groentebedrijf ca 70% direct en voor het melkveehouderijbedrijf is dit ca 40%.

Lachgasemissie (N₂O) is gerelateerd aan de aanwezigheid van stikstofverbindingen. De emissie komt voor in de stal, bij de mestopslag, mestverspreiding en uit de bodem. Lachgasemissie uit de bodem is gerelateerd aan de hoeveelheid minerale stikstof in de bodem en aan het voorkomen van anaerobe omstandigheden. Op de emissies van lachgas uit mest uit kan invloed kan uitgeoefend door gecontroleerde mestopslag en bewaarduur. Op de emissie uit de bodem kan invloed uitgeoefend worden door een goede bodemstructuur en het voorkomen van hoge voorraden minerale stikstof in de bodem.

Indirecte lachgasemissie

Beïnvloedbaar: matig: emissies via veevoer
matig – redelijk: emissies via ammoniak- en nitraatverliezen

Indirecte lachgasemissie is de emissie die veroorzaakt is bij de productie en bewaring van bedrijfsmiddelen (veevoer, mest, etc) en emissie die elders optreedt door de emissie van stikstofverbindingen op het bedrijf zoals ammoniakvervluchtiging en nitraatuitspoeling.

Het aandeel van de indirecte lachgasemissie op de totale lachgasemissie is voor resp. de akkerbouw/groenteteelt, melkveehouderij en varkenshouderij ca 30%, 60% en 80%.

De belangrijkste bron van indirecte lachgasemissie is voor de veehouderij de aankoop van voer.

Gezien de belangrijkste bronnen van indirecte lachgasemissie loopt de beïnvloeding hiervan voor de veehouderij vooral via de aankoop van voer en voor de plantaardige productie vooral via beperking van ammoniak- en nitraatverliezen

Directe methaanemissie

Beïnvloedbaar: slecht – matig: emissies door spijsvertering
matig – redelijk: emissies via mestopslag

Methaan komt vrij bij anaerobe afbraak van organische stof. Methaanemissies spelen vooral op veehouderijbedrijven. Het aandeel in de totale emissie bedraagt voor een melkveehouderijbedrijf ca 40%. De directe methaanemissies op het melkveebedrijf zijn voornamelijk emissies door de dierlijke spijsvertering (ca 80%) en een klein gedeelte uit mest. Op veengronden kan, afhankelijk van het beheer, ook hoge emissie

van methaan optreden uit de bodem. Daarnaast kan methaanemissie optreden bij slechte compostering of in opslaghopen van organische stof.

De emissies veroorzaakt door de spijsvertering zijn beperkt te beïnvloeden. Een mogelijke reductie ligt in de voersamenstelling. Deze oplossing heeft echter zijn grenzen door invloed op andere vormen van emissie of vanwege de principes van de biologische landbouw(er).

Indirecte methaanemissie

Indirecte methaanemissies zijn relatief klein en worden in de meeste gevallen niet toegerekend.

2.6 Aandachtspunten en kansen

Op basis van de in de voorgaande paragrafen beschreven ambities, bronnen van emissie, sterke en zwakke punten en beïnvloedbaarheid van bepaalde emissies, kunnen een aantal aandachtspunten en kansen beschreven worden voor vermindering van broeikasgasemissies in de (biologische) landbouw.

De combinatie van de grootte van het aandeel in de totale bedrijfsemisatie en de beïnvloedbaarheid van de emissie, staan weergegeven in tabel 2.1. Op basis van deze tabel komen er een aantal aandachtspunten en kansen naar voren.

Als aandachtspunt zijn aangemerkt de emissies die een relatief groot aandeel kunnen hebben in de totale bedrijfsemisatie maar moeilijk beïnvloedbaar zijn. Als kans zijn die emissies aangemerkt die een relatief grote bijdrage hebben in de bedrijfsemisatie en die relatief goed beïnvloedbaar zijn.

De in deze tabel genoemde aandelen in de bedrijfsemisatie en beïnvloedbaarheid zijn puur indicatief. De aandelen in de bedrijfsemisatie zijn erg afhankelijk van het individuele bedrijf en kunnen binnen één bedrijfstype sterk variëren.

Tabel 2.1. zegt niets over de absolute hoogte van de emissie per bedrijfstype. Ter indicatie, de totale emissie in CO₂ eq. (excl. veranderingen in koolstofvoorraden) liggen per bedrijfstype in de volgende orde van grootte: akkerbouw/groenten (50 ha): 190 ton; melkveebedrijf (44 ha): 640 ton; glasgroentebedrijf (10 ha): 8000 ton; varkenshouderij (144 zeugen, 900 mestvarkens): 675 ton.

Tabel 2.1: Indicatief overzicht van bijdrage aan totale bedrijfsemisatie en beïnvloedbaarheid van de emissie

→emissietype	CO ₂ emissie fossiel			CO ₂ C-voorraad		Methaanemissie		Lachgas emissie		
	direct	direct	Indir.	direct	Indir.	direct	direct	direct	direct	Indir.
	Brand-stof	Electri-citeit				Verte-ring	Mest + overig	Bo-dem	Mest + overig	
↓Bedrijfstype										
Akkerbouw/groenten	0 I xxx ++	xxx +++++	xxx ++	Xxxx +++	X ++	X nvt	Xx +++	Xxxx +++	Xx +++	Xx +++
Glasgroenten	0 I xxxxx ++	x +++++	X ++	x nvt	x nvt	x nvt	x nvt	x nvt	x nvt	x nvt
Melkvee houderij	0 I xx ++	xxx +++++	Xx ++	Xxx +++	xx +++	Xxxx ++	Xxx ++/+++	Xx ++	XX ++	Xx ++
Varkens houderij	0 I xx ++	xx +++++	Xxx ++	X ++	xxxx ++	xxx ++	Xxx ++/+++	X nvt	Xx +++	Xxx ++

0 = Omvang ten opzichte van totale bedrijfsemisatie:

x <5%; xx 5-10%; xxx 10 – 20%; xxxx 20 – 40; xxxxx > 40

I = Invloed uit te oefenen op emissiereductie:

+ niet; ++ weinig; +++ gemiddeld; ++++ vrij sterk; +++++ sterk; nvt: niet van toepassing

Wanneer de analyse uit tabel 2.1., wordt gecombineerd met de ambities (par. 2.1.) en de sterke en zwakke punten (par. 2.3. en 2.4.), komen de volgende kansen en aandachtspunten naar voren:

Kansen, aangrijpingspunten voor vermindering bedrijfsemissie

Vermindering van elektriciteitsverbruik uit fossiele energie.

Een optie die op de meeste bedrijven relatief makkelijk te realiseren is, door vooral eigen elektriciteitsproductie. Levert een relatief grote bijdrage aan de vermindering van de emissie (akkerbouw/groenteteelt en melkveehouderij) en sluit ook aan bij de geformuleerde ambities van de sector zelf.

Fossiel energieverbruik speelt in alle sectoren en de gehele keten. De optie van eigen elektriciteitsproductie werkt vooral sterk door op het akkerbouw- en melkveebedrijf vanwege het relatief hoge aandeel van CO₂ emissie door elektriciteitsverbruik op deze bedrijven.

Wanneer de eigen energieproductie de eigen behoefte overschrijdt, dan kan het overschot formeel als compensatie van de andere broeikasgasemissies worden gerekend.

Ook bedrijven verder in de keten hebben goede mogelijkheden om hun door fossiele energie opgewekte stroom te vervangen door elektriciteit uit hernieuwbare bronnen.

Naast eigen energieproductie zijn er vaak ook goede mogelijkheden tot bezuiniging van het energieverbruik. Er is naast verwachting nog relatief veel te winnen in goede isolatie van bewaarruimten.

Beïnvloeding veranderingen in de koolstofvoorraad.

Kan een belangrijke bijdrage leveren aan de vermindering van emissie. Sluit aan bij de ambities van de biologische sector. Is relatief goed beïnvloedbaar en heeft ook positieve invloed op andere duurzaamheidsaspecten.

Verandering van de koolstofvoorraad kan een relatief belangrijke rol in de totale bedrijfsemissie spelen.

Hetzij door afname van de organische stof in de bodem, hetzij door toename waarbij de opslag als compensatie kan worden gerekend. Voor akkerbouw/groente- en melkveehouderijbedrijven betekent dit een kans omdat ze een groot eigen productieoppervlak hebben waarbij de bodem organische stof beïnvloedbaar is. Voor de varkenshouderij is dit een knelpunt omdat hun voer in veel gevallen niet van eigen grond komt en het beheer van de organische stof in de bodem voor voerproductie slecht indirect beïnvloed kan worden.

Voor de akkerbouw/groentenbedrijven en melkveehouderijbedrijven liggen de opties in verandering van de koolstofvoorraad vooral in het bodemmanagement, de vruchtwisseling en het beheer van gewasresten. Verminderde grondbewerking, 'strip tillage' (voor maisteelt), inzet van groenbemesters en verminderd scheuren van grasland zijn technieken die bij kunnen dragen aan een de verhoging of verminderde reductie van het organische stof gehalte in de bodem.

Naast opslag in de bodem is er ook organische stof opslag in vegetatie (vooral hout) en strooisellaag mogelijk bij het op het bedrijf aanwezige oppervlak voor natuur.

De beïnvloeding van de koolstof voorraden op het bedrijf hebben naast emissie reductie ook vele andere positieve effecten zoals biodiversiteit, weerbaarheid etc.

Lachgasemissie uit de bodem

Kan een belangrijke bijdrage leveren aan de vermindering van emissie. Is redelijk beïnvloedbaar. Wordt niet als speerpunt genoemd in de ambities van de biologische landbouw. Sluit echter goed aan bij al bestaand biologisch management.

