

Bedrijfsklimaatprestaties biologische melkvee- en akkerbouwbedrijven

Maatregelen en kosten-baten analyse

Lennard de Jong & Tom Bovee



© 2024 Louis Bolk Instituut, Bunnik

Bedrijfsklimaatprestaties biologische melkvee- en
akkerbouwbedrijven

Project van Bionext i.s.m. Louis Bolk Instituut

Lennard de Jong, Tom Bovee

Met ondersteuning van Jan-Paul Wagenaar en Robert-Jan van
Diepen

60 pagina's

Publicatienummer:

Deze publicatie is beschikbaar via
www.louisbolk.nl/publicaties

www.louisbolk.nl
info@louisbolk.nl
T 0343 523 860
Kosterijland 3-5
3981 AJ Bunnik
@LouisBolk

✕

Inhoud

1	Introductie	5
1.1	Korte omschrijving van het project en de rol van de pilot	5
1.2	Probleemstelling	6
1.3	Doel	6
2	Akkerbouw	6
2.1	Methode verkenning bedrijfsklimaatprestatie	6
2.1.1	Pilotbedrijf 1 klimaatlasten	10
2.1.2	Pilotbedrijf 2 klimaatlasten	11
2.1.3	Pilotbedrijf 3 klimaatlasten	12
2.1.4	Pilotbedrijf 4 klimaatlasten	14
2.1.5	Pilotbedrijf 5 klimaatlasten	15
2.1.6	Overzicht klimaatlasten van alle pilotbedrijven	17
2.2	Bijpassende klimaatmaatregelen	18
2.2.1	Pilotbedrijf 1 klimaatbaten	18
2.2.2	Pilotbedrijf 2 klimaatbaten	20
2.2.3	Pilotbedrijf 3 klimaatbaten	21
2.2.4	Pilotbedrijf 4 klimaatbaten	23
2.2.5	Pilotbedrijf 5 klimaatbaten	24
2.2.6	Overzicht klimaatbaten van alle pilotbedrijven	26
2.3	Kosten/baten	27
2.3.1	Inzet groenbemester	27
2.3.2	Toepassing van compost	27
2.3.3	Verruiming bouwplan	28
2.3.4	Gereduceerde grondbewerking	29
2.3.5	Overzicht van alle deelnemers	30
2.3.6	Implicaties	31
2.3.7	Reflecties	32
2.3.8	Conclusie	33
3	Bedrijfsprofielen pilotbedrijven akkerbouw	33
3.1	Pilotbedrijf 1	33
3.2	Pilotbedrijf 2	34
3.3	Pilotbedrijf 3	35
3.4	Pilotbedrijf 4	35
3.5	Pilotbedrijf 5	36
4	Melkveehouderij	37
4.1	Methode verkenning bedrijfsklimaatprestatie	37
4.2	Resultaten	38
4.2.1	CO ₂	39
4.2.2	Stikstofbodemoverschot	40
4.2.3	Ammoniakemissie	41
4.2.4	Eiwit van eigen land	42
4.2.5	Blijvend grasland	43
4.3	Bijpassende klimaatmaatregelen	43
4.3.1	Pilotbedrijf 1	44

4.3.2	<i>Pilotbedrijf 2</i>	45
4.3.3	<i>Pilotbedrijf 3</i>	46
4.3.4	<i>Pilotbedrijf 4</i>	47
4.3.5	<i>Pilotbedrijf 5</i>	48
4.4	Kosten/baten	49
4.4.1	<i>Minder jongvee</i>	50
4.4.2	<i>Potstal</i>	50
4.4.3	<i>Extensiveren door minder koeien en grond omzetten in natuur</i>	50
4.4.4	<i>Extensiveren door meer land</i>	51
4.4.5	<i>Overzicht van alle deelnemers</i>	52
4.5	Discussie	52
4.5.1	<i>Implicaties</i>	52
4.5.2	<i>Reflecties</i>	53
4.5.3	<i>Conclusies</i>	54
4.6	Bedrijfsprofielen Klimaatvriendelijke landbouw	54
4.6.1	<i>Pilotbedrijf 1</i>	54
4.7	<i>Pilotbedrijf 2</i>	55
4.8	<i>Pilotbedrijf 3</i>	56
4.9	<i>Pilotbedrijf 4</i>	57
4.10	<i>Pilotbedrijf 5</i>	58
5	Referenties	58

1 Introductie

1.1 Korte omschrijving van het project en de rol van de pilot

Alle sectoren moeten alles op alles zetten om de klimaatdoelstellingen te halen. Veel ondernemers in de biologische sector zijn intrinsiek gemotiveerd om hier op bedrijfsniveau invulling aan te geven. Er is bij ondernemers echter veel behoefte aan kennis en inzicht in:

- De daadwerkelijke klimaatprestatie van (de eigen) agrarische bedrijven. Hoeveel CO₂ equivalenten stoot ik daadwerkelijk uit? Hoeveel CO₂ sla ik op?
- Wat kan ik doen om mijn klimaatprestatie te verbeteren? Welke gebiedsspecifieke maatregelen kan ik nemen? Wat dragen die bij aan het verbeteren van mijn klimaatprestatie?
- Wat kost het om mijn bedrijf klimaatvriendelijker te maken? Wat levert het mij op?

Daarbij speelt voor de hele agrarische sector (en maatschappij) de vraag: *Hoe kunnen we klimaatvriendelijke landbouw op een duurzame manier belonen zodat de transitie naar een duurzamer landbouwsysteem mogelijk wordt?*

Om inzicht te krijgen in deze vraag is Bionext in 2023, in samenwerking met BioNederland, Biohuis, De Belofte Bio, het Louis Bolk Instituut, Delphy en Aeres het project *Klimaatvriendelijke landbouw: een gebiedsgerichte verkenning van KPI's en ontwikkelen van ketenbreed verdienmodel* gestart.

Binnen dit project is Louis Bolk in een pilot met totaal 10 klimaatbewuste boerenbedrijven in twee gebieden aan de slag gegaan om een beter begrip van een verdienmodel voor klimaatvriendelijke landbouw te bewerkstelligen.

Het doel van de pilot was het inzichtelijk maken van de klimaatprestaties op 5 bedrijven per deelsector:

- Melkveehouderij op veen
- Akkerbouw op zeeklei

Op basis van deze inzichten uit de deelnemende bedrijven heeft het Louis Bolk Instituut in dit verslag mogelijke ontwikkelpaden vastgesteld voor middels een kosten-baten analyse van passende klimaatmaatregelen.

Dit verkennende overzicht geeft een indruk van de werkelijke kosten van klimaatvriendelijke landbouw, wat in de volgende fase van het project kan worden meegenomen in het eindproduct: het Ketenplan Klimaat voor de biologische keten. Dit plan, een verdienmodel voor klimaatvriendelijke landbouw, worden gemeenschappelijke uitgangspunten, gedeelde ambities en concrete acties worden geformuleerd voor de doorontwikkeling naar een klimaatvriendelijkere landbouw.

Een consumentenonderzoek door marktonderzoeksbureau Ruigrok toonde aan dat 30% van de consumenten voor biologisch voedsel kiest vanwege de lagere klimaatimpact van het biologische systeem (Bionext, 2022). Dit geeft aan dat er door consumenten een waarde wordt gehangen aan klimaatvriendelijke producten. Dit betekent dat er voor de biologische keten kansen liggen om deze toegevoegde waarde expliciet te maken (en vervolgens te vertalen naar de consument).

1.2 Probleemstelling

Meer onderzoek naar de klimaatprestaties van biologische boeren is cruciaal omdat deze groep een belangrijke rol kan spelen in de klimaatmitigatie.

Er is op dit moment onvoldoende praktijkkennis beschikbaar over welke factoren in welke mate een rol spelen bij de daadwerkelijke klimaatprestatie van een biologisch landbouwbedrijf. Hierbij komt dat er nu ook nog geen afdoende verdienmodel is voor biologische boeren om de eventuele extra kosten van het aanpassen naar een klimaatvriendelijkere bedrijfsvoering vergoed te krijgen.

Aangezien landbouw wereldwijd een grote bron van broeikasgasemissies is, is het essentieel dat de biologische sector stappen zet om beter inzicht te krijgen in deze emissies en ook de mogelijke opslag ervan.

Biologische landbouw zet zich met haar integrale benadering en waarden in voor een betere leefomgeving. Een beter inzicht in de klimaatprestaties biedt de biologische sector de kans om concrete acties te formuleren ten aanzien van klimaatmitigatie en -adaptatie, aansluitend bij de uitgangspunten en ambities van deze sector.

1.3 Doel

Het doel van de pilot is om de klimaatprestaties van 5 biologische akkerbouw en melkvee bedrijven in te kaart brengen over de productieperiode van 2023 en 2024. Naast deze klimaatprestaties, is het doel om minimaal drie geschikte klimaatmaatregelen te ontwikkelen die zijn getoetst op haalbaarheid door middel van een kosten-batenanalyse.

Deze pilot draagt bij aan het hoofddoel van het project: het ontwikkelen van een verdienmodel voor klimaatvriendelijke landbouw in twee gebieden: akkerbouw op zeeklei en melkveehouderij op veen. Dit vergroot de kennis over klimaatvriendelijke landbouw en het bewustzijn van de werkelijke kosten hiervan, van boer tot consument.

2 Akkerbouw

2.1 Methode verkenning bedrijfsklimaatprestatie

Om de klimaatprestaties van de pilotbedrijven in kaart te brengen, is gekozen voor een bedrijfsspecifieke aanpak. Elk bedrijf is uniek en heeft andere bronnen van klimaatimpact. Een rekentool die de CO₂-footprint (de klimaatlasten) van akkerbouwers inzichtelijk maakt, is de Cool Farm Tool (CFT). Deze tool is ontwikkeld door de Cool Farm Alliance en wordt voortdurend aangepast op basis van de nieuwste wetenschappelijke inzichten, zodat de berekeningen rond emissies zijn verbeterd (Cool Farm, 2024).

Een andere bruikbare rekentool die de CO₂-vastlegging in minerale landbouwbodems (de klimaatbaten) van de pilotbedrijven in kaart brengt, is de Praktijktool BodemCoolstof. Deze tool is ontwikkeld binnen het project Slim Landgebruik en is gebaseerd op het wetenschappelijke koolstofmodel RothC, dat is verbeterd met lange-termijnexperimenten (Lesschen et al., 2021). De Praktijktool BodemCoolstof helpt akkerbouwers bij het nemen van beslissingen over welke klimaatmaatregelen geschikt zijn om de CO₂-vastlegging in de bodem te bevorderen.

Cool Farm Tool

Er is voor de CFT gekozen omdat dit een internationaal erkend online instrument is waarmee de CO₂-equivalente (CO₂-eq) emissies van de huidige bedrijfssituatie van een akkerbouwer kunnen worden berekend (Bruns, 2023). Door het gebruik van CO₂-eq kunnen de effecten van verschillende broeikasgassen worden vergeleken, aangezien het effect (per eenheid) van bijvoorbeeld het broeikasgas N₂O veel hoger is dan dat van CO₂. Bij het invullen van deze tool wordt veel bedrijfsspecifieke informatie meegenomen. De volgende indicatoren zijn meegenomen om de CO₂-footprint van de bedrijven in kaart te brengen:

- Gewasresten: Hierbij worden de CO₂-eq emissies per hectare per teelt berekend die vrijkomen van gewasresten (boven- en ondergrondse biomassa) die na de oogst achterblijven;
- Mestaanwending: Hierbij worden de CO₂-eq emissies per hectare per teelt berekend die vrijkomen uit de bodem door het gebruik van mest;
- Mechanisatie: Hierbij worden de CO₂-eq emissies per hectare per teelt berekend die vrijkomen door het gebruik van landbouwmachines;
- Transport: Hierbij worden de CO₂-eq emissies per hectare per teelt berekend die vrijkomen door energieverbruik van transport;
- Irrigatie: Hierbij worden de CO₂-eq emissies per hectare per teelt berekend die vrijkomen door het energieverbruik voor irrigatie;
- Uitgangsmateriaal: Hierbij worden de CO₂-eq emissies per hectare per teelt berekend die vrijkomen door energieverbruik voor de productie van zaaigoed en pootgoed.
- Opslag en bewaring: Hierbij worden de CO₂-eq emissies per hectare per teelt berekend die vrijkomen door energieverbruik voor opslag en bewaring;
- Directe energie: Hierbij worden de CO₂-eq emissies per hectare per teelt berekend die vrijkomen door energie- en brandstoffengebruik (elektriciteit, olie en gas) voor gewasproductie.

Daarnaast zijn voor de indicatoren 'kunstmestproductie' en 'gebruik van gewasbeschermingsmiddelen' geen CO₂-eq emissies berekend, omdat vijf biologische (dynamische) pilotbedrijven hebben deelgenomen.

Praktijktool BodemCoolstof

Er is voor de Praktijktool BodemCoolstof gekozen omdat de CFT de CO₂-vastlegging in bodems alleen op een gesimplificeerde manier meeneemt, gebaseerd op de IPCC Tier 1-benadering (Hendriks et al., 2021). Deze methode die in de CFT wordt gehanteerd is ruw en niet representatief voor de Nederlandse akkerbouw. De praktijktool BodemCoolstof biedt de mogelijkheid om inzicht te krijgen in de verandering van organische stofgehalte in de bodem over de tijd als het huidige koolstofmanagement wordt voortgezet in de toekomst. Dit geeft inzicht welke passende klimaatmaatregelen moet worden geïmplementeerd binnen het akkerbouwbedrijf voor meer CO₂-vastlegging in bodem. Bij het invullen van deze tool wordt veel bedrijfsspecifieke informatie over het huidige bouwplan meegenomen, waaronder de volgende onderdelen:

- Organische stofgehalte (%);
- Kleigehalte (%);
- Diepte bouwvoor (cm);
- Type gewas;

- Opbrengst (ton/ha);
- Type groenbemester;
- Groeiperiode groenbemester (aantal maanden);
- Type en hoeveelheid organische bemesting (ton vers/ha);
- Wel/geen afvoer van stro;
- Totale irrigatiegift (mm per maand).

Selectieproces pilotbedrijven

De bedrijven zijn geselecteerd door een gerichte oproep aan biologische (dynamische) akkerbouwers aangevuld met een persoonlijke benadering van ondernemers waarvan bekend was dat ze geïnteresseerd waren om de klimaatprestaties van zijn bedrijf in kaart te brengen.

Dataverzameling

Alle akkerbouwers zijn aan het begin van het project bezocht. Relevante bedrijfsinformatie voor de CFT over het jaar 2022 werd tijdens dit bezoek verzameld. Daarnaast werden het totale diesilverbruik en de relevante bedrijfsinformatie voor de Praktijktool BodemC over het jaar 2023 telefonisch en digitaal verzameld. Er zijn ook verschillende bijeenkomsten met de akkerbouwers georganiseerd, waarin aandacht werd besteed aan de voortgang en verdieping van het project. Tijdens deze bijeenkomsten werd besproken waar de CO₂-impact van de bedrijven vooral vandaan komt en waar de akkerbouwers mogelijkheden zien om hun klimaatimpact te verlagen. Op basis hiervan zijn een aantal aandachtspunten verzameld waar eventuele maatregelen voor onderzocht kunnen worden.

Dataverwerking en analyse

De analyse is gebaseerd op een vergelijking van de gegevens van de pilotbedrijven om de huidige verschillen in CO₂-emissies en CO₂-vastlegging in de bodem vast te stellen. Hiertoe zijn de noodzakelijke bedrijfsgegevens van de individuele akkerbouwers ingevoerd in de CFT, waaruit de CO₂-eq emissies per hectare zijn berekend op basis van verschillende indicatoren. Daarnaast zijn de teeltgegevens van de akkerbouwers verwerkt in de PraktijkTool BodemCoolstof, waarmee de potentiële CO₂-vastlegging per hectare per jaar is berekend.

Binnen de CFT is ervoor gekozen om enkel de CO₂-eq emissies per hectare per jaar mee te nemen in de analyse, aangezien de PraktijkTool BodemCoolstof output biedt met betrekking tot CO₂-vastlegging per hectare per jaar.

Ter beoordeling van de voortgang van een pilotbedrijf richting klimaatneutraliteit is een eenvoudige berekening uitgevoerd. Deze berekening hield in dat het totale diesilverbruik (uitgedrukt in liters per hectare per jaar) werd vermenigvuldigd met 2,392 kg CO₂ per liter. De resulterende totale CO₂-emissie (ton CO₂-emissie per hectare per jaar) werd vervolgens opgeteld bij de hoeveelheid CO₂-vastlegging (ton CO₂ per hectare per jaar).

Kosten/baten analyse

De kosten/baten analyse is gedaan door een combinatie van berekeningen en bevindingen uit rapporten van het project Slim landgebruik (Koopmans et al., 2021; *Slim Landgebruik*, 2021) en de inschattingen voor de gegeven bouwplansituatie om de klimaatmaatregel van biologische akkerbouwer op klei te implementeren. Daarnaast is samen met de ondernemer

een globale beoordeling uitgevoerd, waarbij is gekeken naar de interesse, de financiële winst en de CO₂-winst die de maatregelen binnen het huidige bedrijfssysteem kunnen opleveren.

Resultaten

Klimaatresultaten CFT 2022

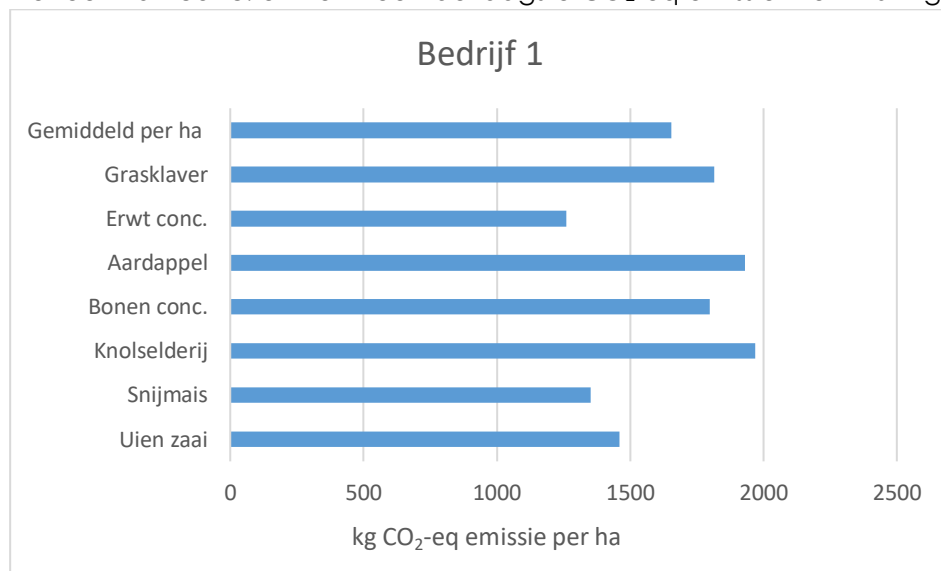
In tabel 1 is een overzicht van de pilotbedrijven weergegeven met de belangrijkste bedrijfsgegevens. Deze gegevens zijn afkomstig uit de CFT. In het verdere hoofdstuk worden de resultaten van de CFT op de verschillende indicatoren per pilotbedrijf gepresenteerd in grafieken.

Tabel 1. Overzicht bedrijfsgegevens 2022 pilotgroep.

CFT 2022	1	2	3	4	5
Totale areaal (ha)	32,6	56,0	47,2	40,6	70,4
Gewasresten (ton/ha)	7,1	19,7	4,2	17,8	11,5
Bemesting (kg N/ha)	140	39	174	117	205
Grondsoort	zeeklei	zeeklei	zeeklei	zeeklei	zeeklei
OS-gehalte (%)	3,0	3,7	3,1	2,6	3,2
Aardappel	272 ton/ 6,8 ha		142 ton/ 4,2 ha	155 ton/ 6,5 ha	350 ton/ 10,9 ha
Zaaiuien	144 ton/ 4,8 ha		91 ton/ 4,5 ha	65 ton/ 2 ha	120 ton/ 3,1 ha
Plantuien		133 ton/ 7 ha			200 ton/ 4,9 ha
Kool				109,6 ton/ 2 ha	40 ton/ 1,9 ha
Pompoen groente			62,4 ton/ 5,5 ha		266 ton/ 10,5 ha
Pompoen zaad				675 kg/ 2,5 ha	
Bonen conc.	76,6 ton/ 5,2 ha			75 ton/ 6 ha	
Erwten conc.	22,9 ton/ 4 ha	42 ton/ 7 ha	11,3 ton/ 4,8 ha		
Broccoli		70 ton/ 7 ha			
Knolselderij	376 ton/ 4 ha				46 ton/ 1,1 ha
Rode bieten		560 ton/ 7 ha	144,8 ton/ 6 ha		220 ton/ 2,5 ha
Peen			377,8 ton/ 4,2 ha	237 ton/ 2,1 ton	150 ton / 2,40 ha
Pastinaak		665 ton/ 7ha		108/ 4 ha	205 ton/ 5 ha
Cichorei			218,1 ha/ 4 ha		
Tarwe		56 ton/ 7 ha		11,4 ton/ 2 ha	
Grasklaver	56 ton/ 4 ha	196 ton/ 14 ha		161,7 ton/ 6,5 ha	
Luzerne			110 ton/ 14 ha		196 ton/ 11 ha
Mais snij	133 ton/ 3,8 ha				
Mais suiker				16,5 ton/ 6,5 ha	
Spelt					48 ton/ 17,1 ha

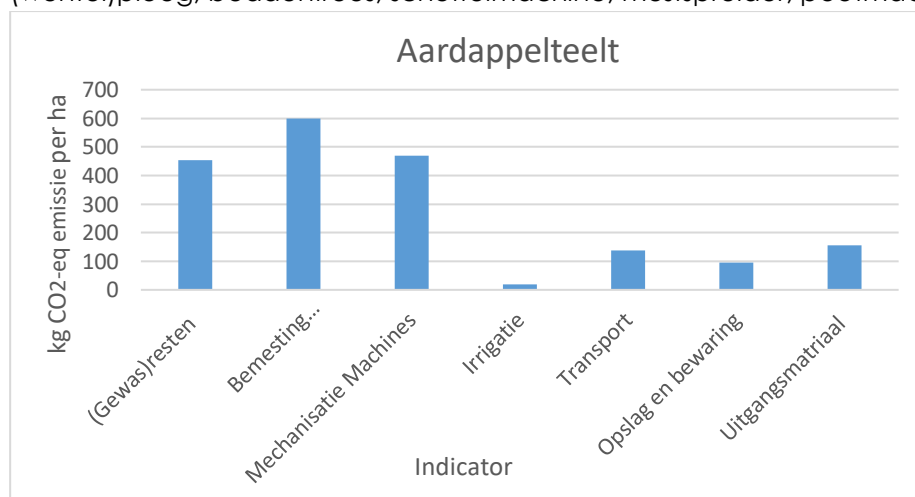
2.1.1 Pilotbedrijf 1 klimaatlasten

Bedrijf 1 heeft een gemiddelde CO₂-eq emissie van 1655 kg per hectare (zie grafiek 1). De twee teelten met de hoogste CO₂-eq emissie zijn aardappel en knolselderij. Aardappel heeft een CO₂-eq emissie van 1930 kg per hectare en knolselderij een emissie van 1969 kg per hectare. De teelt van conc. erwten heeft de laagste CO₂-eq emissie met 1261 kg per hectare.



Grafiek 1: CO₂-eq emissies per kg per gewas per hectare.

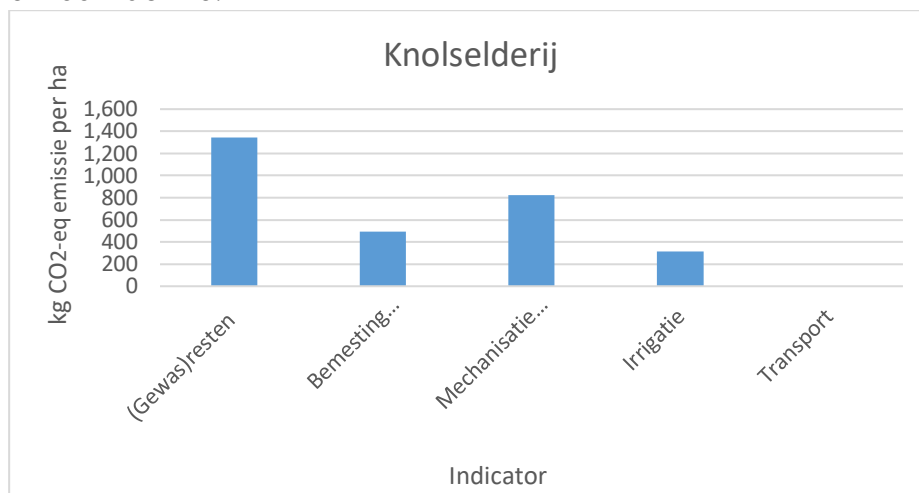
De twee hoogste CO₂-eq emissies per hectare bij de aardappelteelt zijn voornamelijk afkomstig van de bemesting met 599 kg CO₂-eq emissie per hectare en de mechanisatie met 470 kg CO₂-eq emissies per hectare (zie figuur 2). De hoge CO₂-eq emissies door bemesting zijn het gevolg van de toepassing van varkensdrijfmest (20 ton/ha) en rundveedrijfmest (10 ton/ha). De hoge CO₂-eq emissies door mechanisatie zijn te wijten aan het gebruik van (wentel)ploeg, beddenfrees, schoffelmachine, mestspreider, pootmachine en rooimachine.



