

Bodem & Klimaat Netwerk Veehouderij

Tussenrapportage 2020

Ollie van Hal, Jan-Paul Wagenaar

Colofon

Dit onderzoek is uitgevoerd door het Louis Bolk Instituut met subsidie van het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, in het kader van het Beleidsondersteunend Programma Slim Landgebruik (BO-53-002).

April, 2021

Contact: O.vanhal@louisbolk.nl

Bodem & Klimaat Netwerk Veehouderij – Rapportage 2020

Ollie van Hal¹, Jan-Paul Wagenaar¹

Met bijdragen van: Evert Prins¹, Pieter Struyk¹, Bo Stout², Aart Evers³, Daan Verstand³, Michel de Haan³, Joost Cruijssen³, Koos Verloop³, René Schils³ en Marieke Jelsma⁴

¹ Louis Bolk Instituut ²Centrum voor Landbouw en Milieu ³WPR/WLR ⁴Van Hall Larenstein Leeuwarden

Inhoudsopgave

Samenvatting	4
1 Inleiding	8
2 Maatregelen in de netwerken: Ambities, kansen en belemmeringen	10
3 Economische onderbouwing klimaatmaatregelen.....	15
3.1 Wisselteelt mais-grasklaver ("60-20-20")	16
3.2 Leeftijd grasland	17
3.3 Toedienen compost	19
3.4 Discussie & conclusie	20
4 Kennisuitwisseling.....	22
4.1 Met de opdrachtgever	22
4.2 Tussen projectpartners	22
4.3 Binnen en tussen netwerken.....	22
4.4 Naar de sector	24
5 Analyse bodemkwaliteitsmetingen.....	25
5.1 Variatie in bodemkoolstof.....	25
5.2 Invloed van koolstof op bodemkwaliteit.....	30
5.3 Beoordeling van bodemkwaliteit.....	34
6 Demonstraties	36
6.1 Koolstof opbouw bij een 60-20-20 bouwplan in Brabant	36
6.2 Koolstof aanvoeren met compost in Brabant	37
6.3 Koolstof aanvoeren met Bokashi in Brabant	38
6.4 Kruiden, worteldiepte en koolstofopslag in de Achterhoek.....	39
6.5 Toepassen van extra organische stof in de Gelderse Vallei.....	41
6.6 Verdichting door betreding in Friesland	42
6.7 Kruiden in het Friese grasland.....	44
7 Koolstofbalansen.....	46
7.1 RothC	46
7.2 DLV-koolstofkringloopmonitor	48
8 Conclusies en aanbevelingen	50
9 Referenties	54
Bijlage 1. Middelen voor bedrijfsbezoeken	55
Bijlage 2. Economische doorrekening maatregelen.....	56

Samenvatting

Twintigtwintig was het derde opeenvolgende jaar waarin het Netwerk Veehouderij in drie regionale en één landelijk netwerk de toepassing van koolstof vastleggende maatregelen in de bedrijfsspecifieke context heeft gemonitord. Deelnemers zijn positief over zowel koolstofopslag in landbouwbodems en hiertoe specifiek toegepaste maatregelen. Koolstofopslag met als doel het afwentelen van klimaatverandering leeft onder Brabantse deelnemers minder dan onder hun Friese collega's. In alle netwerken staan echter de landbouwkundige voordelen (bodemkwaliteit) voorop. Na drie droge zomers is toename van het vochtvasthoudend vermogen van de bodem het meest genoemde voordeel. Biologische boeren, die hun bemesting niet met kunstmest kunnen bijsturen, roemen voornamelijk het bodemleven en stikstof leverend vermogen (NLV). Dit wordt ook door gangbare deelnemers genoemd als mogelijke kostenbesparing. In alle netwerken, maar specifiek in Gelderland, wordt ingezet op verbeteringen in bodemstructuur en beworteling.

Net als voorgaande jaren is in 2020 bedrijfsvoering en beheer data verzameld welke betrekking hebben op de context waarin en manier waarop de maatregelen zijn toegepast. Deze informatie is van groot belang om de invloed van de bedrijfscontext op het effect van de maatregelen in kaart te brengen op basis van metingen in 2023, waaruit zal blijken welke maatregelen het beste kunnen worden opgenomen. Doordat deze data al een aantal jaren gestructureerd wordt verzameld en opgeslagen kan deze effectief ingezet worden in andere activiteiten van Slim Landgebruik, zowel binnen als buiten het Netwerk Veehouderij. Hierdoor is het Netwerk Veehouderij in staat de kwaliteit van de inhoudelijke terugkoppeling naar de deelnemers te verbeteren en meerwaarde te creëren. Voorbeelden hiervan zijn de in Roth-C gemodelleerde koolstofbalansen van opgenomen percelen welke nu aan deelnemers worden terug gekoppeld in de toekomst kunnen worden gebruikt om de effectiviteit van maatregelen in de bedrijfscontext te simuleren. De in Roth-C berekende gemiddelde koolstofbalans, op basis van de metingen uit 2019, op de deelnemende percelen bedroeg 2,0 ton C/ha/jaar op klei en 0,4 ton C/ha/jaar op zandpercelen. Dit verschil in grondslag wordt geaccentueerd door het hogere aandeel bouwlandpercelen meegenomen op zand, waar de balans op bouwland vaak negatief is.

Om deelnemers kennis te laten maken met een praktische bedrijfstoel die hun koolstofbalans inzichtelijk kan maken is koolstofkringloopmonitor van DLV Advies op een geselecteerd aantal bedrijven ingezet. Dit is gedaan omdat vanuit deelnemende bedrijven en regio's nadrukkelijk de vraag kwam om ook op bedrijfsniveau inzicht te krijgen in het potentieel van koolstof vastleggende maatregelen. Daarnaast bood dit, vooruitlopend op de praktijktool die in Slim Landgebruik ontwikkeld wordt, de concrete gelegenheid om met ondernemers aan de slag te gaan met het verzamelen van alle relevante en benodigde informatie. Het toepassen van de DLV-tool leverde interessante en herkenbare inzichten op voor de deelnemers. Deze resultaten kunnen gebruikt worden bij het kalibreren van de praktijktool (project C4). Tijdens het invullen en gebruiken van de monitor zijn verder een aantal aandachtspunten voor zowel de gebruiker als de monitor naar voren gekomen die ook op de praktijktool van toepassing zullen zijn.

De verdere kennisuitwisseling binnen en rondom het project zoals met en tussen deelnemers, met de sector, met ketenpartijen en met de opdrachtgever zijn dit jaar sterk door corona

beïnvloed. Binnen de mogelijkheden is hier echter goed mee omgesprongen door extra in te zetten op nieuwsbrieven (Slim Landgebruik breed en netwerk specifiek) en webinars. In 2021 kunnen we voortbouwen op de ervaringen en inzichten die met de alternatieve aanpak zijn verkregen.

Een belangrijke mogelijkheid tot kennisdeling is het beantwoorden van implementatievragen middels demonstraties. Voortbouwend op de activiteiten in 2019 zijn in 2020 goede stappen gezet om in elke regio demonstraties m.b.t. perspectiefvolle koolstof vastleggende maatregelen van de grond te krijgen. In verschillende regio zijn demonstraties opgezet rond verdichting, kruidenrijk grasland en het toedienen van extra organische stof (o.a. Bokashi). De voortgang in 2020 is een prima basis om in 2021 vergelijkbare inzichten en ervaringen op te halen. In 2021 worden de demonstraties binnen een apart project verzorgd.

Evenals andere jaren was het keukentafel gesprek een belangrijk moment voor kennisdeling met de deelnemers. Naast ervaringen met het toepassen van de maatregelen stond dit jaar het terugkoppelen van de bodemkwaliteitsdata (BLN-indicatorset) uit de nulmeting in 2019, middels individuele portfolio's centraal. Dit rapport bevat tevens een uitgebreide analyse van deze data die de relatie tussen verschillende verrichte metingen en observaties duidt. Hierin valt op dat op basis van grondsoort aanzienlijke verschillen in koolstof/organische stof tussen de netwerken voorkomen, maar dat ook binnen dezelfde grondsoort een aanzienlijk verschil kan bestaan. Een verschil in nulmeting duidt in het laatste geval op een historisch verschil in landgebruik. Het is interessant om in 2023 te meten of de delta in koolstofvastlegging vanaf de nulmeting toe te schrijven is aan de toegepaste maatregelen.

De correlatie tussen de NIRS-methode en de klassieke koolstofbepaling (Dumas) is acceptabel ($R^2 = 0,91$). Gemiddeld genomen overschat de NIRS-methode de organische stof gehalten bij hoge organische stof en onderschat het deze bij lage gehalten. Heet water koolstof (HWC) is een indicator voor bodemleven activiteit, maar geeft ook een indicatie van de verhouding labiele/stabiele bodemkoolstof. De HWC correleert in de netwerken matig ($R^2 = 0,70$) aan het bodem koolstofgehalte. De gemiddelde koolstofvoorraad in de laag 0-30 cm bedroeg 85 ton C/ha in het Gelderse netwerk, 73 ton in Brabant en 130 ton in Friesland. Omdat de bulkdichtheid op kleigronden lager is, is het verschil tussen de regio's voor koolstofvoorraad kleiner dan voor koolstofgehalte.

Eén van de belangrijkste door de deelnemers genoemde voordelen van bodemkoolstof is verbetering in de waterhuishouding. Het koolstofgehalte correleert redelijk ($R^2 = 0,55$) aan het watervasthoudend vermogen. Naast verbetering in water vasthoudend vermogen wordt verwacht dat een toename in bodemkoolstof de bodemstructuur zal verbeteren, wat tot een verlaging van de indringingsweerstand kan leiden. De indringingsweerstand reflecteert de moeite die het gewaswortels kost om de bodem in te dringen. Vanaf een indringingsweerstand van 1,5 MPa worden wortels geremd in de groei en vanaf 3 MPa is wortelgroei vrijwel onmogelijk. Op de gemeten percelen is het koolstofgehalte zwak ($R^2 = 0,16$) gecorreleerd aan de gemiddelde indringingsweerstand in de bovenste 30 centimeter van de bodem. Dit geldt ook voor de maximale indringingsweerstand gemeten in dezelfde bodemlaag ($R^2 = 0,27$). In theorie maakt een hoger koolstofgehalte (in de vorm van organische stof) de bodem luchtiger, waardoor wortels makkelijker kunnen groeien. Er is een redelijke relatie tussen koolstofgehalte en

bulkdictheid ($R^2 = 0,48$). Deze vertaalt zich niet door in een verlaging van de indringingsweerstand.

Het koolstofgehalte correleerde redelijk ($R^2 = 0,42$) aan de gemeten hoeveelheid microbiële biomassa, die zelf ook voor de helft uit koolstof bestaat. Heet water koolstof (HWC), die ook als indicator voor bodemleven wordt gebruikt, correleerde relatief sterk ($R^2 = 0,74$) aan de gemeten hoeveelheid microbiële biomassa. De microbiële biomassa is bepaald middels NIRS. Het is nog onduidelijk hoe goed deze methode het bodemleven in kaart kan brengen.

Het BLN protocol en de bijbehorende indicatorset zijn opgezet om een integraal en gestandaardiseerd oordeel te kunnen vellen over bodemkwaliteit. Hoewel er inmiddels een duidelijk beeld is van welke indicatoren meegenomen moeten worden om bodemkwaliteit te beoordelen, is de inventarisatie en vaststelling van referentiewaarden nog niet volledig. Het ontwikkelen van streefwaarden, met name voor de veehouderij, staat nog in de kinderschoenen waaraan het Netwerk Veehouderij hiermee haar eerste bijdrage levert.

In het Netwerk Veehouderij zijn in 2019 en 2020 drie koolstofmaatregelen uit de Bodem CO₂-tabel (2019) economisch doorgerekend. Dit betrof het toedienen extra organische stof in de vorm van compost, het verhogen van leeftijd van grasland en de wisselteelt mais-grasklaver. De kosten om een ton koolstof vast te leggen door het toedienen van groen- of gft-compost op grasland bedragen afhankelijk van de regio tussen 53 en 320 euro. Dit is een aanzienlijk bedrag. Op maisland varieert het bedrag tussen 166 en 384 euro.

Het verhogen van de leeftijd van grasland: uit de BBPR-analyse komt naar voren dat op zand tot een gemiddelde leeftijd van 15 jaar (6,5% herinzaai per jaar) kleine economische voordelen kan hebben. Op klei lijkt het verhogen van de gemiddelde leeftijd van grasland tot 10 jaar economisch voordeliger (5% herinzaai per jaar). Het verder verhogen van de gemiddelde leeftijd tot in ieder geval 20 jaar lijkt economische effecten te hebben. Echter, BBPR houdt t.a.v. opbrengst in het model vooral rekening met genetische vooruitgang, terwijl in de praktijk er een veelheid aan redenen is voor het vernieuwen van grasland.

Bij melkveebedrijven met een hogere intensiteit qua melkproductie is er een voordeel (BBPR) van verbeterd landgebruik met wisselteelt mais-grasklaver. Voor een bedrijf met 25.000 kg melk/ha is dit lager dan voor een bedrijf met 18.000 kg melk/ha (6.593 euro versus 7.443 euro), per ha is dit hoger (194 euro versus 158 euro) voor het intensievere bedrijf. Bij een intensievere bedrijfsvoering spelen met name de besparing op krachtvoerkosten een belangrijke rol en in mindere mate de ruwvoerkosten.

Om de kosteneffectiviteit van verschillende maatregelen te bepalen wordt in de definitieve versie van deze voortgangsrapportage een verbinding gemaakt tussen kosten en baten en effectiviteit van de maatregelen. Op dit moment ontbreekt deze data deels nog.

Het BBPR model biedt de mogelijkheid om maatregelen op een gestandaardiseerde manier economisch door te rekenen. Vooralsnog is lastig om het effect van klimaatmaatregelen op de bedrijfseconomie, met name de positieve effecten van deze maatregelen op productie en bodemkwaliteit in BBPR te duiden. Omdat duurzaam bodembeheer een belangrijke politieke doelstelling is in de landbouw en een gezonde bodem wordt gezien als de basis van de kringlooplandbouw, is het belangrijk te investeren in aanpassing van het programma. Bovendien

is perspectief op een verdienmodel voor ondernemers een belangrijk argument om tot aanpassingen in de bedrijfsvoering over te gaan. Om het effect van klimaatmaatregelen op bedrijfseconomie adequaat in beeld te brengen zijn aanpassingen in het BBPR model nodig die het effect van bodemkoolstof op opbrengst en weerbaarheid reflecteren. In 2021 worden economische berekeningen van koolstof vastleggende maatregelen binnen een apart project verzorgd waarin combinaties van maatregelen worden doorgerekend.

1 Inleiding

Slim Landgebruik draagt bij aan de Nederlandse doelstellingen om in 2030 jaarlijks 0,5 Mton CO₂ in landbouwbodems vast te leggen en landbouwgronden duurzamer te beheren middels veelzijdig onderzoek naar een relevante set klimaatmaatregelen. Zo wordt de effectiviteit van deze koolstof vastleggende maatregelen welke Lesschen et al. (2012) middels literatuur benaderd heeft, binnen Slim Landgebruik in 2019 geüpdatet in de Bodemtabel CO₂. Voor de veehouderij zijn de volgende maatregelen opgenomen:

- Verhogen leeftijd grasland: in grasland wordt (voornamelijk door biomassa productie) jaarlijks meer koolstof aangevoerd dan afgebroken. Door grasland beperkt te vernieuwen neemt de hoeveelheid opgeslagen koolstof jaarlijks toe.
- Verhogen diversiteit van grasland o.a. door toepassing van productief kruidenrijk grasland; effect zowel door verhoogde biomassa productie als diepere beworteling.
- Toedienen van extra organische stof bv. compost of vaste mest welke deels in de bodem wordt opgeslagen.
- Verbeteren van het bouwplan, bv. systematisch inpassen van wisselteelt mais-grasklaver met effect vanuit hoger aandeel permanent grasland en optimale bodemkwaliteit in wisselteelt.
- Overige maatregelen zoals toepassen van permacultuur en gerichte vormen van beweiding.

In de verschillende deelprojecten van Slim Landgebruik wordt de effectiviteit en de toepasbaarheid van deze maatregelen geanalyseerd. In het deelproject Netwerk Veehouderij implementeren melkveehouders in drie regio's en één landelijk netwerk klimaatmaatregelen in de praktijk, waarbij de ervaringen over de inpassing in de regio- en bedrijfsspecifieke context worden gemonitord om ambities, mogelijkheden, uitdagingen en dilemma's inzichtelijk te maken. Hiermee faciliteert het Netwerk Veehouderij koplopers in het verduurzamen van hun bedrijfsvoering en slaat het een verbinding tussen wetenschap en praktijk waarbij het effect op bodemkoolstof en bodemkwaliteit worden gemonitord en vergeleken met huidige inzichten. Het effect van de maatregelen wordt voor zover mogelijk integraal beoordeeld ten aanzien van opgaven rond bodem, klimaat, biodiversiteit maar ook economische inpasbaarheid in de bedrijfsvoering. Door bevindingen inzichtelijk te maken voor deelnemers en andere veehouders wordt een sector brede implementatie van de maatregelen gefaciliteerd.

In deze voortgangsrapportage evalueren en documenteren we de werkzaamheden van Netwerk Veehouderij in 2020 aan de hand van de doelen die in het werkplan zijn gesteld:

- Deelnemers uit de netwerken implementeren en ontwikkelen CO₂-vastleggende maatregelen in de praktijk.
- Bodemkwaliteitsdata (BLN-indicatorset, Hanegraaf et al, 2019) uit 2019 zijn op 2 percelen van deelnemers vastgelegd en middels individuele portfolio's teruggekoppeld naar de deelnemers. Hiermee is naast bodem koolstofvoorraad ook de bodemkwaliteit op 2 percelen van de deelnemende bedrijven bekend en met de deelnemers gedeeld. Daarnaast zijn deze data per regio gevisualiseerd en correlaties bekeken.

- Data uit bedrijfsvoering en bedrijfsinformatie t.b.v. het volgen van de vastlegging van bodemkoolstof in het groeiseizoen 2020 zijn verzameld en verwerkt. Deze data en informatie worden jaarlijks volgens een gestructureerd format verzameld.
- Drie koolstofmaatregelen voor de veehouderij uit de Tabel Lesschen et al. (2012), te weten toedienen extra organische stof in de vorm van compost, verhogen leeftijd grasland en wisselteelt mais-grasklaver, zijn voor het Netwerk Veehouderij economisch doorgerekend en gekoppeld aan de te bereiken koolstofopbouw.
- Per regio is een kennisbijeenkomst gehouden. Hierin is teruggekeken naar de resultaten van de bemonstering in 2018 en 2019 en worden een aantal geïnventariseerde implementatievragen behandeld in een interactieve sessie met experts en ervaringsdeskundigen. Een aantal implementatievragen/kennisonderwerpen zijn verwerkt tot factsheets.
- Ter bevordering van regionale inbedding is in elke regio m.b.t. perspectiefvolle koolstof vastleggende maatregelen een relevante demonstratie gestart, aangepast aan de regionale condities.
- Effectiviteit (koolstof vastlegging) van de maatregelen op de lange termijn is verkend d.m.v. koolstofbalansen opgesteld in NDICEA en Roth-C, en bevindingen zijn met de deelnemers en regio gedeeld.
- De praktijktool (project C4) is getest op een 15-tal bedrijven. Voor de resultaten van dit onderdeel wordt verwezen naar project C4.

2 Maatregelen in de netwerken: Ambities, kansen en belemmeringen

Conform de doelstellingen is bij 62 deelnemers in verschillende netwerken ook in het groeiseizoen 2020 de voortgang van de ingezette maatregelen gevolgd. De 3 regionetwerken zijn gelieerd aan Van Hall Larenstein Leeuwarden - Living Lab Friesland (Friesland), Stichting HOEduurzaam (Gelderland) en Carbon Valley / Stichting Duinboeren (Noord-Brabant). Daarnaast is begin 2019 ook het landelijke netwerk Koeien & Kansen betrokken.

In het netwerk in Friesland (19 deelnemers) valt op dat een groot aantal deelnemers al langere tijd bewust met hun bodems bezig zijn, met name vanuit verschillende projecten die eerder in dit netwerk zijn uitgevoerd. Het netwerk HOEduurzaam in de Achterhoek (16 deelnemers) is al enkele jaren bezig met de aanwending van compost, dikke fractie mest en sloot- en bermmaaisel. Naast de focus op compost/organische meststoffen zijn ondernemers ook bewust bezig met de positie van mais in het bouwplan. Sommige ondernemers kiezen voor continue maisteelt i.c.m. permanent grasland, een aantal ondernemers richt zich op de 60-20-20% maatregel waarin mais afgewisseld wordt met gras(klaver). Bedrijven in dit netwerk liggen voornamelijk op klei, enkele ook op zand. Het netwerk Stichting Duinboeren/Carbon Valley (18 deelnemers) is gesitueerd rond de Loonse en Drunense duinen in midden Brabant. De deelnemende bedrijven zijn erg divers qua bedrijfsvoering, maar er zijn ook veel overeenkomsten. Vrijwel alle bedrijven liggen op zandgrond en de meeste bedrijven pachten beheersgronden. Vanuit het netwerk Koeien & Kansen zijn 9 bedrijven betrokken.

De normale aanpak kon niet overal uitgevoerd worden middels de productieve keukentafel gesprekken die we gewend zijn; in het Gelders netwerk waren we door Corona maatregelen gedwongen de gesprekken telefonisch uit te voeren. In Brabant en Friesland konden wel bedrijfsbezoeken uitgevoerd worden en is data en informatie verzameld over de bedrijfsvoering, het beheer van de opgenomen percelen en de toepassing van de maatregel. Hoewel deze data gestructureerd is verwerkt en opgeslagen, rapporteren we in deze voortgangsrapportage alleen veranderingen die gevolgen hebben voor de toepassing van de maatregel. Hierbij presenteren we een bijgewerkt overzicht van de toegepaste maatregelen in elk netwerk. Tijdens de bedrijfsbezoeken is ook de bemonstering van de BLN indicatorset uit 2019 op bedrijfsniveau teruggekoppeld. Hoewel deze bemonstering is genomen als 0-meting om de effectiviteit van de maatregelen te interpreteren, gebruiken melkveehouders inzicht in bodemkwaliteit om de bedrijfsvoering aan te scherpen. Dat bodemkwaliteit een belangrijke motivatie is om koolstof vastleggende maatregelen te nemen kwam ook naar voren in de, middels een vragenlijst (Bijlage 1.1) geïnventariseerde motivatie, ambities, kansen en beperkingen van koolstofbinding.

Vanuit het deelproject Praktijktol (project C4), waarin een koolstoftool - die boeren inzicht geeft in het effect van de klimaatmaatregelen - wordt ontwikkeld, was gevraagd om de tool te testen bij een 15-tal netwerkbedrijven. Dit deelproject wilde echter eerst de wensen en behoeftes van veehouders met betrekking tot zo'n gereedschap inventariseren, waarvoor bij de bedrijfsbezoeken/keukentafelgesprekken een korte vragenlijst (Bijlage 1.2) is doorgenomen. Om samen met de deelnemende boeren in 2020 toch ervaring op te doen met het gebruik van

een koolstoftool in de praktijk is bij een 10-tal bedrijven de koolstofmodule van DLV Advies toegepast welke wordt omschreven in sectie 2.6.