De lachgasemissie uit de bodem heeft te maken met het voorkomen van minerale stikstof en van anaerobe omstandigheden in de bodem. Een goede structuur en het laag houden van de hoeveelheid minerale stikstof in de bodem zijn aangrijpingspunten voor verlaging van emissies. De biologische boer heeft per traditie veel aandacht voor bodemkwaliteit en gebruikt relatief weinig minerale stikstof. Initiatieven als verminderde grondbewerking en rijpadensystemen kunnen mogelijk bijdragen. In hoeverre biologisch beheerde bodems een lagere lachgasemissie hebben is nog weinig bekend. Verschillende management opties die aan een lagere lachgasemissie kunnen bijdragen zijn in de ontwikkelingsfase.

Aandachtpunten; hoge bedrijfsemissies die relatief moeilijk te verminderen zijn

Emissies door fossiel brandstofverbruik voor transport/mechanisatie

Is een relatief belangrijke bron in de akkerbouw/groenteteelt. Speelt in meer of mindere mate in de gehele voedselketen en voor alle sectoren. Voor de meeste toepassingen is nog geen goede alternatieve brandstofbron beschikbaar. Vermindering gebruik sluit aan bij de ambities van de biologische sector.

Fossiel energieverbruik voor transport en mechanisatie speelt bij de primaire productie als ook verder in de keten. De beschikbare alternatieve energiebronnen voor fossiele brandstof zijn nog maar beperkt toepasbaar of er kleven bezwaren aan (plantaardige olie). Op de middellange termijn zullen de mogelijkheden voor elektrisch transport en landbouwmechanisatie mogelijk ruimer worden. Bezuinigen op het gebruik zijn mogelijk maar leveren een relatief beperkte emissie reductie.

Emissies van CO₂ door fossiel energiegebruik in de glastuinbouw

Is veruit de belangrijkste emissiebron voor de (verwarmde) kasteelt. De emissie is op korte termijn nog moeilijk sterk te verlagen. Vormt een belangrijk afbreukrisico voor biologische glastuinbouw. Emissieverlaging van CO₂ door fossiele brandstof sluit aan bij de ambities van de biologische sector.

Een specifiek probleem voor de biologische groenteteelt onder glas. De belangrijkste oplossing is gelegen in energiezuinige kassen. Warmte/kracht-koppelingen etc. Een deel van de technieken is in ontwikkeling. Vermindering van emissies in de biologische glastuinbouw (per kg product) is de laatste jaren behaald door een aanzienlijke productieverhoging per oppervlakte-eenheid.

Indirecte emissies in de varkenshouderij door veevoer

Hoogste bijdrage in het totaal van de broeikasgasemissies in de varkenshouderij. Speelt eigenlijk in alle veehouderijsectoren. Zorgt voor zowel CO₂ emissie door fossiel brandstofverbruik, CO₂ emissie door landgebruik en lachgasemissie in de teelt. Is ook (in combinatie met hoge voederconversie) oorzaak van hogere broeikasgasemissies per kg vlees in vergelijking met gangbaar. Vermindering van deze emissiebron sluit ook aan bij ambities biologische sector.

Uit tabel 2.1. komen alle indirecte emissies in de varkenshouderij als aandachtspunt naar voren. Dit heeft in alle gevallen te maken met het gebruik van voer of met het mestmanagement. Ook voor de andere dierlijke sectoren zorgt het gebruik van (krachtvoer) een belangrijke emissiebron. Voor de varkenshouderij speelt de economische haalbaarheid van alternatieven van de huidige voedingrediënten een belangrijke rol. Een onzekere factor zijn de emissies door (veranderd) landgebruik die een groot aandeel hebben in de totale broeikasgasemissie door veevoer.

Mestmanagement

Levert een gemiddelde bijdrage aan de totale emissie (zowel via lachgas als methaan). Kan ook bron van energieproductie zijn. Beperking van de emissie is matig tot redelijk goed mogelijk. Wordt niet genoemd in de ambities van de biologische landbouw.

Mestmanagement heeft invloed op de directe emissies van methaan en lachgas, maar ook indirect via ammoniakvervluchtiging. De reductiemogelijkheden liggen in principe in een beter management van de mestopslag o.a. gecontroleerde opslag een kortere bewaarduur (minder vergisting in de put). Systemen als de potstal lijken niet positief voor een lage emissie. Voor het gebruik van stro is het niet helemaal duidelijk in hoeverre dit positief op negatief uitpakt voor methaan en lachgasemissies uit mest. Een techniek die een belangrijke bijdrage kan leveren aan vermindering van broeikasgasemissies uit mest is de vergisting van mest. Deze techniek stuit bij sommige biologische ondernemers op weerstand.

Verhoging van emissies door lage opbrengsten en productderving

Verlaging van opbrengst is een belangrijke factor die de emissie per kg product sterk kan verhogen. Het is in de biologische primaire plantaardige productie de belangrijkste factor in de hogere emissie per kg product in vergelijking met gangbare productie. Lage opbrengsten in de primaire productie wordt niet specifiek als aandachtspunt genoemd in de ambities van biologische landbouw.

Lagere opbrengsten in vergelijking met gangbare landbouw spelen een belangrijke rol in de vergelijking van emissies per kg product tussen biologische en gangbare landbouw.

Er is ruimte voor opbrengstverbetering in de biologisch plantaardige productie door een betere beheersing van ziekten en plagen en door een betere teelttechniek.

In de veehouderij is de emissieverlaging door verhoging van opbrengst (voederefficiency) lastiger uitvoerbaar vanwege o.a. de relatie met dierenwelzijn.

Ook in de keten speelt productderving een belangrijke rol in de broeikasgasemissies per kg (geconsumeerd) product. De biologische keten lijkt hierin niet anders te presteren dan de gangbare keten.

3 Volledig klimaatneutraal, is het mogelijk voor de biosector?

3.1 Definitie Klimaatneutraal

Er is geen eenduidige definitie en begrip van de term klimaatneutraal. In de praktijk is het gebruik van de term inconsistent, vaag en soms misleidend. Het wordt door vele partijen geclaimd voor systemen, processen of producten. De waarde en waarheid van deze claims zijn echter sterk afhankelijk van de gekozen definitie, de systeemafbakening en de betrouwbaarheid van de gehanteerde aannames en data. Dit alles leidt tot misleidende verwijzingen naar klimaatneutraliteit en naar beschuldigingen van 'window dressing'.

Ook de gebruikte Nederlandse en internationale termen zijn soms verwarrend. In Nederlands wordt meestal de term klimaatneutraal gebruikt. In de Engelse taal wordt meestal het begrip 'Carbon Neutral' (koolstof neutraal) gebruikt. Ook deze term dekt niet geheel de lading omdat het niet alleen om koolstof of eigenlijk koolstofdioxide maar ook om andere gasen als lachgas, methaan en CFK's.

In de context van de discussie over klimaatverandering kan het begrip klimaatneutraal in grote lijnen op twee manieren gebruikt:

1. Klimaatneutraal = niet reagerend op klimaat (verandering)

In deze definitie gaat het om de (on)gevoeligheid voor veranderde klimaatomstandigheden. Dit begrip van klimaatneutraal richt zich vooral op adaptatie (aanpassing) aan klimaatverandering en niet op mitigatie (vermindering van de oorzaken) van klimaatverandering. Deze uitleg van klimaatneutraal wordt weinig gebruikt.

2. Klimaatneutraal = geen invloed hebbend op het klimaat

In deze definitie gaat het dus om de invloed van processen, systemen etc. op klimaat. In hoeverre draagt een systeem of proces bij aan verandering van het klimaat. In de context van de discussie over klimaatverandering wordt hier vrijwel altijd bedoeld dat een systeem of proces geen bijdrage levert aan de opwarming van de aarde. Geen bijdrage aan de opwarming van de aarde wordt dan verder weer uitgelegd als 'geen (netto) uitstoot van broeikasgassen'.

In vrijwel alle gevallen wordt de 2e uitleg gebruikt, hierbij kan de definitie verder afgebakend worden tot het volgende:

3. Klimaatneutraal = geen netto toevoeging van broeikasgassen aan de atmosfeer

In deze definitie gaat het om alle broeikasgassen die zorgen voor opwarming van de aarde. Dus niet alleen om de CO₂ uitstoot, maar om alle broeikasgassen die invloed hebben op de opwarming van de aarde. De totaalsom van de uitstoot van broeikasgassen wordt uitgedrukt in CO₂ equivalenten. Hierbij worden de uitstoot van niet CO₂ gasen omgerekend in een hoeveelheid CO₂ emissie die eenzelfde broeikas effect heeft. Voor de landbouw zijn de broeikasgassen kooldioxide (CO₂), methaan (CH₄) en lachgas (N₂O) het meest relevant. Hiervoor wordt 1 kg methaan omgerekend naar 25 kg CO₂ equivalenten en een 1 kg lachgas naar 300 kg CO₂ equivalenten.

Definitie 3 geeft nog steeds aanleiding tot spraakverwarring. Het begrip krijgt pas betekenis als het duidelijk is over welk systeem of proces het gaat en hoe dat is afgebakend. Gaat het over een persoon, een bedrijf, een geografische eenheid (bijv. land of stad) of een product. Op al deze systemen kan het begrip klimaatneutraal van toepassing zijn. Naast de keuze van het systeem is ook de afbakening van dit systeem

van belang. Welke broeikasgasemissies worden bijvoorbeeld meegerekend?

Verder geeft de term netto nog een complicatie. Netto geeft aan dat de vastlegging, opslag en vermijding van broeikasgasemissies buiten het beoordeelde systeem, verrekend kunnen worden met de uitstoot van broeikasgassen in het beoordeelde systeem. Vaak worden de positieve bijdragen als vastlegging van broeikasgassen en vermijding van uitstoot elders benadrukt en een aantal systeemeigen emissies gemakshalve vergeten.