Grafiek 2: CO₂-eq emissies per hectare per indicator voor de teelt van aardappelen.

De twee hoogste CO₂-eq emissies per hectare bij de teelt van knolselderij zijn voornamelijk afkomstig van gewasresten met 1341 kg CO₂-eq emissie per hectare en de mechanisatie met

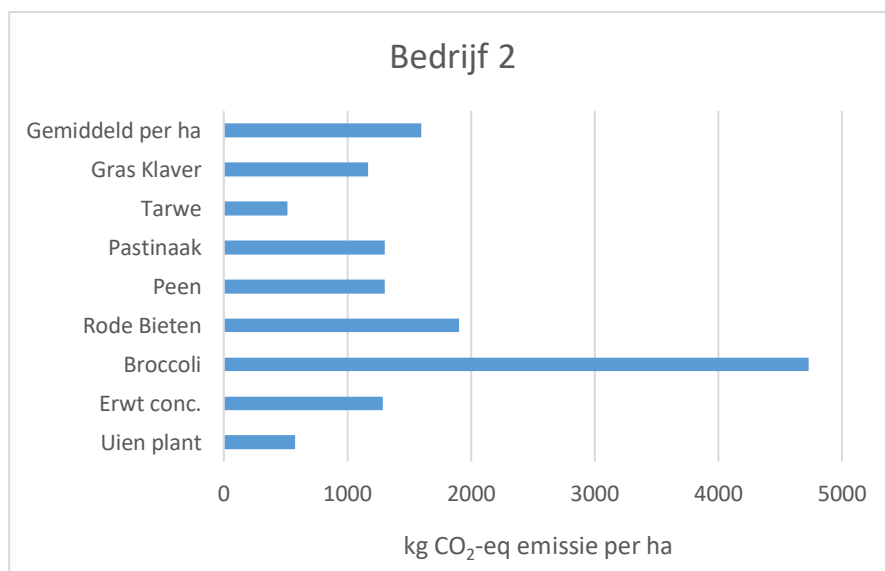
826 kg CO₂-eq emissies per hectare (zie figuur 3). De hoge CO₂-eq emissies door gewasresten zijn te wijten aan de achterbleven bladeren, stelen en wortels van knolselderij (44,7 kg gewasresten per ha/ 1 ton knolselderij per ha). De hoge CO₂-eq emissies door mechanisatie zijn te wijten aan het gebruik van (wentel)ploeg, schoffelmachine, mestspreider, zaaimachine en rooimachine.



Grafiek 3: CO₂-eq emissies per hectare per indicator voor de teelt van knolselderij.

2.1.2 Pilotbedrijf 2 klimaatlasten

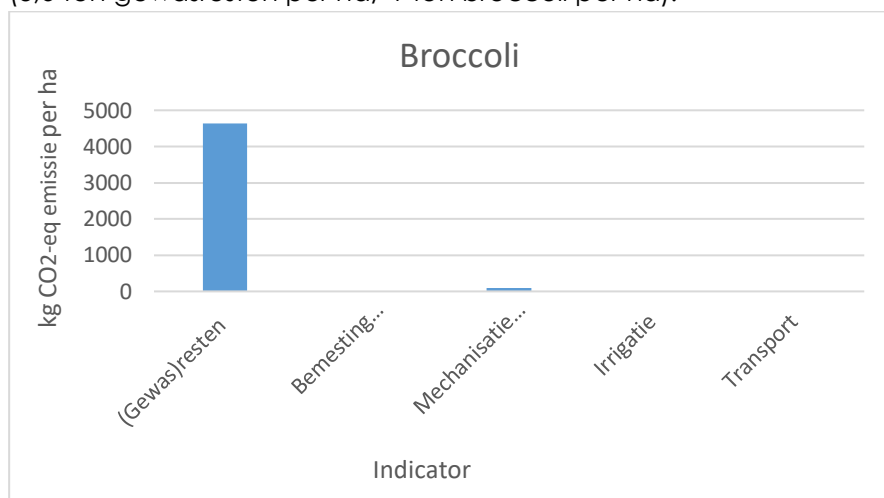
Bedrijf 2 heeft een gemiddelde CO₂-eq emissie van 1598 kg per hectare (zie grafiek 4). De twee teelten met de hoogste CO₂-eq emissie zijn broccoli en rode bieten. Broccoli heeft een CO₂-eq emissie van 4730 kg per hectare en rode bieten heeft een CO₂-eq emissie van 1902 kg per hectare. De teelt van tarwe heeft de laagste CO₂-eq emissie met 513 kg per hectare.



Grafiek 4: CO₂-eq emissies per kg per gewas per hectare.

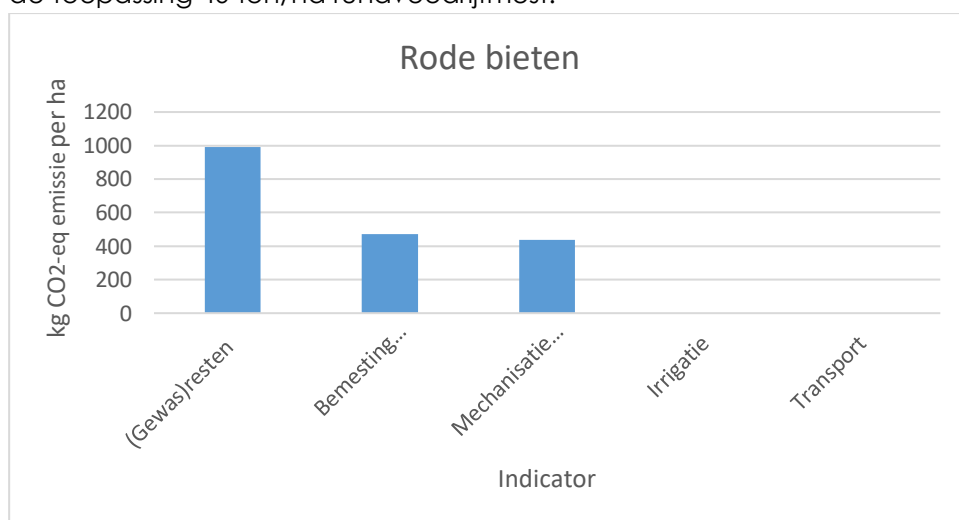
De hoogste CO₂-eq emissies per hectare bij de teelt van broccoli is voornamelijk afkomstig van gewasresten met 4638 kg CO₂-eq emissie per hectare (zie figuur 5). De hoge CO₂-eq emissies

door gewasresten zijn te wijten aan de achterbleven bladeren, stelen en wortels van broccoli (3,6 ton gewasresten per ha/ 1 ton broccoli per ha).



Grafiek 5: CO₂-eq emissies per hectare per indicator voor de teelt van Broccoli.

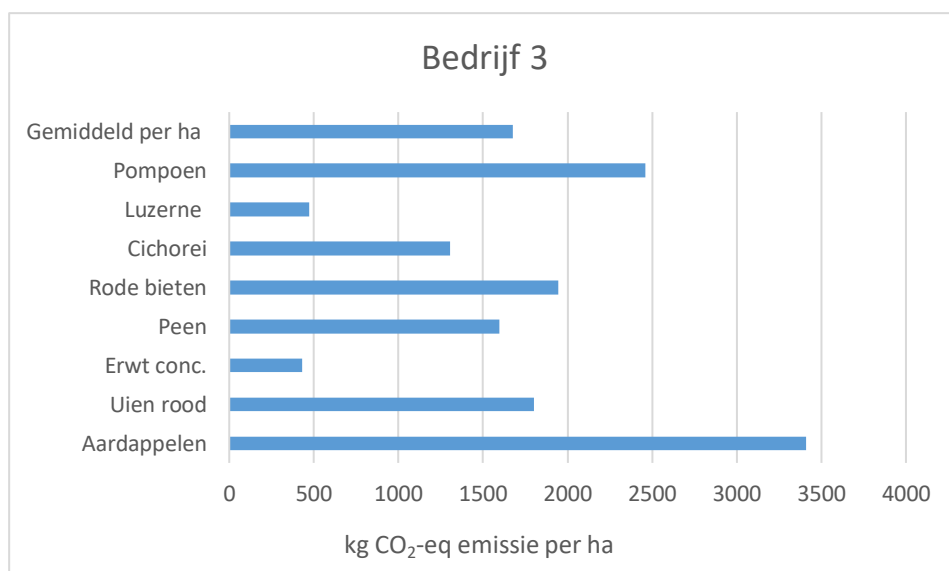
De twee hoogste CO₂-eq emissies per hectare bij de teelt van rode bieten zijn voornamelijk afkomstig van gewasresten met 991 kg CO₂-eq emissie per hectare en bemesting met 472 kg CO₂-eq emissies per hectare (zie figuur 6). De hoge CO₂-eq emissies door gewasresten zijn te wijten aan de achterbleven bladeren, stelen en wortels van rode bieten (225 kg gewasresten per ha/ 1 ton rode bieten per ha). De hoge CO₂-eq emissies door bemesting zijn het gevolg van de toepassing 40 ton/ha rundveedrijfmest.



Grafiek 6: CO₂-eq emissies per hectare per indicator voor de teelt van rode bieten.

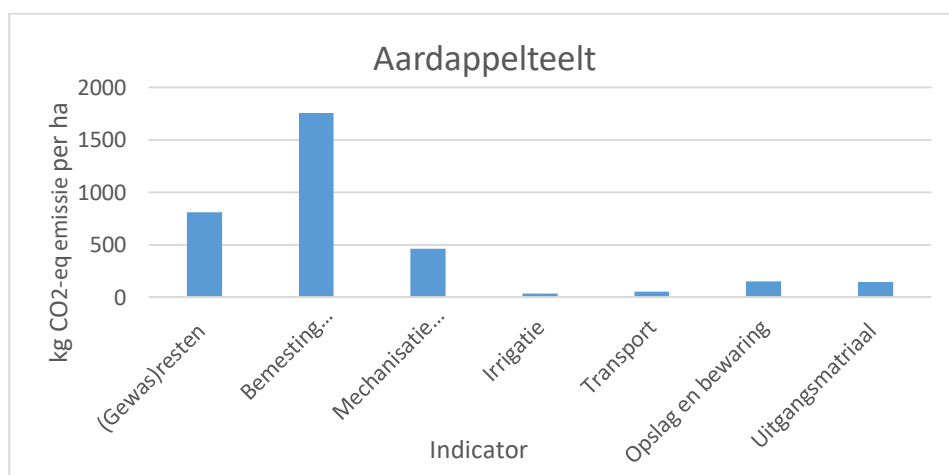
2.1.3 Pilotbedrijf 3 klimaatlasten

Bedrijf 3 heeft een gemiddelde CO₂-eq emissie van 1678 kg per hectare (zie grafiek 7). De twee teelten met de hoogste CO₂-eq emissie zijn aardappelen en (groente) pompoen. Aardappel heeft een CO₂-eq emissie van 3411 kg per hectare en pompoen heeft een CO₂-eq emissie van 2461 kg per hectare. De teelt van erwten heeft de laagste CO₂-eq emissie met 532 kg per hectare.



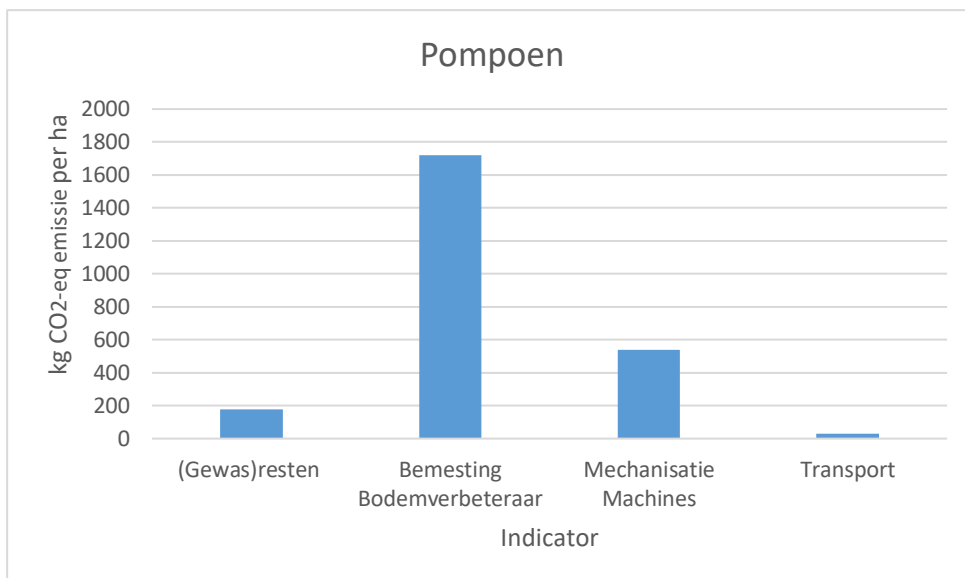
Grafiek 7: CO₂-eq emissies per kg per gewas per hectare.

De twee hoogste CO₂-eq emissies per hectare bij de teelt van aardappel zijn voornamelijk afkomstig van gewasresten met 811 kg CO₂-eq emissie per hectare en bemesting met 1753 kg CO₂-eq emissies per hectare (zie figuur 8). De hoge CO₂-eq emissies door gewasresten zijn te wijten aan de achterbleven bladeren, stelen en wortels van aardappel (297 kg gewasresten per ha/ 1 ton aardappel per ha). De hoge CO₂-eq emissies door bemesting zijn het gevolg van 15,6 ton/ha kippenmest en 15 ton/ha rundveemest.



Grafiek 8: CO₂-eq emissies per hectare per indicator voor de teelt van aardappel.

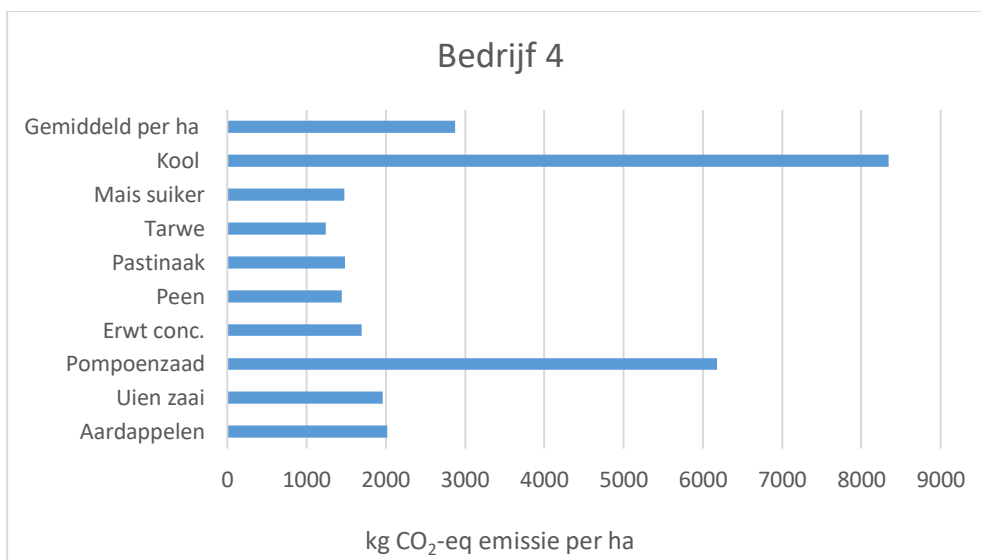
De hoogste CO₂-eq emissies per hectare bij de teelt van (groente) pompoen is voornamelijk afkomstig van bemesting met 1719 kg CO₂-eq emissie per hectare (zie figuur 9). De hoge CO₂-eq emissies door bemesting komt door de toepassing van 49,4 ton/ha digestaat afkomstig van schapenmest.



Grafiek 9: CO₂-eq emissies per hectare per indicator voor de teelt van pompoen.

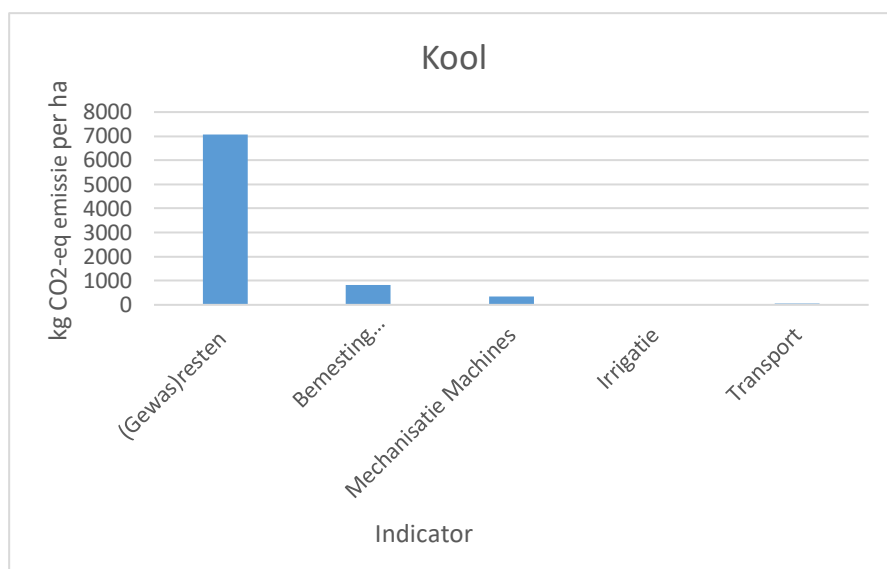
2.1.4 Pilotbedrijf 4 klimaatlasten

Bedrijf 4 heeft een gemiddelde CO₂-eq emissie van 2871 kg per hectare (zie grafiek 10). De twee teelten met de hoogste CO₂-eq emissie zijn kool en pompoenzaad. Kool heeft een CO₂-eq emissie van 8346 kg per hectare en pompoenzaad heeft een CO₂-eq emissie van 6179 kg per hectare. De teelt van tarwe heeft de laagste CO₂-eq emissie met 1242 kg per hectare.



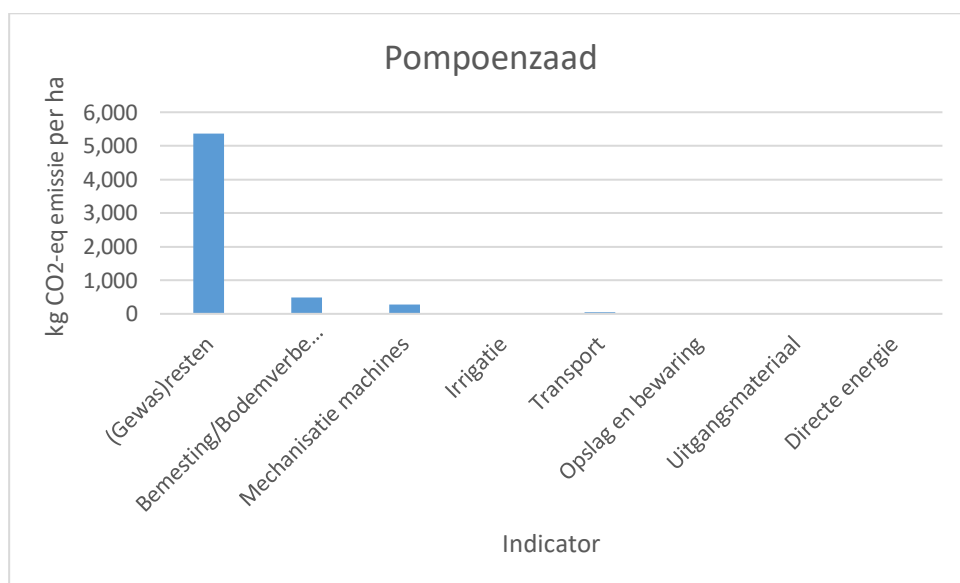
Grafiek 10: CO₂-eq emissies per kg per gewas per hectare.

De hoogste CO₂-eq emissies per hectare bij de teelt van kool is voornamelijk afkomstig van gewasresten met 7075 kg CO₂-eq emissie per hectare (zie figuur 11). De hoge CO₂-eq emissies door gewasresten zijn te wijten aan de achterbleven bladeren, stelen en wortels van kool (1 ton gewasresten per ha/ 1 ton kool per ha).



Grafiek 11: CO₂-eq emissies per hectare per indicator voor de teelt van kool.

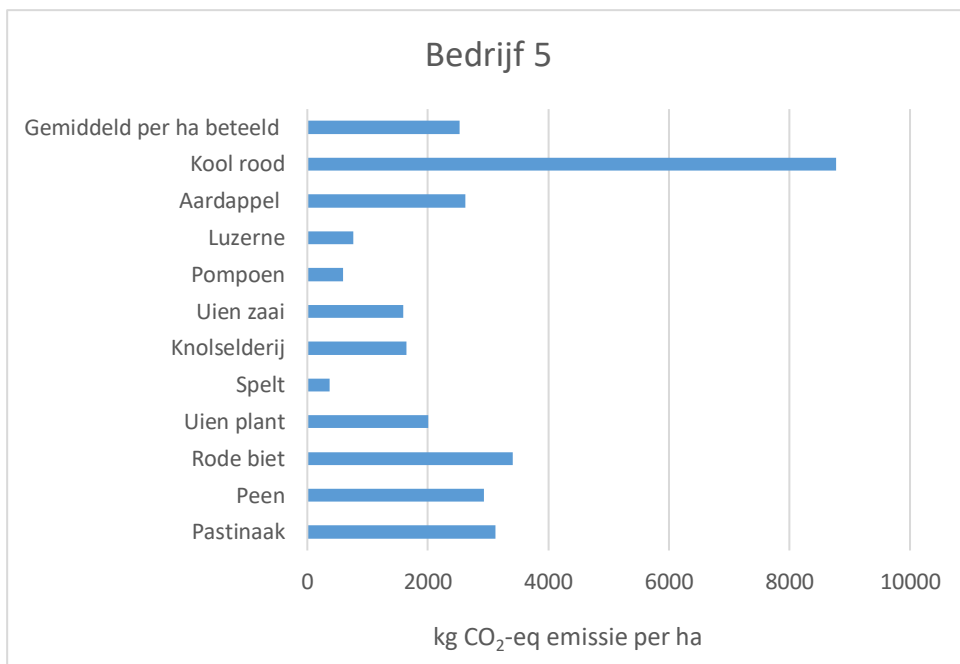
De hoogste CO₂-eq emissies per hectare bij de teelt van pompoenzaad is voornamelijk afkomstig van gewasresten met 5359 kg CO₂-eq emissie per hectare (zie figuur 12). De hoge CO₂-eq emissies door gewasresten zijn te wijten aan de achterbleven bladeren, stelen, vruchtvlies en wortels van pompoen (61,7 kg gewasresten per ha/ 1 kg pompoen per ha).



Grafiek 12: CO₂-eq emissies per hectare per indicator voor de teelt van pompoenzaad.

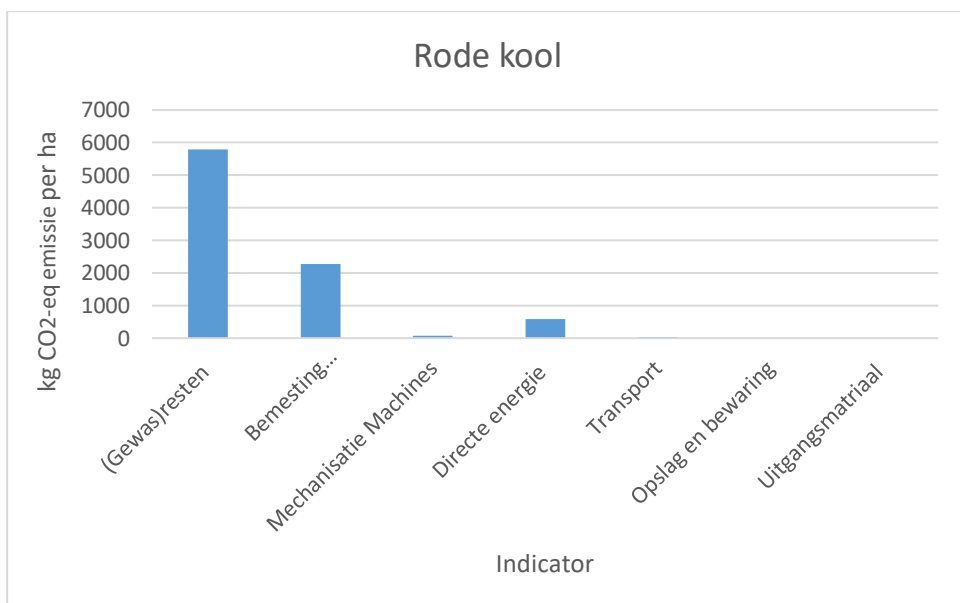
2.1.5 Pilotbedrijf 5 klimaatlasten

Bedrijf 5 heeft een gemiddelde CO₂-eq emissie van 2530 kg per hectare (zie grafiek 13). De twee teelten met de hoogste CO₂-eq emissie zijn rode kool en rode biet. Rode kool heeft een CO₂-eq emissie van 8770 kg per hectare en rode biet heeft een CO₂-eq emissie van 3410 kg per hectare. De teelt van spelt heeft de laagste CO₂-eq emissie met 1242 kg per hectare.