Het landelijke netwerk Koeien & Kansen heeft mogelijke duurzaamheidsafwentelingen van de maatregelen intern verkend, waar de focus van de bedrijfsbezoeken in 2021 zal liggen. Melkveehouders kunnen verschillende maatregelen nemen om koolstof vast te leggen maar kunnen daarin wel terughoudend zijn. Een van de redenen waarom melkveehouders terughoudend zijn, is dat maatregelen een negatieve afwenteling kunnen hebben op één van de andere duurzaamheidsthema's die spelen op het boeren erf. De afwenteling van koolstofmaatregelen op diverse duurzaamheidsthema's hebben we beoordeeld in een discussiegroep. Zowel onderzoekers (5) als deelnemende bedrijven aan Koeien & Kansen (14) hebben los van elkaar een analyse gemaakt van de koolstofmaatregelen die zij relevant vinden voor hun bedrijf. Hiermee hopen we een beeld te krijgen van de diversiteit veroorzaakt door grondsoort / bedrijfsopzet etc. Deelnemers is aanvullend gevraagd wat volgens hun de afwenteling van een koolstof maatregel zou zijn op het financieel resultaat van hun bedrijf. Momenteel zijn de uitkomsten van deze uitvraag nog niet beschikbaar. Deze zullen worden meegenomen in de definitieve voortgangsrapportage of eindrapportage.

2.1.1 Toepassing en voortzetting van de maatregelen

Op basis van bijgewerkte data 2020 wordt er in Friese Netwerk veel gekeken naar inzaai van kruidenrijk grasland, waar in Brabant en Gelderland meer ingezet wordt op het toedienen organische stof (Tabel 1). Vooral in Brabant en Gelderland worden combinaties van maatregelen toegepast. Prominente combinaties zijn: het toedienen van extra organische stof op divers grasland of mais strokenteelt, het toedienen van een combinatie van organische meststoffen, de leeftijd verhogen van divers grasland, toedienen van extra organische stof om verhogen van leeftijd te faciliteren, bevorderen van natuurlijke diversiteit middels weide/maai beleid en het vergelijken van twee diversiteiten.

Tabel 1. Toepassing van klimaatmaatregelen (% bedrijven) op percelen van deelnemers aan de regionetwerken in Friesland (19 deelnemers), Brabant (18 deelnemers) en Gelderland (16 deelnemers)

Maatregel	Regionetwerk		
	Friesland	Brabant	Gelderland
Divers grasland	37%	39%	6%
Productief kruidenrijk	26%	11%	6%
Gras-klover	5%	33%	0%
Rietzwenk	5%	0%	0%
Natuurlijk divers	5%	0%	0%
Aanvoer organische stof	21%	50%	56%
Vaste mest	11%	44%	19%
Compost	5%	11%	13%
Biomassa	0%	11%	31%
Bokashi	5%	0%	0%
Kunstmest vervanger	0%	0%	6%
Verhogen leeftijd grasland	21%	28%	44%
Bouwland verbetering	0%	28%	13%
Onderzaai	0%	17%	0%

Mais in stroken (NKG)	0%	6%	0%
Wisselteelt mais-grasklaver	0%	11%	13%
Overig	21%	6%	0%
Bekalken	5%	0%	0%
Permacultuur	11%	0%	0%
Maaien/weiden	5%	6%	0%

Totaal kan meer dan 100% zijn door gecombineerde maatregelen.

In Brabant zijn een aantal wijzigingen in de bedrijfsvoering die de voortzetting van de maatregel op de geselecteerde percelen zal veranderen of beëindigen. Twee deelnemers stappen per 2021 uit het bedrijf of stoppen met melkveehouderij. Hierop vooruitlopend heeft een boer al in 2020 op een van de deelnemende percelen de maatregel stopgezet om akkerbouw te bedrijven. Een andere deelnemer stopt per 2023 en nog een overweegt om te stoppen met melken. Ook is een perceel waar continue mais op geteeld werd, dat werd vergeleken met een grasklaver perceel, niet langer in gebruik door een deelnemer. Ter vervanging is hiervoor een graslandperceel opgenomen met dezelfde leeftijd als het grasklaver perceel.

Hoewel de bedrijfsvoering in Gelderland redelijk constant is, heeft droogte geleid tot noodgedwongen wijzigingen in het bouwplan met wijziging van maatregelen tot gevolg. Droogte heeft bijvoorbeeld de zode op een aantal percelen met de maatregel 'verhogen leeftijd grasland' dermate verslechterd dat er gescheurd moest worden. Om financiële en voederwinning verliezen te beperken wordt op gescheurde percelen vaak één of meer jaren mais verbouwd, alvorens het weer met gras in te zaaien. Hierdoor verandert de maatregel van 'leeftijd grasland verhogen' naar 'wisselteelt mais-grasklaver'. De ongeplande graslandvernieuwing heeft daarmee gevolgen voor het hele bouwplan waardoor ook op percelen met tijdelijk grasland in rotatie met mais van bestemming en beheer kunnen veranderen. Als permanent grasland dermate verslechtert dat er moet worden gescheurd wordt tijdelijk grasland namelijk vaak uit de rotatie met mais genomen om hierop meerjarig gras op te telen.

In Friesland waren er nagenoeg geen wijzigingen in de bedrijfsvoering die de voortzetting van de maatregel op de geselecteerde percelen beïnvloeden. Alle percelen zijn nog steeds in gebruik door de deelnemers. Toepassing van de maatregelen is in twee gevallen gewijzigd: een grasland perceel dat ter controle diende voor een kruidenrijk grasland perceel moest door droogte vernieuwd worden en is in 2019 ingezaaid met hetzelfde kruidenmengsel. Op een van beide percelen wordt nu vaste mest toegediend, de ander niet. Een ander perceel waar naar het effect van bekalken wordt gekeken is door financiële beperkingen in 2020 niet nogmaals bekalkt. Een van de deelnemers heeft in 2019 zijn bedrijf verkocht maar is nog steeds betrokken in de bedrijfsvoering waardoor de maatregel kan worden doorgezet.

2.1.2 Ervaringen met toepassing van klimaatmaatregelen.

De deelnemers in alle netwerken zijn positief over zowel koolstofopslag in landbouwbodems als de specifieke maatregelen ten behoeve hiervan. Koolstofopslag met als doel het verminderen van klimaatverandering leeft onder Brabantse boeren aanzienlijk minder dan de Friese boeren. In alle netwerken staan echter de landbouwkundige voordelen voorop. Na drie aaneengesloten droge zomers is toename van het vochtvasthoudend vermogen het meest genoemde verwachte

en ervaren voordeel. Biologische boeren, die hun bemesting niet met kunstmest kunnen bijsturen, roemen voornamelijk het bodemleven en stikstof leverend vermogen (NLV). Dit wordt ook door gangbare deelnemers genoemd als mogelijke kostenbesparing. In alle netwerken, maar specifiek in Gelderland, wordt ingezet op verbeteringen in bodemstructuur en beworteling. Waar op zandgronden geen nadelen van koolstofopslag worden benoemd, speelt op klei de vraag hoever je kan gaan voordat de draagkracht wordt aangetast? En: muizen lijken voorkeur te geven aan oud grasland met hoge organisch stofgehaltes waardoor op deze percelen relatief veel schade waarneembaar is.

Brabant

In het Brabantse netwerk is 50% van de deelnemers aan de slag gegaan met het toedienen van extra organische stof middels bemesting met maaisel, compost of vaste mest. De meeste zien dit als effectieve maatregel maar waarvan het wel lang duurt voordat je effect ziet. Allen zouden de maatregel graag breder willen toepassen maar worden beperkt door beschikbaarheid van vaste mest daar de huidige stalsystemen voornamelijk drijfmest leveren. Ook voor het toedienen van compost vormt deze aanwezige drijfmest een belemmering. Omdat de compost meetelt in de mestboekhouding moet drijfmest worden afgevoerd wat leid tot dubbele kosten. Daarnaast zijn een aantal veehouders aan de slag gegaan met het verhogen van de leeftijd van grasland, weiden of maaien, inpassen van grasklaver en het toepassen van verbeteringen op het bouwland.

Gelderland

In de Achterhoek zijn deelnemers al lange tijd bezig met het aanwenden van organische meststoffen. Het gaat dan naast compost om lokaal geproduceerde biomassa zoals houtsnippers en sloopmaaisel. Dit grove materiaal producten wordt enkel ingezet in de maisteelt terwijl compost worden soms op gras wordt ingezet. Naast beschikbaarheid en ruimte in de mestboekhouding beperkt ook kwaliteit de inzet van organische meststoffen. Vooral bermmaaisel kan vervuild zijn door kunststof en onkruiden. Met betrekking tot het verhogen van de leeftijd van grasland lukt dit minder vaak dan de deelnemers zelf wensen. Het scheuren van grasland wordt in de praktijk vooral gedreven door noodzaak, wanneer de zode zodanig slecht is (door droogte) dat het geen optie is om niets te doen. Een ouder grasland dat nog een goede zode heeft zal niet zomaar gescheurd worden, hier zijn immers ook kosten aan verbonden.

Friesland

Veel Friese deelnemers zijn aan de slag met het verhogen van de diversiteit van hun grasland. Enerzijds past dit goed in goed dit netwerk waar enkel gras geteeld wordt en de leeftijd van het gras al relatief hoog is. Anderzijds is er weerstand tegen het herinzaaien van percelen die nog functioneren. Naast het verlies van bodemkwaliteit is de onkruid druk hoger na inzaaien en lastig te beheersen wanneer er ook kruiden in staan. Er wordt daarom veel gekeken naar het doorzaaien van kruiden. Er wordt verschillend succes geboekt, wat niet altijd goed te grijpen is. Daarnaast vinden deelnemers, zeker op klei, het lastig is de kruiden erin te houden waaruit vragen vloeien als: welke kruiden passen op welke bodem, hoe kunnen we ze succesvol aanbrengen en in het perceel houden? Voor een bredere toepassing van divers grasland geven deelnemers aan meer inzicht nodig te hebben in opbrengst en voederkwaliteit. Deze vragen

worden in het voorjaar van 2021 geadresseerd in een demonstratie bijeenkomst (3.5.6) aangaande een passende toepassing en beheer van kruiden.

Een klein aantal boeren is aan de slag gegaan met het toedienen van extra organische stof uit vaste mest. Deze boeren zijn in het algemeen tevreden behalve dat er vaak nog resten te vinden zijn in de eerste snede. Omdat deze boeren enkel hun eigen vaste mest toepassen kan deze maatregel niet verder worden uitgebreid. Naar verwachting van de deelnemers geldt dit voor alle boeren die voornamelijk drijfmest hebben en behoeft een bredere toepassing een ander stalsysteem. Bij een klein aantal boeren wordt gekeken naar het verschil tussen vernieuwd grasland en oud greppelland. Vergelijking van de regio's laat zien dat grasland gemiddeld veel ouder is in Friesland dan in de andere netwerken op zandgrond. De voornaamste beperking voor het verhogen van leeftijd grasland is achteruitgang van de graszode door muizenschade, droogte en onkruiddruk.

2.1.3 Behoeftte aan inzicht in koolstofbalans

Uit de vragenlijst komt naar voren dat bijna geen van de deelnemers inzicht heeft in de koolstofbalans van hun bedrijf. Het merendeel van de deelnemers geeft aan hier wel behoefte aan te hebben, voornamelijk met betrekking tot de maatregelen. Dit geeft hen de mogelijkheid om te sturen op organische stof. Deze inzichten worden vooral voor de bodem relevant gevonden, op andere delen van het bedrijf wordt toch geen koolstof opgeslagen. Boeren die geen behoefte hebben aan inzicht in de koolstofbalans kijken liever naar andere indicatoren: groeit mijn gras goed? Ze gaan op hun gevoel af of denken logisch na.

Veel deelnemers geven aan interesse te hebben in een koolstoftool die bijvoorbeeld gekoppeld wordt aan de kringloopwijzer. Aan de ene kant omdat ze dan maar één keer data hoeven in te voeren, anderzijds omdat de dan hopelijk eenduidig advies voor alles op 1 plek kunnen vinden. Hierbij zijn twee belangrijke kanttekeningen:

- de tool moet gebruiksvriendelijk zijn en gericht op praktisch advies
- er is een terughoudendheid m.b.t. wat er hoe deze getallen gebruikt gaan worden. Worden we niet ineens afgestraft door wat we hier invullen? En hoe wordt er beloond? Het is belangrijk afgerekend te worden op de koolstof die een bedrijf al heeft opgeslagen (stock) en niet voor de nieuw vastgelegde koolstof. Anders worden boeren die hier nu al aan werken tekort gedaan.

Op bedrijven met variatie in percelen vragen deelnemers duidelijk om perceel specifiek advies. Dat moet niet tot versnippering leiden, "je wit uiteindelijk weten of je het als geheel goed doet".

3 Economische onderbouwing klimaatmaatregelen

Om inzicht te bieden in de bedrijfseconomische gevolgen van het toepassen van klimaatmaatregelen in de melkveehouderij, worden in het Netwerk Veehouderij de kosten en baten van maatregelen in beeld gebracht. Waar mogelijk worden bestaande formele modellen en rekenmethoden zoals het bedrijfsbegrotingsprogramma rundvee (BBPR) ingezet. BBPR is een simulatiemodel dat, rekening houdend met bedrijfsspecifieke omstandigheden, technische, milieutechnische en economische resultaten berekent (WLR, 2007). Bedrijfsspecifieke kenmerken worden middels invoerparameters, veelal typische kengetallen uit de veehouderij, ingevoerd. Hoewel het model kan worden ingezet om de rendabiliteit en doelmatigheid van specifieke bedrijven te bepalen, wordt het hier gebruikt om het effect van verschillende maatregelen te vergelijken. Maatregelen worden elk geanalyseerd voor een gestandaardiseerde bedrijfsvoering welke de deelnemende netwerken reflecteert waarvoor bedrijfsparameters zijn gebaseerd op een intensief melkveebedrijf op zandgrond en een melkveebedrijf met gemiddelde intensiviteit op de noordelijke klei (Tabel 2).

Tabel 2. Kengetallen voor gestandaardiseerde bedrijven gebruikt in BBPR op zand en klei

Kengetal	Zand	Klei
Aantal koeien	100	115
Jongvee (aantal/10 melkkoeien)	7,5	6
Melkproductie (kg)		
Per koe	8500	8500
Totaal	850000	977500
Per hectare	18000	15000
Areaal totaal (ha)	47,2	65,2
Gras (ha)	37,8	63,2
Mais (ha)	9,4	2
Aandeel mais (%)	20	3
Beweidingsstelsel	Beperkt	Beperkt
Bijvoeding weideperiode (kg ds/dag)	8	6
Aankoop maaskuil (ton ds)	120	<50
Zelfvoorzieningsgraad ruwvoer	<80	90-100

In 2020 is de economische analyse gericht op een drietal maatregelen:

- Wisselteelt mais-grasklaver ("60-20-20"),
- Het verhogen van de leeftijd van grasland,
- Het aanvoeren van extra organische stof middels groen- of gft-compost.

Voor zowel wisselteelt mais-grasklaver als het verhogen van de leeftijd van grasland zijn deze berekeningen uitgevoerd in BBPR, resulterende in inzichten in het veranderende bedrijfsresultaat. Voor het toedienen van compost de kosten van het toedienen van compost en het afvoeren van drijfmest geïllustreerd in verschillende bedrijfssituaties. Voor elk van deze maatregelen zijn de kosten en baten uiteindelijk verbonden aan de potentiële koolstof opslag welke wordt gemeten in Lange Termijn Experimenten (project A1) en ondersteund met metingen in de Netwerken. Deze verbinding draagt bij aan de CO₂ Bodemtabel, middels inzichten in de toepasbaarheid en kosten van de verschillende klimaatmaatregelen. Vanaf 2021 zullen

bedrijfseconomische aspecten van koolstof vastleggende maatregelen worden belegd in apart project (onder Slim Landgebruik). Continuïteit is geborgd door een voortgaande samenwerking met het de Netwerken Veehouderij.

3.1 Wisselteelt mais-grasklaver ("60-20-20")

3.1.1 *Methode*

Snijmais maakt op zandgrond vaak deel uit van het bouwplan van een melkveehouderij. Mais is een waardevol voedingrediënt voor hoge productie en het sturen van de eiwit-energie balans. De teelt van mais gaat echter veelal gepaard met verlies van bodem organische stof, waardoor bij continue maisteelt lage organische stof gehalten gevonden worden. Om de productiviteit op deze percelen te behouden worden ze relatief zwaar bemest met drijf- en kunstmest. In een wisselteelt met grasklaver kan het verlies van bodem organische stof mogelijk beperkt worden. Wanneer op bedrijfsniveau ook ingezet wordt op een groot aandeel permanent grasland, ligt bedrijfseconomisch gezien een goed evenwicht in het landgebruik dat is aangeduid als 60-20-20.

In 2019 is vanuit het Netwerk Veehouderij gerapporteerd over modellering van het 60-20-20 bouwplan op zandgrond met BBPR. Na heroverweging blijken de resultaten van deze berekening anno 2021 nog steeds relevant. We hebben ingezet om de methode en bevindingen uit te diepen en te verbinden aan de potentiële koolstofopslag.

In de modellering is een gestandaardiseerde melkveebedrijf met 18.000 kg melk/ha vergeleken met een bedrijf met 25.000 kg melk/ha. Het 60-20-20 bouwplan streeft het verbeteren van het organische stofgehalte na en de bodemkwaliteit in het algemeen. Hiervoor is op 60% van het grasland de frequentie graslandvernieuwing teruggebracht van één keer per acht jaar naar één keer per twaalf jaar. Dit verbetert het aandeel organische stof en het stikstof leverend vermogen onder het blijvend grasland. 20% van het grasland wordt omgezet in grasklaver (rode en witte klaver) en wordt om de drie jaar geroteerd met drie jaar mais. Het blijvend grasland wordt gebruikt voor maai-/weidebeheer en de grasklaverpercelen enkel voor maaien. In de berekende varianten wordt een gedeelte van de bespaarde drijfmest en kunstmest van de vruchtwisseling van gras, rode en witte klaver met mais gebruikt op het blijvende grasland, maar wordt niet de complete stikstofruimte benut.

3.1.2 *Resultaat*

Het berekende voordeel van een verbeterd landgebruik is aanzienlijk voor beide uitgangssituaties. Hoewel het absolute voordeel bij het intensievere bedrijf iets lager is (6.593 euro versus 7.443 euro), is het voordeel per hectare landgebruik groter (194 euro versus 158 euro). Bij een intensievere bedrijfsvoering spelen met name de besparing op krachtvoerkosten een belangrijke rol en in mindere mate de ruwvoerkosten. Meer opname van weidegras speelde hierbij een rol.

Met betrekking tot bouwplan verbeteringen blijkt uit de LTE In de Lange Termijn Experimenten (project A1) laten metingen, na zorgvuldige selectie van percelen, zien dat de bodemkoolstofopbouw op graspercelen na meerjarig mais aanzienlijk is. Dit geldt met name voor de bovengrond, maar ook in de ondergrond is een trend te zien. Het verschil laat zich het beste zien in de gemeten bodemvoorraad koolstof. Die was voor continue mais 61 ton, voor mais-gras

in wisselteelt 76 ton en voor permanent grasland 105 ton koolstof per ha. Mais-gras wisselteelt is dus 31 ton lager dan permanent gras en 15 ton hoger dan permanent mais. In 2021 wordt verder gemeten aan de bodemkoolstof van de mais-gras wisselteelt.

3.2 Leeftijd grasland

3.2.1 Methoden

Om de kosten en baten van het verhogen van de leeftijd van grasland te schatten hebben we in BBPR de gestandaardiseerde bedrijven geanalyseerd onder verschillende aannames. Het verhogen van de leeftijd van grasland kan in het model gestopt worden via 1 input parameter, namelijk het herinzaaipercentage (inzaai%). Het herinzaaipercentage geeft aan hoeveel procent van het graslandareaal jaarlijks opnieuw wordt ingezaaid en is een maat voor de gemiddelde leeftijd van graslandpercelen op een bedrijf. Dit herinzaaipercentage heeft effect op verschillende aspecten van de bedrijfsvoering middels veranderingen in grasopbrengst. In BBPR wordt grasopbrengst bepaald door de gemiddelde leeftijd van grasland op het bedrijf, aangenomen dat de genetische vooruitgang jaarlijks het opbrengstpotentieel 0,5% verhoogt ten opzichte van referentiejaar 1975. Als grasland op een bedrijf in 2020 gemiddeld 10 jaar oud is neemt BBPR een meeropbrengst aan van 17,5% $[(2020 - 10 \text{ jaar} - 1975) * 0,5\%]$ t.o.v. van de referentieopbrengsten vastgesteld in BBPR in 1975. Voor de doorrekening zijn verschillende vernieuwingsfrequenties (herinzaaipercentages) gesimuleerd die representatief zijn voor de praktijk (Tabel 3). Ook is een extreem grasland-vernieuwingsmanagement meegenomen, wat in de praktijk enkel bij bv. droogteschade wordt ingezet. Tot slot is ook een vernieuwingsfrequentie meegenomen dat volgens de huidige inzichten nodig is om de maximale koolstof opslag (C-plafond) te behalen. De praktische vernieuwingspercentages verschillen tussen klei en zandgrond, o.a. omdat productiviteit en zodekwaliteit beter behouden blijven op kleigrond.

Tabel 3. Aangenomen vernieuwingsfrequenties op zand en klei grond en de bijbehorende gemiddelde graslandleeftijd (gem. leeft.) en inzaai%.

Beleid	Zand			Klei		
	vernieuwen	Gem. leeft.	Inzaai%	vernieuwen	Gem. leeft.	Inzaai%
Snel	3	1,5	33,3	5	2,5	20
Frequent	5	2,5	20	8	4	12,5
Standaard	8	4	12,5	10	5	10
Weinig	10	5	10	20	10	5
C plafond	15	7,5	6,7	30	15	3,33
max BBPR	40	20	2,5	40	20	2,5

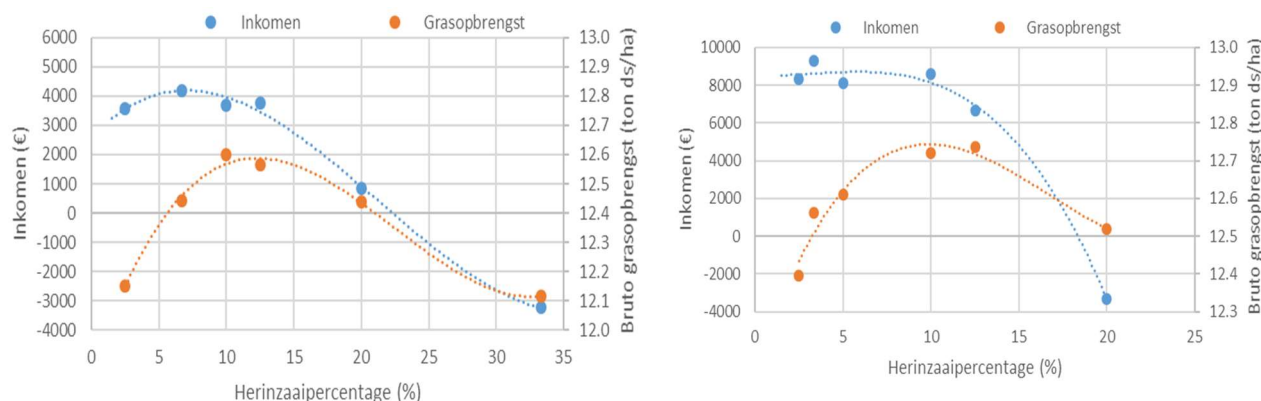
3.2.2 Resultaten

Omdat het BBPR-model aanneemt dat de opbrengst van jong grasland hoger is zou je verwachten dat het voor grasopbrengst optimaal is om zo vaak mogelijk te vernieuwen. Dit blijkt echter niet het geval (Figuur 1), omdat herinzaai van grasland gepaard gaat met een lager aantal maai- en weidesneden. Hoeveel grasopbrengst verloren gaat in het jaar van herinzaai is afhankelijk van tijdstip van scheuren, het bemestingsregime en het soort en aantal sneden die zonder herinzaai op het grasperceel hadden kunnen plaatsvinden. Op de referentiebedrijven – waar uitgegaan is van herinzaai in het najaar – compenseert de toename in opbrengst door

genetische vooruitgang pas na 8 tot 10 jaar voor de gemiste sneden. We vinden daarom een optimale grasopbrengst bij een herinzaaipercentage tussen 10 en 12,5 (Figuur 1).