Een voorbeeld hiervan is dat bedrijven de vastlegging van CO₂ in het agrarische product soms volledig meerekenen. Bij voedselproducten gaat in de meeste gevallen echter om een zeer tijdelijke vastlegging. De meeste voedselproducten worden binnen een jaar al weer afgebroken! Bij niet-voedselproducten zoals hout of vezels ligt dit vaak anders.

Uit bovenstaande blijkt dat een korte definitie alleen niet genoeg is. Om de betekenis van de term klimaatneutraal te kunnen begrijpen is er een heldere beschrijving nodig van de volgende aspecten

- a) op welk systeem heeft de term betrekking?
- b) hoe is dit systeem afgebakend?
- c) welke emissies en vastleggingen zijn inbegrepen?
- d) hoe wordt de netto emissie berekend?

Om deze redenen wordt de definitie van klimaatneutraal ook wel uitgebreid tot:

4. Klimaatneutraal betekent dat – via een transparant proces van het vaststellen van emissies, reductie van deze emissies en compensatie van de overblijvende emissies - de netto berekende broeikasgasemissies gelijk zijn aan nul.

De bovenstaande definitie voegt toe dat niet alleen de netto emissie van broeikasgassen nul moet zijn, maar ook dat de manier waarop klimaatneutraliteit wordt gerealiseerd moet worden beschreven. Het proces van berekening en totstandkoming moet transparant zijn.

3.2 Berekening broeikasgasemissies

Zonder al te diep in te gaan op de methodiek is het goed om enig inzicht te hebben in de totstandkoming van emissieberekeningen op systeemniveau. In deze paragraaf een korte uitleg over de wijze van berekening en de tekortkomingen hierin.

Voor berekening van de netto emissie van broeikasgassen wordt meestal de zgn 'Carbon Footprint' gebruikt. De naam Carbon Footprint is afgeleid van de 'Ecological Footprint' of ecologische voetafdruk en is een specifieke vorm van een Levens Cyclus Analyse (LCA) gericht op één duurzaamheidsindicator, namelijk de emissie van broeikasgassen.

In zijn algemeenheid worden voor de berekening van de Carbon Footprint de volgende stappen doorlopen:

- o Systeemdefinitie, vooral wat is de systeembegrenzing
- o Keuze functionele eenheid
- o Systeembeschrijving: Bedrijfsmiddelen, bedrijfsprocessen, aanvoer bedrijfsmiddelen en opbrengsten in kaart brengen
- o Energieverbruik en broeikasgasemissies koppelen aan processen, inputs en outputs.
- o Berekening emissie per broeikasgas
- o Omrekenen emissies naar CO₂ equivalenten en sommeren

In de systeemdefinitie staat opgenomen over welk systeem het gaat bijvoorbeeld een bedrijf of een product en hoe dit systeem begrensd is. De begrenzing is bijvoorbeeld een bedrijf tot en met de bedrijfspoort, alle

emissie voor producten op het moment dat ze de bedrijfspoort verlaten worden dan niet meegerekend. De begrenzing kan ook behelzen dat bijvoorbeeld alleen de CO₂ emissies door fossiel energieverbruik worden meegerekend. Of dat bijvoorbeeld de afbraak van de koolstofvoorraden in de bodem op het bedrijf niet worden meegerekend. Een veel gebruikte begrenzing is dat het energieverbruik dat nodig is voor het produceren van de machines voor het maken van productiemiddelen (bijv. de machines voor het maken van kunstmest), niet worden meegerekend.

Juist in de systeembegrenzing ontstaat veel misverstand bij vergelijking van resultaten van verschillende berekeningen. Een veel voorkomende verwarring over resultaten van studies in de landbouw is het wel of niet meerekenen van organische stof opslag in de bodem.

De functionele eenheid is de eenheid waarin het resultaat wordt uitgedrukt. In het geval van de Carbon Footprint meestal het aantal CO₂ equivalenten per oppervlakte-eenheid of per gewichtseenheid product. Ook hier is weer sprake van veel misverstanden vooral bij vergelijking van biologische met gangbare systemen. Biologische systemen hebben per hectare meestal een lagere emissie dan gangbare systemen maar door de lagere opbrengsten per eenheid product soms een hogere emissie per gewichtseenheid product dan gangbaar.

Moeilijkheden van het uitdrukken per gewichtseenheid product, ontstaan als een bedrijf verschillende producten produceert. Hierbij is de toerekening van emissies aan een specifiek product vaak lastig en daarnaast zijn de producten vaak moeilijk vergelijkbaar.

In de systeembeschrijving worden alle bedrijfsmiddelen, aanvoer en afvoer en de processen die emissie veroorzaken beschreven. Bedrijfsmiddelen als bijvoorbeeld gebouwen en machines. Aanvoer van productiemiddelen als bijvoorbeeld mest, bestrijdingsmiddelen, brandstof en zaden. Afvoer als de producten maar ook de bijproducten en verliezen als bijv. nitraat uitspoeling.

Aan alle bedrijfsmiddelen, bedrijfsprocessen, aanvoer en afvoer worden emissiefactoren toegekend. Bijvoorbeeld de productie, het transport en het verbruik van 1 kg diesel geeft een emissie van 3,5 kg CO₂ equivalenten. Voor brandstoffen zijn de CO₂ emissies per hoeveelheid dieselverbruik redelijk stabiel voor verschillende omstandigheden. Voor lachgas en methaan is de emissie sterk afhankelijk van de omstandigheden. Bijvoorbeeld voor lachgasemissie uit de bodem bij een bepaalde bemesting wordt voor biologische beheerde bodems eenzelfde emissie berekend als voor gangbaar. Het is echter heel goed mogelijk dat deze emissie door een andere bodemstructuur, bodemleven en/of organische stofgehalte, bij biologisch beheerde bodems op een geheel ander niveau ligt dan bij gangbaar beheerde bodems. De verschillende emissiefactoren zijn soms gebaseerd op een beperkte hoeveelheid onderzoek of zelfs op inschattingen. Naarmate de kennis toeneemt over bepaalde emissies, worden deze factoren bijgesteld. Dit is een onderdeel die de vergelijking van studies soms lastig maakt. Het moet duidelijk zijn op welke emissiefactoren van welke bron de berekeningen gebaseerd zijn.

Daarnaast wordt soms gebruik gemaakt van een onzekerheidsanalyse. Van alle gebruikte emissiefactoren wordt een onzekerheidsmarge aangegeven. Deze marges gecombineerd geven een bepaalde onzekerheid in het totale resultaat.

Voor de berekening van de totale emissie op bedrijfsniveau worden de CO₂, N₂O en CH₄ emissies omgerekend naar CO₂ equivalenten. Ook hier bestaat nog enige onzekerheid over de omrekeningsfactor. De laatste 10 jaar zijn deze omrekeningsfactoren enigszins gewijzigd, wat de vergelijking van recente en oudere studies lastiger maakt. De huidige gehanteerde omrekeningsfactoren zijn 1 voor CO₂; 25 voor methaan (1 kg methaanemissie is 25 CO₂ equivalenten) en 300 voor lachgas.

Onzekerheden in de berekening van een 'Carbon Footprint' in de landbouw

Zoals in de voorgaande paragrafen al aangegeven zitten er nog relatief grote onzekerheden in de berekeningen voor de emissie van de broeikasgassen lachgas en methaan. Voor het fossiele energieverbruik is deze onzekerheid vrij klein.

De onzekerheden zitten in de beperkte kennis en in de invloed van de omstandigheden op de emissies. Voor de verschillen in emissie tussen biologische en gangbare teeltomstandigheden is bijvoorbeeld nog zeer weinig bekend.

Hoe groot die onzekerheid is, daar is nog moeilijk een uitspraak over te doen. In een onzekerheidsanalyse uitgevoerd voor de broeikasgasemissies (exclusief landgebruik) bij varkensvlees (Kool et al, 2009) werd voor de Nederlandse varkenshouderij een onzekerheidsmarge van ca 10% berekend. Voor veranderingen in koolstof voorraden wordt soms wel een onzekerheidsmarge van 50% aangegeven. Voor koolstofvoorraden zitten de onzekerheden o.a. in de toerekening en in de snelheid van de afbraak van organische stof in de bodem.

Geen uniforme internationaal geaccepteerde methodiek

Voor de Carbon Footprint van producten, bedrijven, organisaties etc zijn er internationale rekenmethodieken en standaards in ontwikkeling (o.a. The Greenhouse Gas Protocol, PAS 2050). In 2006 in de UK een initiatief van start gegaan om richtlijnen op te stellen voor de berekening van 'embodied greenhouse gas emissions in products and services' in algemene zin (PAS 2050:2008). De richtlijn werd medio 2008 in definitieve vorm door het British Standard Institute als UK standaard vastgelegd.

Voor de ontwikkeling van de PAS 2050 wordt uitgegaan van de Life Cycle Assessment (LCA) methode voor de berekening van broeikasgaseffect op ketenniveau. De PAS2050 richtlijn is mede gebaseerd op bevindingen uit case studies. Deze case studies hebben echter geen specifieke betrekking gehad op landbouwproducten. Dit kan mogelijk leiden tot een situatie waarin de sectorspecifieke kenmerken onvoldoende in acht worden genomen.

In Nederland is intensief gewerkt aan de ontwikkeling van een methodiek voor voedselproducten (Blonk Milieu Advies en Wageningen UR). De methodiek is afgestemd op de PAS 2050 methodiek en de IPCC richtlijnen.

Al met al komt het erop neer dat er nog geen algemeen internationaal geaccepteerde methodiek voor landbouw en voedsel beschikbaar is.

Eenvoudige quick scans

Ondanks de handicaps in de methodiek en de berekening, leveren berekeningen van de Carbon Footprint toepasbare inzichten op in de orde van grootte van broeikasgasemissies en waar die door worden veroorzaakt. Dit inzicht geeft de mogelijkheid tot handelen op die aspecten waar de emissie groot en beïnvloedbaar is. Wel moet rekening worden gehouden met een aantal onzekerheden in de berekening.