Grafiek 13: CO₂-eq emissies per kg per gewas per hectare.

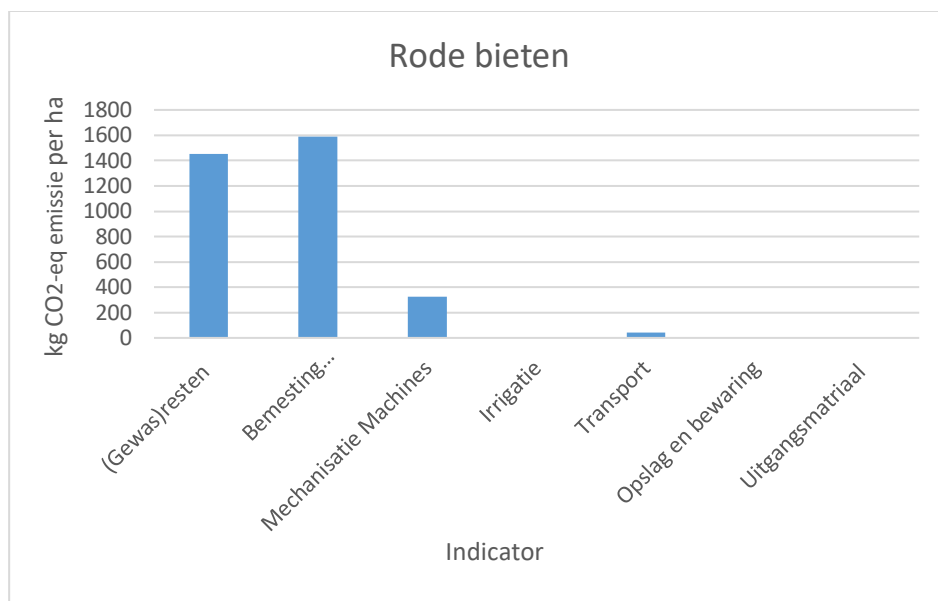
De hoogste CO₂-eq emissies per hectare bij de teelt van rode kool is voornamelijk afkomstig van gewasresten met 5797 kg CO₂-eq emissie per hectare (zie figuur 14). De hoge CO₂-eq emissies door gewasresten zijn te wijten aan de achterbleven bladeren, stelen en wortels van rode kool (2,1 ton gewasresten per ha/ 1 ton rode kool per ha).



Grafiek 14: CO₂-eq emissies per hectare per indicator voor de teelt van rode kool.

De twee hoogste CO₂-eq emissies per hectare bij de teelt van rode bieten zijn voornamelijk afkomstig van gewasresten met 1454 kg CO₂-eq emissie per hectare en bemesting met 1588 kg CO₂-eq emissies per hectare (zie figuur 15). De hoge CO₂-eq emissies door gewasresten zijn te wijten aan de achterbleven bladeren, stelen en wortels van rode bieten (205 kg

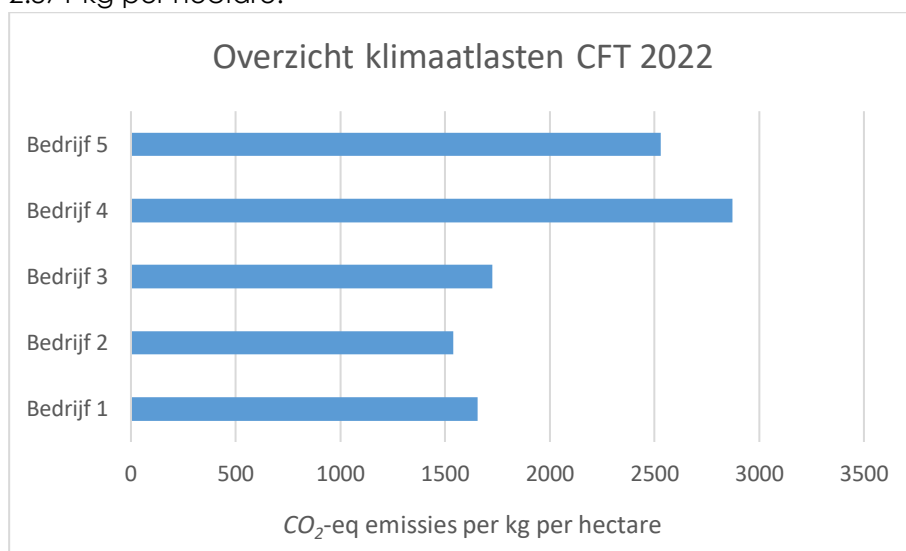
gewasresten per ha/ 1 ton rode bieten per ha . De hoge CO₂-eq emissies door bemesting zijn het gevolg van de toepassing 20 ton/ha natuurcompost en 15 ton/ha maaimeststoffen.



Grafiek 15: CO₂-eq emissies per hectare per indicator voor de teelt van rode bieten.

2.1.6 Overzicht klimaatlasten van alle pilotbedrijven

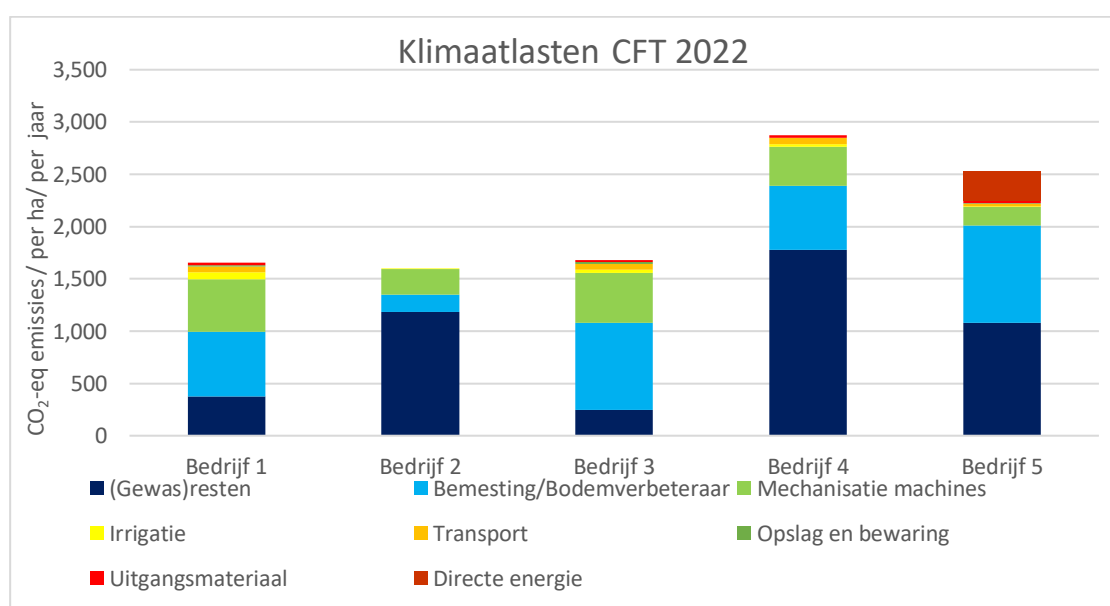
Bedrijf 2 heeft de laagste klimaatlasten, met totale CO₂-eq emissies van 1.540 kg per hectare (zie figuur 16). Dit wordt gevolgd door Bedrijf 1, dat klimaatlasten heeft met totale CO₂-eq emissies van 1.655 kg per hectare. Vervolgens komt Bedrijf 3, met totale CO₂-eq emissies van 1.725 kg per hectare. Bedrijf 5 volgt hierna, met een totaal van 2.530 kg CO₂-eq emissies per hectare. Ten slotte heeft Bedrijf 4 de hoogste klimaatlasten, met totale CO₂-eq emissies van 2.871 kg per hectare.



Grafiek 16: Totale CO₂-eq emissies per kg per hectare per bedrijf.

De drie grootste klimaatlasten bij de pilotbedrijven zijn de indicatoren gewasresten, bemesting en mechanisatie (zie grafiek 17). De inrichting en intensiteit van het bouwplan per pilotbedrijf

zijn bepalend voor de totale CO₂-eq emissies van deze drie indicatoren. Kool- en knolgewassen (zoals rode kool, broccoli, knolselderij en rode bieten) produceren aanzienlijk veel gewasresten, afhankelijk van de productopbrengst, en dragen daardoor in grote mate bij aan de totale CO₂-eq emissies. Het is daarbij van belang op te merken dat de opbouw van organische stof (koolstof) niet is meegenomen in deze indicator. Daarnaast speelt de soort, hoeveelheid en samenstelling van bemesting voor een teelt eveneens een belangrijke rol in de totale CO₂-eq emissies. Ook leidt de teelt van rooigewassen (zoals aardappelen en rode bieten) tot een intensief gebruik van machines, wat ook grote mate bijdraagt aan de totale CO₂-eq emissies. Bedrijf 4 scoort hoger dan de andere bedrijven vanwege de hogere CO₂-eq emissies die voortkomen uit de indicator gewasresten. Tot slot lijkt er per teelt op het gebied van CO₂-eq-emissies weinig verbetering mogelijk. Het verbeteren van de CO₂ footprint van pilotbedrijven kan wellicht worden gerealiseerd door middel van het nemen van bijpassende klimaatmaatregelen voor het bevorderen van koolstofvastlegging in klei bodems.



Grafiek 17: Totale CO₂-eq emissies per indicator per hectare per jaar per bedrijf.

2.2 Bijpassende klimaatmaatregelen

Bij de indicatoren van CFT lijkt per teelt weinig verbetering te behalen op het gebied van reduceren van CO₂-emissies. De meest voorhand liggende binnen een akkerbouwbedrijf is het hanteren van een klimaatmaatregel binnen een bouwplan die geschikt zijn om de CO₂-vastlegging in de bodem te bevorderen. Daar valt dus logischerwijs de grootste winst te behalen voor akkerbouwbedrijven. In dit hoofdstuk wordt voor elk pilotbedrijf de resultaten van de Praktijktol BodemCoolstof gepresenteerd en aangeven welke maatregelen voor hen het meest interessant zijn om binnen zijn bedrijfsuitvoering te implementeren. Verder wordt de CO₂-footprint van de pilotbedrijven weergegeven in een grafiek waarin de koolstofvastlegging in is meegenomen.

2.2.1 Pilotbedrijf 1 klimaatbaten

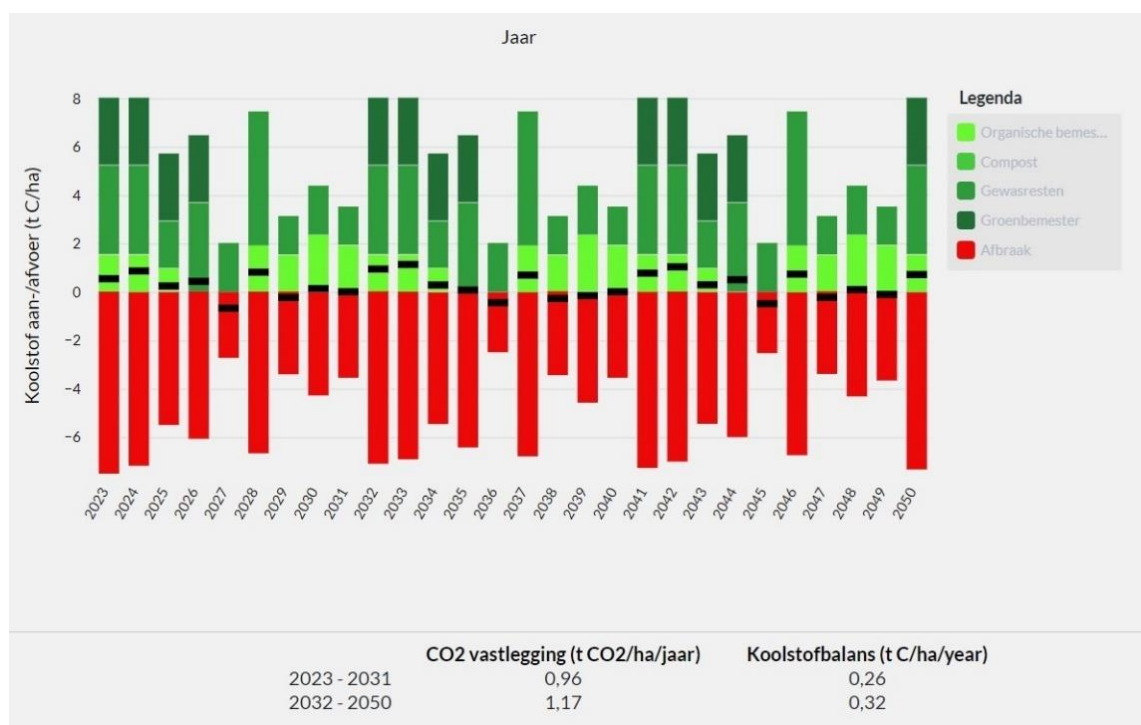
In 2023 werden op pilotbedrijf 1 de volgende gewassen geteeld: grasklaver, aardappelen, erwten, suikermaïs, knolselderij, stamslabonen en winterpeen. Daarnaast werd er organisch

bemest en is een groenbemester (grasklaver) geteeld. Verder had het bedrijf 132 L diesel per jaar/ per ha gebruikt. Alle bedrijfsspecifieke informatie over het huidige bouwplan is (zo passend mogelijk) ingevoerd in de praktijktool BodemCoolstof (zie figuur 1).

Jaar	Gewas	Opbrengst (ton/ha)	Groenbemester	Periode groenbemester	Organische bemesting (ton vers/ha)
2023	Groenbemester × ▾	8	N-bron mengsel × ▾	>4 ... × ▾	Vaste mest rundvee (20); 
2024	Groenbemester × ▾	7,5	N-bron mengsel × ▾	>4 ... × ▾	Vaste mest rundvee (20); 
2025	Pootaardappel × ▾	35	N-bron mengsel × ▾	>4 ... × ▾	Varkensdrijfmest (25); 
2026	Groenbemester × ▾	8,5	N-bron mengsel × ▾	>4 ... × ▾	Klik op knop om organische mest aa 
2027	Peulvrucht × ▾	3,5	Geef zoektekst ▾	Geef zo ▾	Klik op knop om organische mest aa 
2028	Corn cob mix × ▾	8,8	Geef zoektekst ▾	Geef zo ▾	Vaste mest rundvee (25); 
2029	Wortel/knolgroenten × ▾	45	Geef zoektekst ▾	Geef zo ▾	Vaste mest rundvee (20); 
2030	Peulvrucht × ▾	3,3	Geef zoektekst ▾	Geef zo ▾	Vaste mest rundvee (20); Varkensdri 
2031	Wortel/knolgroenten × ▾	48,6	Geef zoektekst ▾	Geef zo ▾	Vaste mest rundvee (25); 

Figuur 1: Bouwplan van pilotbedrijf 1 als input voor de Praktijktool BodemCoolstof.

Voor pilotbedrijf 1 wordt een positieve koolstofbalans (+0,32 t C/ha/jaar) behaald dankzij de organische stof aanvoer afkomstig van groenbemesters, gewasresten, rustgewassen en organische mest in het bouwplan (zie figuur 2). Er is echter extra winst te behalen door, naast dierlijke mest, ook compost (groencompost) toe te passen bij de teelt van aardappel, suikermaïs of knolselderij. Daarnaast kan winst worden behaald bij de teelt van de peulvrucht stamslaboon. De negatieve organische-stofbalans bij de teelt van stamslaboon in de jaren 2027, 2036 en 2045 is te wijten aan het ontbreken van een groenbemester. Ten slotte kan er nog extra winst worden behaald door verruiming van het bouwplan. Dit kan gedaan worden door een graangewas in het bouwplan toe te voegen.



Figuur 2: Organische stofbalans van pilotbedrijf 1

De volgende klimaatmaatregelen zijn passend voor het pilotbedrijf 1:

- extra inzet van groenbemesters na teelt van stamslaboon en suikermaïs;
- gebruik van compost voor teelt aardappel, suikermaïs en/ - of knolselderij;
- Verruiming van het bouwplan door toevoeging van een graangewas.

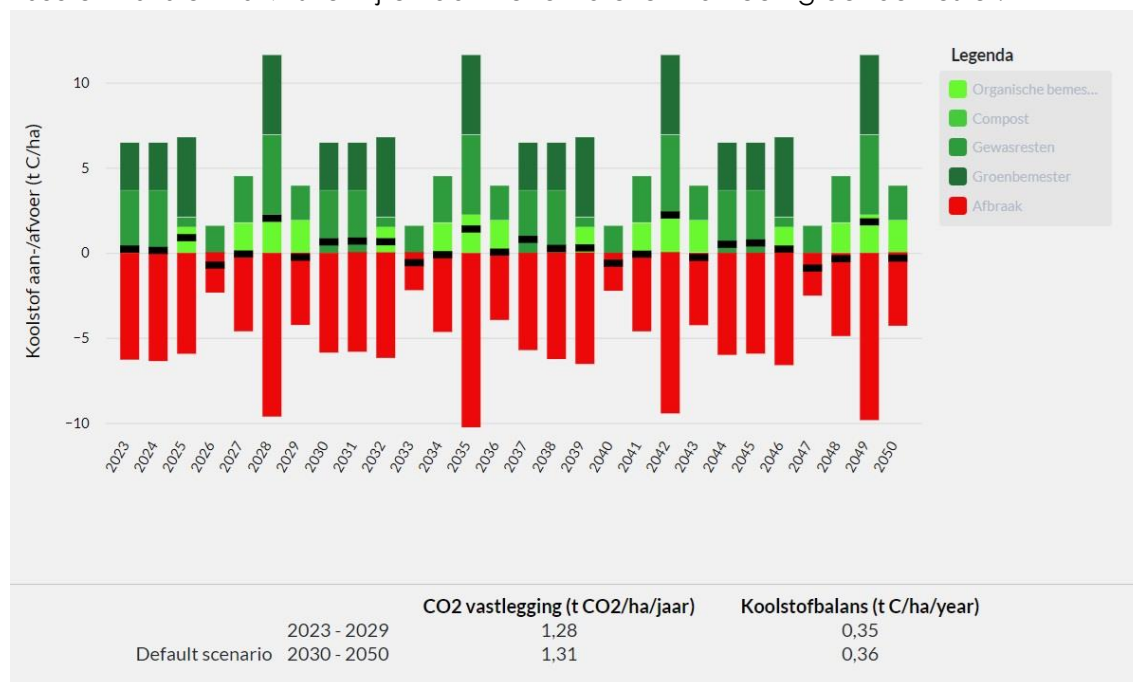
2.2.2 Pilotbedrijf 2 klimaatbaten

In 2023 werden op pilotbedrijf 2 de volgende gewassen geteeld: grasklaver, eerstejaars plantuien, peen, kool, winterarwe en erwten. Daarnaast werd er organisch bemest en is een groenbemester (alexandrijnse klaver) geteeld. Verder had het bedrijf had 180 L diesel per jaar/ per ha gebruikt. Alle bedrijfsspecifieke informatie over het huidige bouwplan is (zo passend mogelijk) ingevoerd in de praktijktool BodemCoolstof (zie figuur 3).

Jaar	Gewas	Opbrengst (ton/ha)	Groenbemester	Periode groenbemester	Organische bemesting (ton vers/ha)
2023	Groenbemester	15	N-bron mengsel	>4 m...	Klik op knop om organische mest aan te...
2024	Groenbemester	17	N-bron mengsel	>4 m...	Klik op knop om organische mest aan te...
2025	Ui	30	Overig	2-4 ...	Vaste mest rundvee (20);
2026	Wortel/knolgroenten	70	Geef zoektekst	Geef zoel	Klik op knop om organische mest aan te...
2027	Koolgroenten	100	Geef zoektekst	Geef zoel	Drijfmest rundvee (50);
2028	Wintertarwe	8	Overig	2-4 ...	Vaste mest rundvee (20);Drijfmest rundv...
2029	Peulvrucht	7	Geef zoektekst	Geef zoel	Vaste mest rundvee (25);

Figuur 3 Bouwplan van pilotbedrijf 2 als input voor de Praktijktool BodemCoolstof.

Voor pilotbedrijf 2 wordt een positieve koolstofbalans (+0,36 t C/ha/jaar) behaald dankzij de organische stof aanvoer afkomstig van groenbemesters, gewasresten, rustgewassen en organische mest in het bouwplan (zie figuur 2). Er is echter extra winst te behalen bij de teelt van peen. De negatieve organische-stofbalans bij de teelt van deze peen in de jaren 2026, 2033 en 2040 en 2047 is te wijten aan het ontbreken van een groenbemester.



Figuur 4: Organische stofbalans van pilotbedrijf 2

De volgende klimaatmaatregelen zijn passend voor het pilotbedrijf 2:

- extra inzet van groenbemesters na teelt peen (afhankelijk van oogstmoment);

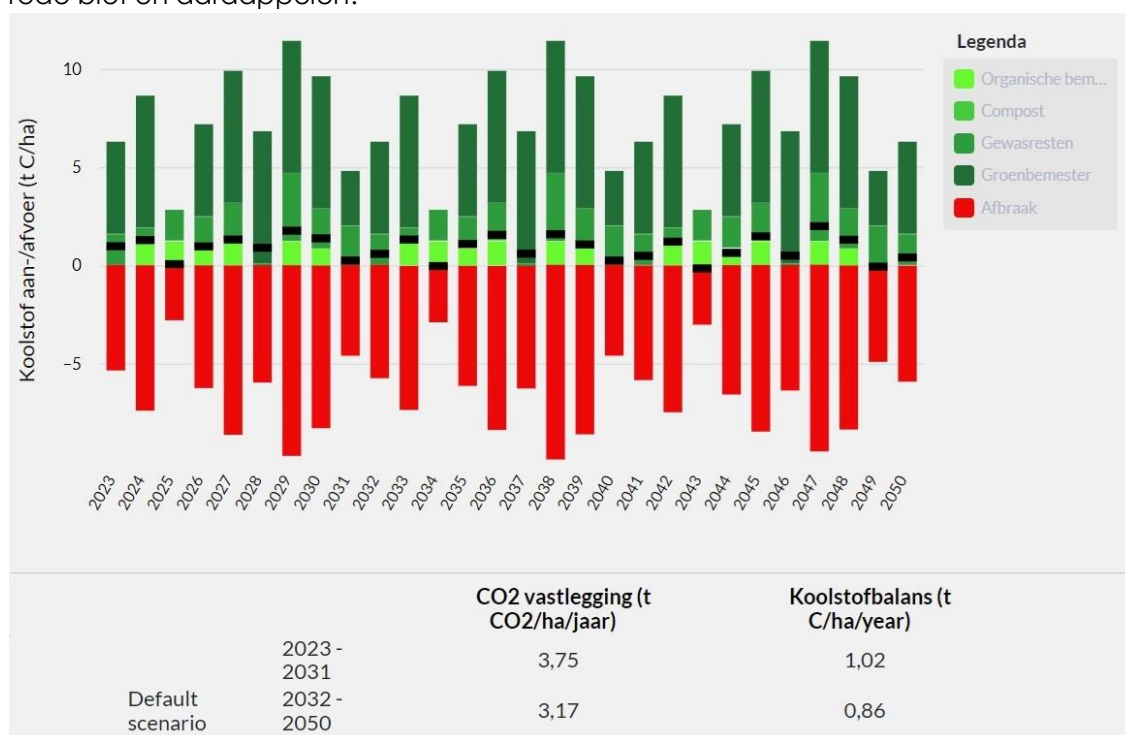
2.2.3 Pilotbedrijf 3 klimaatbaten

In 2023 werden op pilotbedrijf 3 de volgende gewassen geteeld: chicorei, pompoen, rode biet, peen, aardappel, vlas, bruine bonen en luzerne. Daarnaast werd er organisch bemest en zijn er groenbemestersmengsels geteeld. Verder had het bedrijf 160 L diesel per jaar/ per ha gebruikt. Alle bedrijfsspecifieke informatie over het huidige bouwplan is (zo passend mogelijk) ingevoerd in de praktijktool BodemCoolstof (zie figuur 5).