Voor het economisch optimale herinzaaipercentage worden ook de kosten van herinzaai en de kosten voor aankoop ruwvoer en afvoer van mest in acht worden genomen. Het economische optimum reflecteert daarmee voornamelijk de balans tussen de stijging in ruwvoerkosten door opbrengstderving en de kosten van het her inzaaien van grasland. Doordat de kosten voor herinzaai boven op de opbrengstderving in het jaar van herinzaai komen, ligt het economische optimum bij een herinzaaipercentage tussen 5 en 9% op zandgrond. Economische verschillen tussen 2,5% herinzaai en 12,5% lijken echter beperkt. Op kleigrond wordt het economisch optimum behaald bij alle herinzaaipercentages onder de 9%, hier zijn de kosten van opbrengstderving minder hoog omdat dit bij het minder intensieve bedrijf niet direct gecompenseerd hoeft te worden met aangekocht ruwvoer.

In de praktijk heeft het merendeel van de melkveehouderij op zandgronden een herinzaaipercentage tussen de 10 en 15 procent, hiermee lijkt het management dus vooral gericht op maximale opbrengst en minder op economisch resultaat. Uit de BBPR-analyse kunnen we concluderen dat op zand verhogen van de leeftijd van grasland tot een gemiddelde leeftijd van 15 jaar (6,5% herinzaai per jaar) kleine economische voordelen kan hebben. Omdat grasland in dat geval dan wordt vernieuwd op een leeftijd van 30 jaar, wanneer naar verwachting de maximale koolstofopslag bereikt zal zijn. Hoewel een deel van de koolstof bij herinzaai weer vrij zal komen, blijft er naar verwachting netto meer koolstof opgeslagen onder grasland op zandgrond. Op extensievere klei bedrijven lijkt het verhogen van de gemiddelde leeftijd van grasland tot 10 jaar economisch voordeling (grasland wordt dan elke 20 jaar vernieuwd). Het verder verhogen van de gemiddelde leeftijd tot in ieder geval 20 jaar lijkt economische effecten te hebben. Echter is het van belang om in acht te nemen dat in het model enkel rekening wordt gehouden met genetische vooruitgang, terwijl in de praktijk er een veelheid aan redenen is voor het vernieuwen van grasland. Waar het model uitgaat van een vast jaarlijks herinzaaipercentage wordt in de praktijk in jaren met schade door droogte en plagen meer vernieuwd en in goede jaren minder, uiteindelijk uitkomende op een gemiddelde herinzaai. Het potentieel van het verhogen van de leeftijd wordt beperkt door de schade; beschadigd grasland is zowel bedrijfseconomisch als voor koolstofopslag ongewenst wat vernieuwing gewenst maakt. De gevonden resultaten zijn van toepassing op continue teelt en niet op vruchtwisseling. Wanneer gras wordt ingezaaid na mais of een akkerbouwgewas kunnen gemiste sneden (deels) vermeden worden, door het korte groeiseizoen van deze gewassen.



Figuur 1. Effect van herinzaai% op inkomen en grasopbrengst op gestandaardiseerde bedrijven op zand (links) en klei (rechts).

3.3 Toedienen compost

3.3.1 Methoden

In de praktijk is het toedienen van extra organische stof, bv. in de vorm van compost, een manier om het gehalte aan organische stof in de bodem te verhogen. Op zandgrond wordt dit op zowel gras- als bouwland toegepast, maar ook op kleigrond zijn sommige ondernemers geïnteresseerd in deze maatregel.

In 2019 rapporteerde het Netwerk Veehouderij een notitie (Rougoor, 2020) waarin de meerkosten van aanwending van compost op gras- of maisland uitgewerkt waren. Dit was gedaan voor een aantal voorbeeldbedrijven geënt op de regio's waar het Netwerk Veehouderij actief is. Uitgangspunt van de berekening was een referentiesituatie waarin maximaal dierlijke mest wordt aangewend. Als compost wordt aangewend, zal een deel van de dierlijke mest moeten worden afgevoerd. Ook deze kosten zijn meegenomen. Voorts is ingestoken op de aanwending van 17 kuub groencompost of 12 kuub GFT-compost per hectare. Beide gevallen resulteerden in een gift van circa 90 kg N uit compost. In 2020 is verkend of het doorrekenen van de resultaten van 2019 met BBPR meerwaarde zou opleveren. De conclusie was dat de resultaten in 2019 op een degelijke manier tot stand zijn gekomen en dat een nieuwe berekening beperkt meerwaarde zou opleveren, onevenredig aan de inspanning die het vergt om BBPR geschikt te maken voor deze berekening. De resultaten van de notitie zijn hier daarom kort opgenomen en in relatie gebracht tot de potentiële koolstof opslag.

3.3.2 Resultaat

In 2019 is een schatting gemaakt van de meerkosten van de aanwending van groencompost en GFT-compost (Tabel 4). De kosten voor aankoop en aanwending van groencompost bedragen bijna € 300,- per hectare. De overige kosten (€ 180,-) zijn kosten voor extra afvoer van dierlijke mest.

Op bedrijven met derogatie is de fosfaatgebruiksnorm de eerst beperkende factor voor de bemestingsruimte dierlijke mest, op bedrijven zonder derogatie is de stikstofnorm beperkend. De kosten van GFT-compost komen lager uit. Dit komt omdat de kosten van aankoop en aanwending van GFT-compost lager zijn dan van groencompost.

Tabel 4. Schatting van de meerkosten per hectare van de aanwending van 17 kuub groencompost of 12 kuub GFT-compost. Tussen haakjes de geschatte kosten (in €) per ton CO₂ vastgelegd.

Regio	Bedrijf	Derogatie	Beweiding	Gewas	Groencompost (17 kuub)	GFT-compost (12 kuub)
Achterhoek	Melkvee	Ja	Ja	Gras	€ 480,- (320)	€ 261,- (174)
				mais	€ 576,- (384)	€ 358,- (239)
Friesland	Melkvee	Ja	Ja	Gras	€ 489,- (326)	€ 280,- (187)
				Mais	€ 499,- (333)	€ 290,- (193)
Noord-Brabant	Melkvee	Ja	Ja	Gras	€ 480,- (320)	€ 261,- (174)
				Mais	€ 576,- (384)	€ 358,- (239)
		Nee	Nee	Gras	€ 257,- (171)	€ 79,- (53)
				Mais	€ 519,- (346)	€ 299,- (199)
	Varkens	Nee	n.v.t.	Mais	€ 452,- (301)	€ 249,- (166)

In de Lange Termijn Experimenten (project A1) is gemeten wat de effecten van (meerjarige) compostgiften op de koolstof vastlegging in bouwland zijn. Een compostgift van 15 ton/ha per jaar lijkt t.o.v. hogere giften (respectievelijk 30 en 45 ton/ha/jaar) een effectieve gift te zijn waarbij per ton toegevoegde organische stof uit compost 0,5 ton CO₂ per ha per jaar wordt vastgelegd. Uitgaande van een organische stof gehalte van 18% van groencompost en 24% van GFT-compost (Handboek Bodem en Bemesting (<https://www.handboekbodemenbemesting.nl/>)) wordt met de hier beschreven giften van 17 kuub groencompost of 12 kuub GFT-compost ongeveer 3 ton OS/ha/jaar aangevoerd, wat 1,5 ton CO₂ /ha/jaar vastlegt. In tabel 2 is achter de geschatte meerkosten aangegeven wat de kosten per verwachte ton vastgelegde CO₂ zijn.

3.4 Discussie & conclusie

In de analyse naar kosten en baten van koolstof vastleggende maatregelen is geen rekening gehouden met de voordelen van bodemkoolstofopslag op bodemgezondheid welke positieve uitwerking zullen hebben op economische resultaten. Rendabiliteit is voor ondernemers echter een belangrijk criteria bij het maken van aanpassingen in de bedrijfsvoering. Het kunnen uitvoeren van een degelijke economische analyse van klimaatmaatregelen is dus cruciaal. Binnen de netwerken en in de literatuur worden verschillende uitingen gedaan over de mogelijke voordelen van een hoog bodemkoolstof gehalte. Een verbeterde waterhuishouding maakt de bodem en het gewas bijvoorbeeld minder gevoelig voor droge en natte omstandigheden wat resulteert in een stabielere opbrengst en minder investering in vernieuwing van grasland. Het verhoogde stikstofleverend vermogen en potentieel voor stikstof opslag kan de behoefte aan aangekochte kunstmest verlagen. Ook heeft een hoger organische stof gehalte mogelijk een direct positief effect op de opbrengst. Het inzichtelijk maken van deze voordelen (LTE's, netwerken) kan de benodigde input opleveren om het BBRP-model aan te scherpen.

Het verkrijgen van gevalideerde meetresultaten voor de verschillende koolstofvastleggende maatregelen is in volle gang. Niet voor alle maatregelen gevalideerde resultaten beschikbaar. Middels uitbreiding van meetpercelen (project A1) en inventarisatie en analyse van historische

bodem koolstof data (project B2) wordt hier in 2021 verder vorm aan gegeven. Ook voor maatregelen die nu nog niet economisch zijn doorgerekend bieden de experimenten belangrijke inzichten, zoals over de opbrengst en voederwaarde van kruidenrijk grasland en opbrengsten en bemestingsbehoefte bij wisselteelt van mais en grasklaver.

Op basis van de hier gepresenteerde berekeningen kunnen de kosten en baten verbonden worden met de effectiviteit van de maatregelen. Leidraad hiervoor zijn de (voorlopige) resultaten uit de LTE's (project A1). Naast de hierboven geplaatste kanttekening met betrekking tot de economische analyse, gaat het t.a.v. effectiviteit van de maatregelen om een eerste inschatting: de looptijd van het project is nog te kort om veranderingen (delta) in het aandeel bodemkoolstof te meten. Er is hier een inschatting gemaakt middels vergelijking van verschillende percelen waardoor andere omstandigheden het effect van de maatregel vertroebelen. Inschattingen van de toepasbaarheid van maatregelen zijn lastig te maken en worden grotendeels gebaseerd op bevindingen uit de Netwerken. In de definitieve versie van de conceptrapportage wordt een tabel met maatregelen en kosten en baten m.b.t. koolstofvastlegging opgenomen.

4 Kennisuitwisseling

Kennisuitwisseling, een belangrijk doel van de Netwerken in Slim Landgebruik, vindt op verschillende niveaus plaats: met de opdrachtgever, tussen de projectpartners, binnen en tussen de netwerken en naar een breder agrarisch publiek.

4.1 Met de opdrachtgever

Kennisuitwisseling met de opdrachtgever LNV is naast rapportage gefaciliteerd middels bijdragen aan verschillende inhoudelijke uitwisselsessies en een bijeenkomst waarin werknemers van LNV konden deelnemen aan een 'virtueel bedrijfsbezoek'. Tijdens dit bedrijfsbezoek – dat i.v.m. corona maatregelen online plaatsvond – lichtten twee veehouders uit het regionetwerk Friesland hun ervaringen en inzichten met koolstof vastleggende maatregelen op hun bedrijf toe. Ook werden de resultaten van de diverse bodemmetingen en observaties van najaar 2019 gepresenteerd en besproken. Ondernemers waarderen het om een-op-een met opdrachtgever praktische aspecten te bespreken. Het leverde een levendige en inhoudelijk onderhoudende sessie op. Natuurlijk hopen we dit in 2021 op praktijkbedrijven te kunnen verzorgen!

4.2 Tussen projectpartners

Kennisuitwisseling tussen projectpartners is gefaciliteerd met structurele (online) team bijeenkomsten, waarin zowel voortgang van het project als actuele inhoudelijke onderwerpen zijn besproken. Bij deze bijeenkomsten is een breed team betrokken van medewerkers van Wageningen Universiteit & Research (WPR, WLR, WEnR en WEcR), het Louis Bolk Instituut, CLM en regiopartners. Voor het introduceren van inhoudelijke onderwerpen is het podium steeds aan een andere partij gegeven. Zo zijn onder andere het modeleren van de koolstofbalans, economische kosten en baten van de maatregelen en meekoppel-effecten van klimaatmaatregelen de revue gepasseerd. Partijen dragen allen actief bij aan deze bijeenkomsten wat de samenhang van verschillende onderdelen binnen het project bevordert.

4.3 Binnen en tussen netwerken

Voor kennisdeling binnen en tussen de netwerken is allereerst in elke regio een kennisuitwisselingsbijeenkomst georganiseerd. Hierin zouden de regioresultaten van de 0-meting gepresenteerd en bediscussieerd worden, net als regio-specifieke thema's, voorkomend uit de bedrijfsbezoeken in 2018 en 2019. Deze bijeenkomsten waren gepland voorafgaand aan de bedrijfsbezoeken zodat de boeren de metingen op hun eigen bedrijf in een regio perspectief kunnen plaatsen en er persoonlijk ingegaan kon worden op de opgekomen vragen. De coronaepidemie gooide echter al vroeg in het jaar roet in het eten waardoor het delen van deze resultaten grotendeels middels nieuwsbrieven heeft plaatsgevonden.

4.3.1 *Brabant*

In het najaar 2020 is samen met de regiopartners een nieuwsbrief opgesteld waarin de resultaten van de bodemmetingen en observaties uit 2019 zijn gepresenteerd. Ook werd in de nieuwsbrief aandacht besteed aan de voorgenomen bedrijfsbezoeken eind 2020.

In Brabant is in 2020 veel tijd geïnvesteerd in het onderwerp wisselteelt mais-grasklaver (60-20-20) en selectie van geschikte percelen om de koolstofvastlegging in deze wisselteelt te

meten. Het selectieproces leverde veel waardevolle informatie en inzichten op ten aanzien van 60-20-20 en landgebruik op melkveehouderijbedrijven met mais in het bouwplan. In het tweede kwartaal van 2021 worden de resultaten teruggekoppeld en wordt een factsheet gemaakt.

Tijdens de bedrijfsbezoeken zijn de resultaten van de nulmeting met de veehouders besproken. Hierbij hebben we gekeken of bepaalde factoren zoals een zeer hoge pH of indringingsweerstand terug te leiden zijn naar eventueel historisch gebruik. Dit leverde interessante gesprekken op. Er werd echt een beroep gedaan op 'boerenkennis', ook ten aanzien van landgebruik door vorige generaties. Daarnaast zijn de bemestingscijfers en de opbrengsten van 2019, die van te voren waren ingeschat aangepast naar realistische waarden. Verder zijn de bemestingscijfers en de opbrengsten voor 2020 verwerkt.

4.3.2 Gelderland

In Gelderland heeft in het begin van 2020 een kennisbijeenkomst plaatsgevonden, waar bijna alle deelnemers aanwezig waren. In de bijeenkomst is teruggeblikt op de resultaten van de bodemmetingen in 2018 en 2019. Daarnaast hebben we samen met de deelnemers enkele thema's geïdentificeerd waar men veel interesse in heeft en graag mee aan de slag wil. Naar voren kwamen de thema's bodemverdichting en verbetering van de beworteling. Bodemverdichting is in dit netwerk (en op zandgrond in het algemeen) nog enigszins onderbelicht, terwijl op bijna elk gemeten perceel sprake is van enige mate van verdichting. De beworteling werd op de meeste percelen als matig tot redelijk beoordeeld (dit kan o.a. door verdichting komen). Door verdichtingen te verminderen en de beworteling intensiever te maken, kan meer water en voeding door het gewas worden opgenomen. De diepere wortels zorgen vervolgens ook weer voor de aanvoer van organische stof dieper in de bodem. De ondernemers gaven ook aan behoefte te hebben aan een duidelijk overzicht van de kwaliteiten en aandachtspunten van hun percelen: wat gaat goed, en wat kan beter?

Door de corona-maatregelen die vroeg in 2020 van kracht werden, zijn twee bijeenkomsten afgelast: een werksessie in maart, waarbij de ondernemers in kleine groepjes een plan zouden maken voor de aandachtspunten op hun perceel, en een veldexcursie in mei/juni. Als alternatief is er in de zomer een nieuwsbrief verstuurd naar alle deelnemers. In de nieuwsbrief hebben we verslag gelegd van interviews met deskundigen over twee belangrijke onderwerpen: het inzaaien van kruidenrijk grasland om de beworteling te verdiepen en het omgaan met bodemverdichting (wanneer is opheffen zinvol en hoe kan men dat het beste doen)?

Begin september is er met alle deelnemers gecommuniceerd door middel van een privébericht. In dit bericht hebben wij benadrukt dat ondernemers hun vragen, gerelateerd aan bodembeheer, altijd kunnen stellen binnen het project (enkele ondernemers zijn hierop ingegaan). Ook hebben wij gevraagd of er ondernemers waren die interesse hadden om aan de slag te gaan met de thema's die we met het netwerk hebben geïdentificeerd. Als gevolg van dit bericht hebben we met drie ondernemers een demonstratie omtrent beworteling aan kunnen leggen (zie ook 6.4). De keukentafelgesprekken in de Achterhoek hebben niet op locatie kunnen plaatsvinden. Als alternatief vinden deze gesprekken telefonisch plaats.

4.3.3 Friesland

In het Friese netwerk heeft najaar 2020 een bijeenkomst plaatsgevonden voor de deelnemers op de Dairy Campus in Leeuwarden. In deze bijeenkomst zijn de resultaten van de bodemanalyse van 2019 (0-meting) voor de regio gepresenteerd en bediscussieerd. Omdat op deze bijeenkomst niet alle deelnemers aanwezig waren zijn de regio resultaten samengevat in een nieuwsbrief welke alle deelnemers hebben ontvangen. De bedrijfsbezoeken in Friesland hebben in november 2020 plaatsgevonden, hierin is aan de hand van het bedrijfsportfolio het resultaat van de bodemanalyse besproken en data van het beheer in 2020 opgenomen. Naast het invullen van de vragenlijsten besproken in hoofdstuk 2, was er ruimte voor de deelnemers om vragen te stellen en onzekerheden aan te kaarten. Uit deze vragen zijn een tweetal demonstraties ontwikkeld, één over verdichting door betreding en één over kruidenrijk grasland (zie 6.6 en 6.7).

4.3.4 Plan 2021

In de bedrijfsbezoeken, waarvan de resultaten in hoofdstuk 2.2.1 zijn omschreven, is vooral ingegaan op ervaringen met het toepassen van de maatregelen. Volgend jaar zal kennisuitwisseling met de netwerken daarom in het teken staan van het delen van deze resultaten. Tevens zal in elke regio een themabijeenkomst georganiseerd worden rondom één van de demonstraties die ontwikkeld zijn op basis van regio-specifieke vraagstukken.

4.4 Naar de sector

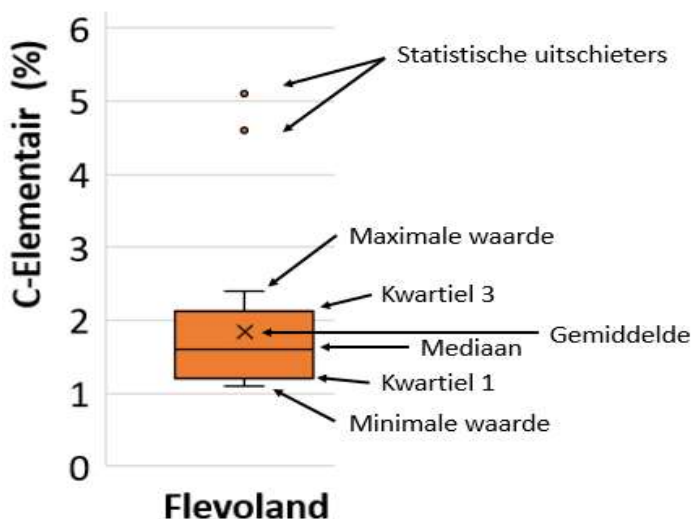
De kennisuitwisseling naar sector had minder te leiden onder de coronapandemie. In verschillende online symposia en webinars zijn bevindingen uit de netwerken gedeeld en vragen geïnterviewd. Veel van deze kennisdeling was gericht aan de biologische sector waarin de interesse naar koolstofbinding in de melkveehouderij groot is. Zo is er met een interactieve sessie bijgedragen aan de Biokennisweek, is er een presentatie gegeven op een bijeenkomst van Udea en een presentatie met interactie met een van de deelnemers in het project Bio Meerwaarde. Doordat deze bijeenkomsten online zijn georganiseerd is er een groter publiek bereikt, maar zijn de onderwerpen minder intensief aan bod gekomen. Geplande demonstraties, waar een kleiner aantal boeren gemotiveerd kan raken, hebben door corona niet kunnen plaatsvinden. Ook hier zullen we in 2021 creatieve oplossingen voor moeten verzinnen. Een beperkte demonstratie is gepland over kruiden in Friesland. Tevens is er een factsheet over wisselteelt mais-grasland in de maak. Zo kunnen boeren toch toegang krijgen tot actuele informatie.

5 Analyse bodemkwaliteitsmetingen

In de winter van 2019-2020 zijn alle bedrijven in de netwerken bemonsterd volgens het *Bodemkwaliteitsbeoordeling van Landbouwgronden in Nederland* (BLN) protocol. Hiermee dragen de netwerken bij aan de ontwikkeling van dit bemonsteringsprotocol voor een indicator set die een integraal oordeel moet geven over de bodemkwaliteit (Hanegraaf *et al.* 2019). In de voortgangsrapportage van het Netwerk Veehouderij in 2019 is een globaal overzicht van deze resultaten gegeven. Deze dienen als 0-meting om de effectiviteit van de maatregelen in de netwerken te kunnen beoordelen. In deze rapportage zijn de resultaten van de 0-meting verder geanalyseerd. Er is o.a. gekeken naar de variatie tussen en binnen de verschillende veehouderijnetwerken voor verschillende koolstof indicatoren organische stofgehalte, koolstof gehalte en heet water koolstof (5.1). Er wordt ingegaan op verschillen tussen meetmethode (klassiek vs. NIRS) om deze indicatoren te bepalen. Ook wordt ingegaan op potentiële bijkomende voordelen van bodemkoolstof op bodemkwaliteit aangaande bodemchemie, -fysiek en -biologie (5.2). In 5.3 wordt een oordeel geveld over de bodemkwaliteit in de netwerken en worden de resultaten vergeleken met relevante referentiewaarden (Hanegraaf *et al.* 2019).

5.1 Variatie in bodemkoolstof

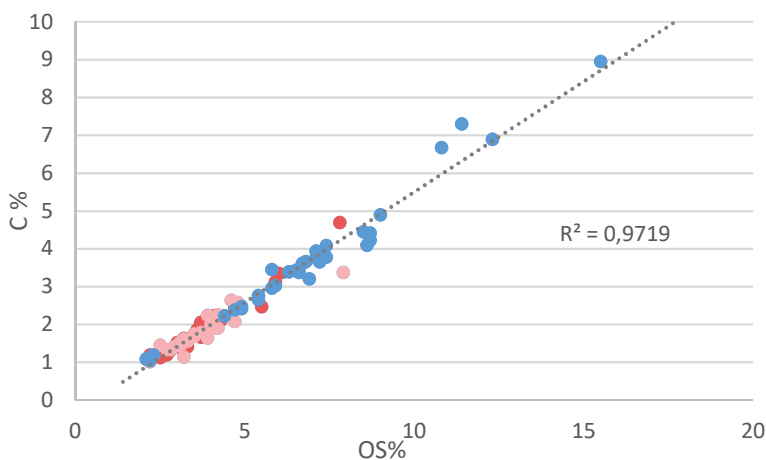
De variatie in bodemkoolstof tussen en binnen de netwerken is geïllustreerd in boxplot grafieken waarin de spreiding van data, de gemiddelde waarde, de mediaan en de statistische uitschieters worden weergegeven. Een boxplot kan in vier gebieden worden opgedeeld (Figuur 2): 1) tussen minimale waarde en kwartiel 1; 2) tussen kwartiel 1 en mediaan; 3) tussen mediaan en kwartiel 3 en 4) tussen kwartiel 3 en maximale waarde. In elk gebied ligt 25% van de datapunten. Het gemiddelde van alle datapunten wordt aangegeven met een X. Deze is dus niet altijd hetzelfde als de mediaan; in Figuur 2 wordt het gemiddelde omhoog getrokken door de twee statistische uitschieters.