Om snel inzicht te krijgen in de broeikasgasemissies van het eigen bedrijf zijn er voor verschillende sectoren eenvoudige 'quick scans' ontwikkeld.

Voor de melkveehouderij

http://www.klimaatlat.nl/pub/handleiding_klimaatlat_melkvee.pdf

Voor de teelt van glas en vollegrondsgroenten

<http://www.tuinbouw.nl/artikel/co2-footprint-berekenen>

Voor de akkerbouw en groenteteelt: De Telen met Toekomst Energie en klimaatmeetlat

http://www.telenmettoekomst.nl/files/pdfs/13_Telen_met_toekomst_publicatie_13.pdf

3.3 Emissiereductie en compensatie: naar een netto nul emissie van broeikasgassen

De huidige landbouw is voor het overgrote deel momenteel **niet klimaatneutraal**! Er is in vrijwel alle gevallen een netto uitstoot van CO₂ equivalenten. De uitstoot wordt veroorzaakt door:

- 1). het directe (brandstoffen) en indirecte (productiemiddelen) fossiele energieverbruik.
- 2) de emissies van lachgas (N₂O) en methaan en
- 3) Veranderingen in de koolstofvoorraad door netto afbraak van het organische stof gehalte in de bodem (CO₂ emissie, vnl. in de akkerbouw).

Op weg naar een klimaatneutrale productie worden in de meeste gevallen de volgende stappen gezet:

- a) Reductie eigen (fossiel) energiegebruik
- b) Reductie directe emissies overige broeikasgassen
- c) Verandering voorraden opgeslagen CO₂ in organische stof
- d) Reductie indirect fossiel energieverbruik en indirecte emissies
- e) Compensatie (offset)

De onderdelen b en c zijn zeer specifiek voor de landbouw en in mindere mate voor de milieudienstverlening en de chemische industrie.

Compensatie is in feite het vermijden van de emissie van broeikasgassen buiten het systeem/bedrijf. De elders vermeden emissie wordt van de eigen bedrijfsemissie afgetrokken.

In deze paragraaf algemene opmerkingen over de verschillende emissies en compensatie. In de volgende paragrafen wordt verder ingegaan op de mogelijkheden voor emissiereductie. Voor meer detail over de verschillende reductie maatregelen en compensatie wordt verwezen naar o.a. de rapporten van de Haan et al (2007), Vlaar et al (2008) en van Dooren et al (2007)

Reductie eigen fossiel energiegebruik

In vrijwel alle gevallen is de emissie door eigen fossiel energieverbruik een belangrijke emissiepost. Voor vrijwel alle sectoren behalve de primaire productie in de landbouw is het de grootste en vaak vrijwel enige emissiebron. Daarnaast is deze post het meest zichtbaar en relatief goed rechtstreeks te beïnvloeden. Het eigen fossiele brandstofverbruik zorgt via verbranding in motoren of voor verwarming voor CO₂ emissie. De CO₂ emissie door de verbranding van brandstoffen als hout, ethanol en plantaardige oliën wordt niet meegerekend omdat deze CO₂ in een kortcyclisch proces opgeslagen en weer afgebroken wordt. Gemakshalve wordt elektriciteitsverbruik hier ook onder eigen fossiele energieverbruik gerekend. In tegenstelling tot het verbruik van fossiele brandstoffen die CO₂ emissie op het eigenbedrijf veroorzaken, veroorzaakt elektriciteitsverbruik indirecte emissie namelijk in de energiecentrale. De emissie veroorzaakt door fossiel energieverbruik is eenvoudig in kaart te brengen en ook erg zichtbaar op het eigen bedrijf via de aankoop van fossiele brandstoffen en elektriciteit. Voor elektriciteit is het niet altijd duidelijk welk deel hiervan op de verbranding van fossiele brandstoffen is gebaseerd.

Reductie directe emissies overige broeikasgassen

Voor de primaire productie veroorzaken deze broeikasgassen vaak tussen de 40 en 80% van de totale emissie. De emissie van broeikasgassen methaan en lachgas op het bedrijf zijn echter niet zichtbaar en moeilijk meetbaar. De emissie wordt veelal veroorzaakt door de processen die op het bedrijf plaatsvinden en zijn veel minder makkelijk rechtstreeks te koppelen aan inputs van buiten het bedrijf. Of er bijvoorbeeld lachgasemissie optreedt door de toepassing van mest is niet alleen afhankelijk van de hoeveelheid mest maar o.a. ook van de manier waarop ze wordt toegepast en van de toestand van de bodem. Daarnaast zijn de emissies van lachgas en methaan deels onvermijdbaar in de agrarische bedrijfsvoering. Ze horen onlosmakelijk bij het gebruik van mest en het handelen met organische stof. Methaanemissie door

de pensfermentatie is bijvoorbeeld onlosmakelijk verbonden met het houden van herkauwers. Het is echter vaak onduidelijk welk deel van de methaan- en lachgasemissies daadwerkelijk onvermijdbaar zijn. Om klimaatneutraal te kunnen zijn zullen de onvermijdelijke emissies van lachgas en methaan gecompenseerd moeten worden (of buiten de systeemgrenzen moeten worden gehouden).

Om voornoemde redenen is er ook minder makkelijk grip te krijgen op de emissies van lachgas en methaan. Desondanks zijn er wel een aantal meer algemene richtlijnen waarmee de emissies van methaan en lachgas kunnen worden verminderd (par. 3.5.).

Verandering voorraden opgeslagen CO₂ in organische stof

Veranderingen in koolstofvoorraden vallen vaak buiten de beschreven systeemgrenzen bij het vaststellen van de broeikasgasemissies van een systeem. Dit omdat de emissie tijdelijk is (tot de voorraad is uitgeput of tot de opslag capaciteit vol is), omdat de veranderingen langzaam gaan en moeilijk meetbaar zijn (organische stof in de bodem) of omdat de veranderingen soms moeilijk toe te rekenen zijn (veranderend landgebruik, kappen van oerwoud).

Wanneer de voorraden een grote omvang hebben en de emissies weliswaar tijdelijk zijn maar wel een lange periode omvatten (bijv. veranderingen organische stof gaat over perioden van minimaal 25 jaar), worden veranderingen in de koolstofvoorraad toch als optie voor emissiereductie meegenomen. Voor biologische landbouw is dit een belangrijk punt omdat juist hier een relatief goede prestatie wordt geleverd.

Op het totaal van de emissies van een akkerbouwbedrijf kunnen de emissies of vastlegging van CO₂ in de bodem tot meer dan 50% bedragen van de totale bedrijfsemissie

Doordat veranderingen in de koolstof voorraad in de bodem langzaam gaan, zijn ze vaak moeilijk rechtstreeks te meten. Vaak wordt een modelmatige benadering toegepast op basis van de organische stof aanvoer naar de bodem en de modelmatige afbraak voor de specifieke bodem en klimaatomstandigheden.

Reductie indirect fossiel energieverbruik en indirecte emissies van methaan en lachgas.

Indirecte emissies worden niet op het bedrijf zelf veroorzaakt maar op een andere plek voor de productie van productiemiddelen voor het primaire productiebedrijf. De belangrijkste posten voor de landbouw zijn de emissies die ontstaan bij de productie van kunstmest, veevoer en de bedrijfsmechanisatie. Het gaat hier vaak om een combinatie van emissies van CO₂ en lachgas en soms van methaan. Bij veevoer spelen bijvoorbeeld de emissies van CO₂ door fossiel energieverbruik, de emissies van CO₂ door landgebruik en de emissies van lachgas een gecombineerde rol.

Verder zijn er ook indirecte emissies doordat uitstoot van bepaalde stoffen op het bedrijf, elders broeikasgasemissie veroorzaakt. Voorbeelden is de uitstoot van nitraat en ammoniak die elders lachgasemissies veroorzaakt. De broeikasgasemissies veroorzaakt via deze laatste route zijn relatief klein van omvang.

Doordat indirecte emissies niet op het eigen bedrijf worden veroorzaakt is er vanuit de bedrijfsvoering ook minder makkelijk invloed op uit te oefenen. Toch kan via producteisen of keuze van het de producent of herkomst een belangrijke emissie besparing bereik worden.

Compensatie (offset)

De term netto verwijst naar het gebruik van een CO₂ balans. Uitstoot van CO₂ eq. wordt verrekend met vastlegging van CO₂ eq.. Dit kan door bijvoorbeeld door vastlegging in hout of door verhoging van het organische stofgehalte in de bodem.

Ook verlaging van uitstoot van CO₂ emissie elders wordt wel als compensatie aangemerkt. Bijvoorbeeld de productie van energie uit hernieuwbare bronnen zorgt ervoor dat er minder fossiele energie hoeft te worden gebruikt.

Het is vaak makkelijker of goedkoper om uitstoot buiten het bedrijf te voorkomen dan de uitstoot op het bedrijf. Veel bedrijven of processen in ontwikkelings- of ontwikkelende landen zijn nog zo sterk vervuilend dat een investering op die plekken veel effectiever is dan een investering op het eigen bedrijf.

3.4 Emissiereductie of compensatie door direct fossiel energieverbruik

De belangrijkste mogelijkheden voor vermindering van direct fossiel energieverbruik (incl. elektriciteitsverbruik) zijn bezuinigen op het verbruik of de fossiele energiebronnen vervangen door hernieuwbare bronnen.

Bezuinigen

Voor bezuinigen zijn de belangrijkste onderdelen het brandstofverbruik voor mechanisatie en het elektriciteitsverbruik voor koeling en bedrijfsmechanisatie (bij melkmachine).

Bezuinigingen op brandstof zijn mogelijk via zuiniger mechanisatie, juiste tractor-machine combinatie, juiste toerental etc. Een eenvoudige verbruiksmeter op de tractor kan al veel inzicht verschaffen.