Jaar	Gewas	Opbrengst (ton/ha)	Groenbemester	Periode groenbemester	Organische bemesting (ton vers/ha)
2023	Wortel/knolgroenten ×	42,8	Overig ×	2-4... ×	Klik op knop om organische mest aa
2024	Pompoen ×	13,5	Overig ×	>4 ... ×	Drijfmest rundvee (35);
2025	Wortel/knolgroenten ×	0	Geef zoektekst	Geef zo	Drijfmest rundvee (35);
2026	Wortel/knolgroenten ×	87,5	Overig ×	2-4... ×	Drijfmest rundvee (25);
2027	Pootaardappel ×	15	Overig ×	>4 ... ×	Pluimveemest (6);
2028	Vezels ×	1,5	Overig ×	>4 ... ×	Klik op knop om organische mest aa
2029	Wintergerst ×	6,5	Overig ×	>4 ... ×	Drijfmest rundvee (35);
2030	Peulvrucht ×	0,9	Overig ×	>4 ... ×	Drijfmest rundvee (25);
2031	Peulvrucht ×	15	N-bron mengsel ×	>4 ... ×	Klik op knop om organische mest aa

Figuur 5: Bouwplan van pilotbedrijf 3 als input voor de Praktijktool BodemCoolstof.

Voor pilotbedrijf 3 wordt een positieve organische-stofbalans (+0,86 t C/ha/jaar) behaald dankzij de organische stof aanvoer afkomstig van groenbemesters, gewasresten, rustgewassen en organische mest in het bouwplan (zie figuur 6). Er is echter extra winst te behalen door, naast dierlijke mest, ook compost (groencompost) toe te passen bij de teelten rode biet en aardappelen.



Figuur 6: Organische stofbalans van pilotbedrijf 3

De volgende klimaatmaatregelen zijn passend voor het pilotbedrijf 3:

- gebruik van groencompost voor teelt aardappelen en/ -of rode bieten.

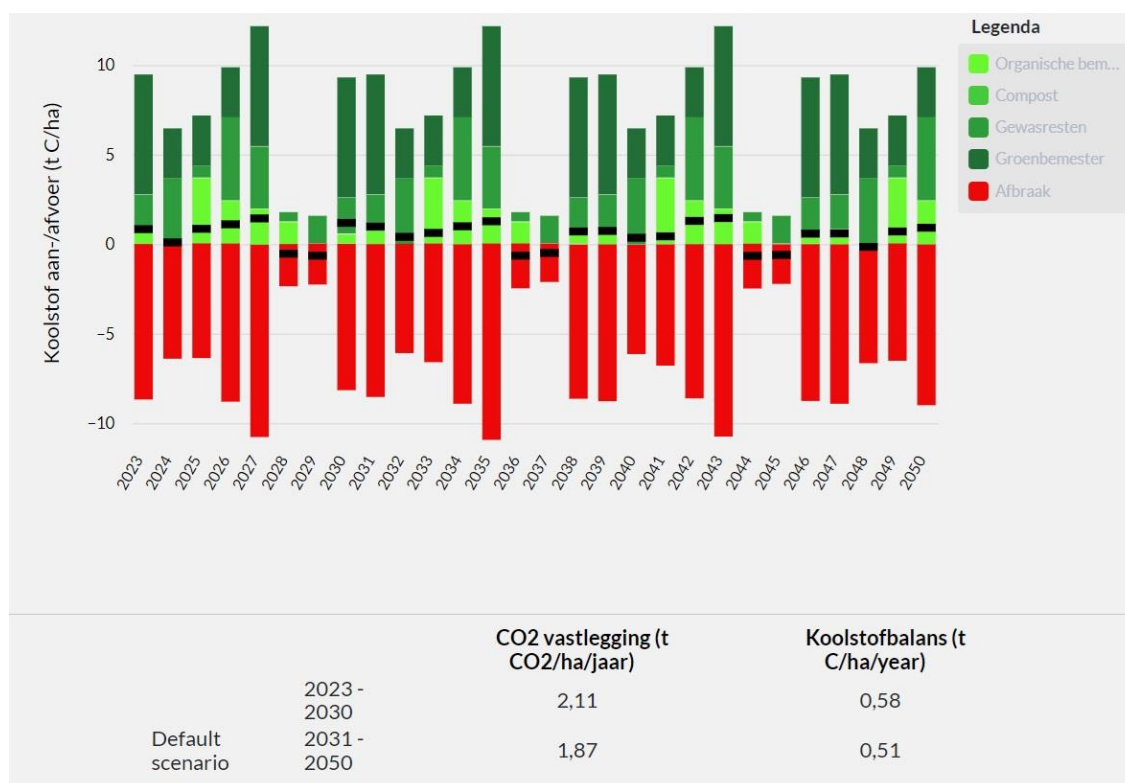
2.2.4 Pilotbedrijf 4 klimaatbaten

Pilotbedrijf 4 heeft in het jaar 2023 zijn bouwplan verruimt. Op pilotbedrijf 4 werden de volgende gewassen geteeld: aardappelen, grasklaver, pompoen, suikermaïs, zomertarwe, zaaiuien, pastinaak en sperziebonen. Daarnaast werd er organisch bemest en zijn er groenbemester(mengsels) geteeld. Verder had het bedrijf 262 L diesel per jaar/ per ha gebruikt. Alle bedrijfsspecifieke informatie over het huidige bouwplan is (zo passend mogelijk) ingevoerd in de praktijktool BodemCoolstof (zie figuur 7).

Jaar	Gewas	Opbrengst (ton/ha)	Groenbemester	Periode groenbemester	Organische bemesting (ton vers/ha)
2023	Pootaardappel × ▾	36	Overig × ▾	>4 m... × ▾	Varkensdrijfmest (21); 
2024	Groenbemester × ▾	23	N-bron mengsel × ▾	>4 m... × ▾	Klik op knop om organische mest aan te p 
2025	Pompoen × ▾	0,7	N-bron mengsel × ▾	>4 m... × ▾	Pluimveemest (15);Drijfmest rundvee (1 
2026	Corn cob mix × ▾	6,2	N-bron mengsel × ▾	>4 m... × ▾	Drijfmest rundvee (34);Vaste mest rundv 
2027	Zomertarwe × ▾	4,8	Overig × ▾	>4 m... × ▾	Varkensdrijfmest (21);Vaste mest rundve 
2028	Uit × ▾	25	Geef zoektekst ▾	Geef zoel ▾	Pluimveemest (6); 
2029	Wortel/knolgroenten × ▾	15	Geef zoektekst ▾	Geef zoel ▾	Klik op knop om organische mest aan te p 
2030	Peulvrucht × ▾	12,5	Overig × ▾	>4 m... × ▾	Drijfmest rundvee (16); 

Figuur 7: Bouwplan van pilotbedrijf 4 als input voor de Praktijktool BodemCoolstof

Voor pilotbedrijf 4 wordt een positieve koolstofbalans (+0,51 t C/ha/jaar) behaald dankzij de organische stof aanvoer afkomstig van groenbemesters, gewasresten, rustgewassen en organische mest in het bouwplan (zie figuur 8). Er is echter extra winst te behalen door, naast dierlijke mest, ook compost (groencompost) toe te passen na de teelt van aardappelen, en pompoen. Ook kan er gedacht worden om minder intensieve grondbewerking en meer gereduceerde grondbewerking te hanteren om dieselgebruik te verminderen.



Figuur 8: Organische stofbalans van pilotbedrijf 4

De volgende klimaatmaatregelen zijn passend voor het pilotbedrijf 4:

- gebruik van groencompost na de teelt van aardappelen en pompoen;
- minder intensieve grondbewerking en meer gereduceerde grondbewerking (ecoploegen) hanteren om dieselgebruik te verminderen.

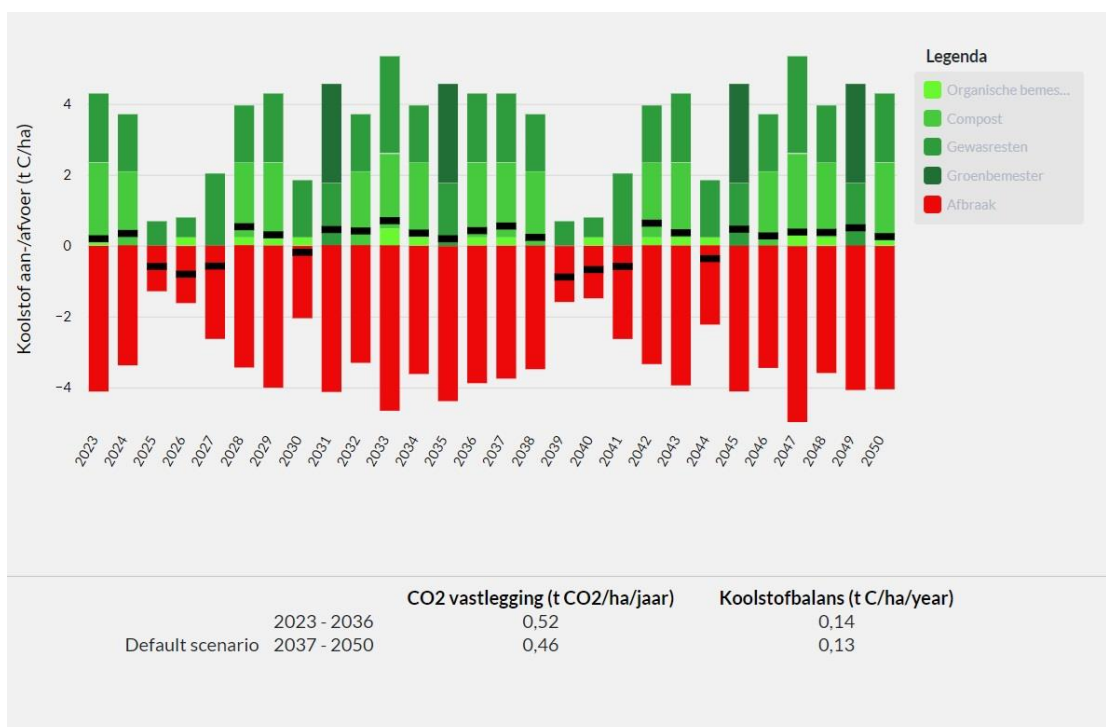
2.2.5 Pilotbedrijf 5 klimaatbaten

In 2023 werden op pilotbedrijf 5 de volgende gewassen geteeld: pastinaak, aardappel, peen, rode biet, plantui, spelt, knolselderij, zaaiui, pompoen, luzerne en rode kool. Daarnaast werd er natuurcompost en maaimeststoffen gebruikt. Verder had het bedrijf had 210 L diesel per jaar/ per ha gebruikt. Alle bedrijfsspecifieke informatie over het huidige bouwplan is (zo passend mogelijk) ingevoerd in de praktijktool BodemCoolstof (zie figuur 9).

Jaar	Gewas	Opbrengst (ton/ha)	Groenbemester	Periode groenbemester	Organische bemesting (ton vers/ha)
2023	Pootaardappel	35	Geef zoektekst	Geef zoekti	Compost (20);Overig (15);
2024	Wortel/knolgroenten	41	Geef zoektekst	Geef zoekti	Compost (20);
2025	Pompoen	25	Geef zoektekst	Geef zoekti	Klik op knop om organische mest aan te passen
2026	Ui	39	Geef zoektekst	Geef zoekti	Overig (15);
2027	Ander graangewas	3	Geef zoektekst	Geef zoekti	Klik op knop om organische mest aan te passen
2028	Wortel/knolgroenten	88	Geef zoektekst	Geef zoekti	Compost (20);Overig (15);
2029	Pootaardappel	27	Geef zoektekst	Geef zoekti	Compost (20);Overig (15);
2030	Wortel/knolgroenten	44	Geef zoektekst	Geef zoekti	Overig (15);
2031	Luzerne	10	N-bron mengsel	>4 ma...	Klik op knop om organische mest aan te passen
2032	Wortel/knolgroenten	63	Geef zoektekst	Geef zoekti	Compost (20);
2033	Koolgroenten	22	Geef zoektekst	Geef zoekti	Compost (20);Overig (30);
2034	Wortel/knolgroenten	41	Geef zoektekst	Geef zoekti	Compost (20);Overig (15);
2035	Luzerne	7	N-bron mengsel	>4 ma...	Klik op knop om organische mest aan te passen
2036	Pootaardappel	49	Geef zoektekst	Geef zoekti	Compost (20);Overig (15);

Figuur 9: Bouwplan van pilotbedrijf 5 als input voor de Praktijktool BodemCoolstof

Voor pilotbedrijf 5 wordt een positieve koolstofbalans (+0,13 t C/ha/jaar) behaald dankzij de organische stof aanvoer afkomstig van compost, gewasresten, rustgewassen en organische mest in het bouwplan (zie figuur 10). Er is echter extra winst te behalen door groenbemers in te zaaien na de teelt van hoofdgewassen. Daarnaast kan winst worden behaald bij de teelt van pompoen door compost toe te passen. De negatieve organische-stofbalans bij de teelt van deze pompoen in de jaren 2025 en 2039 te wijten aan het ontbreken van een groenbemester en toepassing van compost.



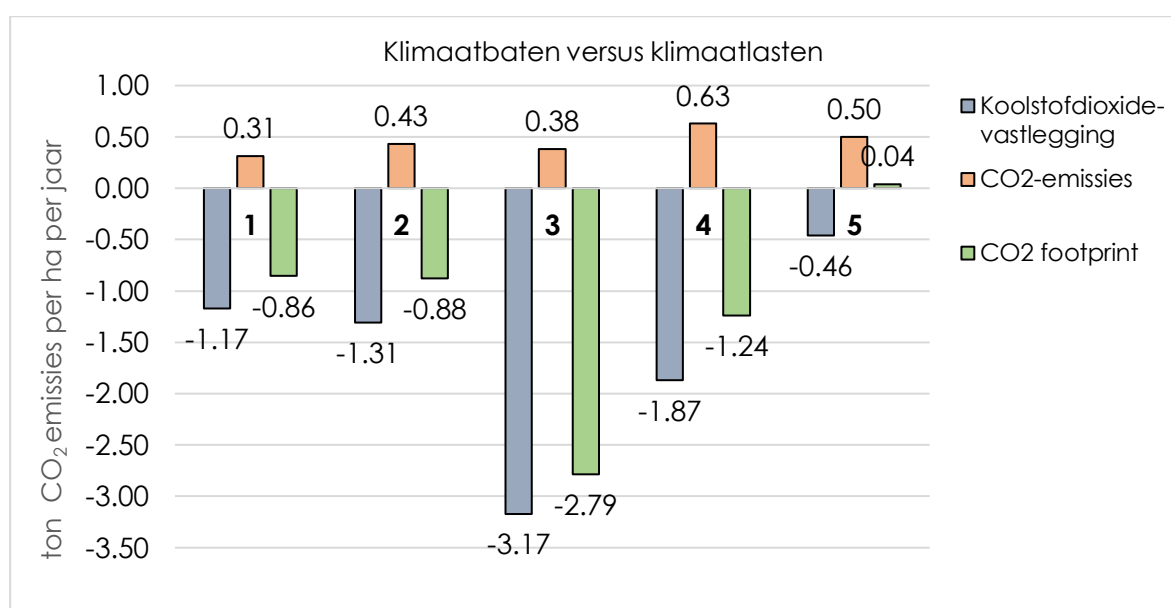
Figuur 10: Organische stofbalans van pilotbedrijf 5

De volgende klimaatmaatregelen zijn passend voor het pilotbedrijf 5:

- toepassen van groenbemesters na de teelt van aardappel, peen, plantui, spelt, knolselderij, zaaiui, pompoen;
- toepassen van groencompost voor de teelt van pompoen.

2.2.6 Overzicht klimaatbaten van alle pilotbedrijven

Bij vier van de vijf bedrijven bleek de CO₂-footprint negatief te zijn, wat positief is voor de impact op het klimaat. Bedrijf 3 heeft de laagste negatieve CO₂-footprint met – 2,79 ton CO₂ per hectare (zie figuur 18). Dit wordt gevolgd door Bedrijf 4, dat CO₂-footprint heeft met -1,24 ton CO₂ per hectare. Vervolgens komt Bedrijf 2, met CO₂-footprint van -0,88 ton CO₂ per hectare. Bedrijf 5 volgt hierna, met een CO₂-footprint van -0,86 ton CO₂ per hectare. Ten slotte heeft Bedrijf 5 een positief CO₂-footprint van +0,04 ton CO₂ per hectare, wat negatief is voor de impact op het klimaat.



Grafiek 18: CO₂ footprint per pilotbedrijf. De CO₂-vastlegging (blauw) is berekend op basis van praktijktool BodemC (CO₂-vastlegging per ha per jaar). De CO₂-emissies zijn berekend op basis van totale dieselgebruik (L per ha per jaar).

Concluderend kan worden gesteld dat de inrichting en intensiteit van het bouwplan bepalend zijn voor zowel het dieselverbruik als de koolstofvastlegging in de bodem. Om de koolstofvastlegging te bevorderen en de CO₂-footprint van biologische akkerbouwbedrijven te verbeteren, is het belangrijk om passende klimaatmaatregelen te implementeren. Uit de resultaten blijkt dat de volgende factoren verantwoordelijk zijn voor de CO₂-footprint bij de 5 pilotbedrijven:

- Extra inzet van groenbemesters in het bouwplan;
- Toepassing van compost in het bouwplan;
- Verbreding van het bouwplan door rustgewassen in te zetten;
- Minder intensieve en meer gereduceerde grondbewerking om het dieselverbruik te verminderen.

2.3 Kosten/baten

Hiervoor is een overzicht gegeven van verschillende maatregelen die akkerbouwers zouden kunnen en willen nemen om hun klimaatimpact te verlagen. In deze paragraaf zal voor verschillende maatregelen een kosten-baten analyse uitgewerkt worden.

2.3.1 Inzet groenbemester

Groenbemesters leiden over het algemeen tot hogere kosten, door de kosten voor aanschaf van zaaizaad, inzaai en onderwerking (zie tabel 2). In de berekeningen wordt aangenomen dat groenbemesters ongeveer € 200/ha aan kosten met zich meebrengen (Koopmans et al., 2021). Verder kan er met grote zekerheid worden gesteld dat het inzetten van groenbemesters een positieve bijdrage levert aan koolstofvastlegging in de bodem (Martinez Garcia et al., 2023).

Tabel 2: Overzicht van de kosten-baten analyse van inzet groenbemester

Bedrijfsmaatregel	Reden van toepassen van maatregel voor pilot bedrijven 1 2 en 5	Kosten maatregel	Baten maatregel	Extra koolstofvastlegging maatregel (kton CO ₂ /ha/ jaar)
Inzet extra groenbemester	Het opnemen van een extra groenbemester in het bouwplan zorgt voor aanvoer van organische materiaal, wat positief bijdraagt aan koolstofvastlegging in de bodem. Daarnaast kan de groenbemester fungeren als bodembedekker, waardoor onkruiden worden onderdrukt en tijdens de teelt minder gewied hoeft te worden. Dit resulteert in minder mechanisatie en dus ook een lagere CO ₂ -uitstoot.	Groenbemesters leiden over het algemeen tot hogere kosten, door de kosten voor aanschaf van zaaizaad, inzaai en onderwerking.	Extra inzet van groenbemester draagt positief bij aan organisch-stofgehalte, de bodemstructuur en bodembiodiversiteit. Met een gerichte keuze kunnen bepaalde ziekte en plagen beheerst worden. Verder kunnen er kosten worden bespaard omtrent het reduceren van stikstofuitspoeling in het najaar.	Klei: 133 ktonCO ₂ /jaar

2.3.2 Toepassing van compost

De kosten van de toepassing van compost door een akkerbouwer zijn relatief hoog: zo'n € 750 tot 800/ha, ten opzichte van een referentiesituatie: met een dosering van 30 ton/ha dunne varkensdrijfmest (Janmaat et al., 2020). Dit omdat de akkerbouwer meestal geld ontvangt voor de toepassing van varkensdrijfmest, terwijl voor compost betaald moet worden. Verder kan met grote zekerheid worden gesteld dat het toepassen van compost een positieve bijdrage levert aan koolstofvastlegging. Het effect van het toedienen van extra compost is gemeten bij zowel een 9- als een 20-jarige lange termijn experimenten, op centraal gelegen kleigrond, met verschillende giften (respectievelijk 20 tot 40 en 7 tot 15 ton compost/ha). Beide proeven tonen een significante toename van de koolstofvoorraad aan, als gevolg van het toedienen van extra compost (Koopmans et al., 2019). Ten slotte wordt bij het gebruik van compost op kleigronden in Nederland gemiddeld 133 kiloton extra CO₂ per hectare per jaar vastgelegd. Deze berekening, uitgevoerd met behulp van het RothC-model, is gebaseerd op de totale

hoeveelheid GFT-compost en groencompost die in één jaar wordt geproduceerd en naar de landbouw gaat. Hierbij wordt aangenomen dat deze compost wordt verdeeld over alle kleigronden in Nederland waar akkerbouwgewassen en snijmaïs worden geteeld (Slier et al., 2020; Lesschen et al., 2021).

Tabel 3: Overzicht van de kosten-baten analyse van inzet compost.

Bedrijfsmaatregel	Reden van toepassen van maatregel voor pilot bedrijven 1, 3, 4 en 5	Kosten maatregel	Baten maatregel	Extra koolstofvastlegging maatregel (kton CO ₂ /ha/ jaar)
Inzet van compost	Het toepassen van (regionale) champost, bokashi of groencompost, al dan niet ter vervanging van drijfmest, zorgt voor de aanvoer van veel stabiele organische stof (met een hoge C/N-verhouding) die minder snel gemineraliseerd wordt	Kosten ontstaan door de aanschaf van (regionale) champost, bokashi of groencompost.	Het gebruik van compost heeft een positief effect op de gehalten aan fosfaat, kalium, stikstof en organische stof in de bodem. Daarnaast verlaagt het de bodemdichtheid en heeft het een gunstig effect op het bodemleven.	Klei: 35 kton CO ₂ /ha/jaar

2.3.3 Verruiming bouwplan

Het verbeteren van de gewasrotatie door meer rustgewas te telen, leidt over het algemeen tot een lager bouwplansaldo, omdat bijvoorbeeld graan een laag salderend gewas is. Het referentiebouwplan is zeer bepalend voor de kosten en baten van deze maatregel. In regio's waar het referentiebouwplan minder intensief is zijn de kosten voor het verhogen van het aandeel graan ook minder hoog, of kan een verandering in het bouwplan zelfs positief uitvallen (hoogmoed et al., 2021). Verder kan er met redelijke zekerheid worden gesteld dat verruiming van het bouwplan, door het aandeel graanteelt te verhogen, een positieve bijdrage levert aan koolstofvastlegging in de bodem (Martinez Garcia, et al., 2023).

Tabel 4: Overzicht van de kosten-baten analyse van verruiming bouwplan.

Bedrijfsmaatregel	Reden van toepassen van maatregel voor pilot bedrijven 1 en 5	Kosten maatregel	Baten maatregel	Extra koolstofvastlegging maatregel (kton CO ₂ / ha/ jaar)
Verruiming bouwplan	Met een hoger aandeel rustgewassen (peulvrucht, graangewas) in het bouwplan worden minder frequent rooigewassen geteeld, wat leidt tot een lagere CO ₂ -uitstoot door mechanisatie.	Mogelijk worden kosten gemaakt doordat het rustgewas een lager salderend gewas is dan een rooigewas.	Rustgewassen hebben positieve effecten op de bodemkwaliteit. Ze zorgen voor een lagere bodemdichtheid en verhogen het organische stofgehalte in de bodem doordat gewasresten en wortels achterblijven. Dit leidt tot extra koolstofvastlegging in de bodem. Daarnaast kan een slimme gewasrotatie de stikstofefficiëntie verhogen en het risico op ziekten en plagen verminderen.	Klei: 61 kton CO ₂ / jaar

2.3.4 Gereduceerde grondbewerking

Alternatieve grondbewerkingsstrategieën (niet-kerende grondbewerking, ecoploegen en diepwoelen) hebben impact op de kosten en baten van een bouwplan, vanwege de mechanisatiekosten en het effect op gewasopbrengst. Het effect op gewasopbrengst is niet op elke bodemsoort hetzelfde (Hoogmoed et al., 2021). Het effect van niet-kerende grondbewerking (NKG) is in lange termijn experimenten onderzocht op kleigrond. De resultaten tonen aan dat geen significant verschil bestaat tussen behandelingen met ploegen en niet-kerende grondbewerking (Schepens et al., 2022).

Tabel 5: Overzicht van de kosten-baten analyse van gereduceerde grondbewerking

Bedrijfsmaatregel	Reden van toepassen van maatregel voor pilot bedrijven 4	Kosten maatregel	Baten maatregel	Extra koolstofvastlegging maatregel (kg CO ₂ /ha/ jaar)
Gereduceerde grondbewerking	Het toepassen van minder kerende grondbewerking in plaats van ploegen of spitten binnen het bedrijfssysteem is bedoeld om de CO ₂ -uitstoot door mechanisatie te verminderen. Hierbij moet rekening worden gehouden met de grondsoort van het perceel en de teeltkeuze.	Kosten ontstaan door de aanschaf van een grondbewerkingsmachine of het inhuren van een loonwerker.	Minder intensieve grondbewerking leidt tot een lager dieselverbruik. Daarnaast wordt het bodemleven minder verstoord, wat de bodemstructuur ten goede komt. Ook wordt de mineralisatie van organische stof in de bodem verminderd tegenover ploegen	Klei: 0 kg CO ₂ / jaar

2.3.5 Overzicht van alle deelnemers

Per deelnemer zijn er verschillen zichtbaar in de indicaties van CO₂-winst, financiële winst en interesse in de implementatie van de maatregel binnen de bedrijfsvoering (zie tabel 6). Het verschil in de behaalde CO₂-winst per maatregel wordt voornamelijk bepaald door al genomen maatregelen, de intensiteit en de samenstelling van het huidige bouwplan.