Figuur 2. Uitleg van een boxplot

Om verschillende indicatoren en methode voor bodemkoolstof met elkaar te vergelijken wordt gebruik gemaakt van correlatieanalyses. De correlaties zijn daarmee weergegeven in grafieken waarin verschillende indicatoren/methoden tegen elkaar uit gezet zijn op de x en y as. Elk punt

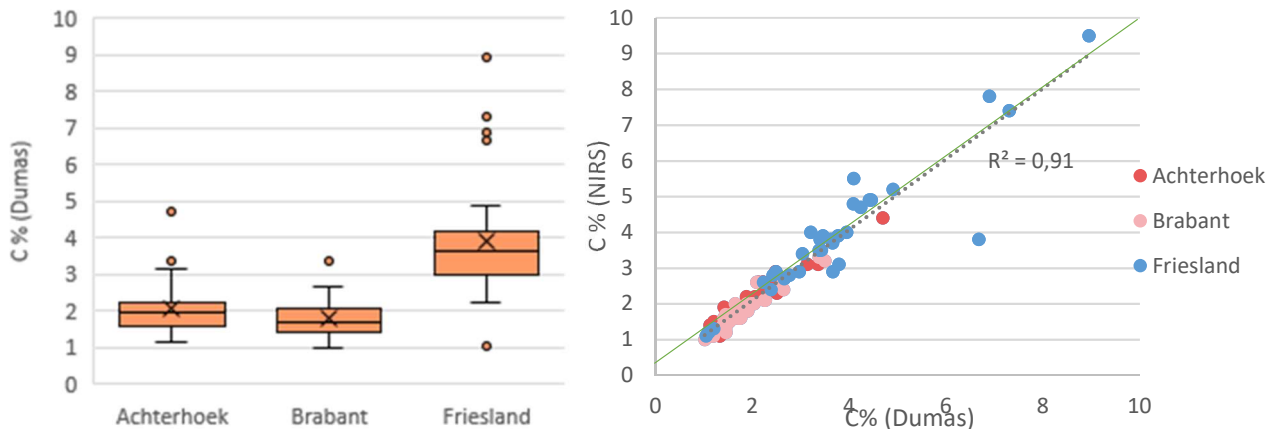
in de grafiek representeert één netwerk perceel waarbij de plaats van de punt is bepaald door de waarde voor beide indicatoren/methoden. De relatie tussen twee indicatoren is op te maken uit het patroon van de punten. Als de punten op een rechte lijn liggen is er bijvoorbeeld sprake van een lineaire relatie waarbij toename in de ene indicator steeds tot gelijkmatige toe/afname van de andere indicator leidt (Figuur 3). De punten kunnen echter ook op een curve liggen. Hoe duidelijker het patroon is hoe sterker de relatie tussen twee indicatoren, welke wordt gekwantificeerd met de determinatie coëfficiënt of wel de R^2 - waarde. Deze waarde geeft aan hoeveel de variatie van de ene parameter de variatie en de andere parameter verklaard. Een R^2 - waarde van 1 betekend dat de indicatoren volledig van elkaar afhankelijk zijn en 0 betekend dat er geen enkele relatie is. De in het voorbeeld gegeven R^2 - waarde van 0,97 reflecteert een sterke relatie.



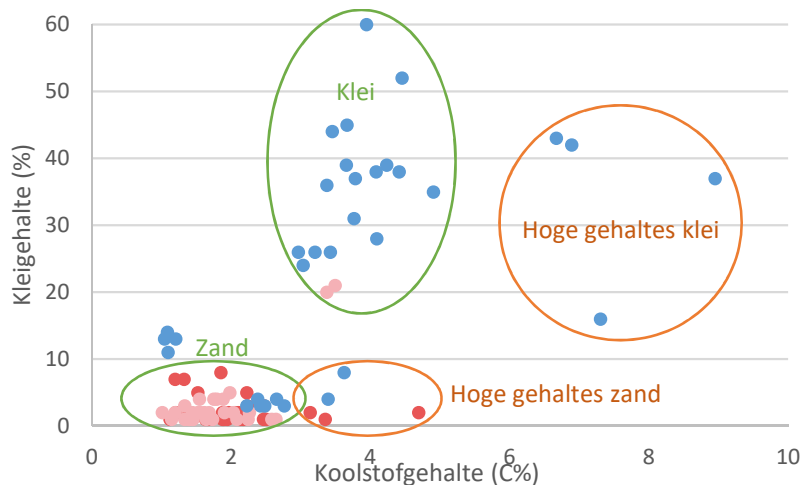
Figuur 3. Voorbeeld van een correlatiefiguur waarbij de sterke correlatie ($R^2=0,97$) tussen het organische stofgehalte (OS%) en het koolstof gehalte (C%) op de netwerkpercelen wordt weergegeven.

5.1.1 Koolstofgehalte

Het koolstofgehalte, gemeten met de klassieke methode ontwikkeld door Dumas, varieert sterk tussen de netwerken (Figuur 4, links). In het Brabantse en Gelderse netwerk ligt het gemiddelde koolstofgehalte rond de 2% waar dit in Friesland rond 3,5 % ligt. Dit verschil wordt grotendeels verklaard door het grote aantal percelen met een hoog kleigehalte in het Friese netwerk. Koolstof kan zich aan klei binden waardoor de potentie en snelheid van koolstof opslag hoger is op kleigronden wat zich in hogere koolstofgehaltes kan uiten. Netwerkpercelen met een kleigehalte hoger dan 20% hebben alle een koolstof gehalte boven de 3,5 waar dit maar zelden voorkomt bij lage kleigehaltes (Figuur 5). Echter blijken ook de zandgrond percelen in Friesland een relatief hoog koolstofgehalte hebben wat kan komen doordat deze al jaren gebruikt worden voor permanent grasland. Ook in de Achterhoek is op drie zandgrond percelen een koolstofgehalte boven de 3,5% gevonden. De data van deze percelen wordt nader bekeken om te achterhalen waarom hier veel koolstof is opgeslagen wat beter inzicht in de potentie van maatregelen in verschillende context zal verschaffen. Terwijl in de wetenschap nog veel de klassieke koolstof analyse van Dumas wordt gebruikt, zien we dat in de praktijk steeds vaker de goedkopere en snellere NIRS-methode wordt gebruikt. Vergelijking van deze methoden op dezelfde grondmonsters laat zien dat de NIRS methode een aardige inschatting maakt ($R^2 = 0,91$), maar dat vooral bij hoge koolstofgehaltes de foutmarge groot is (Figuur 4, rechts). Gemiddeld komt de NIRS-methode tot het zelfde koolstofgehalte omdat de trendlijn (gestippeld) de 1:1 vergelijkinglijn (groen) volgt.



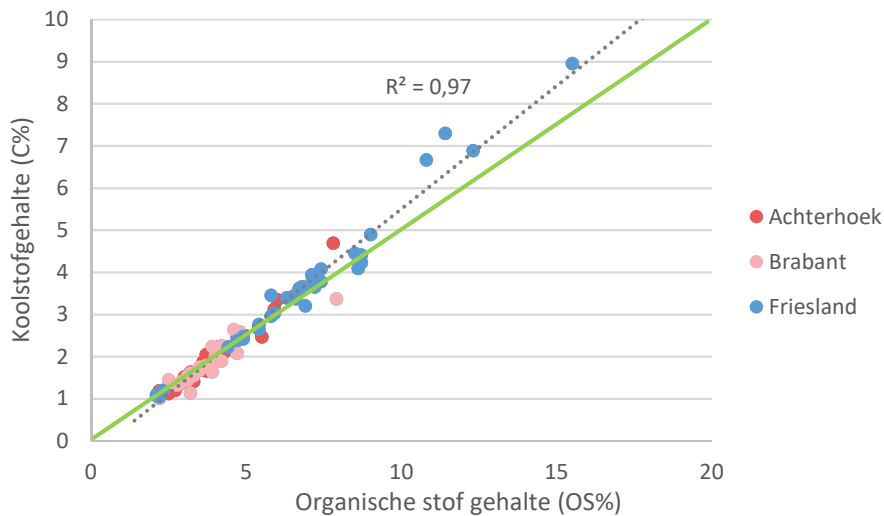
Figuur 4. Links: spreiding in koolstof gehalte gemeten in de netwerken. Rechts: de correlatie tussen koolstofgehaltes gemeten met de Klassieke Dumas methode en de alternatieve NIRS methode.



Figuur 5 Correlatie tussen het kleigehalte en het koolstof gehalte op de percelen in de verschillende netwerken.

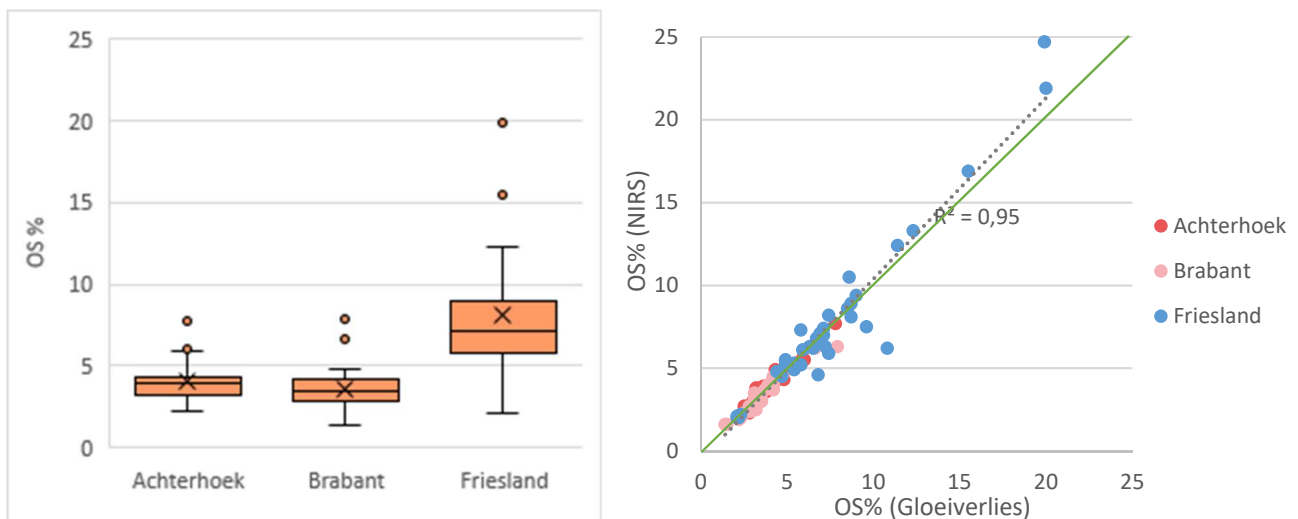
5.1.2 Organische stofgehalte

In de praktijk kijken melkveehouders momenteel vaker naar het organische stofgehalte dan naar het koolstofgehalte van hun bodem. Het organische stofgehalte is een goede indicator voor bodemkoolstof, omdat organische stof voor ongeveer 50% uit koolstof bestaat. Afhankelijk van soort en leeftijd van de organische stof kan het koolstofgehalte iets meer of minder zijn waardoor koolstof en organisch stof gehalte sterk maar niet perfect aan elkaar correleren ($R^2 = 0,97$ Figuur 6). In Figuur 6 is de verhouding koolstofgehalte 50% van het organische stof gehalte met een groene lijn aangegeven (OS% 1 : C% 0,5). De trendlijn (gestippeld) horend bij de metingen in de netwerken loopt steiler dan deze standaard verhouding (OS% 1 : C% 0,5), wat betekent dat bij hoge organische stof gehaltenes de organische stof voor meer dan 50% uit koolstof bestaat. Het aantal waarnemingen met hoge koolstof gehaltenes is echter klein.



Figuur 6. Correlatie tussen het organische stof en koolstofgehalte op de gemeten netwerkpercelen

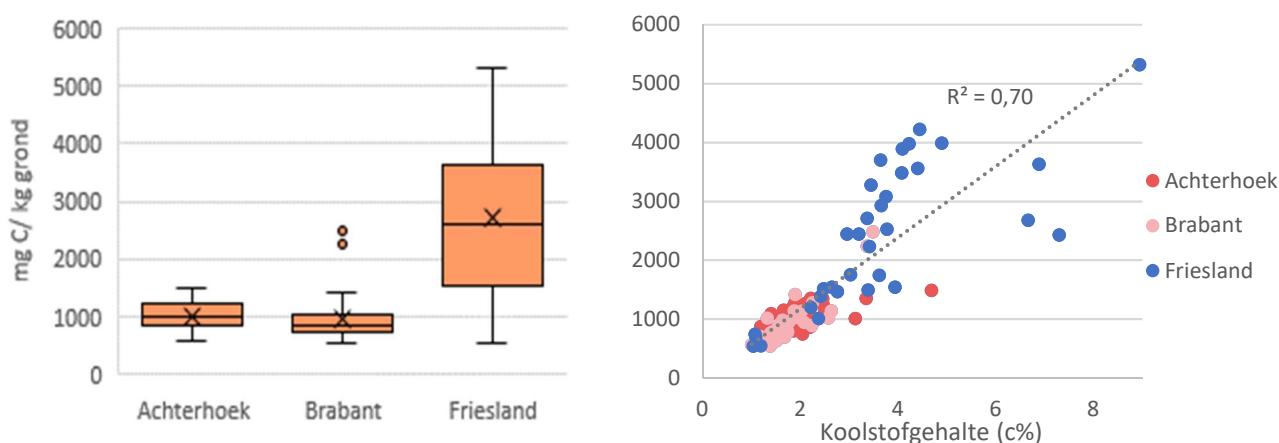
Door de sterke correlatie is de verhouding van organische stofgehalte tussen de netwerken (Figuur 7, links) vergelijkbaar is met dat van het koolstofgehalte (Figuur 4, links). Voor organische stof worden in Friesland minder uitschieters gevonden dan voor koolstofgehalte wat kan worden verklaard door het hoge koolstofgehalte in de organische stof op de percelen met een hoog organische stofgehalte. De NIRS-methodologie blijkt (Figuur 7, rechts) binnen de netwerken beter in staat te zijn om het organische stofgehalte te schatten dan het koolstofgehalte ($R^2 = 0,95$ vs. $0,91$; Figuren 7 en 4, rechts). De NIRS-methodologie leidt het koolstofgehalte uit het organische stofgehalte en een aantal aspecten die blijkbaar vooral op kleigronden nog aangescherpt kunnen worden. Gemiddeld overschat de NIRS-methodologie de organische stofgehaltes bij hoge organische stof en onderschat het deze bij lage gehalten. De trendlijn (stippellijn) loopt steiler dan de 1:1 vergelijking (groene lijn).



Figuur 7. Links: spreiding in organische stofgehalte gemeten in de netwerken. Rechts: de correlatie tussen organische stof gehalten gemeten met de Klassieke gloeiverlies methode en de alternatieve NIRS methode.

5.1.3 Heet water koostof

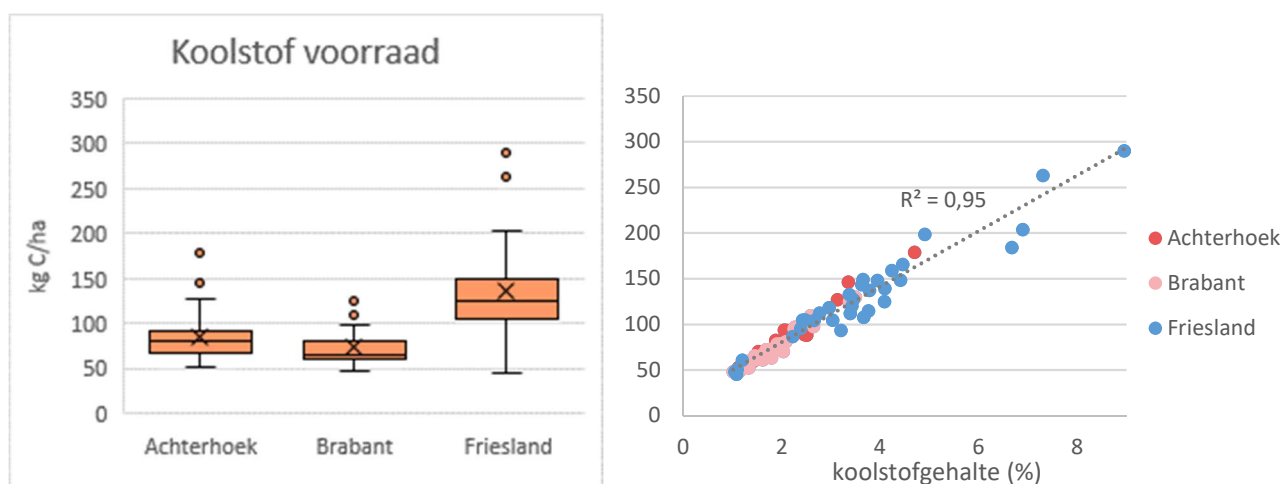
Het koolstofgehalte zoals besproken in 5.1.1 geeft een goede indicatie van de hoeveel koolstof die zich op het meetmoment in de bodem bevond, maar niet over de stabiliteit van deze koolstof en wat er met deze koolstof zal gebeuren. Om een beter inzicht te geven in de te verwachten veranderingen in koolstof op de lange termijn is ook de heet water extraheerbare koolstof (of Hot Water Carbon, HWC) bepaald. Het aandeel koolstof dat middels heet water uit een bodemonmonster is te extraheren is niet stabiel in de bodem opgeslagen maar is labiel en voor een groot aandeel opgeslagen in de microbiële (schimmels & bacteriën) biomassa. Hiermee is heet water koolstof niet alleen een goede indicator voor bodemleven activiteit, maar geeft wanneer vergeleken met het totale koolstofgehalte een indicatie van de koolstof die voor de lange termijn is opgeslagen. Wanneer deze vergelijking maken zien we dat heet water koolstof matig correleert ($R^2 = 0,70$, Figuur 8, rechts) aan het koolstofgehalte in de bodem. Voor percelen boven de stippellijn is een relatief hoog aandeel van de bodemkoolstof labiel en daarmee oplosbaar in heet water wat een indicator is voor hoog bodemleven. Percelen onder de stippellijn hebben een relatief hoog aandeel stabiele koolstof die voor de lange termijn is opgeslagen in de bodem.



Figuur 8. Links: spreiding in heet water koolstof gemeten in de netwerken. Rechts: de correlatie tussen koolstofgehalte en heet water koolstof in de netwerken.

5.1.4 Koolstofvoorraad

De tot nu toe besproken koolstof- en organische stof indicatoren zijn uitgedrukt als gehalte in de bodem. Dit geeft nog geen inschatting van de hoeveelheid koolstof die een boer in zijn perceel heeft opgeslagen door het toepassen van een klimaatmaatregel. Om hoeveelheid koolstof die per hectare van de Netwerk Veehouderij percelen wordt opgeslagen is in 2020 de koolstofvoorraad in de bouwvoor (bovenste 30 cm) aan de hand van het koolstofgehalte en de gemeten bulkdichtheid (gewicht van 1 cm³ grond). De gemiddelde koolstofvoorraad bedroeg 85 ton C/ha in het Gelderse netwerk, 73 ton in Brabant en 130 ton in Friesland (Figuur 9, links). Het verschil tussen Friesland en de andere netwerken is hiermee voor koolstofvoorraad kleiner dan voor koolstofgehalte door de lagere bulkdichtheid op kleigronden. Omdat de koolstofvoorraad met het koolstofgehalte wordt berekend is de correlatie tussen deze indicatoren logischerwijs sterk (Figuur 9, rechts). Met een R^2 van 0,95 wordt 95% van de variatie in koolstofvoorraad door de variatie in koolstofgehalte verklaard en 5% door variatie in bulkdichtheid.



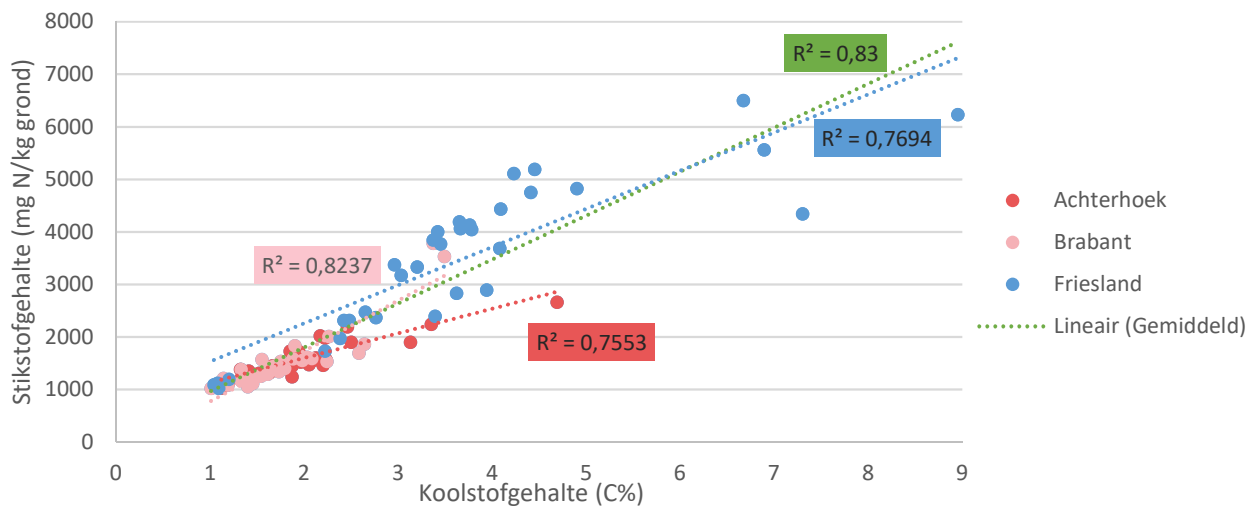
Figuur 9. Links: spreiding in koolstofvoorraad gemeten in de netwerken. Rechts: de correlatie tussen koolstofgehalte en koolstofvoorraad in de Netwerken Veehouderij.

5.2 Invloed van koolstof op bodemkwaliteit

Het effect van bodemkoolstof op andere bodemkwaliteitsindicatoren aangaande bodemchemie, -fysiek en -biologie is eveneens geïllustreerd middels correlatieanalyses. Hierbij is het koolstofgehalte op de x-as uitgezet tegenover verschillende bodemkwaliteitsindicatoren op de y-as.