Voor de bezuinigingen op elektriciteit kan vaak vooral naar de isolatie van de koeling gekeken worden. Verder kan bij de aanschaf van de bedrijfsmechanisatie/middelen rekening worden gehouden met het verbruik.

Met de huidige stand van de techniek zijn waarschijnlijk maximaal een 20 tal procenten te bezuinigen. Op de middellange tot lange termijn komen ook alternatieve brandstoffen en bijvoorbeeld op elektriciteit werkende landbouwmechanisatie in beeld.

Voor de keten na de primaire productie is het fossiele energieverbruik de voornaamste bron van broeikasgasemissies. Het verbruik zit hier vooral in transport, ver/bewerking van het product en koeling. Bezuinigingen zitten hier in een efficiënte logistiek, energiezuinige processen, het overschakelen op elektrische auto's. Wanneer ook consumententransport in het systeem wordt betrokken dan kunnen andere distributiesystemen als internet bestelsystemen in combinatie met thuisbezorgen, een flinke besparing opleveren.

Eigen energieproductie

Veel meer zoden aan de dijk zet de vervanging van fossiele bronnen door hernieuwbare bronnen. De eenvoudigste oplossing is de aankoop van groene stroom.

Het agrarisch bedrijf heeft echter de ruimte en de processen in handen om hernieuwbare energie zelf te produceren. Het grootste deel van het elektriciteitsverbruik op het bedrijf kan (netto) uit eigen productie worden voorzien. Brandstof voor de bedrijfsmechanisatie is lastiger in zijn geheel te vervangen.

Overcapaciteit in energieproductie kan aan het net worden geleverd en als compensatie dienen voor het overige emissies.

Er zijn voor een landbouwbedrijf verschillende manieren om energie uit niet fossiele bronnen te produceren. De momenteel meest toepasbare zijn: Energie uit organische stof (reststromen, energiegewassen), plantaardige brandstof, windmolens en zonnecellen.

Plantaardige brandstof

Bijmengen of het omschakelen op plantaardige olie is voor de bestaande mechanisatie goed mogelijk. De economische haalbaarheid (afhankelijk van toepassing van accijnzen) is ook dichtbij. Het saldo van koolzaadolie kan al redelijk het graansaldo benaderen. Koolzaadolie is makkelijk op het eigen bedrijf uit het zaad te winnen. Bij stijgende olieprijsen komt als snel het evenwichtspunt in zicht. Mogelijk kan met de tweede generatie biobrandstoffen nog efficiënter worden gewerkt. Bezwaar voor de bio sector is dat hier gebruik gemaakt wordt van goede landbouwgrond voor energieproductie.

Energie uit organische stof:

Vergisting is het meest praktijkrijpe proces voor energiewinning uit organische stof. Een aantal nieuwe technieken lijken meer efficiënt maar zijn nog niet voldoende praktijkrijp. Het gebruik van reststromen lijkt het meest voor de hand te liggen. Het telen van energiegewassen lijkt voor biologische landbouw niet acceptabel. Daarnaast bestaat de vraag of deze organische stof niet beter rechtstreeks aan de bodem kan worden toegevoegd. Vergisting op kleine schaal (vooral voor eigen gebruik) lijkt momenteel nog moeilijk en het proces vraagt de nodige expertise.

Ter indicatie, voor compensatie van de totale bedrijfsemissie van een huidig akkerbouwbedrijf zou ca 4 ton organische stof per ha vergist moeten worden, voor een melkveebedrijf ca 10 ton.

Energiewinning met windmolens of zonnecellen

Deze wijzen van energieproductie zijn voor agrarische bedrijven vaak goed toepasbare opties. De meeste landbouwbedrijven hebben de ruimte. Nadeel van windmolens is dat deze niet overal geplaatst kunnen/mogen worden

Ter indicatie: 1 grote windmolen (3 mW) voor een akkerbouw/veehouderijbedrijf is ruim voldoende ter compensatie van de totale bedrijfseigen broeikasgasemissies. Voor zonnecellen is voor een akkerbouwbedrijf ca 15 tot 30m² per ha nodig voor een melkveebedrijf is dat ca 50 tot 100 m².

3.5 Emissiereductie van directe emissies van methaan en lachgas

De gezamenlijke emissie van lachgas en methaan zorgt voor tussen de 45 en de 80% van de totale bedrijfsemissies in de landbouw. Een belangrijke groep, maar vaak minder makkelijk te sturen dan de CO₂ emissies door fossiel brandstofverbruik.

De achtergrond van deze emissies is vaak relatief simpel. Methaanemissie treedt op bij de afbraak van organische stof onder zuurstofarme omstandigheden. Lachgas komt vrij bij de afbraak van minerale stikstof onder zuurstofarme omstandigheden. Veel maatregelen voor emissiereductie spelen dan ook vaak hier op in. Zorg dat er geen grondstof is die kan worden afgebroken of zorg dat er geen zuurstofarme omstandigheden optreden. Daarnaast kan er in sommige omstandigheden worden gezorgd dat de ontstane emissie wordt opgevangen.

De belangrijkste methaanemissies komen voort uit de afbraak van organisch materiaal (voer) bij de spijsvertering en bij de opslag van mest.

Methaanemissies bij de dierlijke spijsvertering zijn lastig te beïnvloeden. Via het rantsoen zijn er mogelijkheden maar de winst is relatief beperkt. De keuzen die hier gemaakt worden staan soms op wat gespannen voet met de principes van de biologische landbouw(er) of vormen een soms labiel evenwicht met andere voedereisen. In het rapport van de Haan et al, 2007 (maatregelen ter beperking van energieverbruik en broeikasgasemissies) staan een aantal rantsoenopties genoemd. Geschat wordt dat de verlaging van de methaanemissie door de pensfermentatie van rundvee via het voederspoor maximaal ca 10% kan bedragen.

Voor de varkenshouderij wordt soms aanbevolen om de verteerbaarheid van het voer te verhogen waardoor minder methaanemissie ontstaat. De verhoging van de verteerbaarheid veroorzaakt echter naar verwachting een hoger aandeel van bestanddelen in het voer die in principe ook voor menselijke consumptie geschikt zijn.

Voor het belangrijkste deel zal moeten worden geaccepteerd dat dierlijke productie met methaanemissie gepaard gaat. Wel kan nagedacht worden hoe groot het aandeel veehouderij ten opzichte van plantaardige productie zou moeten zijn voor een goede balans. Hierbij worden varkens vooral ingezet als eters van restproducten en herkauwers als eters van ruwvoer.

Een andere optie voor emissieverlaging zou in principe het opvangen van de methaan zijn. Hiervoor zou het

vee binnen moeten worden gehouden wat weer in strijd is met de beginselen van de biologische landbouw.

De emissies van methaan (en lachgas) uit mest zijn potentieel gemakkelijker te verminderen. Mest kan korter worden opgeslagen en ook zijn er in principe mogelijkheden voor het afvangen van het geproduceerde methaan.

Volledige controle van de vergisting van mest kan via een vergistinginstallatie. Vooralsnog vergt dit een flinke investering en dienen co-producten worden aangevoerd om de investering rendabel te kunnen maken. Vergisting op kleine schaal is in ontwikkeling maar vooralsnog weinig praktijkrijp

Naast de vermindering van de methaanemissie uit de mest heeft vergisting ook een energieopbrengst in de vorm van methaan dat meestal via verbranding omgezet wordt in elektriciteit. Als daarnaast ook nog de restwarmte gebruikt kan worden is de uitgespaarde CO₂ emissie nog groter.

Er zijn meer mogelijke posten van methaanemissie op het bedrijf. Uitgaande van de omstandigheden waaronder methaan wordt geproduceerd, zuurstofarme omstandigheden en organisch materiaal, is na te gaan of deze omstandigheden op het bedrijf voorkomen. Rottende afvalhopen en slechte compostering zijn vrij veel voorkomende voorbeelden hiervan.

3.6 Emissiereductie via veevoer

Voor de veehouderij is het aangekochte voer de grootste emissiepost, dit geldt vooral voor de varkenshouderij en de pluimveehouderij. Voor de varkenshouderij is dit ca 55% van de totale bedrijfsemissie. Voor de melkveehouderij is dit afhankelijk van de hoeveelheid gebruikt krachtvoer. In feite spelen voor het aangekochte voer dezelfde emissie posten als voor de eigen plantaardige productie. Daar komen verder bij de emissies die optreden bij het transport en de verwerking van de individuele ingrediënten tot mengvoer.

Zonder de emissies door verliezen van organische stof wordt de emissie van de varkensvoerproductie door ca 77% bepaald door de teelt, 15% door het transport en 8% voor de verwerking (data Kool et al 2009).

Wanneer het verlies van organische stof in bodem en bos wordt meegenomen, verdubbeld de emissie door de productie van veevoer.

De aangrijpingspunten voor vermindering van emissie voor de productie van veevoer liggen dus vooral in de teelt van de gewassen en in mindere mate in het transport en de verwerking. Zij het dat het terugdringen van transportkilometers ook om andere redenen belangrijk is (verspreiding van besmetting, lawaai, stank, ruimtegebruik etc.).

Bij de teelt bestaan de emissies vooral uit emissie door fossiel energieverbruik, de emissies door lachgas en de emissies door veranderingen in de voorraden opgeslagen koolstof.

Aan de productie van de voedergewassen zouden dus eisen moeten worden gesteld omtrent:

- wijze van grondgebruik: geen omzetting van bos of grasland naar akkerbouwgrond
- bodemmanagement: zorg voor instandhouding van het organische stof gehalte in de bodem. Zorg voor minimale compactie (minder lachgasemissie) en zorg voor efficiënte bemesting (geen verliezen en afbraak van N-mest in lachgas)
- Energieverbruik bij de teelt zoveel mogelijk gebaseerd op hernieuwbare bronnen.