De financiële winst per maatregel wordt beïnvloed door diverse factoren, zoals de bedrijfs- en areaalgrootte, het gehanteerde bedrijfssysteem, de intensiteit en samenstelling van het bouwplan, de beschikbaarheid van eigen biologische percelen, beschikbare overheidssubsidies, de marktvraag naar producten en de aanwezigheid van voldoende personeel en landbouwmachines.

Ten slotte wordt de interesse in het nemen van een maatregel beïnvloed door factoren zoals de bedrijfs- en areaalgrootte, het gehanteerde bedrijfssysteem, de intensiteit van het bouwplan, de kwaliteit van compost, de beschikbaarheid van (eigen) landbouwmachines, beschikbare overheidssubsidies en beschikbare budget.

Tabel 6: Overzicht van CO₂-winst, financiële winst en interesse van de deelnemers per maatregel.

Deelnemer	1			2			3			4			5		
	CO2	€€€	inter	CO2	€€€	inter	CO2	€€€	inter	CO2	€€€	inter	CO2	€€€	inter
Inzet groenbemester															
Toepassing van compost															
Verruiming bouwplan															
Gereduceerde grondbewerking															
Positief															
Negatief															
Onbekend/onzeker															

In de globale beoordeling van de maatregelen per deelnemer is ook rekening gehouden met de haalbaarheid

2.3.6 Implicaties

In deze pilot is samen met vijf biologische akkerbouwers op zeelei gezocht naar mogelijkheden om hun klimaatimpact te verkleinen. Uit de resultaten blijkt dat elke deelnemer nog aandachtspunten had om verdere stappen te zetten. Deze variëren van maatregelen zoals het gebruik van compost tot het verruimen van het bouwplan. Dit zijn maatregelen die een akkerbouwer relatief goed kan implementeren binnen het bedrijfssysteem, met als doel de opbouw van organische stof in de bodem te bevorderen. Echter moet er ook rekening mee worden gehouden dat een hoger aandeel organische stof in de bodem kan leiden tot een toename van lachgasemissies. Lachgas is een broeikasgas dat 265 keer sterker is dan koolstofdioxide.

Compost

Bij toepassing van compost moet er rekening worden gehouden dat de minerale stikstof (kg N/ton compost) en afbreekbare organische stof (afbraaksnelheid organische stof) bijdragen aan N₂O-emissies, met name onder zuurstofarme omstandigheden (van der Zee et al., 2021). Het effect van extra compost op N₂O-emissies wordt geschat op +1 tot +3 kton CO₂-equivalent per jaar op kleigronden. Dit is lager dan de geschatte landelijke koolstofvastlegging op klei, namelijk 35 kton CO₂ per jaar, wat betekent dat de netto broeikasgasbalans positief is (Slier et al., 2022).

Gereduceerde grondbewerking

Verder moet bij gereduceerde grondbewerking rekening worden gehouden met mogelijke verslechtering van de bodemstructuur en zuurstofvoorziening (Slier et al., 2022). Zuurstofarme omstandigheden in combinatie met hoge gehalten aan minerale stikstof en afbreekbare organische stof bevorderen denitrificatie en kunnen leiden tot verhoogde N₂O-emissies. Het effect van gereduceerde grondbewerking wordt geschat op +18 tot +60 kton CO₂-equivalent per jaar op kleigronden. Dit is hoger dan de geschatte koolstofvastlegging op klei, namelijk 0 kton CO₂ per jaar, wat resulteert in een negatieve netto broeikasgasbalans (Slier et al., 2021).

Extra inzet groenbemesters

De extra inzet van groenbemesters kan eveneens bijdragen aan een toename van lachgasemissies. Het onderploegen van groenbemesters kan leiden tot hogere N₂O-emissies doordat stikstof en gemakkelijk afbreekbare organische stof in de bodem terechtkomen. Hoge gehalten aan minerale stikstof en afbreekbare organische stof dragen bij aan verhoogde N₂O-emissies, vooral onder zuurstofarme omstandigheden (Slier et al., 2021; Slier et al., 2022). Daarentegen kan een onbemeste groenbemester als vanggewas stikstof opnemen na de oogst van het hoofdgewas, waardoor het risico op lachgasemissies en nitraatuitspoeling in de

winter afneemt. Het totale effect op kleigronden wordt geschat op 40 tot 81 kton CO₂-equivalent per jaar aan lachgasemissies. Dit is lager dan de geschatte 133 kton CO₂ per jaar aan extra koolstofvastlegging, wat resulteert in een positieve netto broeikasgasbalans op kleigronden (Slier et al., 2021; Slier et al., 2022).

Verruiming bouwplan

Ten slotte is het effect van een verruiming van het bouwplan sterk afhankelijk van het type gewas dat wordt toegevoegd. Dit hangt af van factoren zoals stikstofbemesting, stikstofbenutting en de samenstelling van gewasresten. Bij toevoeging van graan aan het bouwplan zal de afbraak van gewasresten met een hoge koolstof/stikstofverhouding (C/N-verhouding) en stabiele organische stof minder N₂O-emissie veroorzaken dan bladrijke gewassen, zoals koolsoorten. Het effect op de lachgasemissies op kleigronden wordt geschat tussen -25 en +25 kton CO₂-equivalent per jaar. Dit is lager dan de geschatte 61 kton CO₂ per jaar aan extra koolstofvastlegging, wat betekent dat de netto broeikasgasbalans op kleigronden positief blijft (Slier et al., 2021; Slier et al., 2022).

2.3.7 Reflecties

Tijdens dit project zijn enkele verbeterpunten naar voren gekomen. Zo blijkt dat binnen het CFT veel ruwe aannames worden gedaan over CO₂-emissies. Een voorbeeld hiervan is dat bij plantuien de CO₂-emissies van het plantgoed niet zijn meegenomen. Voor de teelt van aardappelen zijn de aannames binnen het CFT specifiek, wat resulteert in een nauwkeuriger beeld van de CO₂-emissies.

Bij de aardappelteelt van pilotbedrijf 3 werd voor de indicator gewasresten een hogere CO₂-eq per hectare gemeten dan bij pilotbedrijven 1, 4 en 5. Dit verschil is te verklaren door het gekozen gewasrestenbeheer. Pilotbedrijf 3 hanteerde een andere aanpak dan de overige bedrijven, waar binnen het CFT voor gewasrestenbeheer werd gekozen om de gewasresten te "verspreiden, onderwerken of mulchen." De gekozen methode van gewasrestenbeheer beïnvloedt de berekening van de CO₂-emissies bij de indicator gewasresten.

Daarnaast moet rekening worden gehouden met het feit dat de indicator 'directe energie' niet is ingevoerd bij pilotbedrijven 1 t/m 4. Dit komt doordat het verbruik van elektriciteit, gas en benzine moeilijk is toe te wijzen aan de teelt, aangezien op deze pilotbedrijven ook andere activiteiten plaatsvinden, zoals campingbeheer en veehouderij.

Bij pilotbedrijf 5 werden ook akkerranden en agroforestry geteeld, maar deze konden niet worden meegenomen in het CFT en de Praktijktol BodemCoolstof. Hierdoor zijn deze teelten niet opgenomen in de berekening van de CO₂-emissies en de koolstofvastlegging in de bodem.

Verder moesten bij het gebruik van de Praktijktol BodemCoolstof diverse aannames worden gedaan over bemesting en groenbemesters, omdat deze niet konden worden opgenomen in het bouwplan. Voor groencompost werd bijvoorbeeld de bemestingsgroep 'compost' gekozen, en voor grasklaver de groenbemestergroep 'N-bron mengsel'. Dit resulteerde in een grove schatting van de hoeveelheid aangevoerde organische stof, wat de organische-stofbalans en de hoeveelheid koolstofvastlegging in het bouwplan beïnvloedde. Daarnaast waren er ook diverse aannames nodig bij het invullen van het hoofdgewas in het bouwplan. Rode kool werd bijvoorbeeld ingedeeld in de gewasgroep 'koolgroenten', peen in de

gewasgroep 'wortel/knolgroenten', en grasklaver in de gewasgroep "groenbemester". Dit leidde tot een ruime inschatting van de hoeveelheid gewasresten die na de teelt van een hoofdgewas overblijven, wat invloed heeft op de organische-stofbalans en de koolstofvastlegging in de bodem.

Voor de berekening van de CO₂-footprint van alle pilotbedrijven werd geen volledig beeld van de CO₂-emissies gegeven. Naast diesel zijn er namelijk ook andere vormen van energieverbruik, zoals voor irrigatie, elektriciteit en transport van zaad en/- of pootgoed. Het zou voor dit project interessant zijn geweest om de resultaten van het CFT te combineren met de resultaten van de Praktijktol BodemCoolstof, door de totale CO₂-equivalente emissies per hectare op te tellen bij de totale CO₂-vastlegging of -verliezen per hectare. Dit kon echter niet worden uitgevoerd, omdat dit zou leiden tot een dubbele telling van koolstofverliezen door afbraak (mineralisatie) van organische stof afkomstig van gewasresten en organische mest in de bodem. Er kan verder onderzocht worden hoe beide tools met betrekking tot de bodemkoolstofvoorraad op elkaar afgestemd kunnen worden, waarbij de rekensystematiek nader moet worden bekeken (Pronk & Kempenaar, 2023; Hendriks et al., 2021).

Tot slot zou het interessant zijn geweest om, naast de vijf biologisch (dynamische) pilotbedrijven, ook een gangbaar bedrijf als referentie mee te nemen. Het zou waardevol zijn geweest om een vergelijking te maken tussen een biologisch en een gangbaar bedrijf, waarbij de CO₂-emissies uit verschillende bronnen en de CO₂-vastlegging in de bodem worden beoordeeld.

2.3.8 Conclusie

Uit het project is gebleken dat vier van de vijf pilotbedrijven goed scoren (negatief) op CO₂-footprint. De inrichting en intensiteit van het bouwplan blijken bepalend te zijn voor de CO₂-footprint van biologische akkerbouwbedrijven. Het verminderen van de CO₂-footprint van deze pilotbedrijven kan worden bereikt door het nemen van gerichte klimaatmaatregelen, zoals het inzetten van groenbemesters, het gebruik van compost, en het verruimen van het bouwplan, ter bevordering van koolstofvastlegging in zeekleibodems. Tot slot is er behoefte aan een tool die een betrouwbaar en volledig beeld van de CO₂-footprint van een akkerbouwbedrijf geeft. Dit kan worden gerealiseerd door de in dit project gebruikte tools (Praktijktol BodemCoolstof en Cool Farm Tool) te integreren tot één tool, waarmee de CO₂-footprint van een akkerbouwbedrijf nauwkeurig kan worden bepaald.

3 Bedrijfsprofielen pilotbedrijven akkerbouw

3.1 Pilotbedrijf 1

1. Kwantitatieve informatie

Locatie (regio): Lage Zwaluwe, Noord-Brabant

Grondsoort: Zeeklei

Bedrijfsoppervlakte (in hectare): 39

Aantal dieren: gemiddeld 100 stuks vee

Type voer en herkomst: 75% ruwvoer eigen, 25% ruwvoer inkoop, 100% krachtvoer inkoop.

Bemesting/groenbemesters: potstalmest, varkensdrijfmest en grasklaver.

Middelengebruik: geen

Jaarlijkse productie (in ton): Ongeveer 272 ton aardappel, 144 ton zaaiuien, 76,6 ton bonen, 376 ton knolselderij, 56 ton grasklaver, 133 ton snijmais.

Aantal medewerkers: 1 medewerkster (nul urencontract).

Aantal machines: trekker 120pk en trekker 75pk.

Bijzonderheden: zonnepanelen, agroforestry en camping.

2. Kwalitatieve informatie:

Pilotbedrijf 1 schakelde per 1 januari 2018 om van akkerbouw naar biologische bedrijfsvoering met agrarisch natuurbeheer en een camping. Sindsdien zijn stieren, zoogkoeien en walnotenbomen toegevoegd (agroforestry), en zijn de daken voorzien van zonnepanelen. Deze ontwikkelingen dragen bij aan kringlooplandbouw. Bij de bedrijfsovername besloten boer(in) 1 het bedrijf om te vormen met als doel een financieel gezond en duurzaam familiebedrijf voor de volgende generatie. Hun focus ligt op gesloten kringlopen, korte ketens en zorg voor bodem, dieren, leefomgeving en klimaat.

3.2 Pilotbedrijf 2

1. Kwantitatieve informatie

Locatie (regio): Almere, Flevoland

Grondsoort: Zeeklei

Bedrijfsoppervlakte (in hectare): 210

Aantal dieren: -

Type voer en herkomst: -

Bemesting/groenbemesters: grasklaver, potstalmest en vaste mest.

Middelengebruik: Geen

Jaarlijkse productie (in ton): plantuien 133 ton, erwten 42 ton, broccoli 70 ton, rode bieten 560 ton, pastinaak 665 ton, 56 ton tarwe en 196 ton grasklaver.

Aantal medewerkers: -

Aantal machines: -

Bijzonderheden: educatietak en bezig met natuurinclusieve landbouw.

2. Kwalitatieve informatie:

Pilotbedrijf 2 bedrijft al meer dan 25 jaar innovatieve biodynamische landbouw in Flevoland, met focus op zorg voor de aarde en een duurzame toekomst. De veehouderij en akkerbouw zijn nauw verbonden: de koeien eten gewassen van eigen land, zoals gras en mais, en hun mest voedt de bodem. Het draait om een gezonde bodem die zowel de gewassen als de

dieren voedt. Door deze kringloop wordt het hele bedrijf steeds efficiënter en duurzamer, wat resulteert in gezond voedsel en een goed onderhouden landschap.

3.3 Pilotbedrijf 3

1. Kwantitatieve informatie

Locatie (regio): Kloetinge, Zeeland

Grondsoort: Zeeklei

Bedrijfsoppervlakte (in hectare): 50

Aantal dieren: N.V.T.

Type voer en herkomst: N.V.T.

Bemesting/groenbemesters: rundveedrijfmest, pluimveemest en groenbemestermengsels.

Middelengebruik: Geen

Jaarlijkse productie (in ton): 142 ton aardappelen, 91 ton zaaiuien, 62 ton pompoen groente, 11 ton erwten conc., 145 ton rode bieten, 378 ton peen, 218 ton chicorei, 110 ton luzerne en vlas.

Aantal medewerkers: seizoensgebonden arbeiders.

Aantal machines: 3 tractoren, ploeg, bouwvoorlichter, precisie cultivator, cultivator, frontfrees, ruggenfrees, precieszaaimachine, aardappelpoter, inschuurlijn, onkruidbrander, hoekschoffel, camera gestuurde schoffels.

Bijzonderheden: zonnepanelen, agroforestry

2. Kwalitatieve informatie:

Pilotbedrijf 3 hanteert 1 op 10 bouwplan. Hij werkt veel met groenbemesters en experimenteert met niet-kerende grondbewerking. Omdat hij nauwelijks water tot zijn beschikking heeft, probeert boer 3 het bouwplan in te richten met producten die beter tegen de droogte. Boer 3 werkt graag aan een beter klimaat of wel natuurinclusiviteit. Op een stuk grond van 18 hectare heeft boer 1 Zeeuwse haag inplanten met Meidoorns en Sleedoorns. Verder heeft boer 3 zonnepanelen op zijn bedrijf

3.4 Pilotbedrijf 4

1. Kwantitatieve informatie

Locatie (regio): Biddinghuizen, Flevoland

Grondsoort: Zeeklei

Bedrijfsoppervlakte (in hectare): 43

Aantal dieren: -

Type voer en herkomst: -

Bemesting/groenbemesters: vaste mest, kippenmest, rundveedrijfmest, varkensdrijfmest, grasklaver en groenbemestermengsels.

Middelengebruik: Geen

Jaarlijkse productie (in ton): 155 ton aardappelen, 65 ton zaaiuien, 110 ton kool, 25 ton pompoenzaad, 75 ton erwten conc, 237 ton peen, 108 ton pastinaak, 11 ton tarwe, 162 ton grasklaver en 17 ton suikermis.

Aantal medewerkers: Momenteel 1 stagiair, 1 medewerker 0 urencontract.

Aantal machines: 2 trekkers (regelmatig in gebruik), 2 oldtimer trekkers (af en toe in gebruik), heftruck, uienlader, 4 schoffelmachines (voor mais, bonen, peen/pastinaak en aardappelen), coloradokevermachine, ruggenfrees, pootmachine, 2 loofklappers (voor uien en aardappelen), haspel met boom, ploeg, 8-persoons wiedebed, 2 2-persoons wiedebedden, transportband, wiede, 2 kiepers, grondschiif, dweil voor trekker/heftruck, palletdrager, rotorkopeg, cultivator, combirol, nokkenradzaaimachine, schepbak, kantelaar.

Bijzonderheden: zonnepanelen, boerderij-educatietak, ontwikkelingstak van nieuwe landbouwmachines.

2. Kwalitatieve informatie:

Pilotbedrijf 3 heeft een rijke geschiedenis. In 1964 kwam mijn opa als pionier vanuit Zeeland naar Biddinghuizen. Na een aantal jaren in het buitenland te hebben gewerkt, is mijn vader toegetreden tot het bedrijf. Om een tweede inkomstenbron te genereren, werd naast de akkerbouw een witloftrekkerij gestart. In 1994 schakelden we volledig om naar biologische landbouw, zowel voor de witloftrekkerij als voor de akkerbouw. Duurzaamheid staat centraal op ons bedrijf, met de bodem als belangrijkste pijler. Biodiversiteit is een ander belangrijk speerpunt. Dit uit zich in een ruim bouwplan (1 op 8), groene kopakkers, het telen van groenbemesters (bij voorkeur mengsels), gefaseerd slootkantenbeheer, de aanleg van een wintervoedselakker, het gebruik van veel organische mest en de samenwerking met veehouders voor uitruil van grasklaver en vaste mest.

3.5 Pilotbedrijf 5

1. Kwantitatieve informatie

Locatie (regio): Ens, Flevoland

Grondsoort: Zeeklei

Bedrijfsoppervlakte (in hectare): 70

Aantal dieren: X

Type voer en herkomst: X

Bemesting/groenbemesters: Maaimeststoffen afkomstig van luzerne en natuurcompost.

Middelengebruik: Geen

Jaarlijkse productie (in ton): 350 ton aardappelen, 120 ton zaaiuien, 200 ton plantuien, 40 ton kool, 266 ton pompoen groente, 46 ton knolselderij, 220 ton rode bieten, 150 ton peen, 205 ton pastinaak, 196 ton luzerne, 48 ton spelt.

Aantal medewerkers: -

Aantal machines: -

Bijzonderheden: Agroforestry, strokenteelt, voedselbos, kruidenstroken en bio-vegan landbouwsysteem

2. Kwalitatieve informatie (evt. kort)

Pilotbedrijf 5 gaat verder dan vegan landbouw en combineert efficiënte voedselproductie met natuurherstel en ecologie. Met focus op bodemvruchtbaarheid en biodiversiteit, levert het bedrijf gezonde gewassen en een robuust teeltsysteem dat plagen en ziektes tegengaat. Een gezonde bodem buffert tegen weersextremen en biedt ruimte voor biodiversiteit, wat natuurlijke balans bevordert. Het bedrijf betreft ook mensen actief, door stagiaires op te leiden, campings te organiseren en rondleidingen te geven. Daarnaast wordt ingezet op korte ketens en directe verkoop, zodat consumenten bewust kunnen genieten van waar hun eten vandaan komt.

4 Melkveehouderij

4.1 Methode verkenning bedrijfsklimaatprestatie

Om de klimaatprestaties van de pilotbedrijven in de melkveehouderij in kaart te brengen is gekozen voor een bedrijfsspecifieke aanpak. Elk bedrijf is anders en heeft andere bronnen van klimaatimpact. Gelukkig is er een rekentool die de diversiteit in bedrijven goed kan meenemen; dit is de Kringloopwijzer (KLW). Een rekentool die ontwikkeld is door de WUR en elk jaar wordt verbeterd/aangepast. De KLW heeft ook een module voor broeikasgassen waarin veel bedrijfsspecifieke informatie meegenomen wordt (Van Dijk et al., 2023).

Er is voor het melkveehouderij-onderdeel in dit project voor de Kringloopwijzer gekozen omdat dit een heel uitgebreid model is voor de Nederlandse melkveehouderij en omdat veel boeren de Kringloopwijzer al invullen. Voor gangbare melkveehouders is dit verplicht, voor biologische melkveehouders niet. Toch vullen ook veel biologische melkveehouders de Kringloopwijzer in. Om de bedrijven met elkaar te kunnen vergelijken moeten een aantal indicatoren bepaald worden die de klimaatprestaties van de bedrijven in kaart brengen. De makkelijkste indicator is CO₂-emissie per FPCM (*Fat Protein Corrected Milk*). Hierbij wordt de totale emissie van CO₂ en CO₂-equivalenten gedeeld door de totale productie van het bedrijf, met gestandaardiseerde vet- en eiwitgehalten. Dit is de belangrijkste, maar niet de enige indicator waar we naar kijken. Om negatieve effecten op andere maatschappelijke doelen dan klimaat te voorkomen is er ook gekeken naar:

- Stikstofbodemoverschot; dit geeft aan hoeveel stikstof niet wordt benut voor de productie van een gewas. Deze stikstof blijft achter in de bodem en kan uitspoelen in de vorm van nitraat of vervliegen in de vorm van lachgas; een sterk broeikasgas.
- Ammoniakemissie per ha; dit is een maat voor stikstof die verloren gaat uit de kringloop. Het is daarmee ook een maat voor efficiëntie van de productie.
- Ammoniakemissie per GVE; dit is ook een maat voor stikstof die verloren gaat uit de kringloop, hier alleen uitgedrukt per GrootVee-Eenheid (GVE).
- Eiwit van eigen land; als maat voor de zelfvoorziening van het rantsoen. Bij een hoog percentage eiwit van eigen land hoeven er minder hoogwaardige grondstoffen te worden aangevoerd. Ook betekent een hoge score hier dat er veel grasland op het bedrijf is, wat goed is voor de biodiversiteit.

- Blijvend grasland; onder oud grasland ligt meer CO₂ opgeslagen dan onder jong grasland. Deze koolstofopslag wordt nog niet meegenomen in de K LW, maar door deze indicator wordt er wel rekening mee gehouden.

Selectieproces pilotbedrijven

De bedrijven zijn geselecteerd door een gerichte oproep aan biologische melkveehouders, aangevuld met een persoonlijke benadering van ondernemers waarvan bekend was dat ze in het onder klimaat geïnteresseerd waren.

Dataverzameling

Alle deelnemers zijn bij de start van het project bezocht. Relevante bedrijfsinformatie en K LW's werden tijdens dit bezoek verzameld. Daarnaast zijn er verschillende bijeenkomsten met de melkveehouders gehouden waarin aandacht is besteed aan voortgang en verdieping. Tijdens deze bijeenkomsten is ook het gesprek aangegaan over waar de CO₂- impact van de bedrijven vooral vandaan komt en waar de veehouders potentie zien om hun klimaatimpact te verlagen. Zo zijn er voor elke veehouder al een paar aandachtspunten verzameld waar eventuele maatregelen voor onderzocht kunnen worden. Boeren die niet op een bijeenkomsten konden komen zijn individueel opgevolgd.

Dataverwerking en analyse

Als vertrekpunt van de analyse zijn de gegevens van de melkveehouders vergeleken om te zien wat de huidige verschillen zijn qua emissies. De input-bestanden van de K LW's zijn in de *standalone* versie van de Kringloopwijzer geladen. Op deze manier kunnen er maatregelen gesimuleerd worden voor individuele melkveehouders en kan direct het effect daarvan op de indicatoren zichtbaar worden.

Voor elke veehouder zijn een aantal maatregelen gesimuleerd in de K LW. Vervolgens is voor elke maatregel het effect op de CO₂-emissie en de andere indicatoren in kaart gebracht. Ook zijn voor deze maatregelen realistische bijeffecten meegenomen; bijvoorbeeld een daling in melkproductie, lagere grasopbrengsten etc. Dit is zo veel mogelijk onderbouwd met literatuur maar ook met kennis van experts en praktijkervaring van de veehouders.

Kosten/baten analyse

De kosten/baten analyse is gedaan door een combinatie van berekeningen, bevindingen uit wetenschappelijke artikelen, en inschattingen van de deelnemers zelf voor de gegeven situatie van biologische melkveehouderij op veen uit te werken. Voor sommige maatregelen bleek het te lastig om een gedetailleerde en/of betekenisvolle kosten/baten analyse uit te voeren.