5.2.1 Bodemchemie

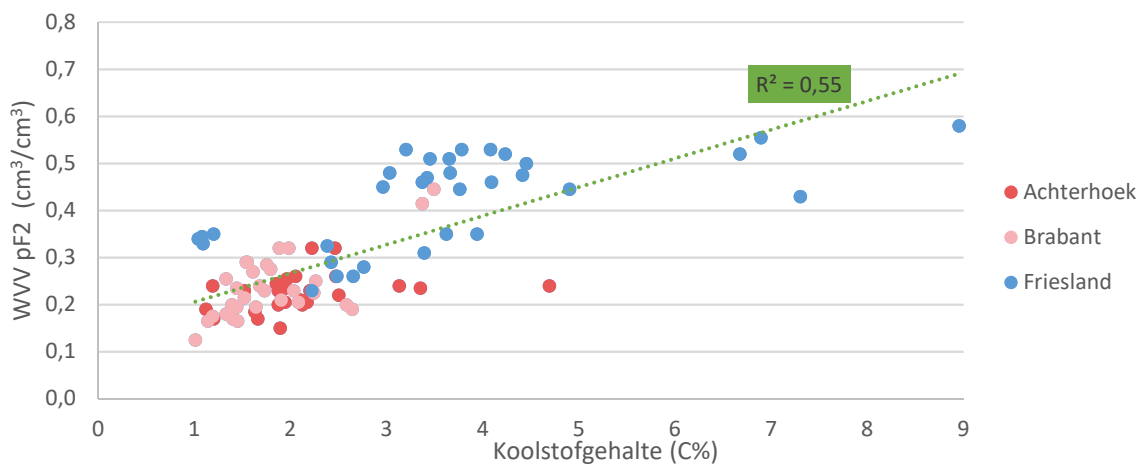
Naast koolstof is stikstof een belangrijke bouwsteen van gewassen die op landbouwgrond groeien. Het bodemstikstof gehalte is daarom voor boeren een belangrijke indicator van bodemkwaliteit. In de gemeten percelen correleert het koolstofgehalte sterk met het stikstofgehalte ($R^2 = 0,83$) en deze relatie is vergelijkbaar in de verschillende netwerken (Figuur 10). In het Gelderse netwerk wordt de minst sterke correlatie gevonden ($R^2 = 0,76$) tussen koolstof- en stikstofgehalte, en zorgt een toename in koolstofgehalte tot minder toename in stikstofgehalte dan in de andere netwerken (vlakke lijn). Net als het koolstofgehalte zegt het stikstofgehalte niets over de stabiliteit van de stikstof en daarmee of deze beschikbaar is voor de plant om op te nemen. Melkveehouders kijken daarom vaak naar de indicator stikstof leverend vermogen (NLV), welke niet is opgenomen in de BLN-indicator set. Het toevoegen van deze indicator aan de BLN en aan het meetprotocol zou waardevol zijn om inzicht te verkrijgen hoe deze correleert aan bodemkoolstof. Verbeteren van het stikstof leverend vermogen wordt door deelnemers genoemd als een van de belangrijkste voordelen van bodemkoolstof omdat het de afhankelijkheid van kunstmest vermindert waarmee het voor biologische boeren essentieel is. Voor andere chemische bodemkwaliteit indicatoren is de correlatie met koolstofgehalte met een R^2 van 0,15 voor fosfaat beschikbaarheid en 0,03 voor kali beschikbaarheid erg laag wat te verklaren is door een slechtere binding aan organische stof.



Figuur 10. Correlatie tussen het koolstof- en stikstofgehalte op de gemeten netwerk percelen

5.2.2 Fysieke Bodemkwaliteit

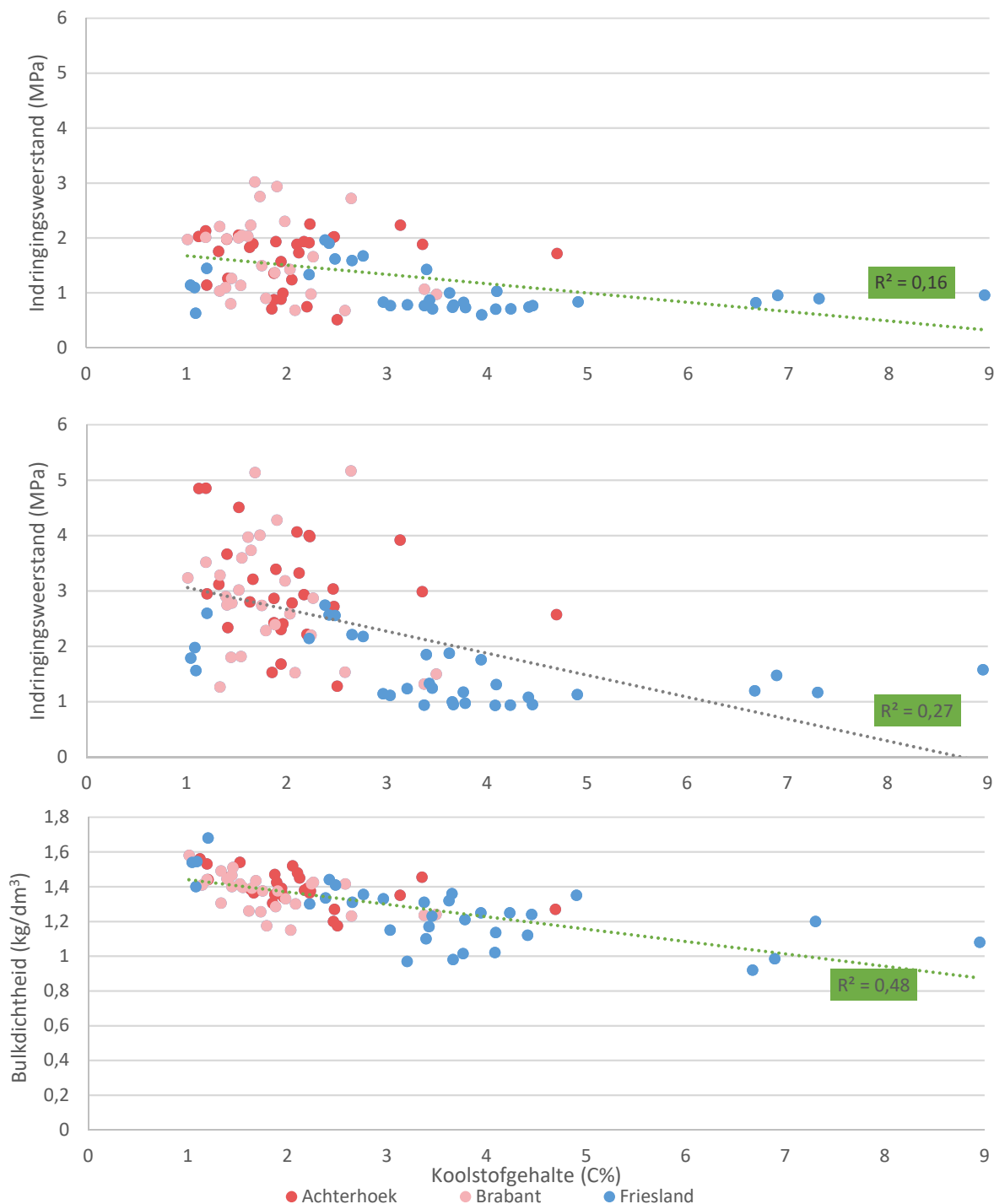
Eén van de belangrijkste door de deelnemers genoemde voordelen van bodemkoolstof is verbetering in de waterhuishouding. Vocht kan binden aan organische stof waardoor deze in natte tijden tot minder overlast leidt en bij droogte door het gewas kan worden benut. Het koolstofgehalte blijkt inderdaad redelijk te correleren ($R^2 = 0,55$) aan het watervasthoudend vermogen van de bodem op de gemeten percelen (Figuur 11)



Figuur 11. Correlatie tussen het koolstof gehalte en het water vasthoudend vermogen (WVV) onder normale druk (pF2)

Naast verbetering in water vasthoudend vermogen wordt verwacht dat een toename in bodemkoolstof de bodemstructuur zal verbeteren, wat tot een verlaging van de indringingsweerstand kan leiden. De indringingsweerstand reflecteert de moeite die het gewaswortels kost om de bodem in te dringen en is per perceel op 10 meetpunten voor elke centimeter van een dieptekolom van 80 cm bepaald. Uit een deze metingen is een gemiddelde (over de meetpunten & dieptekolom van 30 of 80 cm) en een maximum bepaald. Vanaf een indringingsweerstand van 1,5 MPa worden wortels geremd in de groei en vanaf 3 MPa is wortelgroei vrijwel onmogelijk. Op de gemeten percelen is het koolstofgehalte maar zwak ($R^2 = 0,16$) gecorreleerd aan de gemiddelde indringingsweerstand in de bovenste 30 centimeter van de bodem (Figuur 12). De maximale indringingsweerstand gemeten in deze bodemlaag lijkt

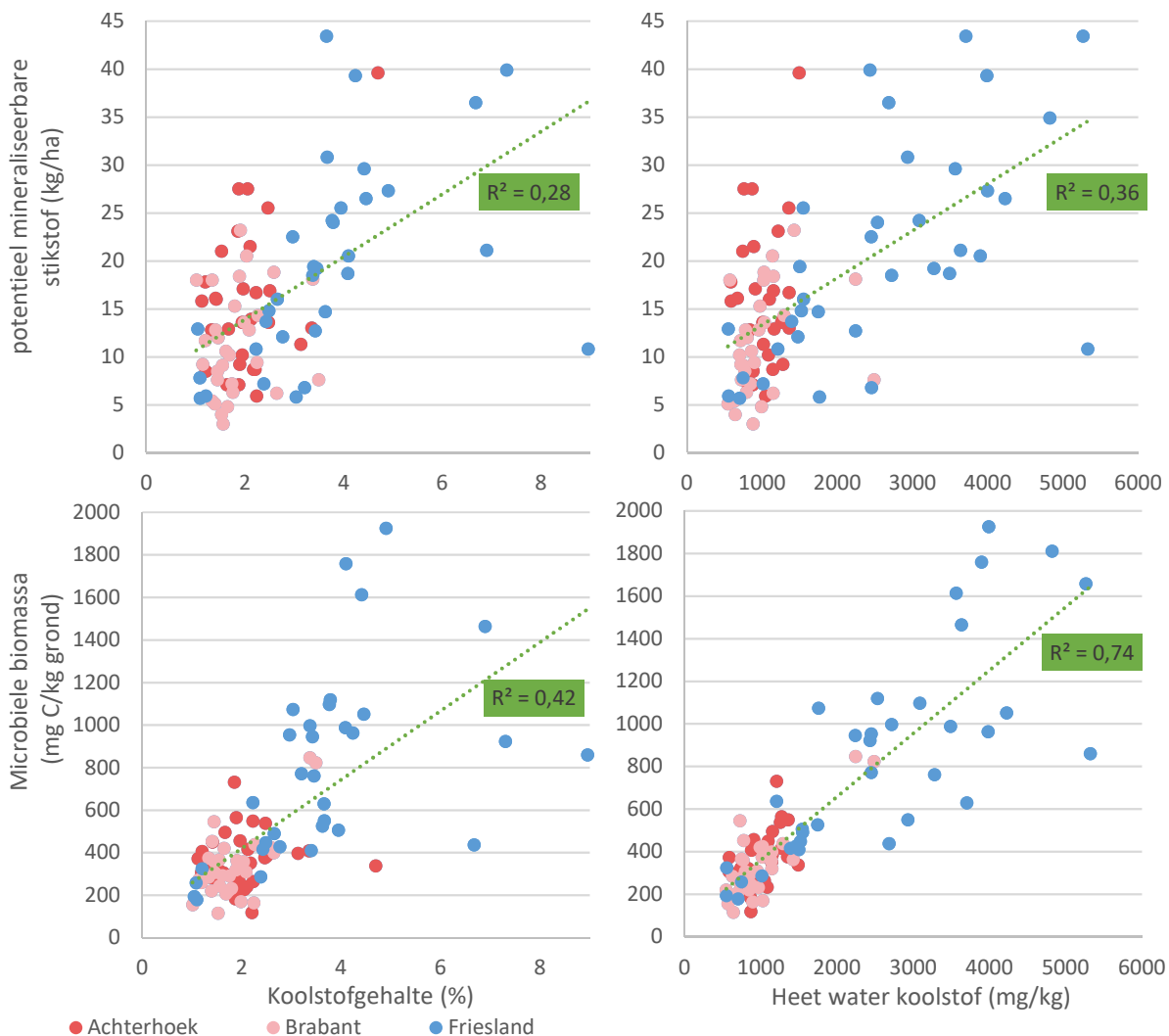
sterker beïnvloed door het koolstofgehalte ($R^2 = 0,27$). De achterliggende theorie is dat koolstof (in de vorm van organische stof) de bodem luchtiger maakt wat het voor de wortels gemakkelijker kunnen groeien. De luchtigheid van de bodem wordt gereflecteerd in de bulkdichtheid welke sterker met het koolstofgehalte correleert ($R^2 = 0,48$). De verlaging in bulkdichtheid vertaalt zich echter niet direct door in de indringingsweerstand.



Figuur 12. Correlatie tussen het koolstofgehalte en de gemiddelde (boven) en maximale (midden) indringingsweerstand en bulkdichtheid (onder) op de gemeten percelen

5.2.3 Bodembiologie

In Figuur 13 zijn de potentieel mineraliseerbare stikstof en de microbiële biomassa uitgezet tegen koolstofgehalte en heet water koolstof (HWC). De potentieel mineraliseerbare stikstof, een indicator voor bodemleven, correleert vergeleken met het totale koolstofgehalte (Figuur 10) weinig aan het koolstofgehalte ($R^2 = 0,28$ vs. $R^2 = 0,83$). Met het heet water koolstof (HWC), de labiele koolstof fractie die ook veel als indicator voor bodemleven wordt gebruikt, is de correlatie hoger ($R^2 = 0,36$) maar nog steeds zwak. De correlatie tussen koolstofgehalte en de microbiële biomassa, die zelf ook voor de helft uit koolstof bestaat, is met een R^2 van 0,42 redelijk. Een vrij sterke correlatie ($R^2 = 0,74$) wordt gevonden tussen de microbiële biomassa en het heet water koolstof. De correlatie tussen het potentieel mineraliseerbare stikstof en microbiële biomassa is met een R^2 van 0,22 juist zwak. De microbiële biomassa is bepaald middels NIRS en het is nog onduidelijk hoe goed deze methode het bodemleven in kaart kan brengen.



Figuur 13. Correlatie van het koolstof gehalte (Links) en heet water koolstof (rechts) met de potentieel mineraliseerbare stikstof (boven) en microbiële biomassa (onder).

5.3 Beoordeling van bodemkwaliteit

Het BLN protocol en de bijbehorende indicatorenset zijn opgezet om een integraal en gestandaardiseerd oordeel te kunnen vellen over bodemkwaliteit. Hoewel er inmiddels een duidelijk beeld is van welke indicatoren meegenomen moeten worden om bodemkwaliteit te beoordelen, is de inventarisatie en vaststelling van referentiewaarden nog niet volledig en moet er aan het ontwikkelen van streefwaarden nog begonnen worden. In Tabel 6 zijn de beschikbare referentiewaarden (Hanegraaf *et al.* 2019) gepresenteerd. Deze waarden zijn gebaseerd op een eerste inventarisatie binnen de Nederlandse databases en literatuur. Deze referentiewaarden kunnen worden gebruikt om een oordeel te vellen over de bodemkwaliteit in de verschillende netwerken middels vergelijking met de spreiding gemeten in de netwerken (Tabel 6). Daarnaast kan de BLN data uit het Netwerk Veehouderij worden gebruikt om de referentiewaarden van de BLN indicatorenset verder te definiëren. Specifiek voor indicatoren waarvoor nog geen referentiewaarde beschikbaar is biedt de data uit het Netwerk Veehouderij een eerste indicatie. Opvallen is dat voor organische stof en koolstofindicatoren in de netwerken waarden zijn gevonden die onder het bereik van de referentiewaarden liggen. Dit komt waarschijnlijk omdat de referentiewaarden niet voor de melkveehouderij in het algemeen zijn bepaald, maar voor de grasland percelen. In de netwerken zijn echter ook maispercelen opgenomen. Dit heeft ook invloed op andere waarden. Het water vasthoudend vermogen ligt op alle kleipercelen hoger dan de referentiewaarde. Regelmatig beslaan de waarden gevonden in de Netwerkpercelen een grotere range i.v.m. de huidig beschreven referentiewaarden.

Tabel 6. De BLN indicatorenset met de (voorlopige) referentiewaarden (Hanegraaf *et al.* 2019) en de spreiding (laagste & hoogste waarden) gemeten in het Netwerk Veehouderij.

Indicator (methode)		Eenheid	Melkveehouderij klei		Melkveehouderij zand	
			Referentie	Netwerk	Referentie	Netwerk
Organische stof	Organisch stofgehalte (Gloeiverlies)	%	3,4 – 13,5	2,1 – 20,0	3,8 – 11,2	1,4 – 11,4
	Koolstofgehalte (Dumas)	%	N.B.	1,0 – 9,0	N.B.	1,0 – 7,3
	Koolstofvoorraad (Berekend)	Kg/ha ⁻¹	N.B.	45 – 290	N.B.	48 – 263
	Heet water koolstof (HWC) (Extractie heet water)	mg/kg ⁻¹	500	547 – 5325	700 – 2000	543 – 2432
Fysisch	Watervasthoudend vermogen (Drukpan)	%	0,24	0,33 – 0,66	0,19	0,12 – 0,43
	Gem. indringingsweerstand (Penetrologger)	MPa	< 2 a 3	0,6 – 3,0	< 2 a 3	0,5 – 2,0
	Droge bulkdichtheid (Droge massa)	kg/m ³	< 1,75- 0,009*lutum	0,55 – 1,68	< 1,6	1,1 – 1,58
	Aggregaatverdeling (Visuele beoordeling)	%kruimel %afgerond	> 25% 0-75%	0 – 40% scherp	> 25% 0-75%	0 – 70% scherp
Chemisch	Zuurgraad (pH) (CaCl ₂ extractie)		5,2 – 7,4	4,8 – 7,1	4,6-5,6	4,4 – 6,3
	Stikstofvoorraad (Kjeldahl)	Kg/ha ⁻¹	3110 – 3890 ¹	1020 – 7340 (mg N/kg)	1410 – 2060	620 – 4340 (mg N/kg)
	Potentieel mineraliseerbare stikstof (NIRS)	mg N/kg ⁻¹	60 – 80 ¹	5,7 – 43,4 (kg/ha)	125 – 175	3,0 – 39,9 (kg/ha)

Indicator (methode)		Eenheid	Melkveehouderij klei		Melkveehouderij zand	
			Referentie	Netwerk	Referentie	Netwerk
	Fosfaatvoorraad (P-AL; zure extractie)	Mg P₂O₅/100g⁻¹	19 – 57	5 – 186	30 – 90	15 – 137
	Fosfaatvoorraad (Pw; water extractie)	mg P₂O₅/L⁻¹	25	5– 118	30	15 – 172
	Fosfaatbeschikbaarheid (P-PAE; extractie CaCl ₂)	mg P/kg⁻¹	N.B.	0,2 – 9,1	2,8 – 4,1	0,3 – 18,1
	Kalivoorraad (NIRS)	Kg/ha⁻¹	335 – 475 ¹	1,9 – 24,3 (mmol/kg ⁻¹)	155 – 215	1,1 – 4,5 (mmol/kg ⁻¹)
	Kalibeschikbaarheid (K-PAE; extractie CaCl ₂)	mg K/kg⁻¹	210 – 330 ¹	23 – 273	95 – 135	14 – 254
Biologisch	Microbiële biomassa (NIRS)	µg C/kg⁻¹	N.B.	180 – 1926	N.B.	116 – 923
	Bacterie-biomassa (NIRS)	µg C/kg⁻¹	N.B.	66 – 847	11-39 NIRS	52 – 326
	Bacterie-biomassa (PLFA)	µg C/ g⁻¹	38 – 844		40 – 293	
	Schimmel-biomassa (NIRS)	µg C/kg⁻¹	N.B.	6 – 645	N.B.	6 – 214

N.B.: niet beschikbaar, 1= referentiewaarde akkerbouw

6 Demonstraties

Tijdens de bedrijfsbezoeken en regiobijeenkomsten in 2018 en 2019 is in elk netwerk geïnventariseerd in welke maatregelen deelnemers ofwel veel interesse hadden ofwel veel vragen hadden over de toepassing in de regio specifieke omstandigheden. In elk regio zijn hierop demonstraties opgezet met als doel kennisuitwisseling gezamenlijk leren, deelnemers in verduurzaming te faciliteren en aan een breder publiek te demonstreren. In Brabant heeft dit geresulteerd in een demo over de wisselteelt mais-grasklaver (60-20-20) en het toedienen van extra organische stof. Ook in de Gelderse Vallei wordt in een demo gekeken naar het effect van toedienen van extra organische stof en in de Achterhoek naar het inzaaien van kruiden. In Friesland wordt eveneens een demonstratie bijeenkomst opgezet rondom kruidenrijk grasland en is onderzoek gedaan naar het effect van betreding op bodemverdichting.

6.1 Koolstof opbouw bij een 60-20-20 bouwplan in Brabant

6.1.1 *Aanleiding & doelstelling*

Op zandgronden maakt snijmais vaak deel uit van het bouwplan van een melkveehouderij. De gewonnen mais is een waardevol voedingrediënt dat hoge productie mogelijk maakt en helpt bij het sturen van de eiwit-energie balans. De teelt van mais gaat echter veelal gepaard met verlies van organische stof uit de bodem, waardoor vooral bij continue maisteelt lage organische stof gehaltes in de bodem worden gevonden. Om maispercelen productief te houden worden ze die relatief zwaar bemest met drijf- en kunstmest. In een wisselteelt met grasklaver kan het verlies van organische stof uit de bodem mogelijk beperkt worden. In de jaren dat mais wordt geteeld wordt de organische stof verbruikt die de voorgaande jaren grasklaver is opgebouwd. Wanneer op bedrijfsniveau ook ingezet wordt op een groot aandeel permanent grasland, ligt bedrijfseconomisch gezien een goed evenwicht in het landgebruik dat is aangeduid als 60-20-20. Hierbij blijft 60% van het bedrijfsareaal permanent grasland en van de overige 40% wordt op de helft 3 jaar gras(klaver) geteeld en op de andere helft 3 jaar mais. Na 3 jaar wisselen mais en gras(klaver) elkaar af. Op deze manier kan een gunstiger bodem-OS en bodemkwaliteit bereikt worden. Hoewel het 60-20-20 bouwplan ontwikkeld is ter verbetering van nutriënten kringlopen is er nog veel onbekend over de koolstofopbouw in de verschillende fases van dit bouwplan. De koolstof vastleggende potentie van 60-20-20 bestaat deels uit een gunstiger bodemkwaliteit op de percelen waar mais en grasklaver in wisselteelt toegepast worden, en deels uit de extra koolstof die op 60% van het areaal permanent grasland wordt vastgelegd.

60-20-20 is in theorie uitgewerkt en doorgerekend, maar is in de praktijk soms lastig toepasbaar. Doel van het meenemen van 60-20-20 in de demonstraties van het Netwerk Veehouderij, is om met veehouders vast te stellen op welke manier 60-20-20 toegepast kan worden en om na te gaan of er regionale verschillen zijn. Hier kan uit afgeleid worden welke factoren de veehouder weerhouden om 60-20-20 toe te passen. Daarnaast vormen de activiteiten in deze demonstratie een belangrijke basis voor de selectie van bedrijven en percelen die in de Lange Termijn Experimenten gevolgd worden voor koolstofopbouw in de maatregelen 60-20-20 en leeftijd grasland op zand.

6.1.2 *Uitvoering*

Vanwege een verwacht potentieel van koolstofvastlegging is in 2020 gestart een gerichte selectie van praktijkpercelen. Hierbij is specifiek gezocht naar percelen die:

- geruime tijd mais zijn geweest en sinds één of twee jaar weer gras zijn
- percelen waar gras en mais elkaar ongeveer om de drie jaar afwisselen
- percelen geruime tijd gras zijn geweest en nu één of twee jaar mais zijn.

Voor deze selectie is gebruik gemaakt van een dataset van de Duinboeren waarin van een groot aantal bedrijven bodemanalyses van individuele percelen beschikbaar waren. Binnen deze dataset is een selectie van bedrijven/percelen gemaakt. De geselecteerde bedrijven werden telefonisch benaderd. Tijdens dit gesprek werd in detail nagegaan wat het historisch landgebruik van de percelen was, waarom een perceel van gras naar mais was gegaan of vice versa en wat de veehouder de komende jaren met het perceel van plan was. Op basis van de uitkomst zijn 20 percelen geselecteerd. Om tot dit aantal te komen zijn ook zandpercelen elders in Noord-Brabant geselecteerd. Indien mogelijk werden verschillende categorieën percelen op hetzelfde bedrijf geselecteerd om het verzamelen/vergelijken van het management te vereenvoudigen. Percelen werden vervolgens in het najaar van 2020 in het project A1 (LTE's) bemonsterd. Daarnaast worden met een aantal veehouders keukentafelgesprekken gevoerd over de belemmeringen van 60-20-20. Daarbij wordt een koolstofbalans van het bedrijf gemaakt en gekeken hoe 60-20-20 en andere maatregelen bij kunnen dragen bij het vastleggen van meer koolstof.

6.1.3 *Resultaat & Verloop*

Het selectieproces leverde veel waardevolle informatie en inzichten op ten aanzien van 60-20-20 en landgebruik op melkveehouderijbedrijven met mais in het bouwplan. De resultaten van de koolstofmetingen (project A1) laten een verwacht en bemoedigend resultaat zien. Tot heden heeft er nog maar één keukentafelgesprek plaatsgevonden waarbij een volledige koolstofbalans op bedrijfsniveau is opgemaakt. Dit leverde echter veel inzichten op. Deze inzichten worden in 2021 aangevuld met keukentafelgesprekken met andere boeren.

6.1.4 *Plannen 2021*

Vanwege Corona en het recentelijk beschikbaar komen van de resultaten heeft er nog geen feedback naar de veehouders plaatsgevonden. Dit zal aan het begin van tweede kwartaal van 2021 alsnog plaatsvinden. Ook zal gekeken worden of er een themabijeenkomst rond dit onderwerp georganiseerd kan worden. Om de resultaten van 2020 te bestendigen, worden in 2021 nieuwe percelen om te bemonsteren gezocht.

6.2 Koolstof aanvoeren met compost in Brabant

6.2.1 *Aanleiding & doelstelling*

Veel van de Brabantse deelnemers zijn aan de slag met het extra toedienen van organische stof, waaruit vragen naar voren zijn gekomen over de effecten op de bedrijfsvoering, bodemkwaliteit en nutriëntbeschikbaarheid. Brede toepassing van deze maatregel wordt beperkt door huidige mestwetgeving; als boeren compost toedienen kunnen zij minder drijfmest toedienen door de limieten aan stikstof en fosfaat aanvoer. Toedienen van compost resulteert hiermee in dubbele

kosten (aankoop compost en afvoer drijfmest). In stabiele organische meststoffen zoals compost zijn stikstof en fosfaat, waarvan het de mestwetgeving de uitspoeling moet beperken, echter sterker gebonden. Uitspoeling is hierdoor waarschijnlijk beperkter is dan bij drijfmest, waardoor meer bemesting mogelijk zou kunnen zijn binnen dezelfde uitspoeling limieten. In samenwerking met Branche Vereniging Organische Reststoffen (BVOR) is daarom naar het voorbeeld van Kaindorf (Oostenrijk) een proef opgezet met een eenmalige hoge groencompost gift opgezet. In deze proef wordt daarom naast de bodemgezondheidseffecten van toedienen van compost ook de stikstof en fosfaat uitspoeling. De deelnemende agrariërs hebben vrijstelling gekregen voor de mestwetgeving om aan dit experiment mee te kunnen doen. Dat wil zeggen dat de compostgift voor deze percelen niet hoeft te worden meegeteld voor de mestboekhouding. Deze vrijstelling is gegeven door de Rijksdienst Voor Ondernemend Nederland op verzoek van het Ministerie van LNV.

6.2.2 *Uitvoering*

In het najaar van 2020 is bij 4 ondernemers in Noord-Brabant, binnen een perceel op een behandelingsvlak van één hectare 150 ton groencompost uitgereden en op een even groot referentievlak geen compost toegediend. Voorafgaand aan de compostgift is zowel in het behandeling- als referentievlak een bodem mengmonster verzameld, waarop een chemische analyse is uitgevoerd als nulmeting. De behandeling en referentie ondergaan afgezien van deze compostgift een gelijke behandeling: dezelfde bemesting, grondbewerking, gewas et cetera. De komende jaren wordt elk voor- en najaar een bodemmonster genomen om het koolstofgehalte en de beschikbaarheid van nutriënten te bepalen. Daarnaast zullen ook metingen worden verricht naar de uitspoeling van stikstof en fosfaat. De ondernemers monitoren daarnaast het gewas en leveren jaarlijks informatie aan over grondbewerking, gewasopbrengsten e.d.

6.2.3 *Resultaat & verloop*

Op dit moment zijn er nog geen resultaten beschikbaar. Onder de ondernemers is er de hoop dat het effect van de compostgift op korte termijn zichtbaar wordt in de kwaliteit of opbrengst van het gewas, maar of dat ook zo is, zal moeten blijken.

6.2.4 *Plannen 2021*

In het voorjaar en najaar van 2021 worden metingen verricht aan het koolstofgehalte en aan de uitspoeling van stikstof en fosfaat. Op deze momenten wordt ook informatie bij de ondernemer verzameld over het gewasmanagement e.d. De resultaten van de metingen worden ook teruggekoppeld aan de ondernemers, bijvoorbeeld tijdens een bijeenkomst.

6.3 Koolstof aanvoeren met Bokashi in Brabant

6.3.1 *Aanleiding & doelstelling*

De maatregel toedienen van organische mest wordt ruim toegepast in het Brabantse netwerk wat vragen oproept over de effectiviteit voor bodemkwaliteit en gewasopbrengst van verschillende organische meststoffen. Bokashi, organisch materiaal gefermenteerd door toevoeging van effectieve micro-organisme en kalkhoudende producten, staat hierbij in grootte belangstelling. Waterschappen, natuurbeheerders en gemeente hebben interesse in Bokashi als snel en goedkoop alternatief voor composteren van het maaisel. Deze interesse heeft tot

meerdere pilots voor het produceren van Bokashi geleid waaruit blijkt dat deze meststof door de anaerobe fermentatie een hoger koolstofgehalte heeft. Het effect van Bokashi op de bodemkwaliteit en de gewasopbrengst nog nooit onderzocht. In deze demonstratie proef wordt gekeken naar het effect van verschillende organische bodemverbeteraars bodemkwaliteit en gewasopbrengst

6.3.2 Uitvoering

In de proef wordt de bodemkwaliteit en gewasopbrengst de komende 6 jaar gemonitord voor 7 verschillende bemesting strategieën waar al dan niet (controle) organische meststoffen worden toegediend. De 7 behandelingen (Bokashi, gefermenteerd maaisel, ruw maaisel, groencompost, Bokashi met actieve kool, controle, KAS) worden in vijf herhalingen toegepast op een biologisch bouwland perceel met een vruchtwisseling van 2 jaar zomergraan 1 jaar snijmais. De toegepaste organische meststoffen worden uit hetzelfde uitgangsmateriaal gemaakt en in elke behandeling wordt dezelfde hoeveelheid uitgangsmateriaal aangebracht. Indien 20 ton ruw maaisel per hectare wordt aangebracht, wordt in de compost behandeling 8-12 ton/ha aangebracht omdat er tijdens het composteerproces veel organische stof verloren gaat. De proef neemt dus in acht hoe efficiënt uitgangsmateriaal wordt gebruikt. In het derde en vijfde jaar worden er metingen gedaan, zoals hieronder weergegeven.

Bodem	Gewas
Regenwormen, vochtvasthoudend vermogen, waterinfiltratie, bodemstructuur, biologische, fysische en chemische samenstelling, indringingsweerstand, N-uitspoeling, bulkdichtheid, onkruidruk	Vers en droge stof opbrengst per ha, voederwaarde analyse, N-benutting, beworteling

6.3.3 Verloop & Plannen 2021

In 2020 is in het kader van deze demonstratie een experiment ingericht. Hierin zijn verschillende behandelingen van het bermmaaisel ingezet zodat de bemesting conform de praktijk kan plaatsvinden. Om de voortzetting van het experiment te garanderen wordt deze in 2021 als Lange Termijn Experiment (LTE) opgenomen binnen project A1. Jaarlijks worden de bemestingen voorbereid en toegediend en in jaar 3 en 5 worden metingen aan bodemkwaliteit en opbrengst gedaan. Na het derde jaar wordt een tussenrapportage opgeleverd van de eerste resultaten waarna de eindrapportage in het 6^e jaar wordt opgeleverd.

Verder moet er goed gekeken worden op welke gewassen en percelen de aanwending van extra organische stof het meest effectief is. Heeft toedienen op gras zin, ligt het meer voor de hand om juist op maispercelen toe te dienen of moet i.v.m. beschikbaarheid van compost eerst buiten de melkveehouderij gekeken worden? Tot slot is het wenselijk om duidelijk te krijgen welke compost of andere vorm van extra organische stof toediening aan te bevelen is voor aanwending in de melkveehouderij. In 2021 zal verder gewerkt worden aan deze vraagstukken.

6.4 Kruiden, worteldiepte en koolstofopslag in de Achterhoek

6.4.1 Aanleiding & doelstelling

Het Gelders netwerk bevindt zich in de Achterhoek, in een gebied met zeer droogtegevoelige zandgronden. De meest voorkomende bodempakketten zijn podsolgronden. Daarnaast zijn er ook zwarte enk-eerdgronden, ontstaan door het gebruik van plaggen, en enkele stukken met beek-eerdgrond. Met name podsolgronden zijn vaak wat schraler en gevoelig voor uitspoeling en uitdroging. Daar komt echter bij dat het Gelderse netwerk in een waterwingebied van Vitens ligt. Dit heeft tot gevolg dat ook de percelen met een ander bodempakket in droge zomers sterk te lijden hebben.

Een gewas met een goede beworteling is minder gevoelig voor droogte. Daarom is het van belang dat de gewassen zo goed mogelijk gebruik maken van de beschikbare teeltlaag. Met name op podsol is deze laag dun. In het Gelders netwerk gaat het vaak om een humusrijke bouwvoor van 40 cm of minder. Tijdens de BLN-metingen in 2019 bleek echter dat de beworteling in de bouwvoor vaak te wensen overliet. Zowel de bewortelingsintensiteit als –diepte was vaak matig tot redelijk te noemen. Zeker in oudere graslanden heeft het gras de wortels als het ware opgetrokken. De inzet van kruidenrijke/diverse graslanden kunnen droogtegevoeligheid terugdringen, wanneer diepwortelende soorten worden ingezaaid. Tegelijk dragen de wortels bij aan de input van organische stof dieper in de bodem. In deze demo wordt gekeken naar het effect van divers grasland op beworteling, structuur en koolstofopslag. Tevens worden deelnemers ondersteund in kennis en materiaal om succesvol divers grasland te beheren.

6.4.2 Uitvoering

In het najaar van 2020 zijn 3 demo's ingezet in de Achterhoek. Twee ondernemers hebben kruidenrijk grasland ingezaaid op sterk droogtegevoelige percelen. Vlak voor inzaaien is een bodemonmonster in de laag 0-30 cm verzameld voor chemische analyse. Daarnaast hebben we een profielkuilbeoordeling verricht en metingen met de penetrologger gedaan, om een beeld te vormen van de huidige bodemstructuur, bodemleven en beworteling. Beide percelen zullen (deels) beweid worden in 2021. Bij een derde ondernemer is een perceel na de maisoogst ingezaaid met grasklaver, waarbij op de helft van het perceel een standaard grondbewerking is uitgevoerd (ploegen) en op de andere helft de grond slechts met een Smaragd cultivator is bewerkt. Op beide helften zijn twee bodemonmonsters verzameld voor chemische analyse: een monster in de laag 0-10 cm en een monster in de laag 0-30 cm. Ook zijn op beide helften metingen met de penetrologger verricht en profielkuilbeoordelingen gemaakt. De grasklaver wordt alleen gemaaid.

6.4.3 Resultaat & Verloop

Op dit moment zijn er nog geen resultaten beschikbaar. De ondernemers hebben aangegeven dat op elk van de percelen diverse plantensoorten lijken te ontkiemen. Doordat de planten nog erg klein zijn is het niet mogelijk om een goede inschatting te maken van de opkomst.

6.4.4 Plannen 2021

Demo's kruidenrijk: In het vroege voorjaar gaan we visueel monitoren welke kruiden t.o.v. de samenstelling van het zaadmengsel zijn opgekomen. Gedurende het groeiseizoen herhalen we deze monitoring regelmatig. Daarnaast wordt nauwkeurig bijgehouden hoe vaak en wanneer de percelen beweid worden, hoeveel neerslag er maandelijks valt en hoe de samenstelling van de aanwezige kruiden hierop reageert. De ondernemers krijgen ook begeleiding op het gebied van

geschikte bemesting en beweidingsregime. In het najaar worden de bodemmetingen voor chemische analyse herhaald. Tijdens het groeiseizoen wordt de voederwaarde van het gewas bepaald.

Demo grasklaver: In het vroege voorjaar gaan we visueel monitoren hoe de opkomst van de grassen en klavers zijn in beide helften van het perceel, om te bepalen of er een verschil waarneembaar is tussen de ontwikkeling van het gewas na de verschillende grondbewerkingen. Deze monitoring zal op een later moment worden herhaald, bij voorkeur in een droge periode in het groeiseizoen. Door niet alleen bovengronds, maar ook ondergronds naar het gewas te kijken in een droge periode, kan het effect van de grondbewerking op de ontwikkeling van de beworteling worden waargenomen. In het najaar worden de bodemmetingen voor chemische analyse herhaald. Tijdens het groeiseizoen wordt de voederwaarde van het gewas bepaald. De bevindingen in 2021 dienen als input tijdens de groepsbijeenkomsten. Daarnaast kunnen de percelen tijdens een veldbijeenkomst in de zomerperiode worden bezocht. Tijdens de veldbijeenkomst wordt een profielkuil gegraven, zodat de beworteling van de kruiden kan worden beoordeeld. Op een naastgelegen perceel zonder kruiden kan een vergelijkbare beoordeling van de beworteling worden gemaakt ter vergelijking/illustratie.

6.5 Toepassen van extra organische stof in de Gelderse Vallei

6.5.1 *Aanleiding & doelstelling*

Deze demonstratie wordt uitgevoerd samen met het Waterschap Vallei & Veluwe, trekker van het programmaonderdeel bodem, Regiodeal FoodValley. In de Gelderse Vallei werken verschillende groepen melkveehouders vanuit de Regiodeal FoodValley aan het verbeteren van bodemkwaliteit. Betrokken veehouders zijn zich de afgelopen jaren bewust geworden dat investeren in bodemkwaliteit een belangrijk vertrekpunt is om via aanpassingen in de bedrijfsvoering invulling te geven aan opgaven rond water, biodiversiteit, kringloop en klimaat. Het verbeteren van bodemkwaliteit wordt o.a. ingestoken vanuit het toedienen van extra organische stof in de vorm van Bokashi. Door het toedienen van Bokashi, gemaakt van lage kwaliteit maaisel afkomstig van gepachte natuurpercelen, streven ondernemers naar het verhogen van het OS-gehalte van de bodem. Dit komt zowel productiviteit als omgaan met watertekorten en -overschotten ten goede.

6.5.2 *Uitvoering*

Een zestal veehouders in het Binnenveld (Bennekom) heeft in september 2020 een gezamenlijke Bokashi kuil gemaakt met materiaal afkomstig van gepacht natuurland, ook uit het Binnenveld. De veehouders hebben elk een perceel geselecteerd waarop ze de Bokashi vanaf november 2020 op zullen aanwenden (bouwland 20 ton per hectare, grasland 10 ton per hectare). Bij elke veehouder is naast deze behandeling ook een controle uitgezet met het zelfde beheer maar zonder toediening van Bokashi, bij voorkeur door het perceel op te delen. Van deelnemers en geselecteerde percelen is relevante bedrijfsinformatie verzameld. In november 2020 is de Bokashikuil bemonsterd voor mestanalyse. Eind januari 2021 is een nulmeting van de bodem (koolstof, chemisch, indringingsweerstand) uitgevoerd.

6.5.3 Resultaten & plannen 2021

De groep veehouders trekt deze demonstratie en neemt zelf initiatief om het onderwerp Bokashi verder te verkennen en toepasbaar te maken op het eigen bedrijf. Vanuit Slim Landgebruik wordt de koolstofvastlegging gemonitord; hiertoe worden in 2021 de uitslagen van de bodemanalyses (0-meting) geanalyseerd en gedeeld. Daarnaast wordt in het groeiseizoen relevante informatie rond bemesting en opbrengst bijgehouden. Waar mogelijk zal bijgedragen worden aan de uitwerking van de implementatie van de toediening van extra organische stof in de vorm van Bokashi. In het voorjaar van 2021 wordt de fysische bodemkwaliteit vastgesteld met de BCS.

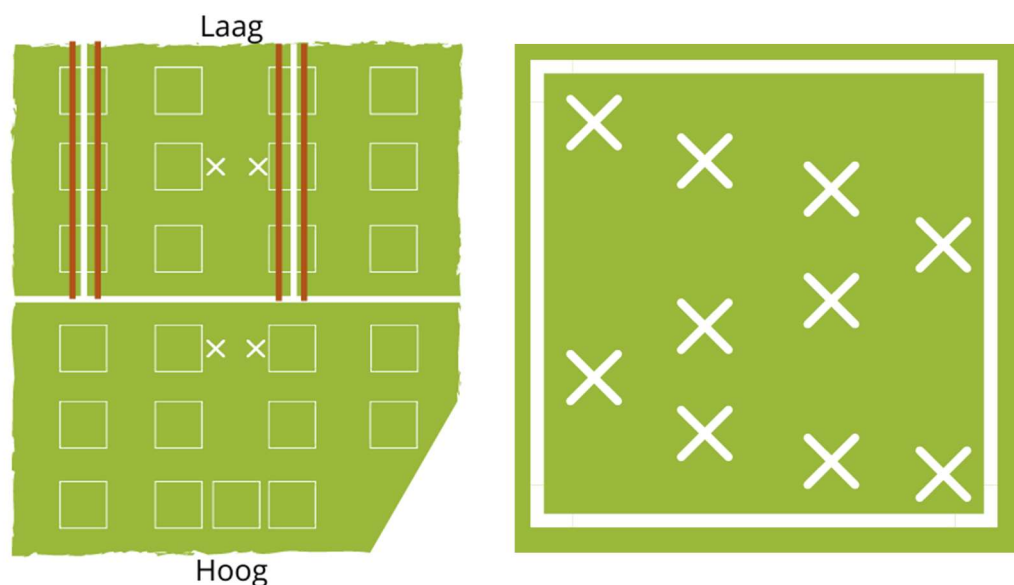
6.6 Verdichting door betreding in Friesland

6.6.1 Aanleiding & doelstelling

Verdichting (compacte bodem) heeft een negatief effect op opbrengst en zodekwaliteit en is daarmee een beperking in het behouden van de leeftijd van grasland. In het Friese netwerk worden veel problemen met verdichting ervaren door de zware contactdruk t.g.v. het hoge gewicht van gemechaniseerde bemesting op de bodem, die door vocht in het voorjaar nog beperkt draagkracht heeft. Deze effecten zijn het duidelijkste op percelen waar de bemester door landschapselementen (houtwal, heggen, greppels) altijd op hetzelfde spoor rijdt. Deze sporen zijn vaak nog tot in het najaar zichtbaar. Ook andere vormen van betreding kunnen de bodem ongewenst samendrukken. Deze demonstratie is een eerste verkenning van dit probleem waarin gekeken wordt naar verdichting in rijsporen en verdichting bij zomerstalvoeren en weidegang.

6.6.2 Uitvoering

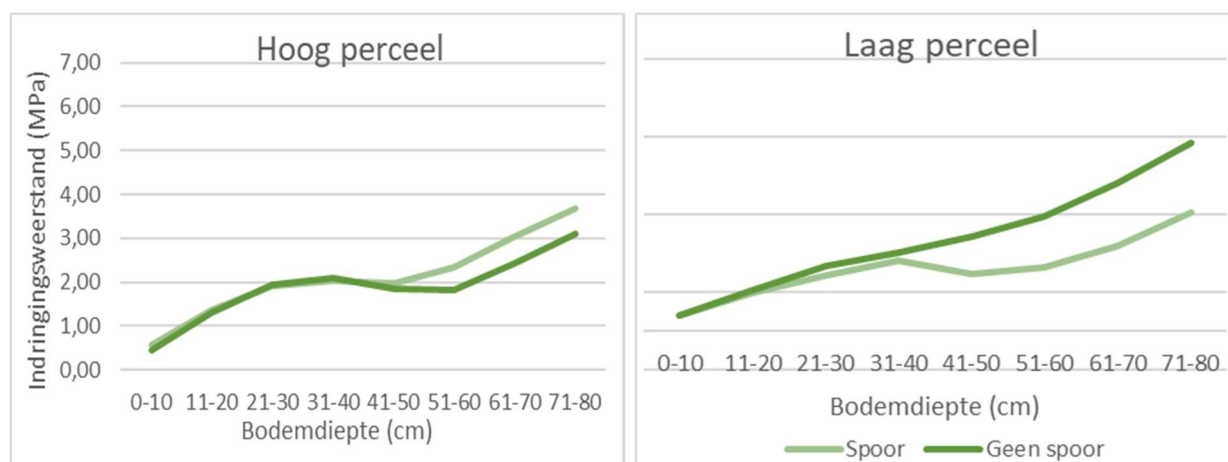
Bij een tweetal deelnemers uit het Friese netwerk is de verdichting in grasland door betreding gemeten. De eerste ondernemer ondervindt fikse spoorvorming op percelen (zand) waar de bemester door landschapselementen (greppels) steeds door hetzelfde spoor rijdt, wat het duidelijkste zichtbaar is in lage (natte) delen. Verdichting door de bemesting is geanalyseerd door de indringingsweerstand (moeite die het kost om de grond in te komen) zowel binnen als buiten het rijspoor te vergelijken in zowel hoog- als laag gelegen delen van een perceel. De indringingsweerstand is gemeten tot een diepte van 80 cm met een penetrologger op 12 meetpunten (3 herhalingen x hoog/laag x spoor/veld; Figuur 14). Per meetpunt zijn 10 steken in de lijn van het spoor (indien van toepassing) geplaatst. De metingen zijn vergeleken en beoordeeld (Figuur 15). Vanaf 1.5 MPa wordt wortelgroei belemmerd, boven 3 MPa vindt nauwelijks wortelgroei plaatsvinden en is de bodem verdicht. Bij de beoordeling is rekening gehouden met de weeromstandigheden omtrent de metingen in een natte decembermaand 2020; gemiddeld maximaal 7 graden, minimaal 5 graden en viel er 35 mm aan neerslag. Tevens is voor de beoordeling een profielkuil gegraven om de bodemopbouw en structuur visueel te beoordelen. Bij de tweede ondernemer is de verdichting van twee percelen (klei) waarvan de betreding sterk verschilt (zomerstal voeren vs. natuurbeheer met beweiding). Op beide percelen is op 6 willekeurige meetpunten 10 keer gestoken volgens het standaard steekprotocol (Figuur 14).



Figuur 14. Verdeling van meetpunten op de percelen van deelnemer 1 (links), en het steekpatroon binnen een meetpunt op de percelen van deelnemer 2 (rechts)

6.6.3 Resultaten & Verloop

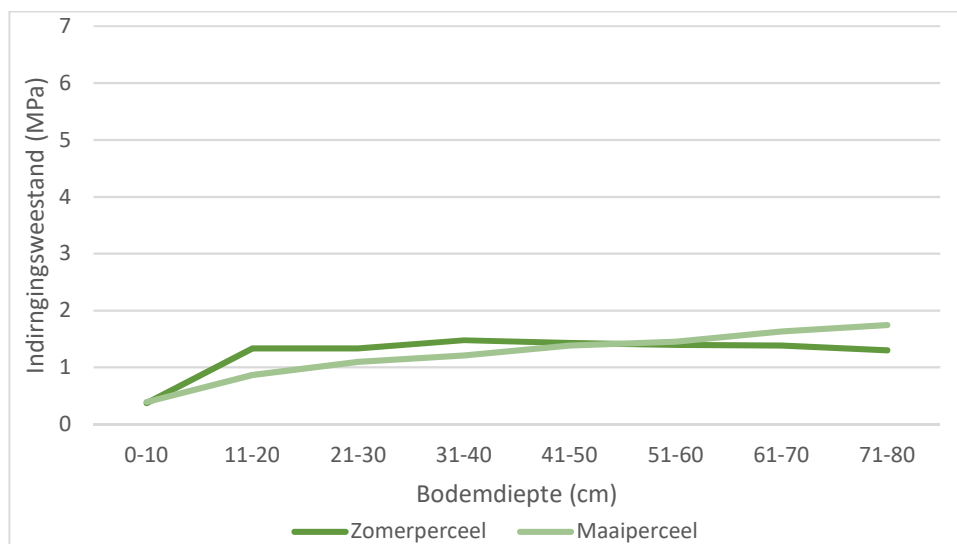
Omdat het effect van betreding op verdichting met het oog op behoud van zodekwaliteit een vraag was die direct uit het netwerk kwam was er veel enthousiasme bij het beoordelen van de verdichting. In het verkennende onderzoek naar verdichting in rijsporen zien we op het hoge perceel tot een diepte van 40 cm een vergelijkbare indringingsweerstand binnen en buiten het rijspoor. Vanaf daar is de weerstand binnen het spoor hoger. Hieruit blijkt dat de betreding tijdens mesttoediening de bodem vooral in de diepere lagen samenperst. Het lage perceel volgt de weerstand binnen het spoor een vergelijkbaar patroon. Buiten het spoor is de weerstand echter hoger en neemt deze constant toe. Dit komt echter omdat deze metingen te dicht bij de greppel zijn genomen waar de bodem extra verdicht blijkt te zijn.