De herkomst van de voeder bestanddelen kan verschil maken in de transportkosten. Herkomst West-Europa geeft minder transport. Maar herkomst Centraal- of Oost Europa maakt in de emissie door transport al weinig verschil meer met aanvoer via zee elders uit de wereld. De keuze van de herkomst kan wel uitmaken voor de invloed die kan worden uitgeoefend op de emissies bij de teelt.

Naast de klimaateffecten van veevoer spelen er andere aspecten die vanwege de intenties van de biologische landbouw een rol zouden moeten spelen. Zoals eerlijke beloning, sociale rechtvaardigheid, GMO vrij, biodiversiteit etc. Ook deze aspecten dienen bij voorkeur in de afweging te worden meegenomen. Herkomst van voeder van het eigen bedrijf of een nabij gelegen bedrijf waar intensief mee wordt samengewerkt, geeft de meeste mogelijkheden tot besparing op de emissies. Deels vanwege

transportafstanden maar voor het belangrijkste deel vanwege de controleerbaarheid van een emissiearme productie. Nieuwe samenwerkingsvormen waarbij de synergie tussen plantaardige productie, dierlijke productie, organische stof (rest)stromen en mogelijk energieproductie, maximaal benut worden, moeten hiervoor verder worden verkend.

3.7 Emissiereductie via beperking verliezen en efficiëntieverbetering

In de gehele voedselketen treden product- en productie verliezen op. Ter indicatie: in de Nederlandse voedselketen na de primaire productie zijn de verliezen gemiddeld ca 20-30%. Hierbij wordt 10-20% van het verlies veroorzaakt door de consument. Overigens worden veel van de verliezen hergebruikt voor menselijke consumptie, veevoer, bemesting of energieproductie. Een goede cascadering, d.w.z. de inzet van de verliesstromen op een zo hoog mogelijk waardeniveau, kan de emissie per kg product sterk verlagen. Maar in de eerste plaats dienen de verliezen zoveel mogelijk beperkt te worden. Hier is nog ruimte voor verbetering. Wanneer een grotere hoeveelheid voedsel met dezelfde emissies geproduceerd wordt, gaat de emissie per kg product omlaag.

Een grote verliespost zit echter niet in de keten maar in de primaire productie. Vooral door ziekten en plagen gaat in de biologisch plantaardige productie die bestemd is voor menselijke consumptie een groot deel van de opbrengstpotentie verloren. Bij de productie van vee(ruw)voer zijn die verliezen lager maar treden ook op. Bijvoorbeeld bij appels en aardappels wordt maar 50% van de potentiële (gangbare) opbrengst behaald. De belangrijkste oorzaken zijn de schimmelziekten schurft bij appel en phythophthora bij aardappels. Voor de Nederlandse plantaardige productie is de belangrijkste oorzaak voor de licht hogere emissie per kg product van biologische plantaardige productie ten opzichte van de gangbare productie, de opbrengstderving die tijdens de teelt optreedt.

Inzet op vermindering van verliezen in de teelt kan dus een belangrijke emissiereductie per eenheid product opleveren. Gezien de potentie van resistente rassen en niet chemische ziekten- en plaagbeheersing is hier nog veel winst te halen. Niet alleen in de beperking van de broeikasgasemissies maar ook in het bedrijfseconomisch resultaat.

Ook in de veehouderij zijn mogelijk efficiëntieslagen te behalen, de voederconversie bij varkens wordt weliswaar verhoogd door de eisen aan dierenwelzijn, maar gezien de potentiële emissiebesparing is het waard om de mogelijkheden te verkennen. Bij de melkveehouderij is bijvoorbeeld mogelijk een verbetering haalbaar door een lager vervangingspercentage van het melkvee. Biologisch melkvee gaat al langer mee dan gangbaar maar mogelijk is ook hier nog ruimte voor verbetering. Wanneer de koe langer meegaat dan speelt de emissie-investering in de opfok minder sterk mee in de totale emissie. Voor efficiëntie verbeteringen moet wel duidelijk rekening worden gehouden, met de intenties/waarden van de biologische landbouw. Een lagere broeikasgasemissie mag niet ten koste gaan van waarden als bijvoorbeeld dierenwelzijn of een schoon milieu op andere thema's.

3.8 Emissiereductie en compensatie door verandering voorraden organische stof

Er is op verschillende manieren koolstof opgeslagen in koolstofvoorraden. Voor de landbouw zijn de voorraden in vegetatie en hout en de opgeslagen koolstof in de bodem via de organische stof in/op de bodem, de belangrijkste. Afname van deze koolstofvoorraden gaat in de meeste gevallen gepaard met een toename van CO₂ in de lucht. Andersom geeft toename van de koolstofvoorraad door een afname van de hoeveelheid CO₂ in de lucht. Bij vermindering van de afbraak van organische stof is er sprake van emissiereductie, bij toename van de voorraad is er de mogelijkheid van compensatie.

Opslag in koolstofhoudende producten: Vrijwel alleen houtproductie wordt algemeen geaccepteerd als compensatie vanwege de langjarige vastlegging. Dit kan zowel op het eigen bedrijf als door de aanleg van bos elders. Een Nederlands bos legt ca 2000 kg C per ha per jaar vast = 7333 kg CO₂ eq. per ha/jaar. Over de productie van hout ter compensatie, bestaat discussie. Er is mondiaal maar beperkt ruimte om op deze manier te compenseren (we hebben het meeste bruikbare oppervlak nodig voor voedselproductie). Daarnaast is er vaak sprake van toegerekende compensatie van bos dat toch al aangelegd zou worden, worden de bossen vaak voortijdig weer ontgonnen, of produceren de bossen bij lange na niet het beoogde volume.

Natuurlijke vegetatie productie op het bedrijf

Op het primaire productiebedrijf zijn er eventueel mogelijkheden in de aanleg van houtwallen en natuurstroken. Niet alleen de vastlegging in hout maar ook de toename van de strooisellaag speelt een rol. Houtwallen en natuurstroken zijn in de meeste gevallen echter niet voldoende om de uitstoot van broeikasgassen van een bedrijf te compenseren. Ter indicatie: voor een huidig biologisch akkerbouwbedrijf zou ongeveer ca 30% van het bedrijfsoppervlak met bos moeten worden beplant. Voor een melkveebedrijf is dat 50 tot 70% van het oppervlak. Aanplant van bomen op het eigen bedrijf levert dus geen grote maar wel een relevante bijdrage. Gezien de combinatie met voordelen voor biodiversiteit en landschap snijdt het mes hier aan meerdere kanten.

In de bodem: Organische stof kan in de bodem worden opgeslagen. Door jaarlijks meer organische stof aan de bodem toe te voegen dan er wordt afgebroken, kan de hoeveelheid organische stof in de bodem worden verhoogd.

Ook deze vorm van compensatie staat ter discussie omdat de hoeveelheid gelimiteerd is en omdat de opslag vaak erg tijdelijk is. Wanneer een nieuwe evenwichtssituatie bereikt is in de bodem zal er geen sprake meer van netto opslag. Bij veranderd management zal het ca 50 jaar duren voor een dergelijke evenwichtssituatie is bereikt. Bij een verhoging van het organische stof gehalte van 1% in een periode van 50 jaar zal van een akkerbouwbedrijf ongeveer 25% van de broeikasgasemissie gedurende 50 jaar gecompenseerd kunnen worden.

Voor de BIOM bedrijven werd een gemiddelde teruggang van het koolstofgehalte in de bodem van ca 260 kg C per ha per jaar berekend. Het terugdringen van deze verlaging naar een evenwichtssituatie levert per jaar 950 CO₂ eq. minder emissie per hectare per jaar. Dit is ook ongeveer een kwart van de huidige bedrijfsemissie op een akkerbouw/groentebedrijf.

De mogelijkheden voor een hogere koolstof opslag in de bodem liggen in de juiste vruchtwisseling, voldoende aanvoer van organische stof in mest en compost, voldoende groenbemesters en zo weinig mogelijk intensieve grondbewerking.

De externe aanvoer van organische stof in mest en compost wordt beperkt door de mestwetgeving. Fosfaatarme organische stof bronnen kunnen wat meer ruimte voor aanvoer geven.

Niet meer ploegen geeft een snellere opbouw van het organische stof gehalte, deels door een minder snelle afbraak van de organische stof en deels doordat (op kleigronden) de percelen continu groen kunnen worden gehouden (doordat er niet meer in het najaar wordt geploegd). Voor de veehouderij draagt het achterwege laten van het scheuren van grasland sterk bij aan de organische stof opbouw in de bodem.

Een nieuwe ontwikkeling is de toevoeging van Biochar (in feite houtskool) aan de bodem naast koolstofopslag zijn er ook positieve effecten op de bodemvruchtbaarheid gemeld. De toepassing van Biochar verkeert momenteel in de onderzoeksfase.

3.9 Compensatie van bedrijfsemissies

Naast vormen van compensatie op het eigen bedrijf door o.a. opslag van organische stof of door energieproductie uit hernieuwbare bronnen is het ook mogelijk om te compenseren door het voorkomen of vermijden uitstoot broeikasgassen op een ander plaats.

Het is vaak makkelijker of goedkoper om uitstoot buiten het bedrijf te voorkomen. Veel bedrijven of processen in ontwikkelings- of ontwikkelende landen zijn nog zo sterk vervuilend dat een investering op die plekken veel effectiever is dan een investering op het eigen bedrijf.