4.2 Resultaten

Klimaatresultaten 2021, 2022 en 2023

In tabel 1 is een overzicht van de bedrijven gegeven voor de belangrijkste kengetallen. Deze gegevens komen uit de K LW's. In het verdere hoofdstuk worden de resultaten op de verschillende indicatoren gepresenteerd in grafieken.

Tabel 1. Overzicht bedrijfsgegevens 2023 pilotgroep.

Kengetal 2023	1	2	3	4	5
Areaal totaal (ha)	84	56,15	105,8	57,06	91,97

Productiegras (ha)	42	56,15	87,24	44,03	50,5
Natuurgras (ha)	42	0	9,76	11,31	41,47
Snijmais (ha)	0	0	8,8	0	0
Akkerbouw	0	0	0	1,72	0
Grondsoort	Veen	Veen	Veen	Veen	Veen
Aantal melkkoeien	55	87	127	64	90
Aantal pinken	11	14	45	12	20
Aantal kalveren	11	20	51	32	18
Jongvee per 10 melkkoeien	4	3,9	7,6	6,9	4,2
Melkproductie bedrijf	412404	515270	1077529	403854	493387
Melkproductie per ha	4910	9177	10185	7078	5365
Melkproductie per koe	7498	5923	8471	6350	5507

4.2.1 CO₂

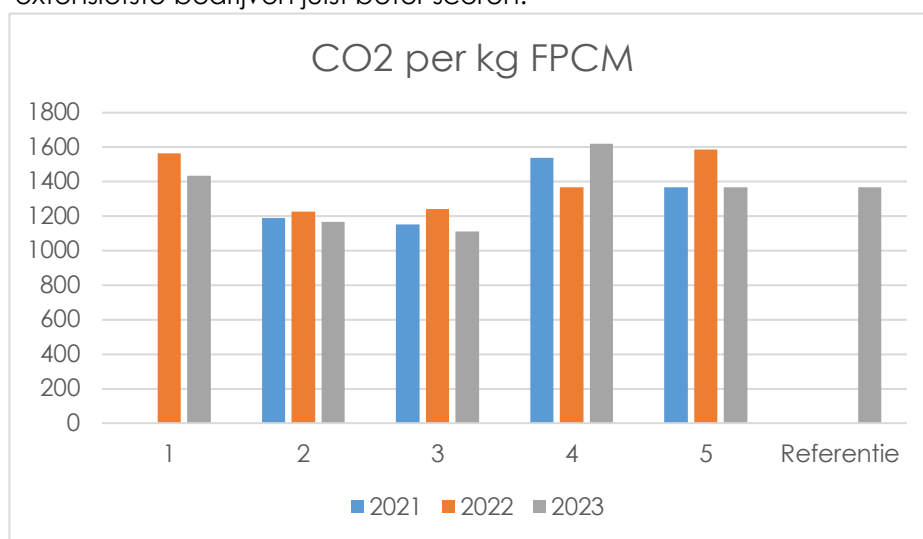
In de melkveehouderij komen er drie soorten broeikasgassen vrij: koolstofdioxide (CO₂) komt vrij bij het verbruik van energie (diesel, elektra en gas), methaan (CH₄) uit de pens en mestopslag en lachgas (N₂O) komt vrij uit teelt en bemesting van gras en voedergewassen. Daarnaast leiden ook aangekochte productiemiddelen zoals voer en kunstmest tot uitstoot van broeikasgassen. Het effect (per eenheid) van de broeikasgassen methaan en lachgas is veel hoger dan van het broeikasgas CO₂. Door het gebruik van CO₂-equivalenten is het effect van verschillende broeikasgassen te vergelijken. In het overzicht is de totale broeikasgasemissie van het melkveebedrijf uitgedrukt in gram CO₂ equivalenten per kg FPCM.

In grafiek 1 zijn de resultaten te zien van de pilotgroep. De referentie is gecorrigeerd op het aandeel veen dat bij de pilotgroep 100% is en bij de referentiegroep 22%. Dit betekent dat er gerekend wordt met $0,22 \times 350 \text{ g CO}_2\text{-eq/kg FPCM} = 147$. De referentie wordt dan $1094 + 273 = 1367 \text{ g CO}_2\text{-eq/kg FPCM}$.

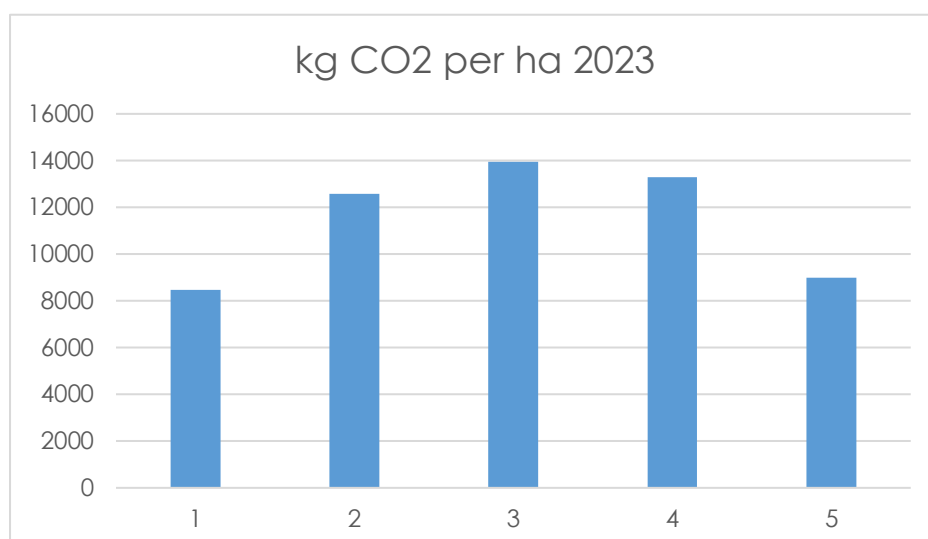
Er zitten vrij grote verschillen in broeikasgasemissies tussen de bedrijven. Tussen de hoogste en de laagste emissie van 2023 zit zo'n 500 gram CO₂ per kg melk verschil. Dit verschil komt vooral door de vrij hoge productie per koe van deelnemer 3 en door het aanvoeren van vee door deelnemer 4. Toch is melkproductie niet allesbepalend, deelnemer 2 heeft ook een erg lage emissie met bijna de laagste productie per koe. Dit komt doordat hij weinig krachtvoer aanvoert, de productie per hectare van eigen voer is relatief hoog.

De broeikasgasemissie kan ook uitgedrukt worden per hectare in plaats van per liter melk. Dit wordt in de KLV niet gedaan. Er gaan stemmen op om dit wel te doen omdat alleen uitdrukken per kg melk intensivering stimuleert omdat het alleen efficiëntie weergeeft en niet de totale klimaatimpact (Vfocus, 2023). Voor die intensivering zijn veel externe inputs nodig die deels wel meegerekend worden in de KLV, maar waar ook discussie over is. Bv. soja met ontbossingscertificaten heeft een factor 7 minder CO₂ footprint dan 'normale' soja. Tegelijkertijd zorgt de vraag naar deze soja ervoor dat ontbossing nog steeds lucratief is. Extensieve bedrijven zijn bij een benadering per hectare in het voordeel, daarom is voor 2023 ook de CO₂ emissie per hectare uitgerekend (zie grafiek 2). Het interessante is dat waar eerder

de 'intensieve' pilotbedrijven het best scoorden op CO₂, dat in grafiek 2 juist omdraait en de extensiefste bedrijven juist beter scoren.



Grafiek 1. Uitstoot CO₂-equivalenten per kg meetmelk.



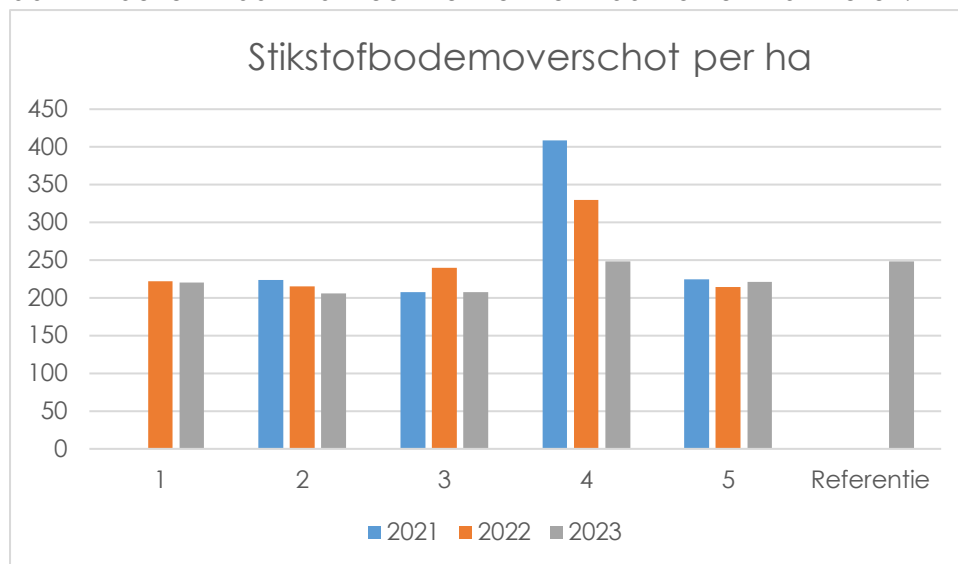
Grafiek 2. CO₂ uitstoot per hectare.

4.2.2 Stikstofbodemoverschot

Het stikstofbodemoverschot geeft aan hoeveel kilo stikstof uit bemesting van organische mest en kunstmest niet wordt benut voor de productie van een hectare gewas. De niet benutte stikstof blijft achter in de bodem. Dit kan bijvoorbeeld uitspoelen in de vorm van nitraat of vervliegen in de vorm van lachgas.

In grafiek 3 zijn de resultaten te zien van de pilotgroep. De referentiegroep bevat 22% veen en de deelnemers 95% en hoger. Er is dan een correctie nodig voor een juiste referentie. De N-mineralisatie van veen wordt in de KLV vastgesteld op 235 kg N/ha. De referentie wordt dan $1 - 0,22 = 0,78 \cdot 235 = 183,3 + 65 = 248,3$ kg N. Dat de deelnemers allen op veengrond boeren, heeft een grote invloed op het stikstofbodemoverschot. Het hogere stikstofbodemoverschot van deelnemer 4 in 2021 en 2022 komt doordat deze in 2023 pas volledig omgeschakeld is naar biologisch en eerder nog kunstmest gebruikte. Het stikstofbodemoverschot verder verlagen zou door een efficiëntere bemesting van organische mest kunnen. Elke 500 kilogram droge stof die meer gewonnen wordt van een hectare betekent een daling van het

stikstofbodemoverschot met ongeveer 8,5 kilogram N per hectare. Dat betekent wat meer puzzelen als het gaat om bemesten. Meer spreiding over het seizoen i.p.v. alle mest in het voorjaar uitrijden. Ook het ruw eiwit in het gewonnen gras heeft invloed. Als het ruw eiwitgehalte van het verse gras 10 g/kg stijgt, dan daalt het stikstofbodemoverschot met ruim 5 kilogram per hectare. Afhankelijk van de bedrijfssituatie biedt dit perspectief. Vroeger maaien heeft invloed maar moet natuurlijk wel kunnen. Als er natuurbeheerpakketten zijn afgesloten is men gebonden aan data wanneer er gemaaid mag worden. Het gewas bevat dan minder eiwit dan wanneer men zelf het maaimoment kan kiezen.



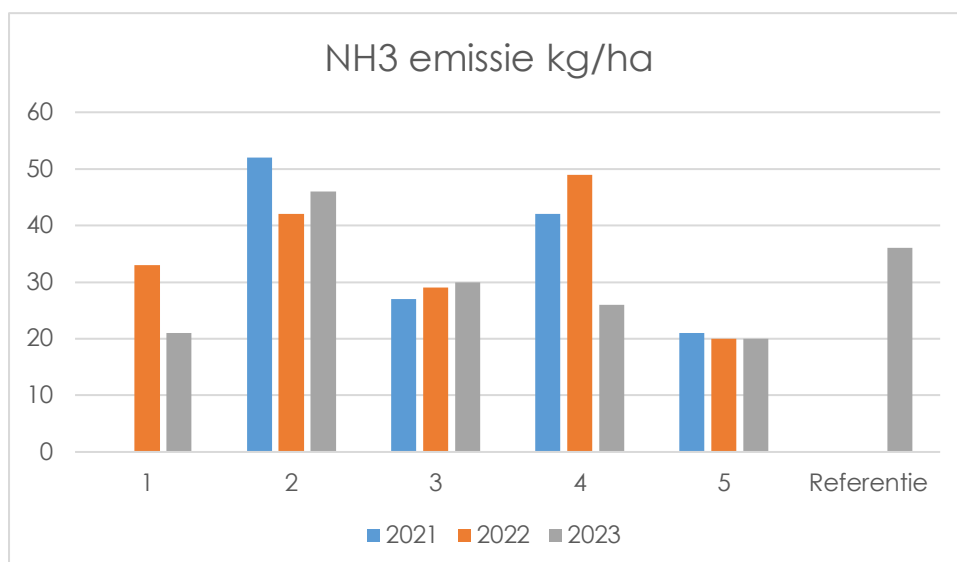
Grafiek 3. Stikstofbodemoverschot per hectare.

4.2.3 Ammoniakemissie

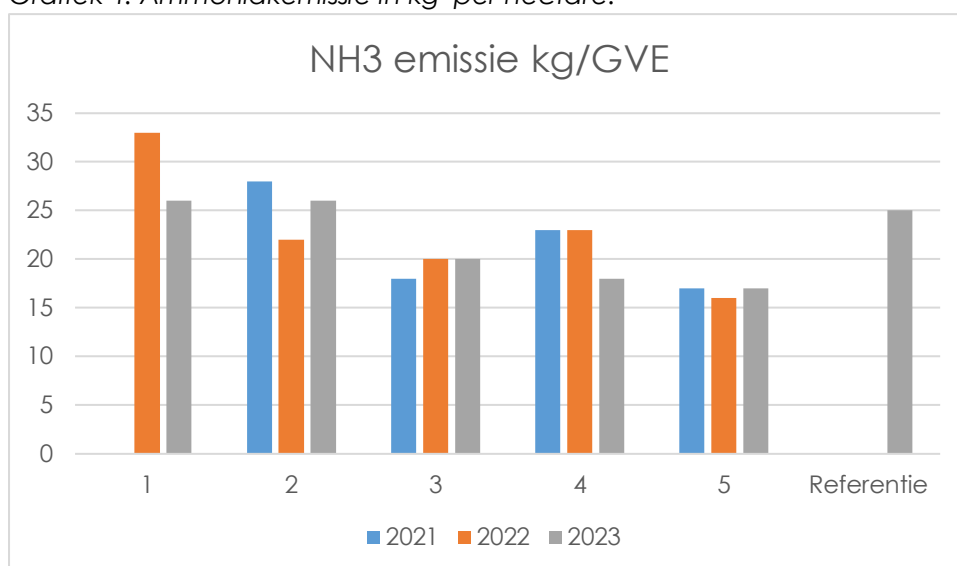
Met de emissie van ammoniak gaat stikstof uit de kringloop verloren. Deze emissie kan op meerdere plekken in de kringloop plaatsvinden. In de stal, bij mestopslag, bij beweiding en bij aanwending van meststoffen. Onder andere eiwitarm voeren en weidegang verlagen de emissie van ammoniak. De deelnemende veehouders proberen de koeien zoveel mogelijk te weiden.

Een belangrijke mogelijkheid om de ammoniakuitstoot te verlagen is het sturen op de ruw eiwit/kVEM verhouding. Een handvat hierbij is dat een daling van 10 gram eiwit per kVEM leidt tot een 4,6 kg lagere ammoniakemissie per hectare. Het verlagen van de ruw eiwit/kVEM verhouding kan in veel gevallen zonder verlies van melkproductie. Door energierijke voedermiddelen zoals maïs of bietenpulp te voeren kan de ammoniakuitstoot dalen en de stikstofefficiëntie van de veestapel omhooggaan. Bovendien kan een hogere stikstofefficiëntie geld opleveren omdat het eiwit uit de eiwitrijke voedermiddelen beter benut wordt. Een andere makkelijker toe te passen mogelijkheid is het efficiënter bemesten. Ongeveer de helft van alle ammoniak die bij een melkveebedrijf vrijkomt wordt veroorzaakt door bemesting. Efficiënter bemesten kan onder andere door het toevoegen van water aan de drijfmest in de zomerperiode en mest uitrijden in de periode dat de mest het best benut wordt, dus in het voorjaar en bij koel en regenachtig weer.

In grafiek 4 is te zien dat deelnemer 2 een vrij hoge NH₃ emissie per hectare heeft. Dit komt vooral doordat zijn mest deels bovengronds uitgereden wordt waarbij de KLV een groot verlies berekent. Of dit verlies ook daadwerkelijk optreedt hangt af van de omstandigheden bij het uitrijden en de samenstelling van de mest. Ook kunnen de verschillen verklaard worden door intensiteit en efficiëntie van de voeding.



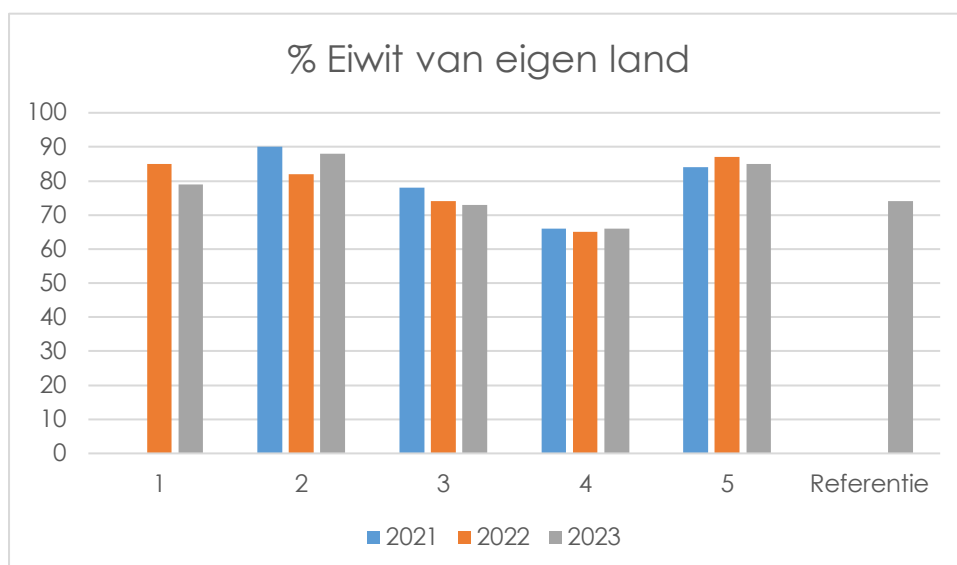
Grafiek 4. Ammoniakemissie in kg per hectare.



Grafiek 5. Ammoniakemissie in kg per GVE.

4.2.4 Eiwit van eigen land

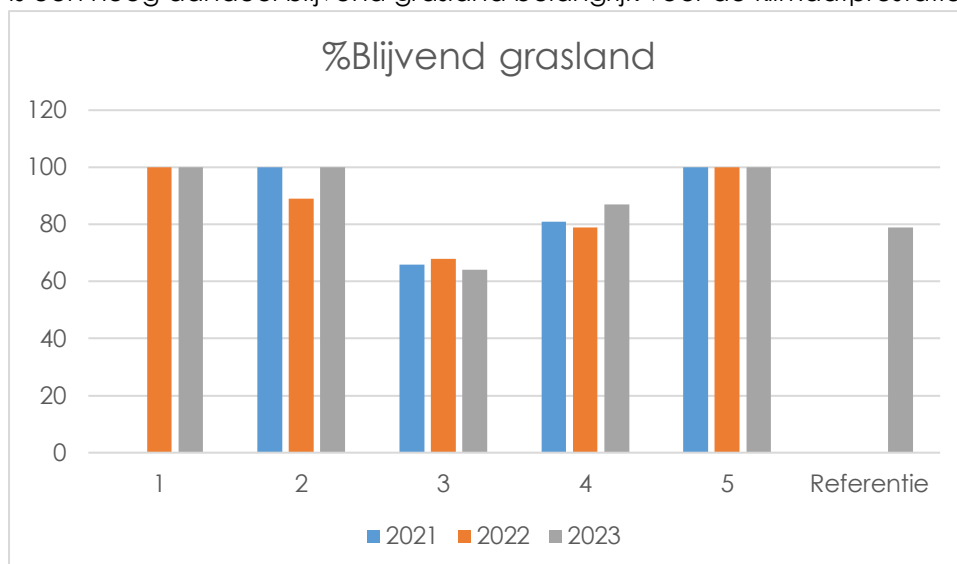
Het percentage eiwit van eigen land is een maat voor de zelfvoorziening in het rantsoen voor eiwit. Dit is een belangrijke maat voor duurzaamheid omdat eiwit aanvoer vaak via krachtvoer plaatsvindt, wat negatieve neveneffecten kan hebben op biodiversiteit elders in de wereld. In deze groep varieert het percentage eiwit van eigen land in 2023 van 66 tot 88. Dit hangt sterk samen met de hoeveelheid en de productie van het grasland. Gras is de belangrijkste eiwitbron voor koeien, vaak aangevuld met krachtvoer en/of bijproducten. Hoe meer eiwit van eigen land, hoe minder krachtvoer er hoeft worden aangekocht met de bijbehorende CO₂-impact.



Grafiek 6. Percentage eiwit van eigen land.

4.2.5 Blijvend grasland

In grafiek 7 is het percentage blijvend grasland van de pilotgroep te zien. Dit percentage varieert van 64% voor deelnemer 3 die snijmaïs teelt in rotatie tot 100% voor veehouders die alleen blijvend grasland hebben. Blijvend grasland is een belangrijke indicator voor duurzaamheid. Blijvend grasland vervult namelijk veel ecosysteemdiensten voor klimaat en biodiversiteit, ook voorkomt het de uitspoeling van nutriënten. In de huidige KLW wordt de CO₂ emissie van veenafbraak nog niet meegenomen. Maar wat wel gezegd kan worden is dat veenafbraak veel sneller gaat bij het scheuren van een bestaande grasmatt op veen. Daarom is een hoog aandeel blijvend grasland belangrijk voor de klimaatprestaties van boeren.



Grafiek 7. Percentage blijvend grasland.

4.3 Bijpassende klimaatmaatregelen

Op alle melkveebedrijven is het aandeel broeikasgassen door pens fermentatie het grootst. Daar valt dus logischerwijs de grootste winst te behalen. De meest voor de hand liggende maatregel is hier het verbeteren van de ruwvoer kwaliteit, toch is dat tegelijk ook een lastige

maatregel voor veel biologische melkveehouders. Veel van hen hebben veel natuurbeheerpakketten waardoor ze pas laat in het voorjaar kunnen maaien. Voor een optimale ruwvoer kwaliteit daarentegen, is het belangrijk om vroeg en vaak te maaien. Dit gaat meestal zo sterk in tegen de bedrijfsfilosofie van biologische melkveehouders, dat dit geen optie is. Toch betekent het niet dat er niks veranderd kan worden. Met alle melkveehouders is overlegd welke maatregelen ze eventueel zouden willen nemen. Daarbij hebben de melkveehouders zelf aangegeven welke maatregelen passen in hun bedrijfsvoering, passen bij biologisch produceren en wellicht financieel haalbaar zijn. Voor elke deelnemer is ook een kort overzicht gegeven van welke maatregelen voor hen het meest interessant zijn, met daarbij een verwachting over de klimaatprestatie en de financiële haalbaarheid.

4.3.1 Pilotbedrijf 1

- Potstal en strooisel aanvoer

Deelnemer 1 is geïnteresseerd om een deel van zijn ligboxenstal op termijn te vervangen door een potstal om zo het jongvee, vleesvee en droge koeien in een potstal te huisvesten. In de KLV kan dit gesimuleerd worden door het huisvestingssysteem deels naar een vast stromest systeem aan te passen. Daarbij moet dan ook de aanvoer van aanzienlijke hoeveelheden stro meegenomen worden. Dit is gedaan door de aanvoer van 50.000 kg stro in de KLV toe te voegen. Deze aanpassing resulteert in een grote verlaging van de methaanuitstoot omdat er veel minder drijfmest geproduceerd wordt. Echter, door de aanvoer van veel stro komt de totale CO₂ emissie 15 gram per kg meetmelk hoger uit dan het basis scenario. In het basis scenario staat geen aanvoer van strooisel vermeldt. Deelnemer 1 gebruikt op dit moment paardenmest in diepstrooiselboxen. Als dit wel in de KLV zou staan zou de aanpassing naar een potstal waarschijnlijk wel positief uitpakken voor de CO₂-emissie. Ook zou het gebruik van natuurmaaisel als strooisel voordelig kunnen zijn voor de CO₂-emissie. De aanvoer van stro gaat ook gepaard met de aanvoer van stikstof, hierdoor neemt wel het stikstofbodemoverschot toe. Als door de betere mestkwaliteit ook de graslandopbrengsten toenemen kan dit verschil ook weer teniet gedaan worden. Ook neemt de NH₃ emissie toe, dit is omdat vaste mest niet emissiearm wordt uitgereden. Op de andere indicatoren heeft deze maatregel geen impact.