Figuur 15. Indringingsweerstand binnen en buiten rijsporen op een hoog en laag gelegen perceel

Op klei is zowel op het zomerstalvoer perceel als het beweide natuurperceel zeer lage indringingsweerstand gevonden (Figuur 16). Over de gehele diepte komt deze niet boven de 1,5

MPa. Dit is in lijn met de overige percelen op het bedrijf en verklaarbaar door de klei bodem en het vochtige weer. Op het zomerstal perceel is de indringingsweerstand tot een diepte van 50 cm hoger dan op het natuur perceel wat een gevolg van de regelmatige betreding t.b.v. maaien voor zomerstalvoeren.



Figuur 16. Indringingsweerstand op kleipercelen gebruikt voor zomerstalvoeren en natuurlijk weiden

6.6.4 Plannen 2021

Het onderzoek dat tot nu toe in deze demo is uitgevoerd was ter verkenning om in 2021 een passend onderzoek gedurende het groeiseizoen te kunnen toepassen in ieder geval in de rijsporen. Hierbij zal kort na de bemesting (met zware mesttank) binnen en buiten de rijsporen. Dit onderzoek wordt maandelijks vervolgd om het verloop van verdichting te monitoren.

6.7 Kruiden in het Friese grasland.

6.7.1 Aanleiding & doelstelling

Wanneer we naar de toegepaste maatregelen per netwerk kijken zien we in Friesland een grote focus op kruidenrijk grasland. Uit de bedrijfsbezoeken in 2018 en 2019 blijkt dat het toepassen van deze maatregel voor slimlandgebruik maar ook daarbuiten voor de deelnemende bedrijven nog veel onbeantwoorde vragen spelen wat het toepassen van de maatregel een groot risico maakt. Tijdens de bedrijfsbezoeken in 2020 hebben we deze vragen geïnventariseerd om een passende demonstratie op te zetten waarin we deze vragen behandelen om het breder toepassen van de maatregel op de deelnemende bedrijven faciliteren. Voor deze inventarisering is bij alle Friese deelnemers gepolst of ze kruidenrijk grasland hebben of willen aanleggen en welke inzichten zij nodig hebben om hiermee gerust te kunnen experimenteren.

6.7.2 *Uitvoering*

De inventarisatie heeft geresulteerd in de onderstaande vragen en een overzicht van welke deelnemers op een perceel de diversiteit willen verhogen. Aan de hand van deze vragen is een passende demo opgesteld welke in voorjaar 2021 wordt uitgevoerd.

- Is kruidenrijk grasland het waard om mijn grasland te vernieuwen m.b.t. koolstof?
- Hoe houd ik de kruiden erin en het onkruid eruit?
- Welke kruiden passen bij mijn grond (zand/klei/veen)?
- Wat is een passende bemesting?
- Heeft weidegang een effect op het kruidenbestand?
- Hoe kunnen natuurlijke kruiden gestimuleerd worden?
- Welke kruiden moet ik toepassen om meer koolstof te binden?

6.7.3 *Resultaten & plannen*

De demonstratie sluit aan op metingen aan het Lange Termijn Experiment Kruidenrijk Grasland en koolstofopbouw (project A1) op de Dairy Campus. Deze proef bestaat uit proefvelden waarop verschillende kruiden mengsels zijn ingezaaid en volgens verschillende schema's worden bemest en beheerd. Naast metingen aan koolstofopslag worden ook metingen gedaan aan opbrengst en de voederwaarde van het kruidenrijke gras. Tijdens de demonstratie wordt kennis gedeeld over de verschillende mengsels en de eigenschappen van de verschillende kruiden en de resultaten die met de verschillende mengsels en bemesting worden behaald. Begrijpelijkheid van deze resultaten wordt versterkt doordat percelen waaraan de metingen gedaan zijn fysiek bezocht kunnen worden. Gezamenlijk zullen we van een expert leren de samenstelling op het perceel te schatten. Tevens zal middels een profielkuil de beworteling van de graszode met de deelnemers worden beoordeeld. Een diepere beworteling is immers waarmee kruidenrijk grasland een hogere koolstof opslag kan behalen maar ook relateert aan andere voordelen met betrekking tot doorlaatbaarheid van de bodem en droogtegevoeligheid van het gewas. Tijdens de demonstratie is ruimte om individuele vragen te behandelen.

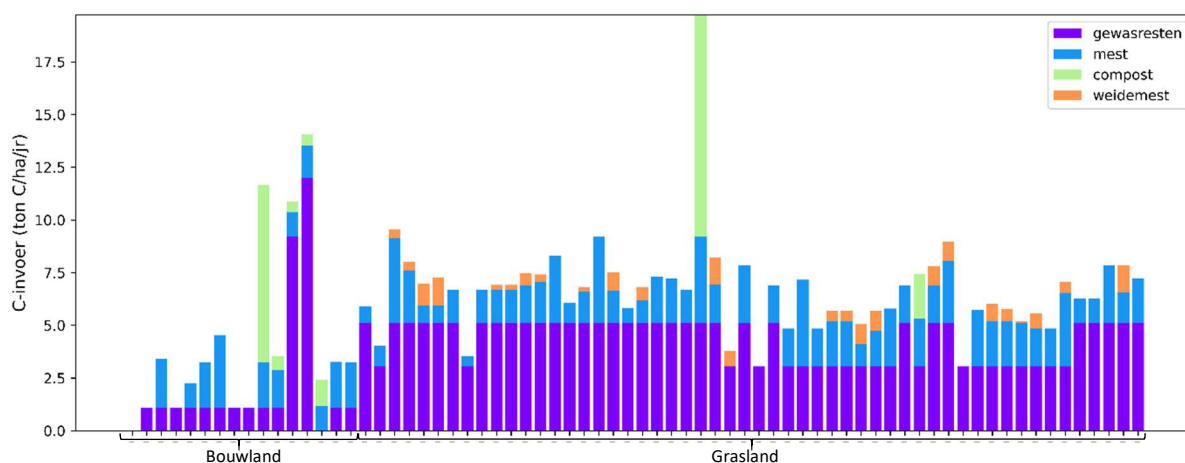
7 Koolstofbalansen

De aangevoerde en aanwezige organische stof is onderhevig aan afbraakprocessen, waardoor na een jaar slechts een deel overblijft. Hoeveel er overblijft is afhankelijk van het soort organische stof, de afbraaksnelheid, bodemeigenschappen en weersomstandigheden. Het nettoresultaat van aanvoer en afbraak van organisch stof wordt een koolstofbalans genoemd. Voor elk van de deelnemende netwerkpercelen is een koolstofbalans opgesteld op basis van meetgegevens uit 2019. Deze balans wordt in 2021 gebruikt als uitgangspunt om de potentiële koolstofopslag door toepassing van een maatregel te voorspellen. De koolstofbalans is bepaald met het RothC-model (versie 26.3), een dynamisch model over de omzetting van organische stof in minerale bodems (Lesschen et al, 2020). Hierbij is rekening gehouden met bodemkwaliteit, bedekking en actuele klimatologische omstandigheden. Om voor 2019 een balans op te stellen berekent het model voor elke maand de veranderingen in koolstof voorraad.

Om ervaring op te doen met wat het toepassen van koolstofmaatregelen qua inzicht van boeren vergt en wat het kan opleveren, is bij een 10-tal boeren de koolstofkringloopmonitor van DLV toegepast. De monitor gebruikt gegevens uit de Kringloopwijzer en historische landgebruik informatie en kan boeren voorzien van inzicht in de koolstofstromen op het gehele bedrijf. De monitor is opgebouwd uit 5 componenten (gewas, veestapel, mest, bodem & atmosfeer) waarvoor elk een eigen koolstofbalans opgemaakt wordt (behalve voor atmosfeer) en waarvoor de onderlinge uitwisseling in kaart wordt gebracht. Dit geeft inzicht in hoeveel koolstof afgegeven wordt aan de atmosfeer en waar en hoeveel koolstof wordt opgeslagen. Voor vijf bedrijven uit Netwerk Friesland zijn zowel de uitkomsten als de ervaringen met het uitvoeren van de monitor samengevat (7.2).

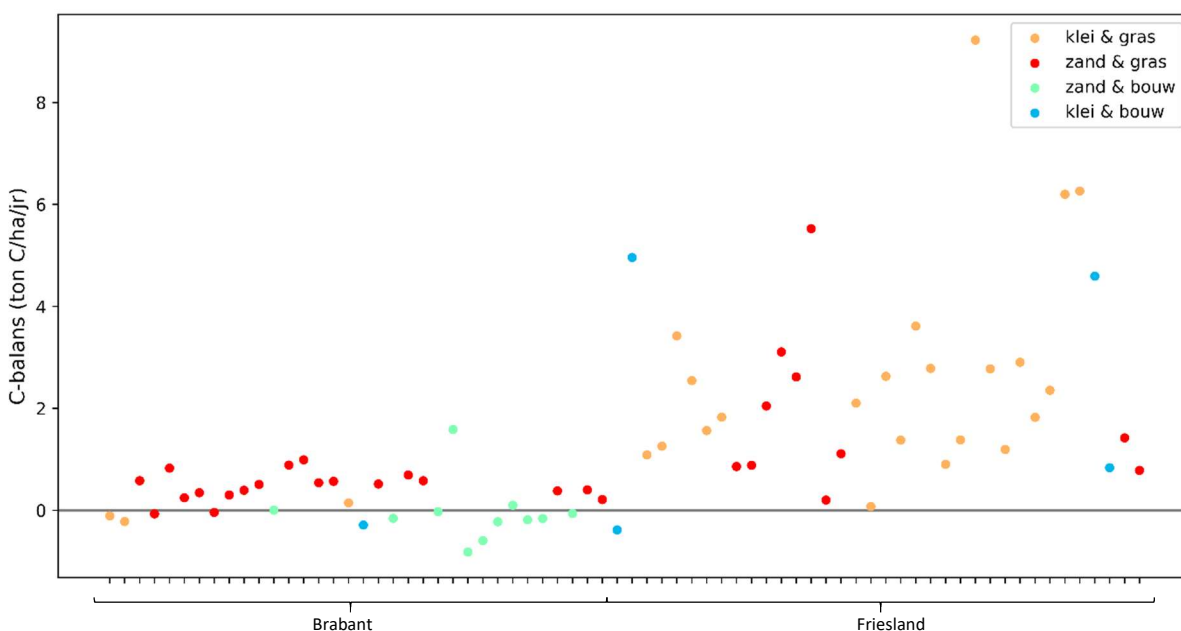
7.1 RothC

Op basis van de aangeleverde bemestings- en opbrengstgegevens is voor alle bedrijven de gemiddelde koolstofaanvoer berekend (Figuur 17). Hierbij is onderscheid gemaakt tussen aanvoer uit gewasresten, dierlijke mest, weidemest en compost. De koolstof aanvoer van de bedrijven varieert van 2,2 tot 19,7 ton C/ha/jaar en bedraagt gemiddeld, 6,3 ton. De gemiddelde aanvoer van koolstof is hoger in Friesland (7,6 ton C/ha/jaar) dan in Brabant (5,3 ton C/ha/jaar). Dit verschil wordt merendeels veroorzaakt door de hogere aanvoer van gewasresten van het oude permanente grasland in Friesland vergeleken met tijdelijke grasland in Brabant. Als we enkel de door de boer middels bemesting aangebrachte koolstof in acht nemen is de aanvoer in beide netwerken gemiddeld 2,5 ton C/ha/jaar. Compost en biomassa wordt op een klein aantal bedrijven als maatregel toegepast, waarbij meestal een jaarlijks een kleine hoeveelheid wordt aangewend maar op één bouwland en één grasland perceel waar in 2019 eenmalig een grote hoeveelheid is toegediend.



Figuur 17. Aanvoer van koolstof op de percelen opgenomen in het Brabantse en Friese netwerk.

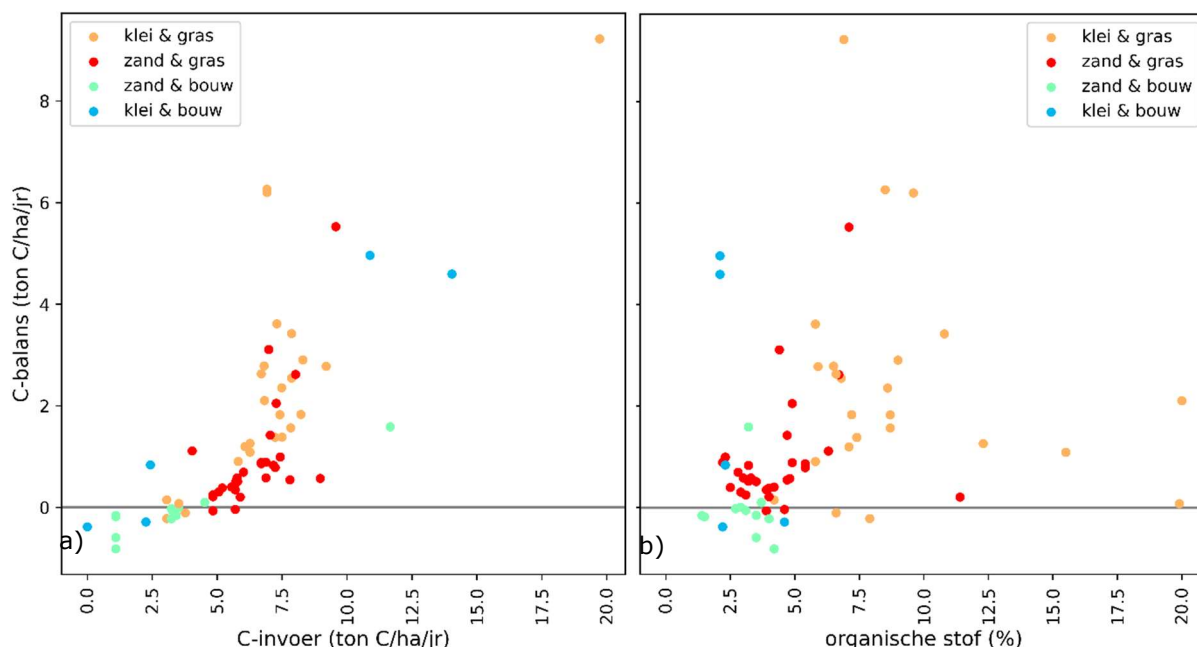
De koolstof balansen (Figuur 18) illustreren de gemiddelde koolstofbalans in Friesland met een opslag van 2,2 ton C/ha/jaar hoger is dan dat in Brabant (0,16 ton C/ha/jaar). Dit is grotendeels te wijden aan het aandeel kleigrond, het potentieel om koolstof op te slaan is hier groter. Over alle netwerken is de balans op kleigronden gemiddeld 2 en op zandgronden gemiddeld 0,44 ton C/ha/jaar. Echter is in Friesland ook op een viertal graslandpercelen op zandgrond een hoge C-balans gevonden, welke een relatief hoog lutum gehalte hadden voor zandgronden. Daarnaast zijn in het Friese netwerk weinig bouwland percelen opgenomen. Op bouwland is de balans bijna altijd negatief, waar deze voor grasland bijna altijd positief is.



Figuur 18. Koolstofbalans (ton C/ha/jaar) op de percelen in netwerk Brabant & Friesland (2e helft)

We zien in het Friese netwerk dus zowel een hoge koolstofaanvoer als een hoge koolstofbalans. Om de relatie tussen koolstofaanvoer en koolstofbalans te duiden zijn deze tegen elkaar uit gezet (Figuur 19). Uit deze vergelijking komt duidelijk naar voren dat een hogere koolstof aanvoer ook

leid tot een hogere balans. Meer koolstof aanvoeren leid tot meer koolstofopslag. Op de bouwpercelen met een negatieve balans is ook weinig koolstof aangevoerd, voornamelijk omdat er minder gewasresten achterblijven. Twee bouwpercelen op klei hebben echter wel een hoge balans.



Figuur 19. Correlatie tussen koolstofbalans (koolstofopslag) en a) koolstofaanvoer en b) organische stof gehalte.

Kleigronden hebben hogere potentie op koolstof op te slaan. Op zandgronden worden organische stof gehalten gevonden tot rond de 4%, op klei kunnen deze oplopen tot 16%. Het is te verwachten dat de koolstof opslag terug loopt als maximale organische stof gehalte benaderd wordt. Hierop zien we een paar uitzonderingen met hoge balansen op zandgronden terwijl het organische stof gehalte al rond de 4% is, hoewel dit beduidend vaker het geval is op kleigronden.

7.2 DLV-koolstofkringloopmonitor

Uitkomsten van en ervaringen met het toepassen van de DLV-koolstofkringloopmonitor worden hier samengevat voor vijf bedrijven uit het Friese netwerk. Alle bedrijven typeren zich als melkveebedrijven met overwegend permanent grasland en zijn vrij extensief, 1 biologisch en 1 biologisch-dynamisch. Een van de bedrijven is gelegen op zand, de rest op klei en het organische stofgehalte varieert van 7 tot 12%. Gemiddeld was op alle bedrijven de koolstofbalans (som gewas, vee, mest en voer) met 365 kg C/ha positief, er wordt dus koolstof opgeslagen. De balans op de bedrijven varieerde tussen -260 en 1075 kg C/ha voornamelijk door verschillen in de deelkringlopen voor mest gewas en bodem. Slechts 1 bedrijf had een negatieve balans.

Voor de mestkringloop worden verschillen tussen bedrijven veelal veroorzaakt door de methodologie gebuikt in de monitor. Aanvoer van mest wordt namelijk bepaald uit forfaitaire normen op basis van dieraantallen en voorraadwijzigingen uit de Kringloopwijzer, terwijl afvoer (bemesting van de bodem) wordt bepaald vanuit opgaven door de deelnemer. Deze komen vaak

niet overeen omdat gehalten kunnen afwijken van de forfaitaire norm, en omdat werkelijke bemesting soms lastig is in te schatten wanneer deze bijvoorbeeld wordt verdund. Voor de gewaskringloop verschilde bedrijven zijn vooral in gewasopbrengst per hectare. Op zandgronden heeft de droogte in 2019 voor meer opbrengstderving geleid dan op kleigronden. Weidegang maakt het inschatten van de afname in opbrengst daarnaast lastig.

Binnen de bedrijfskoolstofkringloop is de bodemkringloop het belangrijkste omdat enkel in de bodem op de lange termijn koolstof kan worden opgeslagen. De bodemkoolstofbalans, welke is berekend voor de bovenste 10 cm, was voor de bedrijven met 620 kg C/ha positief, 2 bedrijven hadden een licht negatieve balans. Relatief aan koolstofvoorraad in deze laag is dit een geringe toename omdat deze bedrijven werken met zeer oud permanent grasland zonder grondbewerking. Door deze bedrijfsvoering is een evenwicht bereikt tussen opbouw en afbraak van koolstof. Koolstofopslag in de bodem stagneert omdat de aanwezige voorraad koolstof die in de loop der jaren is opgebouwd de maximale opslag benadert. Ook verschillen in de bodemkoolstof balans tussen de geanalyseerde bedrijven waren daardoor zeer beperkt en resulteerden voornamelijk uit verschil in aanvoer van organische mest.

Tijdens het invullen en gebruiken van de monitor zijn een aantal aandachtspunten voor zowel de gebruiker als de monitor naar voren gekomen die ook op andere koolstofmonitoring van toepassing zullen zijn. Voor de gebruiker:

- Zorg dat de Kringloopwijzer correct is ingevuld, hier sluit de monitor op aan.
- Bemesting heeft grote invloed op de koolstofkringloop, hoe beter de inschattingen hoe correcter de monitor de kringloop kan bepalen:
 - Maak een goede inschatting van de aanvoer van organische mest, en meet!
 - Vergelijk ingeschatte bemesting met de forfaitaire beschikbaarheid, soms overschrijdt de ingeschatte bemesting (hoeveelheid) forfaitaire beschikbaarheid door voorraadcorrecties, samenstelling van de mest, toevoeging van water etc. Een goede inschatting van werkelijk toegediende mest is niet alleen voor koolstof- maar ook voor andere kringlopen van belang.
 - Mestmonsters maken de monitor preciezer, indien niet aanwezig wordt gerekend met de forfaitaire normen.
 - Stro, zaagsel etc. zijn een aanvoerbron van koolstof, neem deze mee!
 - Neem extra bemesting van organische mestsoorten mee (RVM, compost etc.)
- Neem aan- en afvoer van gewassen mee, deze worden vaak over het hoofd gezien.

Voor de C-monitor:

- Faciliteren in correct invoeren van mestbalans waarbij zowel de forfaitaire aanvoer (mest productie) als de geschatte afvoer (bemesting) gecorrigeerd kunnen worden.
- Effecten van diversiteit, pH en bodemindicatoren op koolstof in de bodem meenemen.
- Invloed van verschillende kunstmestsoorten op de afbraak van koolstof meenemen.
- De invloed van waterpeil op afbraak in de bodem meenemen.
- Monsterdiepte verhogen van 10 naar 30 cm, dit is de relevante laag voor koolstofopslag.
- Het simuleren van lange termijn effecten van maatregelen verder ontwikkelen.

8 Conclusies en aanbevelingen

Twintigtwintig was het derde opeenvolgende jaar waarin het Netwerk Veehouderij in drie regionale en één landelijk netwerk de toepassing van koolstof vastleggende maatregelen in de bedrijfsspecifieke context heeft gemonitord. Deelnemers zijn positief over zowel koolstofopslag in landbouwbodems en hiertoe specifiek toegepaste maatregelen. Koolstofopslag met als doel het afwentelen van klimaatverandering leeft onder Brabantse deelnemers minder dan onder hun Friese collega's. In alle netwerken staan echter de landbouwkundige voordelen (bodemkwaliteit) voorop. Na drie droge zomers is toename van het vochtvasthoudend vermogen van de bodem het meest genoemde voordeel. Biologische boeren, die hun bemesting niet met kunstmest kunnen bijsturen, roemen voornamelijk het bodemleven en stikstof leverend vermogen (NLV). Dit wordt ook door gangbare deelnemers genoemd als mogelijke kostenbesparing. In alle netwerken, maar specifiek in Gelderland, wordt ingezet op verbeteringen in bodemstructuur en beworteling.

Net als voorgaande jaren is in 2020 bedrijfsvoering en beheer data verzameld welke betrekking hebben op de context waarin en manier waarop de maatregelen zijn toegepast. Deze informatie is van groot belang om de invloed van de bedrijfscontext op het effect van de maatregelen in kaart te brengen op basis van metingen in 2023, waaruit zal blijken welke maatregelen het beste kunnen worden opgenomen. Doordat deze data al een aantal jaren gestructureerd wordt verzameld en opgeslagen kan deze effectief ingezet worden in andere activiteiten van Slim Landgebruik, zowel binnen als buiten het Netwerk Veehouderij. Hierdoor is het Netwerk Veehouderij in staat de kwaliteit van de inhoudelijke terugkoppeling naar de deelnemers te verbeteren en meerwaarde te creëren. Voorbeelden hiervan zijn de in Roth-C gemodelleerde koolstofbalansen van opgenomen percelen welke nu aan deelnemers worden terug gekoppeld in in de toekomst kunnen worden gebruikt om de effectiviteit van maatregelen in de bedrijfscontext te simuleren. De in Roth-C gemaakte koolstofbalansen (2019) bedroeg gemiddeld 2,0 ton c/ha/jaar op klei en 0,4 ton C/ha/jaar op zandpercelen. Dit verschil in grondslag wordt geaccentueerd door het hogere aandeel bouwlandpercelen meegenomen op zand, waar de balans op bouwland vaak negatief is.

Om deelnemers kennis te laten maken met een praktisch bedrijfstool die hun koolstofbalans inzichtelijk kan maken is DLV-koolstofkringloopmonitor op een geselecteerd aantal bedrijven ingezet. Het toepassen van deze tool leverde interessante en herkenbare inzichten op voor de deelnemers. Deze resultaten kunnen gebruikt worden bij het kalibreren van de praktijktool (project C4). Tijdens het invullen en gebruiken van de monitor zijn verder een aantal aandachtspunten voor zowel de gebruiker als de monitor naar voren gekomen die ook op de praktijktool van toepassing zullen zijn.

De verdere kennisuitwisseling binnen en rondom het project zoals met en tussen deelnemers, met de sector, met ketenpartijen en met de opdrachtgever zijn dit jaar sterk door corona beïnvloed. Binnen de mogelijkheden is hier echter goed mee omgesprongen door extra in te zetten op nieuwsbrieven (Slim Landgebruik breed en netwerk specifiek) en webinars. In 2021 kunnen we voortbouwen op de ervaringen en inzichten die met de alternatieve aanpak zijn verkregen.

Een belangrijke mogelijkheid tot kennisdeling is het beantwoorden van implementatievragen middels demonstraties. Voortbouwend op de activiteiten in 2019 zijn in 2020 goede stappen gezet om in elke regio demonstraties m.b.t. perspectievolle koolstof vastleggende maatregelen van de grond te krijgen. In verschillende regio zijn demonstraties opgezet rond verdichting, kruidenrijk grasland en het toedienen van extra organische stof (o.a. Bokashi). De voortgang in 2020 is een prima basis om in 2021 vergelijkbare inzichten en ervaringen op te halen. In 2021 worden de demonstraties binnen een apart project verzorgd.

Evenals andere jaren was het keukentafel gesprek een belangrijk moment voor kennisdeling met de deelnemers. Naast ervaringen met het toepassen van de maatregelen stond dit jaar het terugkoppelen van de bodemkwaliteitsdata (BLN-indicatorset) uit de nulmeting in 2019, middels individuele portfolio's centraal. Dit rapport bevat tevens een uitgebreide analyse van deze data die de relatie tussen verschillende verrichte metingen en observaties duidt. Hierin valt op dat op basis van grondsoort aanzienlijke verschillen in koolstof/organische stof tussen de netwerken voorkomen, maar dat ook binnen dezelfde grondsoort een aanzienlijk verschil kan bestaan. Een verschil in nulmeting duidt in het laatste geval op een historisch verschil in landgebruik. Het is interessant om in 2023 te meten of de delta in koolstofvastlegging vanaf de nulmeting toe te schrijven is aan de toegepaste maatregelen.

De correlatie tussen de NIRS-methode en de klassieke koolstofbepaling (Dumas) is acceptabel ($R^2 = 0,91$). Gemiddeld genomen overschat de NIRS-methode de organische stof gehalten bij hoge organische stof en onderschat het deze bij lage gehalten. Heet water koolstof (HWC) is een indicator voor bodemleven activiteit, maar geeft ook een indicatie van de verhouding labiele/stabiele bodemkoolstof. De HWC correleert in de netwerken matig ($R^2 = 0,70$) aan het bodem koolstofgehalte. De gemiddelde koolstofvoorraad in de laag 0-30 cm bedroeg 85 ton C/ha in het Gelderse netwerk, 73 ton in Brabant en 130 ton in Friesland. Omdat de bulkdichtheid op kleigronden lager is, is het verschil tussen de regio's voor koolstofvoorraad kleiner dan voor koolstofgehalte.

Eén van de belangrijkste door de deelnemers genoemde voordelen van bodemkoolstof is verbetering in de waterhuishouding. Het koolstofgehalte correleert redelijk ($R^2 = 0,55$) aan het watervasthoudend vermogen. Naast verbetering in water vasthoudend vermogen wordt verwacht dat een toename in bodemkoolstof de bodemstructuur zal verbeteren, wat tot een verlaging van de indringingsweerstand kan leiden. De indringingsweerstand reflecteert de moeite die het gewaswortels kost om de bodem in te dringen. Vanaf een indringingsweerstand van 1,5 MPa worden wortels geremd in de groei en vanaf 3 MPa is wortelgroei vrijwel onmogelijk. Op de gemeten percelen is het koolstofgehalte zwak ($R^2 = 0,16$) gecorreleerd aan de gemiddelde indringingsweerstand in de bovenste 30 centimeter van de bodem. Dit geldt ook voor de maximale indringingsweerstand gemeten in dezelfde bodemlaag ($R^2 = 0,27$). In theorie maakt een hoger koolstofgehalte (in de vorm van organische stof) de bodem luchtiger, waardoor wortels makkelijker kunnen groeien. Er is een redelijke relatie tussen koolstofgehalte en bulkdichtheid ($R^2 = 0,48$). Deze vertaalt zich niet door in een verlaging van de indringingsweerstand.

Het koolstofgehalte correleerde redelijk ($R^2 = 0,42$) aan de gemeten hoeveelheid microbiële biomassa, die zelf ook voor de helft uit koolstof bestaat. Heet water koolstof (HWC), die ook als indicator voor bodemleven wordt gebruikt, correleerde relatief sterk ($R^2 = 0,74$) aan de gemeten hoeveelheid microbiële biomassa. De microbiële biomassa is bepaald middels NIRS. Het is nog onduidelijk hoe goed deze methode het bodemleven in kaart kan brengen.

Het BLN protocol en de bijbehorende indicatorenset zijn opgezet om een integraal en gestandaardiseerd oordeel te kunnen vellen over bodemkwaliteit. Hoewel er inmiddels een duidelijk beeld is van welke indicatoren meegenomen moeten worden om bodemkwaliteit te beoordelen, is de inventarisatie en vaststelling van referentiewaarden nog niet volledig. Het ontwikkelen van streefwaarden, met name voor de veehouderij, staat nog in de kinderschoenen waaraan het Netwerk Veehouderij hiermee haar eerste bijdrage levert.

In het Netwerk Veehouderij zijn in 2019 en 2020 drie koolstofmaatregelen uit de Bodem CO₂-tabel (2019) economisch doorgerekend. Dit betrof het toedienen extra organische stof in de vorm van compost, het verhogen van leeftijd van grasland en de wisselteelt mais-grasklaver. De kosten om een ton koolstof vast te leggen door het toedienen van groen- of gft-compost op grasland bedragen afhankelijk van de regio tussen 53 en 320 euro. Dit is een aanzienlijk bedrag. Op maisland varieert het bedrag tussen 166 en 384 euro.

Het verhogen van de leeftijd van grasland: uit de BBPR-analyse komt naar voren dat op zand tot een gemiddelde leeftijd van 15 jaar (6,5% herinzaai per jaar) kleine economische voordelen kan hebben. Op klei lijkt het verhogen van de gemiddelde leeftijd van grasland tot 10 jaar economisch voordeliger (5% herinzaai per jaar). Het verder verhogen van de gemiddelde leeftijd tot in ieder geval 20 jaar lijkt economische effecten te hebben. Echter, BBPR houdt t.a.v. opbrengst in het model vooral rekening met genetische vooruitgang, terwijl in de praktijk er een veelheid aan redenen is voor het vernieuwen van grasland.

Bij melkveebedrijven met een hogere intensiteit qua melkproductie is er een voordeel (BBPR) van verbeterd landgebruik met wisselteelt mais-grasklaver. Voor een bedrijf met 25.000 kg melk/ha is dit lager dan voor een bedrijf met 18.000 kg melk/ha (6.593 euro versus 7.443 euro), per ha is dit hoger (194 euro versus 158 euro) voor het intensievere bedrijf. Bij een intensievere bedrijfsvoering spelen met name de besparing op krachtvoerkosten een belangrijke rol en in mindere mate de ruwvoerkosten.

Om de kosteneffectiviteit van verschillende maatregelen te bepalen wordt in de definitieve versie van deze voortgangsrapportage een verbinding gemaakt tussen kosten en baten en effectiviteit van de maatregelen. Op dit moment ontbreekt deze data deels nog.

Het BBPR model biedt de mogelijkheid om maatregelen op een gestandaardiseerde manier economisch door te rekenen. Vooralsnog is lastig om het effect van klimaatmaatregelen op de bedrijfseconomie, met name de positieve effecten van deze maatregelen op productie en bodemkwaliteit in BBPR te duiden. Omdat duurzaam bodembeheer een belangrijke politieke doelstelling is in de landbouw en een gezonde bodem wordt gezien als de basis van de kringlooplandbouw, is het belangrijk te investeren in aanpassing van het programma. Bovendien is perspectief op een verdienmodel voor ondernemers een belangrijk argument om tot aanpassingen in de bedrijfsvoering over te gaan. Om het effect van klimaatmaatregelen op bedrijfseconomie adequaat in beeld te brengen zijn aanpassingen in het BBPR model nodig die

het effect van bodemkoolstof op opbrengst en weerbaarheid reflecteren. In 2021 worden economische berekeningen van koolstof vastleggende maatregelen binnen een apart project verzorgd waarin combinaties van maatregelen worden doorgerekend.

9 Referenties

Handboek Bodem en Bemesting (<https://www.handboekbodemenbemesting.nl/>)

Hanegraaf, M.C, van den Elsen, H.G.M., de Haan, J.J. en Visser, S.M. (2019). Bodemkwaliteitsbeoordeling van landbouwgronden in Nederland – Indicatorset en systematiek, versie 1.0. Wageningen Research, Rapport WPR-795, 34 p.

Koopmans, C.J., B. Timmermans, J.P. Wagenaar, J. van 't Hull, M. Hanegraaf en J. de Haan (2019). Evaluatie van maatregelen voor het vastleggen van koolstof. Resultaten uit Lange Termijn Experimenten (LTE's). Rapportage 2018. Louis Bolk Instituut en Wageningen UR. 54 p en bijlagen.

Koopmans & Janmaat (2019). Bodem en Klimaat Netwerk – Akkerbouw. Voorgangsrapportage 2019 (2019). Louis Bolk Instituut, CLM, Wageningen UR, Stichting Veldleeuwierik en ZLTO. 62 p. en bijlagen.

Lesschen, J.P., H. Heesmans, J. Mol-Dijkstra, A. van Doorn, E. Verkaik, I. van den Wyngaert en P. Kuikman (2012). Mogelijkheden voor koolstofvastlegging in de Nederlandse landbouw en natuur. Alterra rapport 2396 ISSN 1566-7197. 64 p.

Lesschen, J. P., Vellinga, T., Dekker, S., van der Linden, A., & Schils, R. (2020). Mogelijkheden voor monitoring van CO₂-vastlegging en afbraak van organische stof in de bodem op melkveebedrijven. (Wageningen Environmental Research rapport; No. 2993). Wageningen Environmental Research. <https://doi.org/10.18174/517747>

Rougoor, C. (2020), Berekening kosten van aanwending van compost – memo CLM (Slim Landgebruik Netwerk Veehouderij), 8p

Wageningen Livestock Research (2007) Handleiding BBPR versie 2007 (algemeen) Animal Sciences Group / Veehouderij. https://www.wur.nl/upload_mm/f/c/4/66176100-de02-45c4-adb3-12570550210f_Handleiding_BBPR_Algemeen.pdf

Bijlage 1. Middelen voor bedrijfsbezoeken

1.1. Opinie koolstofvastlegging in de veehouderij

1. Voordelen van bodem koolstof in het algemeen?
[klimaat mitigatie, water, nutriënten, structuur]
2. Andere voordelen van toegepaste maatregel:
3. Zijn er belemmeringen/nadelen ervaren bij toepassen maatregel?
4. Komt dit overeen met verwachting?
5. Kun je deze maatregel gemakkelijk breder toepassen op het bedrijf? En in de sector?
6. Verwacht je in de toekomst nog andere voor/nadelen?

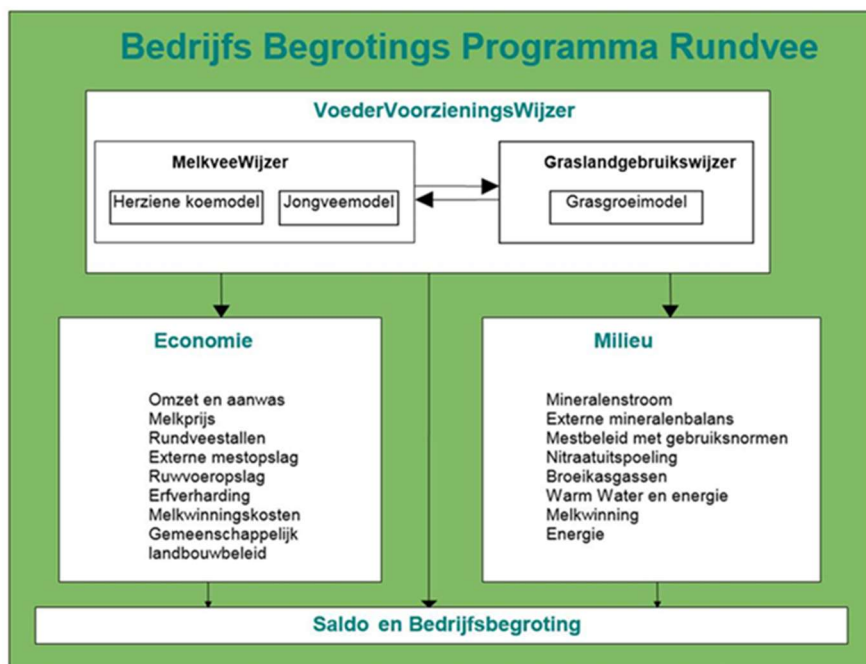
1.2. Vragenlijst koolstoftool

Heb je inzicht in je koolstof balans	Ja/nee
- Hoe heb je dit verkregen	
- Wat vind je van deze methode	
Heb je behoefte aan tool die effect maatregelen inzichtelijk maakt	Ja/nee
Omdat:	
Hoeveel tijd wil je maximaal besteden aan invoeren gegevens?	 Minuten/uren/dagen
Zou je deze aan bestaande initiatieven koppelen?	Cool Farm Tool / Kringloopwijzer
Aan: Omdat:	
Op welk niveau wil je rekenen	Perceel/bedrijf/beide
Omdat:	
Wil je inzicht in C-vastlegging lange termijn/ hoelang?	
Omdat:	
Wil je inzicht van effect maatregel op andere aspecten	N/ P/ structuur/ biologie
Behoeft aan bedrijf/perceel specifiek advies?	Ja/nee
Behoeft aan kosten/baten perceel specifieke maatregelen?	Ja/nee
Mogen we bedrijf/perceel gegevens gebruiken om model te testen?	Ja/nee
Mogen we u later benaderen om de tool te testen & feedback geven?	Ja/nee

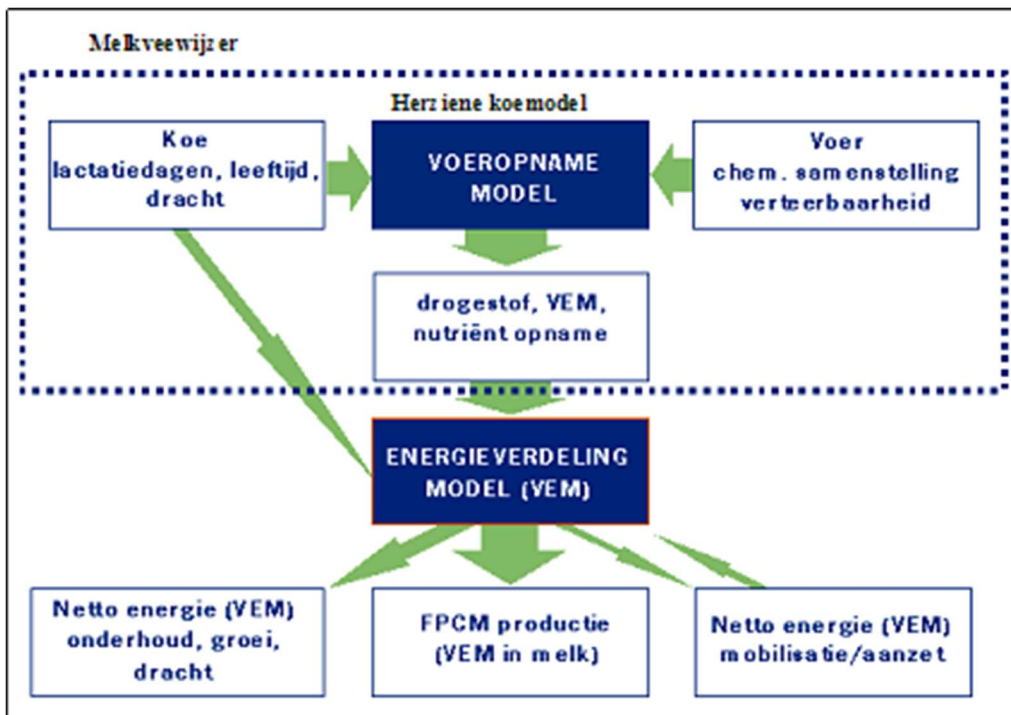
Bijlage 2. Economische doorrekening maatregelen

2.1 BBPR als meetmiddel

BBPR is opgebouwd uit verschillende modules (Figuur B.1) waarin voeropname en melkproductie worden berekend door de melkveewijzer (Zom, 2002; Figuur B.2). Voeropname wordt bepaald op basis van voerfactoren (e.g. chemische samenstelling en verteerbaarheid) en koefactoren (e.g. lactatiestadium, leeftijd en dracht) welke resulteert in een energie (VEM) en eiwit (DVE) opname. Naast ruwvoer kan in de voeropname drie verschillende “standaardbrokken” opgenomen, elk met 940 VEM en 90, 120 of 180 DVE. De opgenomen energie wordt daarna verdeeld over onderhoud, dracht, groei, melkproductie en de aanzet of mobilisatie van lichaamsreserves (Figuur 1.2). Aan de hand van de voeding wordt door het model ook de mest samenstelling berekend. De melkprijs, veeprijzen etc. zijn gebaseerd op het prijsniveau van 2020 (KWIN-Veehouderij, 2020-2021).



Figuur B1. Overzicht opbouw BBPR en onderlinge samenhang met andere onderdelen



Figuur B2. Schematische weergave van de melkveewijzer met het koemodel

Tabel B1. Economische resultaten bij verschillende leeftijden grasland zand

	Herinzaaipercentage					
	2.5	6.67	10	12.5	20	33.3
Technische resultaten						
Bruto grasopbrengst (ton ds/ha)	12.2	12.4	12.6	12.6	12.4	12.1
maaipercentage grasland	241	246	250	245	245	239
VEM gehalte graskuil	884	883	884	883	884	884
Opname weidegras (kg ds/koe/jr)	997	960	980	975	947	876
Zelfvoorzieningsgraad ruwvoer (%)	75.4	78.5	79.4	78.7	78.1	76.2
Eiwit eigen land (%)						
Aankoop mais (ton/jr)	139.7	122.1	116.9	120.8	124.9	139.0
Krachtvoer per koe (kg/jr)	2233	2277	2273	2214	2242	2219
Economische resultaten						
	37151					
Opbrengsten (A)	1	+0	+0	+0	+0	+0
melk	317118	+0	+0	+0	+0	+0
omzet en aanwas	29017	+0	+0	+0	+0	+0
overig (o.a. bedrijfspremie)	25376	+0	+0	+0	+0	+0
	11939					+176
Toegerekende kosten (B)	5	-1213	-1438	-1769	-249	4
krachtvoer	54486	+554	+317	-835	-137	-207
ruwvoer en melkproducten	19958	-1849	-2399	-1980	-1558	-71
betaalde veekosten	30088	+0	+0	+0	+0	+0
gewasbescherming	1265	+55	+100	+133	+233	+411
kunstmest en overige bemesting	11336	-263	+18	+212	-11	-525
zaaizaad	2262	+290	+526	+701	+1224	+2156
	24853		+134	+159	+298	+504
Niet toegerekende kosten (C)	2	+608	2	5	5	3
loonwerk (incl. aangekocht voer)	36680	+499	+1144	+1224	+2566	+4847
werktuigen en installaties	44941	+1	+1	+1	+1	+1
brandstof en smeermiddelen	2595	-8	-14	-10	-10	-24
zelfstandige materialen	5325	-4	-4	-3	-3	-12
grond en gebouwen	120603	+46	+32	+43	+135	+422
water en energie	11520	+20	+16	+9	+19	+30
mestafvoer	8268	+54	+167	+331	+277	-221
Overig	18600	+0	+0	+0	+0	+0
Saldo (A-B)	252116	+1213	+1438	+1769	+249	-1764
Saldo incl. loonwerk	215436	+714	+294	+545	-2317	-6611
Inkomen (A - B - C)	3584	+605	+96	+174	-2736	-6807
Inkomen absoluut	3584	4189	3680	3758	848	-3223

Tabel B2. Economische resultaten bij verschillende leeftijden grasland klei

	Herinzaaipercentage					
	2.5	3.33	5	10	12.5	20
Technische resultaten						
Bruto grasopbrengst (ton ds/ha)	12.4	12.6	12.6	12.7	12.7	12.5
maaipercentage grasland	237	243	252	252	252	276
VEM gehalte graskuil	870	867	869	868	868	868
Opname weidegras (kg ds/koe/jr)	1516	1512	1482	1481	1481	1308
Zelfvoorzieningsgraad ruwvoer (%)	90.1	93.9	94.8	96.7	96.7	94.1
	76	76	77	77	77	77
Aankoop mais (ton/jr)	54.2	33.5	28.6	18.2	18.2	34.0
Krachtvoer per koe (kg/jr)	2291	2306	2318	2302	2242	2281
Economische resultaten						
	41609					
Opbrengsten (A)	7	+0	+0	+0	+0	+0
melk	363838	+0	+0	+0	+0	+0
omzet en aanwas	27809	+0	+0	+0	+0	+0
overig (o.a. bedrijfspremie)	24450	+0	+0	+0	+0	+0
	11914					+112
Toegerekende kosten (B)	7	-1895	-1808	-2741	-1782	8
krachtvoer	59841	+397	+692	+282	+387	-262
ruwvoer en melkproducten	11026	-2175	-2685	-3782	-3532	-2119
betaalde veekosten	32968	+0	+0	+0	+0	+0
gewasbescherming	742	+19	+57	+169	+224	+391
kunstmest en overige bemesting	13888	-234	-166	-291	-35	+1071
zaaizaad	682	+98	+294	+881	+1174	+2047
	28863		+203	+246	+343	+104
Niet toegerekende kosten (C)	7	+941	2	8	8	91
loonwerk (incl. aangekocht voer)	41651	+457	+1717	+2685	+3460	+8872
werktuigen en installaties	55687	+0	-1	+0	+0	-1
brandstof en smeermiddelen	3295	-13	+18	-40	-18	+43
zelfstandige materialen	9533	-3	-46	-87	-77	+4
grond en gebouwen	140116	+497	+378	-69	+118	+1578
water en energie	14025	+9	+20	+27	+33	+58
mestafvoer	5730	-6	-54	-48	-78	-63
Overig	18600	+0	+0	+0	+0	+0
Saldo (A-B)	296950	+1895	+1808	+2741	+1782	-1128
Saldo incl. loonwerk	255299	+1438	+91	+56	-1678	-10000
Inkomen (A - B - C)	8313	+954	-224	+273	-1656	-11619
Inkomen absoluut	8313	9267	8089	8586	6657	-3306