Er zijn vele compensatie mogelijkheden beschikbaar op de markt. Ze vallen in twee brede categorieën: compensaties die onder het Kyoto- protocol vallen (inclusief gecertificeerde emissie reducties) en compensaties die gebruikmaken van compensaties die daarbuiten vallen (vrijwillige emissie reducties). Het kwaliteitsgarantiesysteem van de overheid geeft duidelijke aanwijzingen voor compensaties (bijvoorbeeld soort van compensaties en consumenteninformatie)

Een maat voor de kosten is de zgn. handel in carbon credits. De Europese Unie voerde het Emission Trading System (ETS) in 2005 in voor grootverbruikers van fossiele brandstoffen. Samen stoten zij in Europa ongeveer de helft van het kooldioxide uit. De uitstootrechten die de bedrijven kregen waren gebaseerd op hun toenmalige energieverbruik.

Een bedrijf dat wil uitbreiden kan kiezen of het uitstootrechten koopt op de markt, of dat het energiebesparende maatregelen invoert waardoor uitbreiding mogelijk is zonder extra uitstoot van kooldioxide.

Los van alle haken en ogen aan het systeem, geeft het aan dat de uitstoot van broeikasgassen bepaalde kosten met zich meebrengen. Half 2008 was de prijs voor een ton CO₂ ca 25 euro. Dit betekent voor bijv. een akkerbouwbedrijf, wanneer dit (hypothetisch) haar totale emissie zou willen afkopen, een kostenpost van 100 euro per ha. Voor een melkveebedrijf betekent dit een kostenpost van ca 350 euro per ha.

Er zijn vele manieren van compensatie mogelijk. Allen gebaseerd op het vermijden van broeikasgasemissie of het extra opslaan van CO₂. Een veel gebruikte manier is de aanplant van bos. Binnen de EU is er een lobby gaande om eventuele extra opslag van koolstof via organische stof in de bodem ook te belonen.

Een Nederlands voorbeeld is het bedrijf Eosta dat (een aantal van) haar producten als klimaatneutraal aanduidt. Het bedrijf compenseert de broeikasgasemissies die optreden bij de productie, transport, verwerking en distributie van haar producten door compensatie via compostering van organisch afval in een aantal landen.

Eosta is partner in de zuster organisatie Soil & More (<http://www.soilandmore.com>). Soil & More initieert projecten over de gehele wereld om organisch afval te composteren. Hierdoor ligt het afval niet op hopen te rotten waarbij methaan wordt geproduceerd. De compensatie die hieraan ontleend wordt is gebaseerd op het vermijden van methaanemissie. De claim klimaatneutraal op de Nature and & More/Eosta producten is gecertificeerd door de Duitse organisatie TÜV.

4 Rekenvoorbeelden

4.1 Biologische akkerbouw/groentebedrijven

Biologische akkerbouw/groente bedrijven op klei hebben een emissie van circa 3800 kg CO₂ equivalenten per hectare per jaar. (Bos et al 2007). Voor een bedrijf van 50 hectare komt dit uit op 190 ton CO₂ equivalenten per jaar. Er wordt hierbij vanuit gegaan dat het organische stofgehalte in de bodem stabiel is. De emissie op het akkerbouw/groentebedrijf is verdeeld over de volgende onderdelen:

- Ca 80 ton CO₂ eq. directe energie
- Ca 25 ton CO₂ eq. indirecte energie (aannee 15 ton onvermijdbaar)
- Ca 85 CO₂ eq. N₂O (aannee 40 ton onvermijdbaar)

De aannames voor het deel onvermijdbare emissies zijn vooralsnog arbitrair en zullen verder onderbouwd moeten worden door onderzoek en praktijkervaringen.

De emissie door directe energie wordt beschouwd als op de lange termijn in principe geheel vermijdbaar omdat hiervoor hernieuwbare energiebronnen gebruikt kunnen worden.

Op de korte tot middellange termijn kan vooral bezuinigd worden door betere isolatie in de koeling en woning, zuiniger tractoren, juiste tractor-machine combinatie etc.

Een deel van de emissie veroorzaakt door indirecte energie wordt beschouwd als onvermijdbaar omdat deze voortkomt uit de productie van bedrijfsmiddelen. Deze indirecte energie zit bijvoorbeeld in de bedrijfsmechanisatie, de installaties, de bedrijfsgebouwen en de inputs als mest zaden etc. Deze productiemiddelen blijven voor een groot deel noodzakelijk. Het bedrijf kan er zuiniger mee omspringen en in zijn aankoopbeleid voor de meest zuinig geproduceerde productiemiddelen kiezen. Het bedrijf heeft echter slechts beperkte invloed op het energieverbruik voor de noodzakelijke productiemiddelen. Om voorgaande redenen is een inschatting gemaakt dat op de korte tot middellange termijn, 10% bezuinigd kan worden op het indirecte energieverbruik.

De aanname voor vermindering van de lachgasemissie is slecht onderbouwd. Het vrijkomen van lachgas kan deels beïnvloed worden. Al is in veel gevallen nog niet duidelijk hoe. Het vrijkomen van lachgas zal naar verwachting echter altijd voorkomen.

Er is een inschatting gemaakt van bezuinigingsopties die op de korte tot middellange termijn zonder grote kosten, haalbaar zijn.

- | | |
|--|---------------------------------|
| ■ Bezuiniging direct energie verbruik met 20% | = -16 ton CO ₂ eq. |
| ■ Bezuiniging indirect energieverbruik met 10% | = - 2,5 ton CO ₂ eq. |
| ■ Reductie N ₂ O emissie met 20% | = - 17 ton CO ₂ eq. |

Resterend te compenseren 154,5 ton (exclusief onvermijdbaar = 99,5 ton)

Deze emissie kan verder worden gereduceerd met bijvoorbeeld de volgende maatregelen

- Bodem Organische stof verhoging (0,02 % per jaar) verlaging CO₂ emissie met 60 ton CO₂ eq.
- 5% oppervlak bomen (ecologische infrastructuur), verlaging CO₂ emissie van 18 ton CO₂ eq.
- 500 m² zonnecellen, verlaging CO₂ emissie van 22 ton CO₂ eq.
- 1 windmolen 3 mW, geeft al volledige compensatie

Afgezien van het plaatsen van een windmolen, zijn deze compensatie maatregelen onvoldoende om de resterende uitstoot volledig te compenseren. Wanneer de onvermijdbare emissies niet worden meegerekend dan is er volledige compensatie mogelijk.

4.2 Biologische melkveehouderij

Biologische melkveebedrijven op zand (uitgangspunt 44 ha en 9,9 ton melk per ha) hebben een emissie van circa 14500 kg CO₂ equivalenten per hectare per jaar. (Bos et al 2007). Voor een bedrijf van 44 hectare komt dit uit op 640 ton CO₂ equivalenten per hectare per jaar. Deze emissie is verdeeld over de volgende onderdelen:

- Ca 20 ton CO₂ eq. direct energie
- Ca 85 ton CO₂ eq. indirect krachtvoer
- Ca 65 ton CO₂ eq. indirect overig (aannee 30 ton onvermijdbaar)
- Ca 240 CO₂ eq. CH₄ (aannee 180 ton onvermijdbaar)
- Ca 230 CO₂ eq. N₂O (aannee 100 ton onvermijdbaar)

De aannames voor het deel onvermijdbare emissies zijn vooralsnog arbitrair en zullen verder onderbouwd moeten worden door onderzoek en praktijkervaringen.

De emissie door directe energie wordt beschouwd als op de lange termijn in principe geheel vermijdbaar omdat hiervoor hernieuwbare energiebronnen gebruikt kunnen worden.

Op de korte tot middellange termijn kan vooral bezuinigd worden door betere isolatie in de koeling en woning, zuiniger trekkers, goede trekker machine combinatie etc.

Een deel van de emissie veroorzaakt door overig indirecte energie wordt beschouwd als onvermijdbaar omdat deze voortkomt uit de productie van bedrijfsmiddelen. Deze indirecte energie zit bijvoorbeeld in de bedrijfsmechanisatie, de installaties, de bedrijfsgebouwen en de inputs als mest zaden etc. Deze productiemiddelen blijven voor een groot deel noodzakelijk. Het bedrijf kan er zuiniger mee omspringen en in zijn aankoopbeleid voor de meest zuinig geproduceerde productiemiddelen kiezen. Het bedrijf heeft echter slechts beperkte invloed op het energieverbruik voor de noodzakelijke productiemiddelen.

De aanname voor de onvermijdbare methaanemissie is gebaseerd op het gegeven dat het grootste deel van de methaanemissie voortkomt uit de pensfermentatie in de koe. Dit proces is slechts beperkt te beïnvloeden. De overige methaanemissies komen voort uit het mestmanagement en zijn wel te beïnvloeden. De aanname voor vermindering van de lachgasemissie is matig onderbouwd. Het vrijkomen van lachgas kan deels beïnvloed worden. Bijvoorbeeld door de vermindering van gebruik van krachtvoer en het mest management, waar een groot deel van de NO₂ emissies door veroorzaakt worden. Het vrijkomen van lachgas zal naar verwachting echter altijd voorkomen.

- | | |
|--|---------------------------------|
| ■ Bezuiniging direct energie verbruik met 20% | = - 4 ton CO ₂ eq.) |
| ■ Mogelijke omvang reductie N ₂ O emissie onduidelijk (aannee 20% vermindering is relatief eenvoudig haalbaar | = - 46 ton CO ₂ eq.) |
| ■ Mogelijke omvang reductie CH ₄ emissie onduidelijk (aannee 10% vermindering is relatief eenvoudig haalbaar | = -24 ton CO ₂ eq. |

Resterend te compenseren/reduceren 566 ton (exclusief onvermijdbaar = 256 ton)

Verdergaande maatregelen zijn:

- Krachtvoer 50% vermindering (= -42,5 ton CO₂ eq. indirecte energie + -50 ton CO₂ eq. indirect lachgas) = -92,5 ton CO₂ eq.
- Bodem Organische stof verhoging/cq beperking o.s afbraak door niet meer scheuren grasland = -50 ton CO₂ eq.
- Mestvergisting: vermindering methaanemissies en energieproductie

- 5% oppervlak bomen verlaging CO₂ emissie = -80 ton CO₂ eq.
- 500 m² zonnecellen, verlaging CO₂ emissie = -16 ton CO₂ eq.
- 1 windmolen 3 mW, geeft al volledige compensatie = -22 ton CO₂ eq.

Afgezien van het plaatsen van een windmolen, zijn deze verdergaande compensatie/reductie maatregelen onvoldoende om de resterende uitstoot volledig te compenseren. Wanneer onvermijdbare emissies niet worden meegerekend dan is volledige reductie/compensatie haalbaar.

4.3 Biologische varkenshouderij

Een biologische varkenshouderij met 144 zeugen en 900 mestvarkens heeft een emissie van circa 675 ton CO₂ equivalenten per hectare per jaar (Kool et al, 2009). Deze emissie is verdeeld over de volgende onderdelen:

- Ca 430 ton CO₂ eq. voer en stro (aannee 250 ton onvermijdbaar)
- Ca 45 ton CO₂ eq. directe energie (aannee 20 ton onvermijdbaar)
- Ca 90 CO₂ eq. N₂O (aannee 40 ton onvermijdbaar)
- Ca 110 CO₂ eq. CH₄ (aannee 40 ton onvermijdbaar)

De aannames voor het deel onvermijdbare emissies zijn vooralsnog arbitrair en zullen verder onderbouwd moeten worden door onderzoek en praktijkervaringen.

De emissie door voer en stro is inclusief de methaan- en lachgasemissie die bij de productie van voer en stro vrijkomt. Voeer en stro blijven vanzelfsprekend nodig, maar door de keuze, samenstelling en herkomst is er wel te bezuinigen op broeikasgasemissies

De emissie veroorzaakt door het door wordt beschouwd als op de lange termijn in principe geheel vermijdbaar omdat hiervoor hernieuwbare energiebronnen gebruikt kunnen worden.

Een deel van de emissie veroorzaakt door overig indirecte energie wordt beschouwd als onvermijdbaar omdat deze voortkomt uit de productie van bedrijfsmiddelen. Deze indirecte energie zit bijvoorbeeld in de bedrijfsmechanisatie, de installaties, de bedrijfsgebouwen en de inputs als mest zaden etc. Deze productiemiddelen blijven voor een groot deel noodzakelijk. Het bedrijf kan er zuiniger mee omspringen en in zijn aankoopbeleid voor de meest zuinig geproduceerde productiemiddelen kiezen. Het bedrijf heeft echter slechts beperkte invloed op het energieverbruik voor de noodzakelijke productiemiddelen.

De aanname voor de onvermijdbare methaanemissie is gebaseerd op het gegeven dat het grootste deel van de methaanemissie voortkomt uit de pensfermentatie in de koe. Dit proces is slechts beperkt te beïnvloeden. De overige methaanemissies komen voort uit het mestmanagement en zijn wel te beïnvloeden. De aanname voor vermindering van de lachgasemissie is matig onderbouwd. Het vrijkomen van lachgas kan deels beïnvloed worden. Bijvoorbeeld door de vermindering van gebruik van krachtvoer en het mest management, waar een groot deel van de NO₂ emissies door veroorzaakt worden. Het vrijkomen van lachgas zal naar verwachting echter altijd voorkomen.

- Bezuiniging direct energie verbruik met 20% = - 9 ton CO₂ eq.
- Mogelijke omvang reductie N₂O emissie onduidelijk (ruwe schatting 30% vermindering is relatief eenvoudig haalbaar) = - 27 ton CO₂ eq.
- Mogelijke omvang reductie CH₄ emissie onduidelijk (ruwe schatting 30% vermindering is relatief eenvoudig haalbaar) = - 33 ton CO₂ eq.

Resterend te compenseren 606 ton (exclusief onvermijdbaar = 256 ton CO₂ eq.)

- Voeder: herkomst, samenstelling en conversie (zonder grote kostprijsverhoging) = - 85 ton CO₂ eq.
- Mestvergisting (compensatie en emissie reductie) = - 80 ton CO₂ eq.

- 500 m² zonnecellen, verlaging CO₂ emissie = - 22 ton CO₂ eq.
- 1 windmolen 3 mW, geeft al volledige compensatie

Afgezien van het plaatsen van een windmolen, zijn deze compensatie/reductie maatregelen onvoldoende om de resterende uitstoot volledig te compenseren. Wanneer onvermijdbare emissies niet worden meegerekend dan is reductie/compensatie onvoldoende voor volledige compensatie.

Literatuur

- Batjes, N.H. (1996). Total carbon and nitrogen in soil of the world. *European Journal of Soil Science* 47, 151-163.
- Bellarby, J., Foereid, B., Hastings, A., Smith, P. (2008): Cool Farming: Climate impacts of agriculture and mitigation potential, Greenpeace International, Amsterdam (NL). 44 p.
- Bos, J.F.F.P., J.J. de Haan en W. Sukkel (2007). Energieverbruik, broeikasgas emissies en koolstofopslag: de biologische en gangbare landbouw vergeleken. PPO rapport in druk.
- Bos, J en S. Dekker (2010). Energieverbruik en broeikasgasemissies in fruitteelt en biologische legpluimveehouderij. (in press) Bioconnect uitgave. Pp 24
- Dooren van, H.J.C., M.P.J. van der Voort, B.G.H. Timmermans (2007). Opties voor duurzame energieproductie in de biologische landbouw. *Animal Science Group Rapport nr 45*, 45 pp
- Haan, J. de, van Schooten, J. Bos, C. van der Wel, M. van der Voort (2007). Maatregelen ter beperking van energieverbruik en broeikasgasemissies. In de melkveehouderij, Akkerbouw en vollegrondsgroententeelt. *Praktijkonderzoek Plant en Omgeving. PPO rapport 372*. 45 pp
- Janzen, H.H. (2004). Carbon cycling in earth systems—a soil science perspective. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 104, 399-417.
- Kool, a., H. Blonk, T. Ponsioen, W. Sukkel, H. Vermeer, J. de Vries en R. Hoste (2009). Carbon footprints of conventional and organic pork. Assessment of typical production systems in the Netherlands, Denmark, England and Germany. *Blonk Milieu Advies*. 95 pp.
- Kramer, Klaas Jan, Moll, Henri C., Nonhebel, Sanderine, Wilting, Harry C. (1999) Greenhouse gas emissions related to Dutch food consumption, Center for Energy and Environmental Studies, University of Groningen, Elsevier Energy Policy nr, 27, p, 203#216.
- Lal, R., Kimble, J.M., Follett, R.F., Stewart, B.A., (Eds.) (1998). *Soil Processes and the Carbon Cycle*. CRC Press, Boca Raton, Boston, 609 pp.
- Lal, R. (2001). World cropland soils as a source or sink for atmospheric carbon. *Advances in Agronomy* 71, 145-191.
- Mombarg H.F.M., A, Kool, W.J. Corre, J.W.A. Langeveld en W. Sukkel. (2004). De Telen met toekomst Energie- en klimaatmeetlat, eindrapportage. CLM Onderzoek en Advies BV, Plant Research International en Praktijkonderzoek Plant en Omgeving.
- Nijdam, D.S. & H.C. Wilting (2003). Milieudruk consumptie in beeld. Dataverwerking en resultaten. RIVM, Bilthoven
- Raaphorst, M. (2008). Ontwikkeling in de energie-efficiëntie in de biologische glasgroententeelt 1998-2008. Wageningen UR glastuinbouw. 2008 5 pp.
- Sukkel, W., Geel, W. van and J.J. de Haan (2008). Carbon sequestration in organic and conventional managed soils in the Netherlands. In: Neuhoof, D. et al.:(Eds): *Cultivating the Future Based on Science. Volume 2 - Livestock, Socio-economy and Cross disciplinary Research in Organic Agriculture*. Proceedings of the Second Scientific Conference of the International Society of

Organic Agriculture Research (ISO FAR), held at the 16th IFOAM Organic World Congress in Cooperation with the International Federation of Organic Agriculture Movements (IFOAM) and the Consorzio ModenaBio, 18 – 20 June 2008 in Modena, Italy.

Sukkel, W. (2010). Milieuprestaties van Nederlandse biologische landbouw op energie, broeikasgassen en klimaat. Biokennis rapport. PPO, Wageningen UR. 55 pp

Vlaar, L.N.C., P.C. Leendertse, A. Kool, B. Luske (2008.) Emissie van broeikasgassen in open teelten, ontwikkeling van een klimaatmodule in het milieukeurschema open teelten. Rapport SMK door CLM onderzoek en Advies en Blonk Milieu Advies, 96 pp.

Vringer, K., T. Gerlagh & K. Blok (1997). Het directe en indirecte energiebeslag van Nederlandse huishoudens in 1995 en een vergelijking met huishoudens in 1990. Vakgroep Natuurwetenschap en Samenleving (NW&S) Universiteit Utrecht, Utrecht.

Het doel van Bioconnect is het verder ontwikkelen en versterken van de biologische landbouwsector door het initiëren en uitvoeren van onderzoeksprojecten. In Bioconnect werken ondernemers (van boer tot winkelvloer) samen met onderwijs- en onderzoeksinstellingen en adviesorganisaties. Dit leidt tot een vraaggestuurde aanpak die uniek is in Europa.

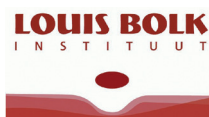


Het Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie is financier van de onderzoeksprojecten



Ministerie van Economische Zaken,
Landbouw en Innovatie

Wageningen UR (University & Research centre) en het Louis Bolk Instituut zijn de uitvoerders van het onderzoek. Op dit moment zijn dit voor de biologische landbouwsector ongeveer 140 onderzoeksprojecten.



WAGENINGEN UR
For quality of life

www.biokennis.nl

Energieverbruik en broeikasemissies