- Nieuwe zonnepanelen

Deelnemer 1 heeft op dit moment 158 zonnepanelen op de oude stal en woonhuis. Deze zijn al redelijk oud en voorzien niet in de totale energiebehoefte. In totaal werd er 20.000 kWh terug geleverd aan het net en werd er 30.000 kWh afgenomen van het net. Om netto zelfvoorzienend te worden qua stroom moet er nog zo'n 10.000 kWh extra opgewekt worden. Met nieuwe zonnepanelen zijn daar zo'n 30 panelen voor nodig. Die panelen zouden op het dak van de melkveeststal kunnen. Een andere optie is om de hele melkveeststal vol te leggen met zonnepanelen. Dit zou een extra productie van 180.000 kWh op kunnen leveren. Indien deze productie terug geleverd wordt aan het energienet levert dit in de KLV geen voordeel op qua CO₂-emissie. Groen opgewekte stroom die terug geleverd wordt aan het net levert voor de afnemer van die stroom een emissiereductie op, maar niet voor de producent (Milieubarometer, 2022). Voor de CO₂-emissie van dit bedrijf maakt het 25 gram CO₂ per kg meetmelk verschil of de geleverde stroom groen is of niet. Aangezien de geleverde stroom al 100% groen is, valt hier voor dit bedrijf geen winst meer te behalen.

Maatregel	Relevantie	CO ₂ -reductie	Financiële impact
-----------	------------	---------------------------	-------------------

Minder Jongvee	-	++	+
Potstal	+	+	--
Beter ruwvoer	-	++	++
Minder krachtvoer	+	+	+
Nieuwe zonnepanelen	+	0	+

4.3.2 Pilotbedrijf 2

- Minder jongvee per 10 melkkoeien

Deelnemer 2 heeft nu 3,9 jongvee per 10 melkkoeien, dat is niet veel maar de gemiddelde afvoerleeftijd voor melkkoeien is 95 maanden. Dat is 7,9 jaar en dus 5,9 productie jaren. Dit betekent dat hij jaarlijks 14,7 melkkoeien moet vervangen en dus 29,4 stuks jongvee moet aanhouden. $29,4/87 \cdot 10 = 3,4$ stuks jongvee per 10 melkkoeien die nodig zijn om de huidige kudde te vervangen. In 2023 waren er gemiddeld 19,9 kalveren aanwezig en 13,6 pinken. Deze getallen aanpassen naar 14,7 pinken en 14,7 kalveren levert een besparing van 7 g CO₂ per kg meetmelk op. Hiermee is dit een vrij makkelijk uit te voeren maatregel waarvan het effect hier alleen ook niet heel groot is omdat deelnemer 2 al vrij weinig jongvee heeft. Op de andere indicatoren heeft deze maatregel geen impact.

- Meer vers gras in rantsoen

Deelnemer 2 heeft zelf aangegeven dat hij meer vers gras in het rantsoen een kansrijke maatregel vindt op alle gebieden. Bij deelnemer 2 zijn daar ook nog mogelijkheden voor. Op dit moment heeft hij 200 dagen weidegang, 7 uur per dag. De 87 koeien worden gemolken door 2 melkrobots. Dit betekent dat de melkrobots vrij veel capaciteit over hebben. Meer weidegang zou te realiseren zijn door een separatiebox na de melkrobots neer te zetten die de gemolken koeien naar buiten stuurt, zowel overdag als 's nachts. Het enige wat dan nog nodig is, is om 2x per dag alle koeien naar binnen te halen zodat alle koeien minimaal 2x per dag gemolken worden. Met deze manier van werken haalt deelnemer 4 gemiddeld 16 uur weidegang. Dat zou resulteren in 25% vers gras in het rantsoen ten opzichte van 21,1% nu. Mogelijk gaat hierdoor ook de melkproductie omhoog, wat ook positief is voor de emissie per liter melk.

Het effect van meer vers gras op broeikasgasemissie is niet zo eenduidig als op het eerste gezicht lijkt. Er zijn verschillende mechanismen die elkaar tegenwerken. Aan de ene kant zorgt vers gras voor minder methaan uit pensfermentatie, minder dieselgebruik en minder methaan uit stal en mestopslag. Aan de andere kant zorgt meer beweiding voor meer lachgas door urineplekken in de wei. Deze effecten heffen elkaar min of meer op in de KLV. De emissiereductie zal vooral moeten komen van de verhoging van de melkproductie, of de verlaging van de krachtvoeraankoop door de betere voederwaarde van het verse gras. Dit zijn echter wel indirecte effecten die moeilijk in te schatten zijn.

Voor deelnemer 2 levert 600 uur meer weidegang, 10.000 kg minder krachtvoer en 100 extra liter melk per koe per jaar een CO₂-eq reductie op van 10 gram per kg meetmelk. Daarnaast levert dit een 3 kg/ha lager N-bodemoverschot op en een procent meer eiwit van eigen land.

- 10 hectare land extra en meer melk per koe

Deelnemer 2 scoort als 1 na hoogste qua intensiteit in meetmelk per hectare. Tegelijk is de productie per koe de op één na laagste van de groep. Hier wil hij graag iets aan doen, nl. melkproductie verhogen. Land pachten zou voor hem een optie zijn en hij verwacht dat hij daarmee ook de productie per koe omhoog kan krijgen. Als uitgangspunt is genomen: 10 hectare productief land toevoegen in de KLV, met een droge stof opbrengst van 9 ton per hectare met 900 VEM en 142 ruw eiwit. Dan kan de productie van het melkvee mogelijk met 500 liter per koe toenemen door de toegenomen hoeveelheid goed ruwvoer. Ook neemt het gemiddeld ruw eiwit in het rantsoen iets af van 162 RE/kVEM tot 159. Het is wel zaak dat het extra land geen beperkingen heeft qua maaidatum, anders zijn deze opbrengsten waarschijnlijk niet haalbaar. Deze verandering verlaagt de CO2 emissie per kg meetmelk van 1167 naar 1134, een reductie van 34 gram per kg melk. Daarnaast neemt door de extensivering ook de NH3 emissie per hectare af van 46 naar 38 kg NH3 per ha.

Maatregel	Relevantie	CO2-reductie	Financiële haalbaarheid
Minder Jongvee	+	+	+
Minder koeien	++	+	++
Meer weidegang	+	0	+
Minder krachtvoer	+	++	+

4.3.3 Pilotbedrijf 3

- Hogere productie per koe en minder jongvee per 10 melkkoeien

Deelnemer 3 ziet de maatregelen 'minder jongvee per 10 melkkoeien' en 'hogere productie per koe' goed samengaan. Deze boer heeft in de pilotgroep het meeste jongvee per 10 melkkoeien; 7,6 stuks en een vrij lage gemiddelde afvoerleeftijd van 63 maanden. Daardoor moeten er jaarlijks 39 koeien vervangen worden. Nu zijn er gemiddeld 44,8 pinken en 51,4 kalveren op het bedrijf aanwezig. Als dit aangepast wordt naar 39 pinken en 39 kalveren levert dat een besparing op van 23 gram CO2 per kg meetmelk. Dit is al een vrij grote reductie. Een nog grotere reductie zou haalbaar zijn als de afvoerleeftijd van de melkkoeien hoger zou zijn dan de huidige 5,3 jaar. De hogere leeftijd van de koeien zou ook samen kunnen gaan met een hogere productie per koe.

Als de gemiddelde afvoerleeftijd 72 maanden (6 jaar) wordt, moeten er elk jaar 32 melkkoeien vervangen worden. Dit resulteert in 5 stuks jongvee per 10 melkkoeien. Als vervolgens de melkproductie stijgt van 8471 naar 8601 kg per koe levert dat een CO2 emissie reductie van 54 gram per kg melk op ten opzichte van de huidige situatie. 9 gram daarvan komt door de gestegen melkproductie, 45 gram doordat er minder jongvee aanwezig is. Daarnaast is de NH3 emissie per GVE iets lager.

Het is echter wel de vraag of deze deelnemer de (voor een biologische melkveehouder) hoge productie per koe kan verhogen als de afvoerleeftijd omhoog gaat. Dit ligt aan het vakmanschap van de boer. Echter, mogelijk daalt juist de melkproductie per koe bij een hogere afvoerleeftijd. Als de melkproductie met minder jongvee en oudere koeien daalt van 8471 naar 8365 is de CO2 emissie reductie per kg melk nog steeds 37 gram.

- Beter ruwvoer, minder krachtvoer

Deelnemer 3 wil ook graag werken aan meer beweiding, beter ruwvoer en minder krachtvoer. Deze drie maatregelen houden ook verband met elkaar. Toch is het lastig om hier een goed scenario voor te maken. Er zitten hier namelijk erg veel dwarsverbanden en onzekerheden in. Hoeveel verbetering er bijvoorbeeld nog te halen is bij het ruwvoer en effecten hiervan op bijvoorbeeld de melkproductie zijn moeilijk in te schatten. Deze veehouder zit met een gemeten grasopbrengst van ruim 9 ton droge stof per ha al best hoog voor een biologische melkveehouder. Wel kan op basis van de andere pilotbedrijven gezegd worden dat de weidegang nog uitgebreid kan worden. Er is nu zo'n 1700 uur weidegang. Als dat 2000 uur wordt zou dat kunnen helpen om de CO2-emissie te verlagen maar dan moet dit wel gepaard gaan met minder krachtvoerconsumptie.

Maatregel	Relevantie	CO2-reductie	Financiële haalbaarheid
Minder Jongvee	++	++	++
Meer weidegang	+	0	+
Minder krachtvoer	+	++	+
Hogere productie	+	+	+/-

4.3.4 Pilotbedrijf 4

- Potstal

Deelnemer 4 is van plan om zijn emissie-arme roostervloer om te zetten in een stro vloer die alleen nog wat dunne fractie doorlaat. Hij is benieuwd wat dit doet voor de CO2 uitstoot. In de KLV kan het huisvestingssysteem aangepast worden naar een vast stromest systeem. Daarbij rekent de KLV zelf uit hoeveel vaste mest en drijfmest er dan nog geproduceerd wordt. Er moet alleen nog strooisel toegevoegd worden. In dit geval is gekozen voor stro. Er is gerekend met 10 kg stro per koe in de stalperiode. Het zaagsel wat eerder gebruikt werd in de ligboxen is uit de KLV gehaald. Netto levert dit systeem een besparing op van 27 gram CO2 per kg meetmelk. Dit komt door de sterk afgenomen methaanemissies uit de mestopslag. Daarentegen komt er iets meer lachgas vrij uit mestopslag en het aangevoerde strooisel zorgt ook voor een toename in CO2. Dit zou verminderd kunnen worden als er eigen strooisel van een perceel met uitgestelde maaidatum of uit een nabijgelegen natuurgebied gebruikt wordt. Het aangevoerde strooisel zorgt ook voor een verhoging van het stikstofbodemoverschot en de NH3 emissie. Het extra N-bodemoverschot zou weg kunnen vallen als de betere mestkwaliteit zou leiden tot hogere opbrengsten.

- Wel/geen kunstmest

Deelnemer 4 is pas in 2023 overgeschakeld naar een volledig biologische bedrijfsvoering. In 2021 en 2022 gebruikte hij nog kleine hoeveelheden kunstmest. Hoeveel CO2 emissie hij reduceert door geen kunstmest te gebruiken is een lastige vraag. Dit hangt sterk samen met de effectiviteit van de kunstmest. Als de kunstmest zorgt voor een hogere grasopbrengst en er daardoor minder ruw- en krachtvoer kan worden aangekocht hoeft het gebruiken van kunstmest niet slecht te zijn voor de CO2-emissie.

Om goed te kunnen vergelijken is de KLW van 2023 gebruikt, daarin is de aanvoer van kunstmest gesimuleerd. Als de opbrengst niet omhoog gaat, zorgt de aanvoer van 7000 kg KAS 27%N voor een verhoging van 61 gram CO₂ per kg meetmelk. Maar dit is natuurlijk te simpel geredeneerd. Voor kunstmest wordt vaak gerekend met een marginale opbrengst van 7,5 kg ds per kg stikstof. Deze kunstmestgift zou dus moeten resulteren in 14.200 kg droge stof extra grasopbrengst. Aangenomen dat deze kunstmest voor de eerste snede gestrooid wordt, is dit gras van goede kwaliteit. In 2023 heeft boer 4 ook nog gras aangekocht. Als dat 14.200 kg minder zou zijn en de opbrengst van eigen land 14.200 kg extra, is de extra CO₂ emissie als gevolg van de kunstmest aanvoer nog steeds 51 gram CO₂ per kg meetmelk. Ook neemt het N-bodemoverschot met 27 kg/ha toe. Wel stijgt ook het percentage eiwit van eigen land met 3%.

- Agroforestry, 75 bomen totaal

Deelnemer 4 is recent ook bezig geweest met het planten van fruitbomen op zijn percelen, deels als schaduw voor het vee, en deels voor opbrengst. In totaal zijn er 75 bomen geplant. Agroforestry wordt niet meegenomen in de KLW. Om de koolstofvastlegging van deze bomen in te schatten zijn er wel verschillende tools beschikbaar. Over het algemeen kan gezegd worden dat een boom tussen de 10 en 40 kg CO₂ per jaar opneemt, afhankelijk van heel veel factoren. Als we 25 kg CO₂ per jaar als gemiddelde nemen voor 75 bomen is dat 1875 kg CO₂ per jaar. Dit is verrekend voor allocatie naar melk, en gedeeld door de melkproductie. Uiteindelijk komt dit dan uit op een reductie van 4 gram CO₂ per kg meetmelk. Dit is slechts een grove schatting omdat er niets bekend is over de groei van de bomen. De reductie zou tussen de 1,6 en 6,5 gram CO₂ per kg meetmelk kunnen liggen. Een neveneffect van agroforestry zou kunnen zijn dat er minder grasopbrengst en daarmee een lager percentage eiwit van eigen land is.

Maatregel	Relevantie	CO ₂ -reductie	Financiële haalbaarheid
Potstal	++	+	-
Geen kunstmest meer	+	++	+
Agroforestry	+	0/+	+

4.3.5 Pilotbedrijf 5

- Extensiveren door minder koeien en grond omzetten in natuur

Deelnemer 5 heeft een bedrijfsplan laten maken om 4 hectare van zijn grond af te waarderen naar natuur en van 90 naar 80 koeien te gaan. Dit ook omdat er bekend is dat hij volgend jaar 8 hectare minder kan gebruiken. Als hij zou doorgaan met het huidige aantal koeien zou hij ruwvoer moeten gaan aankopen. Het scenario met minder koeien en afwaardering van de grond is doorgerekend en kwam economisch gezien beter uit dan doorgaan op de huidige schaal. In de KLW is dit scenario gesimuleerd, waarbij het aantal melkkoeien, pinken en kalveren verlaagd is. Ook is de melkproductie zodanig verlaagd dat de productie per koe gelijk bleef. Daarnaast is er gerekend met 8 hectare minder land en 4 hectare meer natuurland. De grasopbrengsten zijn zodanig aangepast dat er meer natuurhooi beschikbaar is en 20% minder gras van productieland. Ook is het aangevoerde ruwvoer verwijderd en is de krachtvoeraankoop evenredig met het aantal koeien verminderd. De totale productie per

hectare is iets gedaald, wat logisch is omdat het aandeel natuurgrasland gestegen is. Uiteindelijk komt dit scenario positief uit voor de CO₂-emissie. Dit scenario zorgt voor een vermindering van 32 gram CO₂ per kg meetmelk. Dit komt vooral doordat er geen ruwvoer meer aangevoerd wordt en door de lagere veldemissies van het veen door het gestegen aandeel natuurland. Daarnaast zorgt dit ook voor een toename in het percentage eiwit van eigen land en een verlaging van het stikstofbodemoverschot.

- Agroforestry 2,75 hectare

Deelnemer 5 heeft ook plannen om op een aantal percelen met agroforestry te beginnen. Hiervoor is een plan gemaakt. Het gaat vooral om snel groeiende soorten die goed op veen passen zoals elzen, wilgen en struiken zoals vlier. Het systeem valt het best te omschrijven als een boomweide (Prins & Fuchs, 2024). Het doel hiervan is vooral om dierenwelzijn te verbeteren door schaduw. Ook is het idee om met deze bomen de mineralenvoorziening te verbeteren, vooral selenium. Daarnaast is ook biodiversiteit en landschap een doel van dit systeem. In totaal gaat het om de aanplant van zo'n 1000 bomen en struiken. Gemiddeld wordt er in een agroforestry systeem 4,4 ton CO₂ per hectare vastgelegd (Norén et al., 2019). Voor 2,75 hectare gaat dit om 12,1 ton per jaar. Dit is 1,4% van de totale CO₂ uitstoot van het melkveebedrijf. Omgerekend naar gram CO₂ per kg FCPM is dit ongeveer 20 gram. Hiermee is het een relatief bescheiden koolstofwinst.

- Actief waterinfiltratiesysteem

Bij deelnemer 5 is voor een pilot een actief waterinfiltratiesysteem met drukdrains aangelegd om bodemdaling tegen te gaan. Er is hier een controle perceel vergeleken met een perceel infiltratie. In de pilot resultaten levert dit een reductie van 50% bodemdaling op. In het model Somers 2.0 levert het simuleren van deze maatregel 24% CO₂ reductie in de veenoxidatie per hectare op. Dit is een reductie van 2,4 ton per hectare per jaar. Dat is een grote reductie die echter in de K LW geen effect heeft omdat daar veenoxidatie niet meegerekend wordt bij de CO₂ uitstoot per liter melk. Als dit wel zou gebeuren zouden de emissies per liter melk voor een biologisch bedrijf met veel grond kunnen verdubbelen (Pijlman et al., 2020). Het aanleggen van een waterinfiltratiesysteem is tot nu toe alleen haalbaar met subsidies.

Maatregel	Relevantie	CO ₂ -reductie	Financiële haalbaarheid
Minder koeien	++	+	++
Meer natuurland	++	+	++
Agroforestry	+	+	+
Waterinfiltratie	+	++*	+

*CO₂ reductie door verminderde veenoxidatie telt niet mee in K LW.

4.4 Kosten/baten

Hiervoor is een overzicht gegeven van verschillende maatregelen die boeren zouden kunnen en willen nemen om hun klimaatimpact te verlagen. Maar zijn deze maatregelen ook kostenefficiënt? Wat kosten deze maatregelen en wat leveren ze op? In deze paragraaf zal voor verschillende maatregelen een kosten-baten analyse uitgewerkt worden.

4.4.1 Minder jongvee

Deze maatregel is vaak genoemd en ook voor verschillende veehouders uitgewerkt. Het is over het algemeen een effectieve maatregel om CO₂-emissie te reduceren. Daarnaast is het ook een erg logische maatregel. Minder niet-productieve dieren houden is goed voor de emissie per kilo melk. Ook het verhogen van de levensduur van koeien kan een sleutel zijn om minder jongvee aan te hoeven houden. Op bedrijven waar te veel jongvee wordt aangehouden ten opzichte van de vervanging van melkkoeien heeft deze maatregel geen kosten en dus alleen baten. Daarom is dit ook een zogenaamde no-regret maatregel. Het opfokken van jongvee kost ongeveer €2500 per vaars (Klein Swormink, 2024). Of dit bedrag volledig bespaard kan worden bij het houden van minder jongvee hangt af van de vraag of het vrijkomende ruwvoer, mestplaatsingsruimte, fosfaatrechten, arbeid en stalruimte goed gebruikt kunnen worden.

4.4.2 Potstal

Meerdere deelnemers aan de pilot hebben aangegeven dat ze geïnteresseerd zijn in het bouwen van een potstal. Doordat er in zo'n systeem vaste mest gebruikt wordt, is er minder methaanemissie uit drijfmest. Ook is zo'n stal aantrekkelijk voor veehouders omdat het de koeien meer comfort biedt. Daarnaast heeft vaste mest een positief imago en moet het vaak gebruikt worden op natuurpercelen. Ook kan vaste mest mogelijk positief zijn voor koolstofvastlegging in de bodem (Pijlman et al., 2018). Echter komen er bij de bouw van een potstal meer kosten kijken dan bij een ligboxenstal. De bouw per vierkante meter is goedkoper, maar er is veel meer ruimte nodig per dierplaats. Veel studies die lagere kosten voor de bouw van een vrijloopstal melden gaan ervan uit dat er voor deze stallen niet meer geheid hoeft te worden omdat er geen mestkelder meer aanwezig is. In meerdere bronnen worden bouwkosten per dierplaats genoemd van onder de €4000 per dierplaats waarbij een traditionele ligboxenstal €4200 per dierplaats kost (Jacobsen, 2015; Zevenbergen, 2013). Voor minerale gronden kan dit kloppen, maar voor veengrond is dit niet waarschijnlijk en zullen de kosten veel hoger uitvallen. Daarnaast wordt in deze artikelen een ligboxenstal met traditioneel zadeldak vergeleken met een goedkope bovenbouw in de vorm van een serrestal of folie bovenbouw voor de vrijloopstallen. Dit geeft een scheve vergelijking, daarom is het waarschijnlijk dat de bouw van een vrijloopstal op veen duurder is dan van een ligboxenstal (van Dooren et al., 2009). Daarnaast zijn de jaarlijkse kosten van een vrijloopstal hoger, vooral door het extra strooisel (van Dooren et al., 2009). De strooiselkosten bedragen gemakkelijk 1 cent per liter melk per jaar (Netwerk Verantwoorde Veehouderij, 2013).

Deze kosten wegen waarschijnlijk niet op tegen de gezondheidsvoordelen, langere levensduur en mogelijk hogere melkproductie. Als strooisel (bijna) gratis uit natuurgebieden komt en vaste mest een vereiste is voor het beheer van pachtpercelen kan het interessant zijn om een nieuwe potstal te bouwen.

4.4.3 Extensiveren door minder koeien en grond omzetten in natuur

Deze maatregel is voor deelnemer 5 uitgerekend omdat deze maatregel voor dit bedrijf relevant is. Er wordt overwogen om deze maatregel uit te voeren. Er is hiervoor ook al een kosten-baten analyse uitgevoerd door een adviseur. Deze analyse wordt hier samengevat weergegeven.

10 koeien minder zorgt voor minder opbrengsten aan melk en verkoop van vee. Aan de andere kant zijn er ook minder directe kosten aan krachtvoer, ruwvoer en veekosten. Het saldo hiervan is negatief. Maar de afwaardering van de grond brengt geld op, wat ertoe leidt dat

er minder rente en aflossing betaald hoeft te worden. Daarnaast levert de afgewaardeerde grond een beheersvergoeding op en levert de grond, die minder bewerkt wordt, een besparing in teeltkosten op. Uiteindelijk levert deze verandering een positief bedrijfsresultaat op met daarnaast nog eenmalige opbrengsten door de verkoop van vee en fosfaatrechten, wat in tabel 2 nog niet weergegeven is.

Tabel 2. Kosten-baten analyse van extensiveren door minder koeien en grond omzetten in natuur.

Totale opbrengsten	€ -34.124
Totale directe kosten	€ -24.166
Saldo	€ -9.958
Afwaardering 4 hectare vochtig hooiland en aflossing hypotheek	€ 28.320
Kosten/baten minder grond in vergelijking tot andere jaren	€ 1.040
Totaal resultaat 10 koeien minder, afwaardering 4 hectare grond, netto 8 hectare grond minder in gebruik	€ 19.402

4.4.4 Extensiveren door meer land

Hier volgt berekening over extensiveren door land toevoegen bij gelijkblijvend aantal koeien voor deelnemer 2. Hierbij is de aanname gemaakt dat dit extra land ook extra melk oplevert. Er is uitgegaan van een pacht prijs van 1000 euro en teeltkosten van 15 cent per kilo droge stof (Hogenkamp, 2022; Woltjer et al., 2024). Met daarbij extra inkomsten uit GLB kan deze extensivering uit. In hoeverre de extra melkproductie ook realiteit wordt is de vraag, waarschijnlijk zal dit niet gelijk gebeuren maar het extra land kan wel aanleiding zijn tot betere ruwvoerproductie en daarna betere melkproductie. Dit is wel een belangrijke vooronderstelling, het grootste deel van de extra baten komt namelijk van de extra melkopbrengsten.

Tabel 3. Kosten-baten analyse van het pachten van meer land om een hogere melkproductie te krijgen.

Basis		Nieuw		Kosten	
Hectares	56,15	Hectares	66,15	Pacht	€ 10.000,00
Productie per koe	5900	Productie per koe	6400	Teeltkosten	€ 13.500,00
Productie totaal	513300	Productie totaal	556800	Totaal kosten	€ 23.500,00
Melkprijs	0,6	Melkprijs	€ 0,60	Baten	
		Pachtprijs	€ 1.000,00	Extra melk	€ 26.100,00
		Extra hectares pacht	10	GLB	€ 2.000,00
		kg ds per hectare nieuwe pacht	9000	Totaal baten	€ 28.100,00
		Teeltkosten in euro per kg DS	€ 0,15	Resultaat	€ 4.600,00
		GLB per ha	€ 200,00		

4.4.5 Overzicht van alle deelnemers

Tabel 4. Overzicht van CO2 en financiële winst en interesse van de deelnemers per maatregel. De haalbaarheid van de maatregelen per deelnemer zijn hier al in verwerkt.

Deelnemer	1			2			3			4			5		
Maatregel	CO2	€€€	Inter	CO2	€€€	Inter	CO2	€€€	Inter	CO2	€€€	Inter	CO2	€€€	Inter
Minder Jongvee															
Potstal															
Meer weiden															
Hogere productie per koe															
Beter ruwvoer															
Minder krachtvoer															
Extensiveren meer land															
Extensiveren minder koeien															
Agroforestry															
Positief															
Negatief															
Onbekend/onzeker															

In de beoordeling van de maatregelen per deelnemer is de haalbaarheid van de maatregelen meegenomen

4.5 Discussie

4.5.1 Implicaties

In deze pilot is samen met vijf biologische melkveehouders op veen gezocht naar kansen om de klimaatimpact van hun melkveebedrijven te verlagen. Er is gebleken dat er bij elke deelnemer nog aanknopingspunten waren om iets te doen. Dit verschilde van no-regret maatregelen zoals het verlagen van het aantal jongvee per 10 melkkoeien tot ingrijpende bedrijfsveranderingen als het afwaarderen van grond en het inkrimpen van het aantal melkkoeien. Wat duidelijk werd is dat emissie-reducerende maatregelen op veen een beperkte reductie van de totale emissie opleveren. Dit komt omdat de grootste bronnen van broeikasgassen op veen gerelateerd zijn aan bodem, voederwinning en de pensfermentatie van koeien. Dit zijn drie factoren waar de meeste biologische bedrijven op veen beperkt aan kunnen optimaliseren. Voor de voederwinning zijn over het algemeen veel hectares in gebruik met een relatief lage opbrengst. Door de vaak relatief lage voederwaarde komt er ook vrij veel methaan vrij bij de pensfermentatie. Dit is het gevolg van de lagere bemesting (geen kunstmest) en beperkingen vanuit natuurbeheerpakketten die bijv. vroeg en frequent maaien niet toestaan. Dit wordt op biologische bedrijven vaak gecompenseerd door veel te weiden, zodat de koeien veel vers gras met een hoge voederwaarde binnenkrijgen. Veel weidegang is echter niet per definitie positief voor de klimaatimpact volgens de KLV.

Dit maakt dat er, als gekeken wordt naar de emissie per kg melk, op veen relatief veel broeikasgassen worden uitgestoten. De benadering van emissie per kg melk is vooral gefocust op efficiëntie van productie. Een andere benadering, die eerder in dit rapport in grafiek 2 is getoond, laat zien dat de emissie van broeikasgassen per hectare voor bio bedrijven wel laag is. Deze benadering doet meer recht aan de visie en productiewijze van de biologische sector. Grondgebondenheid, bijdrage van een regionaal voedselproductiesysteem aan de totale emissie en ecosysteemdiensten staan hierbij centraal. Dit kwam ook tot uitdrukking in de verschillende gesprekken die met de veehouders gevoerd zijn. Zij gaven aan dat uitstoot per

kg melk geen werkbaar getal voor hen is. Uitstoot per hectare is voor hen het enige werkbare getal om aan hun klimaatimpact te werken.

Op dit moment wordt er landelijk nagedacht of maatregelen die organische stof opbouwen, of de afbraak er van tegengaan, ingezet kunnen worden om de emissie van broeikasgassen in het productieproces te compenseren. Alhoewel ook dit op veen een complexe uitdaging is, is het goed om hier de toekomst naar te kijken. Zo kan nagegaan worden of het afwaarderen van land i.c.m. het opzetten van het waterpeil leidt tot gunstiger resultaten. Maatregelen om de vastlegging van organische stof op minerale gronden te bevorderen (leeftijd grasland verhogen, productief kruidenrijk grasland, mais-grasklaver wisselteelt en het opbrengen van extra organisch materiaal (bijv. compost) beschreven in het project Slim Landgebruik (www.slimlandgebruik.nl) gaan voor veen grotendeels niet op. Nogmaals, het is ook voor veen verstandig een lijst van potentiële maatregelen uit te werken.

Voor sommige maatregelen die geëvalueerd zijn was er bij voorbaat de vraag of deze maatregelen een positieve klimaatimpact zouden hebben. Voor bijvoorbeeld het omschakelen naar een potstal systeem is gebleken dat dit waarschijnlijk niet positief is voor de klimaatimpact. Ook agroforestry, wat op veen vooral kleinschalig toegepast wordt, heeft maar een beperkt effect op de totale emissies van het bedrijf. Voor twee maatregelen die extensiveren via minder koeien of meer land bleek wel een positieve klimaatimpact te ontstaan.

In de kosten/baten analyse is gebleken dat extensiveren positief kan zijn voor het resultaat van een biologische melkveebedrijf op veen, zij het door een compensatie voor afgewaardeerde natuurgrond of door veronderstelde hogere opbrengsten per koe door extra hectares voor productie van ruwvoer. Veel hangt daarbij af van de specifieke omstandigheden en mogelijkheden in het gebied, de aankoop van grond zal niet snel rendabel zijn maar pacht of het afwaarderen van land naar natuur kan wel lucratief zijn.

4.5.2 Reflecties

In dit project bleek dat het verlagen van de klimaatimpact van biologische melkveehouders op veen geen gemakkelijke opgave is. Dit hangt ook sterk samen met de emissies die uit de veenbodems komen. Verschillende deelnemers aan de pilot gaven aan dat zij geïnteresseerd waren in een waterinfiltratiesysteem (WIS) om iets aan de emissies vanuit veen te doen. Er zijn voor dat soort systemen ook regelmatig subsidies beschikbaar. Echter kan in de KLV het CO₂ effect hiervan niet berekend worden. De KLV neemt namelijk de CO₂ emissie door veenafbraak niet mee in de eindscore. Individuele bodemmaatregelen die boeren nemen hebben dus geen invloed op de CO₂ emissie. Een model wat dit wel kan berekenen is het SOMERS 2.0 model. Dit model is speciaal hiervoor ontwikkeld door het nationaal onderzoeksprogramma broeikasgassen veenweiden (NOBV). Hier zou per perceel een aanpassing aan de gemiddelde drooglegging gesimuleerd kunnen worden en het effect daarvan op de CO₂ emissie. Omdat wij niet de informatie hebben van alle percelen van de deelnemende boeren, voerde het nu te ver om dit te doen maar dit zou voor een mogelijke vervolgstudie wel relevant zijn. Dit betekent echter ook dat de huidige emissies als gevolg van veenafbraak meegenomen moeten worden. Dit kan de totale CO₂ voetafdruk van biologische melkveehouders op veen gemakkelijk verdubbelen.

Wat ook de potentie van emissiereductie verlaagt is het feit dat biologische melkveehouders niet uitbetaald worden door hun melkfabriek als ze een bepaalde emissiereductie weten te realiseren. Daarmee heeft de gereduceerde emissie op zichzelf geen economische waarde. Als het dit wel zou hebben zou dit een extra stimulans kunnen zijn waardoor sommige maatregelen mogelijk eerder financieel gezien voordeliger kunnen zijn. In de toekomst zullen er wellicht mogelijkheden komen om deze reductie wel economische waarde te geven, via bijvoorbeeld koolstofcredits voor het verhogen van het waterpeil.

De Kringloopwijzer (KLW) is in dit onderzoek gebruikt als model om CO₂ emissie in kaart te brengen en om maatregelen te simuleren. Dit model is erg geschikt om de totale kringloop van een bedrijf in kaart te brengen maar heeft, zoals elk model, ook zijn beperkingen. Een voorbeeld daarvan is het onderdeel weidegang. Weidegang is bij biologische melkveehouders vaak erg belangrijk om kwalitatief hoogwaardig ruwvoer in de koe te krijgen. Echter, is de KLW op dat onderdeel niet erg specifiek. Het systeem van beweiden en de daadwerkelijke grasopname in de weide is niet in te vullen. Er wordt gerekend met een standaard droge stof opname van vers gras per uur voor beperkt of onbeperkt weiden (Van Dijk et al., 2023). Daarnaast hanteert de KLW voor organische mest een standaard aandeel TAN (50%) van een standaard totaal aandeel N (4%). Dat de daadwerkelijke hoeveelheid N en TAN in drijfmest sterk kan afwijken van deze standaardwaarden wordt in de KLW niet meegenomen. Dit zorgt ervoor dat de daadwerkelijke ammoniakemissie van een bedrijf behoorlijk kan afwijken van de berekende hoeveelheid, zeker als een melkveebedrijf een heel andere mestsamenstelling heeft dan standaard.

4.5.3 Conclusies

Uiteindelijk kan gesteld worden dat biologische melkveehouders op een lage CO₂ emissie per hectare realiseren. Per kg melk is het beeld minder positief maar er is zeker nog ruimte om de CO₂ emissie te verminderen. Tegelijk is de impact hiervan niet heel groot en zijn het vooral marginale veranderingen die het bedrijfsmanagement iets meer kunnen finetunen. In CO₂ uitstoot per kg melk zal de biologische sector altijd meer uitstoot hebben dan de gangbare sector. De uitdaging voor de bio sector ligt erin om hun uitstoot per hectare weer te geven en om de focus te leggen op de andere ecosysteemdiensten die ze leveren rond bodem-, water- en luchtkwaliteit. Op die gebieden scoort de biologische sector namelijk beter dan de gangbare. De biologische sector heeft daarnaast een heel andere filosofie, niet zoveel mogelijk produceren met de hoogste efficiëntie, maar een positieve impact proberen te maken met wat er wel geproduceerd wordt.

4.6 Bedrijfsprofielen Klimaatvriendelijke landbouw

4.6.1 Pilotbedrijf 1

1. Kwantitatieve informatie
Locatie (regio): Waterland, Noord-Holland
Grondsoort: Veen
Bedrijfsoppervlakte (in hectare): 84

Aantal dieren: 55 Melkkoeien en 250 leghennen
Type voer en herkomst: Ruwvoer eigen productie, krachtvoer uit regio

Bemesting/groenbemesters: Laag bemestingsniveau, geen kunstmest, geen groenbemesters, rond 110 kg N uit dierlijke mest per hectare. Alles in dienst van de weidevogels. Volgend jaar zal de bemesting onder de 100 kg N per hectare komen.

Middelengebruik: geen

Jaarlijkse productie (in ton): Ongeveer 400.000 kg melk en 70.000 eieren per jaar

Aantal medewerkers: 1 medewerker in de zorgtak

Aantal machines: 2 trekkers

Bijzonderheden: 158 zonnepanelen, warmtepomp voor woning, geen gasgebruik.

2. Kwalitatieve informatie (evt. kort)

Boer 1 heeft eerder op verschillende melkveebedrijven gewerkt en heeft uiteindelijk dit bedrijf over kunnen nemen van de eerdere eigenaar. De grond van het bedrijf is allemaal afgewaardeerde natuurground die gepacht wordt. Daarmee staat het hele bedrijf in dienst van de weidevogels. De beheerplannen die geschreven worden staan ook ten dienste daarvan. Dit zorgt er tegelijk ook voor dat de opties om beter ruwvoer te winnen beperkt zijn vanwege de uitgestelde maaidata. Ondanks dat ligt de productie per koe toch nog op zo'n 7.500 kg per jaar. Deelnemer 1 is al bewust met CO₂ uitstoot en klimaat bezig. Zo wordt er op het bedrijf geen gas meer gebruikt en heeft hij zonnepanelen op de stal liggen. Deze zijn niet dekkend voor het totale energieverbruik maar een kleine windmolen is in deze gemeente niet toegestaan. Ook is deze boer zich bewust van het dieselverbruik en denkt hij na over het aantal vervoersbewegingen e.d. Op de huiskavel van 35 hectare staat het waterpeil in de zomer al 20 centimeter onder het maaiveld middels een eigen molentje. Verder is er vlakbij huis nog 7,5 hectare op eilanden en 13 hectare een stukje verder aan de weg. Op de andere veldkavel van 29 hectare op 20 km afstand wordt jaarlijks 600 kuub rundveedrijfmest aangevoerd. Op het bedrijf zijn ook verschillende nevenactiviteiten. Zo is er een goed lopende boerderijwinkel, is er meerdere dagen per week dagbesteding voor mensen met een licht verstandelijke beperking en psychische klachten en worden er ruimtes verhuurd.

4.7 Pilotbedrijf 2

1. Kwantitatieve informatie

Locatie (regio): Lopikerwaard, Utrecht

Grondsoort: Veen

Bedrijfsoppervlakte (in hectare): 56 ha, waarvan ongeveer 20 ha veldkavel

Aantal dieren: 87 melkkoeien

Type voer en herkomst: 83% eigen gras, klein deel krachtvoer en bijproducten.

Bemesting/groenbemesters: Geen groenbemesters, geen kunstmest, alleen organische mest

Middelengebruik: Geen

Jaarlijkse productie (in ton): 515.000 kg melk

Aantal medewerkers: melkbedrijf wordt met eigen familiearbeid gerund, 1 VAK

Aantal machines: 2 tractoren

Bijzonderheden: Deelnemer 2 runt ook 'logeren bij de boer', waarbij een aantal vakantieverblijven worden verhuurd.

2. Kwalitatieve informatie (evt. kort)

Deelnemer 2 heeft 8 jaar geleden geïnvesteerd in een nieuwe serrestal met veel lucht & licht en koecomfort. De stal oogt overzichtelijk en strak, maar na de bouw moesten ook een aantal aandachtspunten het hoofd geboden worden. Deelnemer 2 zet in op melkproductie uit eigen ruwvoer en voert energie bij in de vorm van restproducten zoals bijv. voederbiet, rode biet en wortelen, beperkt aangevuld met krachtvoer. De gemiddelde melkproductie per koe ligt rond de 6000 kg/koe/lactatie en daalt de afgelopen elk jaar licht. Omdat deelnemer 2 opbrengsten uit andere activiteiten heeft, wordt de daling van de opbrengst van de melk nauwelijks gevoeld. Wel wordt geconstateerd dat t.b.v. het (eventueel) overdragen van een toekomstbestendig bedrijf de melkproductie niet verder moet dalen en misschien wel iets stijgen. De mogelijkheden om dit via extensivering (meer ha - meer melkkoeien – gelijkblijvend of lager aantal GVE/ha) of intensivering (meer melk / ha – hogere ruwvoerproductie of meer krachtvoer) hebben beide uitdagende kostentechnische consequenties.

4.8 Pilotbedrijf 3

1. Kwantitatieve informatie

Locatie (regio): Friese meren, Friesland

Grondsoort: Veen

Bedrijfsoppervlakte (in hectare): 106

Aantal dieren: 127 melkkoeien

Type voer en herkomst: 65% eigen gras, 9% eigen mais, 26% aangevoerde krachtvoer en bijproducten.

Bemesting/groenbemesters: Klaver in grasland, geen kunstmest, organische mest.

Middelengebruik: Geen

Jaarlijkse productie (in ton): 1.000.000 kg melk per jaar

Hoeveelheid geproduceerd gewas of dierlijke producten.

Aantal medewerkers: -

Aantal machines: -

Bijzonderheden: -

2. Kwalitatieve informatie (evt. kort)

Het bedrijf van deelnemer 2 is strak en overzichtelijk georganiseerd. Ruwvoerwinning, zowel kwantiteit als kwaliteit, staat zeer hoog in het vaandel. Met het oog op ruwvoer kwaliteit (eiwit, suikers) worden de eerste en tweede snede zo vroeg mogelijk geoogst. Dit maakt het mogelijk om het rantsoen voor het melkvee gedurende het jaar bij te sturen. Dit is noodzakelijk om het streven naar een hoge melkproductie invulling te geven. De ondernemer anticipeert voortdurend op het optimaliseren van het bedrijf qua landgebruik - teelt van ruwvoer, gebouwen & erf, mechanisatie en, niet in de laatste plaats, diermanagement. Aan al deze aspecten wordt gewerkt of staan voor de komende jaren onderwerpen op het verlanglijstje.

4.9 Pilotbedrijf 4

1. Kwantitatieve informatie

Locatie (regio): Alblasserwaard, Zuid-Holland

Grondsoort: Veen/klei op veen

Bedrijfsoppervlakte (in hectare): 57

Aantal dieren: 63 Melkkoeien

Type voer en herkomst: Grotendeels eigen gras, 10% rantsoen aangevoerde mais, 22% aangevoerde krachtvoer.

Bemesting/groenbemesters: Geen kunstmest, geen groenbemesters, wel organische mest.

Middelengebruik: Geen

Jaarlijkse productie (in ton): 400.000 kg melk, 12 stieren geslacht

Hoeveelheid geproduceerd gewas of dierlijke producten.

Aantal medewerkers: -.

Aantal machines: -

Bijzonderheden: Grote zorgtak

2. Kwalitatieve informatie (evt. kort)

Deelnemer 4 heeft op deze boerderij al sinds lange tijd een zorgboerderij die tot april dit jaar werd gecombineerd met een melkveehouderij tak. De omschakeling naar biologisch was in 2023, daarvoor gebruikte hij ook al erg weinig kunstmest en geen bestrijdingsmiddelen. Ondertussen zijn de melkkoeien weg en worden er alleen nog blaarkoppen gehouden voor het vlees. De boer is erg enthousiast over weidevogels, hij doet daar ook erg veel voor en heeft er zijn bedrijf op ingericht. Veel percelen met uitgestelde maaidatum, ruige mest, plasdras, slootkantenbeheer et cetera. Dit was ook al zo toen hij nog melkkoeien had. Deelnemer deed aan zoveel mogelijk weidegang in combinatie met robotmelken. Ook doet hij aan agroforestry, op kleine schaal vooraan op de percelen, vooral om schaduw voor de koeien te creëren.

4.10 Pilotbedrijf 5

1. Kwantitatieve informatie

Locatie (regio): Alblasserwaard, Zuid-Holland

Grondsoort: Veen

Bedrijfsoppervlakte (in hectare): 95

Aantal dieren: 90 Melkkoeien

Type voer en herkomst: 85% eigen gras, rest aangevoerd krachtvoer en bijproducten

Bemesting/groenbemesters: Geen kunstmest, geen groenbemesters, alleen weide mest en organische mest.

Middelengebruik: Geen

Jaarlijkse productie (in ton): 500.000 kg melk per jaar

Hoeveelheid geproduceerd gewas of dierlijke producten.

Aantal medewerkers: -

Aantal machines: -

Bijzonderheden:

2. Kwalitatieve informatie (evt. kort)

Deelnemer 5 wilde meer in balans met de natuur en de schepping gaan boeren. Ook wilden ze proactief iets doen met het stikstofprobleem. Vanuit daar zijn ze steeds meer richting natuurinclusief en uiteindelijk biologisch gegaan. De bodem is leidend in de bedrijfsvoering en biodiversiteit is een belangrijk doel. Een groot deel van het bedrijfsareaal wordt gepacht van Staatsbosbeheer. Het gevoel is ook erg belangrijk voor deze deelnemer. Mogelijk gaat hij nog verder met extensiveren, afwaarderen van grond en verhogen van waterpeil. Dit zou positief kunnen zijn voor CO₂ impact.

5 Referenties

Referenties Akkerbouw

Bruns, S. (2023). *Klimaatwinst in de Nederlandse akkerbouw: De klimaatimpact van de akkerbouw en de potentie van koolstofopslag in de bodem en vezelrijke teelten als mitigatiemaatregelen*. Schuttelaar&Partners.

Cool Farm (2024). *About the Cool Farm Tool*. <https://coolfarm.org/the-tool/>

Hendriks, C.M.J., Lesschen, J. P., Timmermans, B., Hanegraaf, M., Dijkman, W., Rougoor, C., & Schepens, J. (2021). *Beschrijving en ontwikkeling Praktijktol BodemCoolstof*.

Janmaat, L., Koopmans, C., Heesmans, H., Specken, J., Verstand, D., Van Opheusden, M., Timmermans, B., Heupink, D., Westerhof, H., & Colombijn-Van Der Wende, K. (2020). *Bodem & Klimaat Netwerk-Akkerbouw*.

Koopmans, C. J., Timmermans, B. G. H., Wagenaar, J. P., Hull, J. van 't, Hanegraaf, M. C., & Haan, J. J. de. (2019). *Evaluatie van maatregelen voor het vastleggen van koolstof: Resultaten uit Lange Termijn Experimenten (LTE's)*. Louis Bolk Instituut, Driebergen. 54 p

Koopmans, C. J., Timmermans, B. G. H., de Haan, J.J., van Opheusden, M., Noren, I. S., Slier, T., & Wagenaar, J. P. (2021). *Evaluatie van maatregelen voor het vastleggen van koolstof in minerale gronden 2019-2023: Voortgangsrapportage 2021*
<https://www.milieubarometer.nl/nl/nieuws/teruggeleverde-stroom-levert-geen-co2-aftrek/>

Referenties Melkveehouderij

Bionext. (2022). *Greenpaper Biologisch en communicatie*.
<https://bionext.nl/nieuws/greenpaper-biologisch-communicatie-7-inzichten-491/>

Hogenkamp, W. (2022). *Eigen gras kost al snel kwartje*.
<https://melkvee100plus.nl/financieel/eigen-gras-kost-al-snel-kwartje/#:~:text=Dat%20brengt%20de%20kosten%20per%20100%20kVEM%20op%20%E2%82%AC%2017,cent%20per%20kilo%20droge%20stof.>

Jacobsen, S. (2015, juni 24). *Vrijloopstal-PLUS niet duurder dan traditionele ligboxenstal*. *Melkvee.nl*. <https://www.melkvee.nl/artikel/56192-vrijloopstal-plus-niet-duurder-dan-traditionele-ligboxenstal/>

Klein Swormink, B. (2024, februari 16). *Opfokkosten in paar jaar tijd ruim € 300 hoger*.
<https://melkvee100plus.nl/financieel/opfokkosten-in-paar-jaar-tijd-ruim-e-300-hoger/>

Milieubarometer. (2022). *Teruggeleverde stroom levert geen CO₂-aftrek meer*.
<https://www.milieubarometer.nl/nl/nieuws/teruggeleverde-stroom-levert-geen-co2-aftrek/>

Netwerk Verantwoorde Veehouderij. (2013, februari 20). *Strooisel vrijloopstal kost ruim 1 cent/ltr*. *Melkvee.nl*. <https://www.melkvee.nl/artikel/44517-strooiselkosten-vrijloopstal-ruim-1-cent-per-kg-melk/>

Norén, I. S., Vijn, M., & Keur, J. (2019). *Koolstofopslag met agroforestry, wat is mogelijk?: Agroforestry als strategie in het klimaatbeleid*. *Ekoland*, 39(12), 24-25.

Pijlman, J., Honkoop, W., & Westerhof, R. (2020). *Kennisdocument economisch rendabele bedrijven met toekomst in Kamerik*. *Veenweiden in Beweging*.

- Pijlman, J., Timmermans, B., Monteny, G.-J., & de Wi, J. (2018). *Strooiselstalsystemen: Ammoniak en andere emissies, dierwelzijn en mestkwaliteit*. Louis Bolk Instituut.
- Prins, E., & Fuchs, L. (2024). *Factsheet Agroforestry, Typering agroforestry in Nederland*. Wageningen University & Research en Louis Bolk Instituut.
<https://www.louisbolk.nl/sites/default/files/publication/pdf/typering-agroforestry-nederland.pdf>
- Van Dijk, W., De Boer, J. A., Schils, R., de Haan, M., Mostert, P., Oenema, J., & Verloop, J. (2023). *Rekenregels van de KringloopWijzer 2023: Achtergronden van BEX, BEA, BEN, BEP en BEC: actualisatie van de 2022-versie*. <https://doi.org/10.18174/643089>
- van Dooren, H., Biewenga, G., Evers, A., & Galama, P. (2009). *Economische aspecten van de vrijloopstal: Kosten en baten in vergelijking met een ligboxenstal* (Nos. 1570-8616). Animal Sciences Group.
- Vfocus. (2023, juli 25). *Koolstofdioxide-uitstoot per liter melk en per hectare combineren*. <https://www.v-focus.nl/2023/07/25/koolstofdioxide-uitstoot-per-liter-melk-en-per-hectare-combineren/>
- Woltjer, P. J., Van der Meer, R. W., & Voskuilen, M. J. (2024). *Pachtnormen 2024, Berekening hoogst toelaatbare pachtprizen voor los land, agrarische bedrijfsgebouwen en agrarische woningen*. <https://open.overheid.nl/documenten/3eb016aa-a60b-450f-bd38-acb9cbb7e124/file>
- Zevenbergen, G. (2013, mei 1). *Vrijloopstal niet duur Folie bovenbouw drukt kosten*. *Veehouderij Techniek*. <https://edepot.wur.nl/258561>

Dit project wordt uitgevoerd in opdracht van BioNederland en Biohuis en gefinancierd vanuit het Economisch Herstel Fonds.



Met dank aan partners:

