

Bodem & Klimaat Netwerk – Akkerbouw

Chris Koopmans¹ en Leen Janmaat¹ (red.)

Met bijdragen van Hanneke Heesmans², Johan Specken², Marleen Zanen¹,
Bart Timmermans¹, Merel Hondebrink¹, Henk Westerhof³ en Hedwig Boerrigter³

¹ *Louis Bolk Instituut* ² *Wageningen University & Research* ³ *Stichting Veldleeuwerik*





Ministerie van Landbouw,
Natuur en Voedselkwaliteit

Dit project is gefinancierd door het ministerie van LNV in het kader van de klimaatbeleid

COLOFON

Dit rapport is tot stand gekomen binnen het Project '2.2b Netwerk paraplu akkerbouw' binnen het projectcluster '2018-2019 m.b.t. koolstof in landbouwbodem in het kader van het LNV-klimaatbeleid.

© 4 juli 2019

Bodem & Klimaat Netwerk – Akkerbouw

79 pagina's

Chris Koopmans¹ en Leen Janmaat¹ (red.)

Met bijdragen van Hanneke Heesmans², Johan Specken², Marleen Zanen¹, Bart Timmermans¹, Merel Hondebrink¹, Henk Westerhof³

¹ Louis Bolk Instituut ² Wageningen University & Research ³ Stichting Veldleeuwerik

Voorwoord

Dit project is onderdeel van een projectenportfolio Slim Landgebruik. Het doel is om maatregelen te vinden, te monitoren en te evalueren aan de hand van Netwerken en demonstraties om binnen de sector landbouw en landgebruik uiteindelijk in 2030 een vastlegging van 0.5 – 1 Mton CO₂ per jaar te realiseren als gevolg van het gebruik en beheer van land en bodem.

Bij de opzet van de netwerken hebben wij de medewerking gekregen van diverse mensen die aan de klimaatopgave in samenhang met duurzaam bodembeheer werken. De klimaatopgave, duurzaam bodembeheer en biodiversiteit wordt door de praktijk als een samenhangend geheel ervaren.

Wij danken de vele ondernemers die binnen het traject bereid waren deel te nemen. Hun vaak inspirerend bijdragen in zowel de kennisbijeenkomsten alsook in individuele keukentafel gesprekken hebben een rijk beeld opgeleverd van wat de bodem en bodemmaatregelen kunnen bijdragen aan de klimaatopgave. Specifiek danken we de ruim 55 akkerbouwers die bereid waren om hun percelen beschikbaar te stellen voor zowel een 0-meting alsook bereid zijn hun inzet en management maatregelen op de percelen te delen met de onderzoekers nu en in de komende jaren.

Meerdere regiocoördinatoren van Stichting Veldleeuwrik hebben bijgedragen aan de organisatie van de diverse bijeenkomsten. Anna Zwijnenburg en Albert Jan Olijve van Van Tafel naar Kavel droegen bij aan het initiatief om met Veldleeuwrik telers terug te kijken op de ontwikkelingen van hun percelen.

Samen met de ZLTO is het initiatief gekoppeld aan Carbon Farming dat in de regio Zeeland de ambities heeft de bewustwording, kennisuitwisseling en demonstratie van duurzaam bodembeheer door middel van het managen van koolstof te bevorderen. Wij danken met name Roel Clement en Veronique Verdurmen-Serrarens voor hun steun en inzet.

De medewerkers van Eurofins hadden een stevige uitdaging rond de vele analyses van de bodemonsters. Daarvoor dank! Tenslotte hebben diverse collega's van de deelnemende organisaties bijgedragen aan zowel de voorbereidingen alsook bij de latere uitwerkingen in het traject.

Inhoud

Samenvatting	6
1 Inleiding	12
2 Doelstellingen	15
3 Werkwijze	16
3.1 Kennisbijeenkomsten	16
3.2 Keukentafelgesprekken en afspraken met ondernemers	16
3.3 Bodem nulmetingen en berekening van de koolstof voorraad	17
3.4 Inzet van maatregelen op de bedrijven	19
3.5 Terugblik op bodemmaatregelen: Pilot Veldleeuwerik	19
4 Kennisbijeenkomsten in de regio's	21
4.1 Flevoland	21
4.2 Zeeland	22
4.3 Veenkoloniën	23
5 Uitkomsten keukentafelgesprekken	25
5.1 Flevoland	25
5.2 Zeeland	29
5.3 Veenkoloniën	33
5.4 Aanbevolen maatregelen ten aanzien van koolstof-vastlegging	36
5.5 Kennisvragen	40
6 Nulmeting van de bodem op de bedrijven	42
6.1 Bodemverdichting: metingen met de penetrologger	42
6.2 Nulmeting van de bodem op de bedrijven	44
6.3 Berekening van de koolstof in de bodem	46
6.4 Organische stof voorziening en management maatregelen	47
7 Inzet met de bedrijven	49
8 Een terugblik in Flevoland: pilot Veldleeuwerik	50
8.1 Databeschikbaarheid	50
8.2 Maatregelen per bedrijf	50
8.3 Effecten op bodemparameters	51
8.4 C-balansen, berekening met NDICEA	53
8.5 Analyse van C-balans-opbouw met modellen: de lego steentjes aanpak	55
8.6 Conclusies	56
9 Conclusies en aanbevelingen voor vervolg	58
9.1 Conclusies uit de netwerken	58
9.2 Aanbevelingen	59
9.3 Klimaat max bedrijven	61
Referenties	62
BIJLAGEN	63
Bijlage 1 Protocol bemonstering	63
Bijlage 2 Penetrologger data netwerken	66
Bijlage 3a Nulmetingen op de bedrijven in Flevoland	73

Bijlage 3b	Nulmetingen op de bedrijven in Zeeland	74
Bijlage 3c	Nulmetingen op de bedrijven in de Veenkoloniën	75
Bijlage 4	Perceel maatregelen op de bedrijven	76
Bijlage 5	Maatregelen in de pilot Veldleeuwerik	78
Bijlage 6	Metingen op de bedrijven in de pilot Veldleeuwerik	79

Samenvatting

In 2018 is gestart met het handen en voeten geven aan klimaatvriendelijke landbouwmaatregelen in de praktijk. Dit op basis van wetenschappelijke bevindingen. Doel vanuit de netwerken –in verschillende regio's- is het zichtbaar maken van wat de mogelijkheden voor vastleggen van koolstof in de landbouwpraktijk op minerale gronden zijn. Om deelnemers voor het netwerk akkerbouw te werven zijn regionale kennisbijeenkomsten georganiseerd. Hierbij is aangesloten bij het bestaande netwerk van Stichting Veldleeuwerik (Flevoland en Veenkoloniën) en de ZLTO (Zeeland). Deze kennisbijeenkomsten hadden tot doel de deelnemers te voorzien van informatie over klimaat- en bodemmaatregelen en ervaringen uit te wisselen met de deelnemers. De kennisbijeenkomsten laten zien dat akkerbouwers in de regio's Flevoland, Zeeland en Veenkoloniën bewust omgaan met de bodem en maatregelen hebben genomen om de bodemkwaliteit te verbeteren.

Bij 45 akkerbouwers zijn keukentafel gesprekken gehouden. Deze geven meer zicht op basisdata rond bouwplan, aandeel rooigewassen, type grondbewerking, inzet en type organische meststoffen, omgang met gewasresten, groenbemesters en akkerranden. De (klimaat)maatregelen die ondernemers sinds 2005 hebben ingezet zijn geïnventariseerd en beweegredenen nagegaan. Per regio zijn kansen en belemmeringen die worden ervaren bij het nemen van klimaatmaatregelen in beeld gebracht.

De voorlopers uit de netwerken in de akkerbouw nemen in de praktijk maatregelen die aansluiten bij de klimaatopgave (tabel 1). Deze akkerbouwers zien het belang van een goede bodemkwaliteit en op grond hiervan hebben sommigen het bouwplan in voorgaande jaren verruimd en/of geëxtensiveerd met rustgewassen. In de provincie Zeeland worden van oudsher meer diverse gewassen geteeld, een vruchtwisseling van 1:4 is hier gebruikelijk. In de Veenkoloniën worden aardappels veelal in een 1:2 vruchtwisseling geteeld. Vanwege aardappelrassen met ingebouwde resistentie tegen aaltjes is dit mogelijk. Naast aardappels worden hier granen en suikerbieten geteeld. Akkerbouwers in deze regio zijn op zoek naar het vierde gewas dat inpasbaar is zonder negatieve impact op het financiële resultaat. Zonder ondersteunende maatregelen of stimulansen ontstaat er weinig animo om het bouwplan te verruimen en/of het aandeel rustgewassen te vergroten.

Uit tabel 1 wordt ook duidelijk dat ondernemers in de afgelopen jaren vol hebben ingezet op de inzet van groenbemesters. Met zo'n 100% implementatie ligt dit percentage aanzienlijk hoger dan Lesschen (2012) inschatte als mogelijk implementatie percentage. Zo'n 20% van de voorloper bedrijven heeft gewerkt aan meer rustgewassen in het bouwplan hetgeen overeenkomt met Lesschen (2012). Niet Kerende Grondbewerking (NKG) is bij bijna 10% van de bedrijven doorgevoerd waar Lesschen uitgaat van een mogelijk implementatie percentage van 50%.

Tabel 1. Overzicht van perspectiefvolle maatregelen genomen binnen de netwerken sinds 2005. Het aandeel van de bedrijven dat een bepaalde maatregelen heeft toegepast is vergeleken met het implementatie % van Lesschen (2012).

Maatregelen	Flevoland	Zeeland	Veenkoloniën	Totaal	%	Lesschen (2012) %
Verruimen bouwplan	1	1	2	4	9	-
Meer rustgewassen	3	4	2	9	20	20
Toepassen NKG	2	2	1	5	11	50
Later ploegen	4	3	nvt	7	16	-
Meer organische reststromen	12	10	14	36	82	-
Groenbemesters GLB	15	15	14	44	100	50
Overwinteren groenbemesters	5	10	5	20	45	-
Mengsels groenbemesters	5	12	1	18	41	-

De grootste uitdaging bij geadviseerde klimaatmaatregelen (tabel 2) ligt volgens de ondernemers in de aanpassing van het bouwplan. Vanuit de koolstof opslag is dit veruit de meest effectieve maatregel gebleken. Een vast bouwplan vormt doorgaans de rode draad in de bedrijfsvoering. De planning en investeringen (mechanisatie en opslagcapaciteit) zijn hierop afgestemd. Met name het lage saldo bij het telen van graan weerhoudt akkerbouwers op dit moment om het bouwplan aan te passen.

Afgelopen 10 jaar zijn meerdere bedrijven overgestapt naar Niet Kerende Grondbewerking (NKG), dit in de overtuiging dat dit systeem leidt tot meer organische stof in de bovenste teeltlaag en daarmee bijdraagt aan een betere bodemkwaliteit. In veel gevallen ontbreekt de kennis van de meest effectieve inpassing van verschillende bewerkingen en zeker ook het effect daarvan op de koolstof vastlegging.

Akkerbouwers zijn gemotiveerd om kunstmest te vervangen door organische meststoffen. De huidige mestwetgeving (limiet op fosfaat en stikstof) wordt gezien als een rem om dit te implementeren. Er is voldoende aanbod van dierlijke mest, maar de huidige mestwetgeving beperkt de toepassing hiervan. Akkerbouwers zijn zich bewust van het nut om stro na de oogst in te werken, maar afhankelijk van de prijzen is de verleiding aanwezig het stro te verkopen.

Akkerbouwers zien voldoende mogelijkheden in het gebruik van groenbemesters. Waar voorheen voornamelijk mono groenbemesters werden gezaaid, neemt het gebruik van mengsels toe. In de Veenkoloniën zijn akkerbouwers terughoudend omdat diverse soorten groenbemesters een waardplantstatus hebben voor vrij levende aaltjes. In de praktijk houden akkerbouwers rekening met hun keuzes door regelmatig monsters te nemen en te monitoren. Wat het gebruik van mengsels betreft speelt onbekendheid met het toepassen hiervan een rol bij de keuze voor eenvoudige groenbemesters.

Tabel 2. Klimaatmaatregelen met kansen voor implementatie in de praktijk.

Hoofdmaatregel	Maatregel specifiek	Kansen voor implementatie ¹	Bijdrage aan CO ₂ vastlegging ²	Toelichting
Gewasrotatie	Bouwplan verruimen naar 1:4	+	+	Verplichting / Vanwege bodemgezondheid
Grondbewerking	Meer rustgewassen zoals granen	+/-	++	Vanwege bodemkwaliteit
	Niet-kerende grondbewerking	+	+/-	Deels al opgepakt
	Ondiep ploegen	++	+/-	Huidige praktijk
	Spitten	++	+/-	Met name in Veenkoloniën al praktijk
	Ploegen achterwege laten	+	+/-	Na aardappelen voor granen
Mest en reststromen	Vaste dierlijke mest	+	++	Lage kosten
	Champost	+	++	Lage kosten
	Groencompost	+	++	Kosten
	GFT	+/-	++	Lage kosten
	Kunstmest vervangen door drijfmest	+	+/-	Geld toe
Gewasresten inwerken	Stro inwerken na oogst	++	++	Veel toegepast
Groenbemesters	Volgens GLB	++	+/-	Inpasbaar
	Extra inzaaien GLB+	+	+/-	Na aardappel /vroeg s.bieten
	Groei duur verlengen / overwinteren groenbemester	+/-	+/-	Geeft extra groene massa
	Akkerranden (fab / vogel)	+/-	+/-	Inpasbaar
Akkerranden/vogelakkers	Vogelakker (mengsels met luzerne)	+/-	+/-	Onderdeel van agrarische natuur

¹ Toelichting

++ mogelijk en wordt ook al toegepast = goede mogelijkheden

+ biedt mogelijkheden

- door belemmeringen minder toegepast

² Toelichting bijdrage

+ + levert effectief bij aan koolstofvastlegging

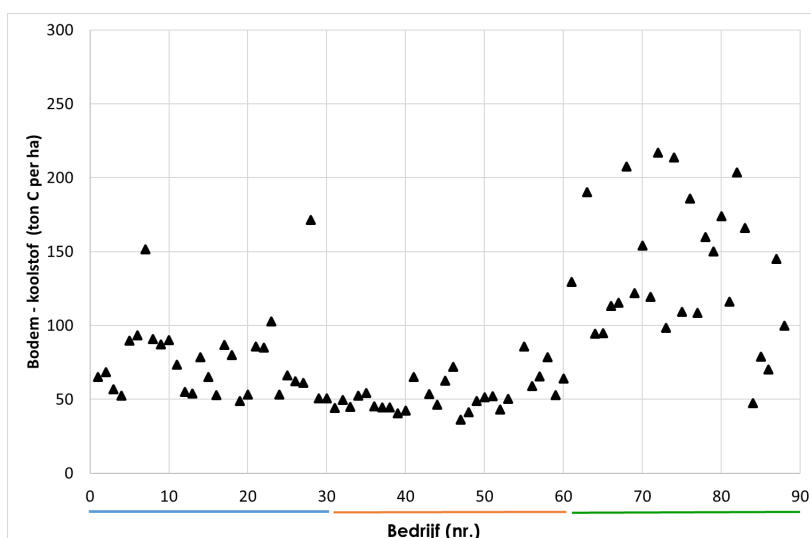
+ levert matig bij aan koolstofvastlegging

+ - = neutraal of onvoldoende bekend

Akkerbouwers hebben behoefte aan kennis over te nemen maatregelen. Met name over de werking van groenbemestermengsels is nog veel onbekend. Ook over de invloed van grondbewerkingsvarianten (ploegen, spitten, niet-kerende grondbewerking (NKG)) op de koolstofvastlegging leven veel vragen. Meerdere deelnemers aan de netwerken streven naar vervanging van kunstmest door organische meststoffen, zowel dierlijk als plantaardig. Ze zien de huidige mestwetgeving als een beperking om meer organische mest aan te voeren en zo bij te dragen aan de klimaatopgave. Gft-compost blijkt als bodemverbeteraar niet te voldoen omdat deze teveel is vervuild met plastic en glasdelen. Groencompost wordt met name gebruikt om de bewerkbaarheid van de bodem (zavel) te verbeteren.

Tijdens de gesprekken zijn de voornemens omtrent nieuwe klimaatmaatregelen nagegaan. Met alle boeren zijn afspraken gemaakt omtrent de monitoring van bodem en koolstofopslag op 2 percelen van hun bedrijf. Een groot aantal boeren is ook bereid om een bepaalde maatregel in te zetten op hun eigen bedrijf om zo een vergelijking te maken tussen het wel- en niet toepassen van een specifieke maatregel. Dit komt voort uit interesse voor bepaalde onderwerpen en maatregelen.

Om een startpunt te hebben van de koolstof opslag op de bedrijven is per perceel de hoeveelheid koolstof berekend die is vastgelegd in de gemeten laag 0-30 cm. Aan de hand van de bulkdichtheid van de bodem en het gehalte organisch koolstof (C-elementair) is de hoeveelheid koolstof berekend in ton C per ha. In onderstaande figuur is de bodemkoolstof in de laag 0-30 cm weergegeven van alle percelen uit het netwerk en gegroepeerd naar regio's. De bodemkoolstof van de bedrijven in Flevoland (76 ton C/ha) ligt gemiddeld gezien boven de bodemkoolstof van Zeeland (53 ton C/ha). De bodems in de Veenkoloniën bevatten meer koolstof, hier komt het gemiddelde van bemonsterde percelen uit op 136 ton C per ha. Dit hangt samen met de ontstaansgeschiedenis van deze dalgronden.



Figuur 1. Bodemkoolstof (ton C/ha) van Flevoland (in blauw), Zeeland (in oranje) en Veenkoloniën (in groen)

In een pilot met bedrijven in Flevoland is gekeken of op basis van historische data en ervaringen van 11 akkerbouwers conclusies kunnen worden getrokken omtrent de koolstof opbouw als gevolg van het nemen van bodemmaatregelen. De pilotbedrijven voeren een behoorlijke set aan maatregelen uit, voor een groot deel gericht op behoud van bodemkwaliteit (onder andere organische stof en structuur) en om nutriëntenverliezen te beperken. Kwalitatieve gegevens over welke maatregelen op de bedrijven worden toegepast en hoe deze worden uitgevoerd zijn aanwezig. Kwantitatieve gegevens omtrent alle maatregelen ontbreken in veel gevallen. Beschikbare resultaten van grond- en gewasanalyses van de laatste 10 jaar kunnen zicht geven op trends, maar zijn voor veel bedrijven niet voldoende gestandaardiseerd beschikbaar. Bedrijven maken over de jaren gebruik van verschillende laboratoria en type analyses. Ook worden bemonsteringen niet altijd op vaste locaties genomen en worden perceelmonsters afgewisseld met kavelbemonsteringen (meerdere percelen in één mengmonster). Voor negen van de elf bedrijven zijn koolstof balansen berekend op basis van een perceel opgave. Hiervan hadden er drie meer dan 0.3 ton C/ha/jaar vastlegging. Dit komt overeen met het benodigde landelijk niveau om 1 Mton CO₂ vastlegging per jaar te realiseren in 2030. Drie andere bedrijven vertoonden een licht positieve balans. Drie bedrijven hadden een negatieve koolstofbalans. In potentie had gewaskeuze en inzet van compost steeds het grootste effect.

Geconcludeerd kan worden dat akkerbouwers bereid zijn maatregelen te nemen die bijdragen aan bodem koolstof vastlegging en betere bodemkwaliteit wat samengaat met onderhoud en toename van organische stof in de bodem. Van het verruimen van het bouwplan met rustgewassen zoals granen en grassen is het meeste effect te verwachten in koolstof opbouw in de bodem. De huidige mestwetgeving (fosfaat en stikstof)beperkt de mogelijkheden om met organische meststoffen (bodemverbeteraars) kunstmest te vervangen en daarmee meer koolstof aan te voeren op het bedrijf. Ook gaan akkerbouwers steeds minder of steeds ondieper ploegen, de kennis van de effecten hiervan op de koolstofvastlegging ontbreekt echter. De keuze voor overwinteren van groenbemesters op lichtere gronden is mogelijk zolang de middelen daarvoor beschikbaar zijn om een goed zaaibed te bereiden. De beperkte bewerkbaarheid van de grond in het voorjaar, maakt het voor zware gronden risicovol om de grondbewerkingen tot na de winter uit te stellen. De bijeenkomsten laten zien dat er bij de aanwezige ondernemers zeer veel behoefte is aan kennis. Kennis omtrent de juiste inpassing van maatregelen en hun impact op de bodem en het gewas. Ook is er een grote behoefte aan ondersteuning rond regionale inpassing en toetsing. De noodzaak tot eenduidigheid in monitoring en analyse van de bodems wordt helder bij gegevens die ondernemers reeds zelf voorhanden hebben. Wisselende analysemethoden en analyselaboratoria maken het lastig om historische data goed te vergelijken en te interpreteren. Een eenduidige nulmeting is noodzakelijk om in de toekomst ook vergelijkingen te kunnen maken.

In drie regio's zijn netwerken opgestart en nulmetingen gedaan. Naast de uitdaging om concreet met maatregelen aan de slag te gaan, ligt er ook een uitdaging de netwerken verder te verdiepen. Dit kan door:

- Inzicht in de effectiviteit en mogelijkheden van inpassing van specifieke landbouwmaatregelen door *onderzoek en kennisontwikkeling*. Hierbij is het nodig om realistische inschattingen te kunnen maken van de koolstofvastlegging in minerale bodems en de effecten op de bredere bodemkwaliteit te monitoren.
- *Maatregelen implementatie en ondersteuning* van klimaatmaatregelen op de bedrijven zelf. Richt beleidsmatig de focus op maatregelen die het meest kunnen bijdragen aan het vastleggen van koolstof en implementeerbaar zijn. Biedt daarbij handelingsperspectief door implementatievragen via on-farm experimenten in de regio's te ondersteunen. Dit is wat de praktijk zoekt en wat nodig is om tot eenduidige boodschappen in klimaat perspectief te komen.
- *Kennisuitwisseling en begeleiding* waarbij verbinding van wetenschappelijke kennis met praktische inpassing centraal staan. Door het organiseren van bijeenkomsten met boeren en stakeholders worden kennis en ervaringen uitgewisseld en de deelnemers uitgedaagd.
- *Demonstratie van de maximale mogelijkheden*. Voor de vastlegging en behoud van koolstof in de bodem is de vraag (i) hoe tellen diverse maatregelen op in combinatie? (ii) hoe ver kunnen we gaan met maximale vastlegging van koolstof en maximaal behoud van bodemkoolstof en (iii) hoe scoort het vastleggen van koolstof op diensten als behoud van bodemkwaliteit, emissies, ziektedruk en eventuele andere neveneffecten? Door vormgeving en realisatie van demonstraties in de regio's kunnen de maximale mogelijkheden worden onderzocht.

Tabel 2. Samenvatting van de aanbevelingen voor verdere invulling van de netwerken in de komende jaren.

	Onderzoek & Kennisontwikkeling	Maatregelen Implementatie & ondersteuning	Kennisuitwisseling & begeleiding	Demonstratie max. mogelijkheden
Doel	Koolstof vastlegging op de bedrijven realiseren & bodemkwaliteit verbeteren	Ondernemers zijn aan de slag & maatregelen implementeren	Ondersteuning bij implementatievragen	Zicht op maximaal haalbare klimaatteffect
Methode	Metten en monitoren van bodem-C en bodemkwaliteit op de bedrijven	Maatregelen worden ingezet. Implementatievragen experimenteel in regio onderzocht	Kennis- en veldbijeenkomsten	Klimaatmax bedrijven in meerdere regio met scenario studies
Resultaat	Veranderingen in bodem-C en bodemkwaliteit zijn vastgesteld	Maatregelen zijn beschikbaar voor de praktijk	Kennistoename en verdieping bij ondernemers	Zicht op maximaal haalbare en zicht op consequenties in andere beleidsterreinen

1 Inleiding

De klimaatdoelstelling van de overheid is om binnen de sector landbouw en landgebruik uiteindelijk in 2030 een vastlegging van 0,5 Mton CO₂ per jaar te realiseren door het gebruik en beheer van land en bodem. Dit komt neer op een gemiddelde van 500 – 1000 kg CO₂ (ofwel 140-270 kg C) vastlegging per ha per jaar in de bodem voor in totaal 2 Mha landbouwgrond.

Binnen de klimaatenvelophe is de mogelijke bijdrage voor vastleggen van CO₂ van de sector landbouw en landgebruik beschreven (Lesschen et. al., 2012). Om te laten zien dat de bodem een bijdrage kan leveren aan het vastleggen van CO₂ is het gewenst (1) de bijdrage van managementmaatregelen aan koolstof vastlegging te kwantificeren zoals deze in de praktijk voorkomen; (2) de resultaten met de praktijk te inventariseren met ondernemers (voorlopers) die actief bodem- klimaatmaatregelen nemen in netwerken en (3) mogelijkheden te verkennen die boeren ertoe bewegen verdere maatregelen toe te passen.

Het programma Slim Landgebruik is onderverdeeld in drie programmalijnen met elk een aparte focus:

1. Monitoring en borging van emissiereductie
2. Demonstratie en netwerken
3. Kennisontwikkeling en –verspreiding

Om zicht te krijgen welke bijdrage de bodem kan leveren aan het vastleggen van CO₂ is het zinvol middels demonstraties en netwerken te onderzoeken wat in de praktijk mogelijk is, wat al gedaan wordt en wat nog kan worden gedaan. Daarbij staat het stimuleren en ondersteunen naast het toetsen en kwantificeren, voorop.

In Nederland zijn op dit moment een aantal bodem gerelateerde netwerken actief die gericht zijn op het bereiken van bepaalde doelen zoals bijvoorbeeld duurzaam telen of het sluiten van kringlopen. Deze netwerken en projecten richten zich daarbij niet primair op klimaat mitigatie. In deze (bestaande) projecten wordt dan ook slechts in enkele gevallen de rol van de bodem meegenomen als optie voor het beperken van de broeikasgasemissie door het opslaan van CO₂ in de bodem. Door in deze netwerken en projecten ook het effect op koolstofopslag door genomen maatregelen mee te nemen en andere maatregelen die koolstofopslag stimuleren te introduceren kan op een effectieve wijze worden gewerkt aan een bredere toepassing van maatregelen voor het vastleggen van CO₂.

Op dit moment is onduidelijk welke maatregelen boeren nemen die bijdragen aan koolstof vastlegging in de bodem en in hoeverre deze maatregelen en acties breed toepasbaar zijn in de landbouwpraktijk. Ook is niet duidelijk in hoeverre maatregelen representatief zijn voor de landbouw als geheel en samen kunnen leiden tot de gewenste emissiereductie in de landbouw. In een voorbereidend traject (Hull et al., 2018) stond de selectie en voorbereiding van een passende set aan demonstraties en netwerken centraal. Voor de netwerken is een overzicht

gemaakt van actieve netwerken met de regio waarin ze actief zijn, aantallen deelnemers, duur, bestaanszekerheid, potentieel in termen van CO₂ vastlegging, datalevering, ambities, etc. Op basis van gesprekken met de netwerken waarbij vooral is gekeken naar de ambities, motivatie en enthousiasme ten aanzien van de klimaatopgave, rol in de regionale spreiding, bestaanszekerheid en concrete inzet van maatregelen en mogelijkheden voor dataverwerving en -deling, is ingezoomd op de volgende 3 regionale akkerbouw netwerken: Veldleeuwewik netwerk in Flevoland, ZLTO-netwerk van Carbon Farming in Zeeland en het Veldleeuwewik netwerk in de Veenkoloniën van Drenthe en Groningen.

Deze netwerken betreffen een samenwerking van ondernemers die erop gericht is bewustwording, kennisuitwisseling en demonstratie van duurzaam bodembeheer vanuit klimaatperspectief te bevorderen. Met de geïdentificeerde netwerken is contact opgenomen om te verkennen of er interesse is voor deelname aan dit project en welke informatie al beschikbaar is. Zo is o.a. onderzocht wat het potentieel is voor de toepassing van maatregelen, welke basisdata worden verzameld en wat het netwerk zou willen en kunnen bijdragen aan maatregelenontwikkeling en kennisverspreiding.

Veldleeuwewik is het grootste akkerbouw netwerk van Nederland met ambities op het gebied van duurzame landbouw en klimaat. Het is een autonoom functionerend netwerk met een hoge mate van continuïteit. Het netwerk van Veldleeuwewik bestaat uit akkerbouwers en partners (toeleveranciers, afnemers en adviesbedrijven). De telers zijn actief in regiogroepen van circa 10 telers per regiogroep. Er zijn 36 groepen actief in heel Nederland.

Bij Stichting Veldleeuwewik zijn de ambities met de telers en partners eind 2017 opnieuw vastgesteld:

- Klimaat neutraal boeren door beter bodembeheer
- Streven naar 0% emissie naar lucht, grond en water
- Verrijken van natuur en landschap voor boer en burger

Veldleeuwewik is in 2002 gestart op initiatief van Heineken in een samenwerking met de Agrarische Unie en 10 Flevolandse telers. Sinds 2012 worden de netwerken landelijk opgeschaald. Op dit moment wordt door ca 350 akkerbouwers binnen Veldleeuwewik gewerkt aan zo'n 250 bovenwettelijke maatregelen. Een bottom-up benadering gebaseerd op de intrinsieke motivatie van de telers staat voorop. De continuïteit van de benadering wordt geborgd door een financiële bijdrage van de telers en bijdragen van de 45 partners. Maatregelen die de telers nemen betreffen o.a. minimale grondbewerking waaronder Niet Kerende Grondbewerking (NKG), de inzet van lichtere machines, extra toevoegen van organische stof en extensiveren van het bouwplan. De telers leggen binnen de online module 'Mijn Veldleeuwewik' jaarlijks vast welke maatregelen zij dat jaar hebben getroffen. De telers houden daarnaast ook een eigen uitgebreide teeltregistratie bij.

Wegens de ambities richting klimaatdoelstellingen, de representativiteit, de bestaanszekerheid en feit dat met maatregelen wordt gewerkt, is dit netwerk uitermate geschikt gebleken voor de doelstellingen van dit project. Ook is er grote behoefte binnen dit netwerk om vanuit de praktijk input te geven richting beleidsontwikkeling op het vlak van klimaat- en bodembeleid. Naast de boerenpraktijk zijn de belangrijkste ketenpartijen in het netwerk vertegenwoordigd. In samenwerking met verschillende partijen wordt er gewerkt aan koppeling van data waarin ook maatregelen voor klimaat worden meegenomen. Door hierbij aan te sluiten wordt voorkomen dat een niet-landsdekkende of een wirwar aan dataverzameling en tools wordt gecreëerd.

Carbon farming is een startend initiatief in de regio Zeeland met een internationale component door de samenwerking met een aantal Noordzeelanden in Interreg verband. De ambities richten zich op bewustwording, kennisuitwisseling en demonstratie van duurzaam bodembeheer door middel van het managen van koolstof. De uitwisseling richt zich op de technieken die inzetbaar zijn voor de praktijk, incentives die koolstofbeheer kunnen ondersteunen en de praktische uitvoering. De komende drie jaar wordt gestreefd naar vier tot vijf groepen van telers met ca 10 telers per groep. Het netwerk staat ervoor open om met monitoring aan de slag te gaan en vanaf 2019 ook maatregelen in te zetten met de nodige ondersteuning.

Dit netwerk kent representativiteit omdat het gekoppeld is aan de ZLTO. De bestaanszekerheid is voor meerdere jaren gegarandeerd door een Interreg-financiering. De telers staan ervoor open om klimaatmaatregelen door te voeren. Ook is een positieve houding ten aanzien van aansluiting bij land dekkende initiatieven voor datadeling een reden dat dit netwerk werd opgenomen voor aansluiting in dit project.

2 Doelstellingen

Het doel van het 'Bodem & Klimaat Netwerk' is om met een relevante en passende set aan netwerken en demonstraties aan de slag te gaan die aansluit bij de klimaatopgave van 0,5 Mton CO₂-reductie in 2030, ingebed in een bredere doelstelling om meer duurzaam beheer en een duurzame landbouw te realiseren.

Meer specifiek is de inzet gericht op:

- Het opstarten van de samenwerking met de praktijk om duurzaam bodembeheer en klimaatvriendelijke landbouwmaatregelen handen en voeten te geven middels testen en demonsteren en telers te verleiden hiermee aan de slag te gaan.
- Het meten van de uitgangssituatie (nulmeting) in de bodem. Om te weten of er daadwerkelijk koolstof kan worden vastgelegd als gevolg van geïmplementeerde bodemmaatregelen is het van belang zowel de uitgangssituatie van de voorraad organische stof in de bodem te kennen, als ook de effecten van de verschillende maatregelen die genomen worden vast te stellen. Daarmee kan de impact van maatregelen worden berekend en gemonitord. Ook is het van belang te ontwikkelen hoe dit op een eenvoudige wijze kan worden vastgesteld en welk tools of instrumenten hierbij in de praktijk werken.
- Het zichtbaar maken van wat wordt gedaan (maatregelen, metingen, uitdagingen en dilemma's) en dit te verbinden met de maatschappelijke opgaven rond bodem, klimaat, biodiversiteit.
- Een opzet ontwikkelen om deze netwerken vanaf 2019 gedurende vijf jaar te ondersteunen.

3 Werkwijze

Het 'Bodem & Klimaat Netwerk' bestaat voor de akkerbouw uit 3 regionale netwerken. In de aanpak kunnen 3 hoofdactiviteiten worden onderscheiden:

1. In elke regio zijn kennisbijeenkomsten georganiseerd;
2. Met de netwerk deelnemers is vervolgens een keukentafel gesprek gevoerd over de bedrijfsvoering, kansen en plannen ten aanzien van maatregelen om koolstof vastlegging in de bodem realiseren;
3. Bij elke deelnemer is er een nulmeting op 2 percelen verricht;
4. Afspraken zijn gemaakt omtrent het volgen van 2 percelen in de komende jaren, data beschikbaarheid en de inzet van klimaatmaatregelen op de 2 te volgen percelen;
5. In een pilot met een 11-tal Veldleeuwerik deelnemers is teruggeblikt op de genomen bodem- en klimaatmaatregelen, de beschikbare bodemanalyses en de effectiviteit daarvan voor het berekenen van de ontwikkeling in koolstof vastlegging geëvalueerd.

3.1 Kennisbijeenkomsten

De akkerbouwers voor dit project zijn via de regionale netwerken benaderd voor deelname aan kennisbijeenkomsten. In de kennisbijeenkomsten zijn de achtergronden van het regionale netwerk toegelicht. Ook is uitvoerig stilgestaan bij de klimaatopgave met achtergronden, het belang van klimaat mitigatie in de landbouw en de praktische mogelijkheden. Met de deelnemers is in kaart gebracht wat al wordt gedaan aan klimaat-relevante maatregelen en waar nu kansen liggen. Tenslotte zijn afspraken gemaakt over de samenwerking, het gebruik van data en privacy en is het voornemen van de keukentafel gesprekken besproken. Per regio is gestreefd naar 15 bedrijven voor actieve deelname bij de verdere vormgeving. Voor Flevoland heeft zich ook een bedrijf uit Wijhe aangemeld omdat deze ondernemer is aangesloten op een Veldleeuwerik regiogroep.

3.2 Keukentafelgesprekken en afspraken met ondernemers

Tijdens de keukentafelgesprekken zijn de data over het bedrijfsmanagement en bodemmaatregelen verzameld. Daarbij is een vragenlijst als leidraad meegenomen. Deze vragenlijst richtte zich op:

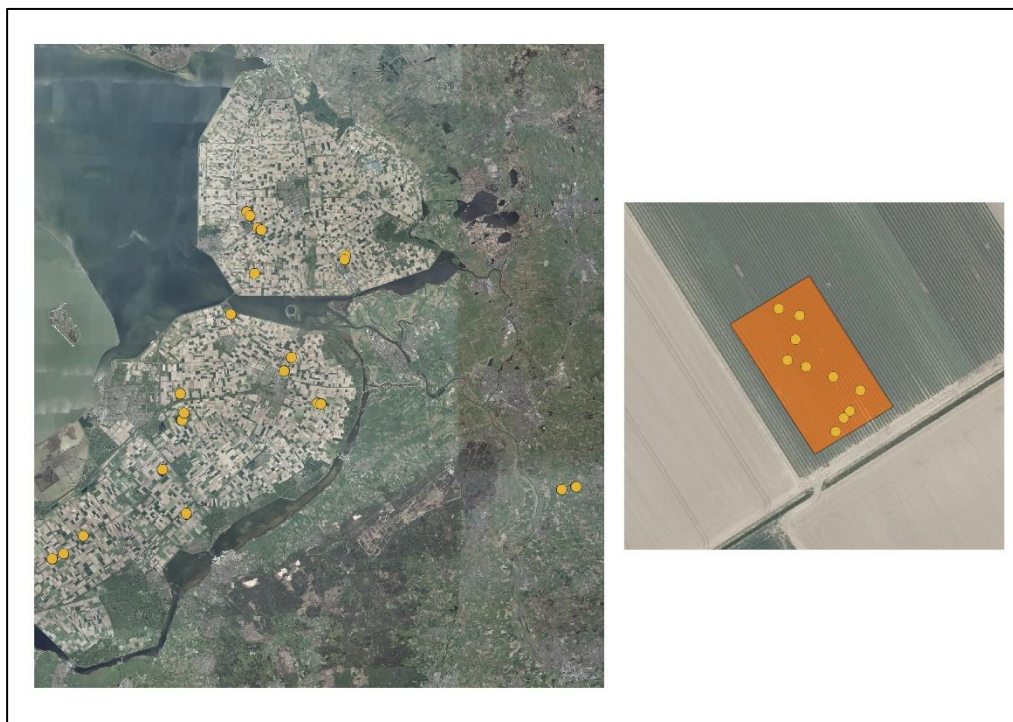
- De huidige situatie wat betreft bouwplan, bedrijfsvoering en oppervlakte;
- Bodem- en klimaatrelevante maatregelen van het bedrijf uit het recente verleden (10-15 jaar) en wat daarbij de uitdagingen (kansen) en dilemma's (bedreigingen) vormden?
- Welke kansen voor klimaatmaatregelen de ondernemers zien voor de nabije toekomst zowel op hun eigen bedrijf alsook voor de akkerbouw als sector?
- Van elk bedrijf zijn 2 percelen geselecteerd voor een 0-meting. De percelen verschillen daarbij bij voorkeur in een bepaalde bodemmaatregel die genomen gaat worden in de komende jaren, ten behoeve van koolstofvastlegging in de bodem.

3.3 Bodem nulmetingen en berekening van de koolstof voorraad

Het doel van de nulmeting en monitoren van maatregelen is om te weten wat de koolstofvoorraad is bij de start van het project en zodoende de komende jaren ook te kunnen toetsen in hoeverre verschillende maatregelen bijdragen om koolstof op te slaan in de bodem.

De nulmeting en monitoring in deze netwerken heeft telkens op 2 percelen per bedrijf plaatsgevonden waarbij het voornemen is om een bepaalde klimaatmaatregel in te zetten dan wel een combinatie van klimaatrelevante maatregelen in de komende jaren toe te passen. De metingen betreffen in eerste instantie bodem-chemische bepalingen naar het koolstofgehalte in de bodem. Daarnaast is de bodemverdichting bepaald middels een penetrologger bepaling op de percelen. Tijdens het gehele proces van bemonstering, monstervoorbehandeling en analyses in het laboratorium is een monitoringsprotocol gevolgd dat is afgestemd met de Lange Termijn Experiment bemonsteringen (Koopmans et al., 2019) en gebaseerd op de JRC-bemonstering procedures uit 2017 (Fernandez-Ugalde et al., 2017). Details zijn weergegeven in bijlage 1.

In de bemonstering is een representatief mengmonster (40 steken) genomen met een 1 cm diameter guts in een gestandaardiseerd meetvak van 80 x 36 m per perceel voor de laag 0-30 cm. Voor de penetrologger bepalingen zijn een 10-tal steken tot 1 m diepte genomen in een Z-vorm in hetzelfde meetvak waarbij de GPS-locaties zijn vastgelegd. Daarnaast zijn data over het bedrijfsmanagement en bodemmaatregelen verzameld.



Afbeelding 1. Ligging van deelnemende bedrijven in Flevoland inclusief Wijhe en een voorbeeld bemonstering van een perceel

De chemische analyses zijn uitgevoerd door Eurofins Agro. Hierbij is gestreefd naar een samenhangende meetset bestaande uit:

- Koolstofvoorraad. Als basis van de meetset is het noodzakelijk te weten wat de huidige koolstofvoorraad in de bodem is. De in tabel 3.3.1 genoemde metingen zijn geschikt voor een zo nauwkeurig mogelijke schatting van de huidige koolstofvoorraad en dienen als referentie voor metingen in de toekomst. De bepalingen betroffen C-elementair klassiek (SOC) en organische stof-gloeiverlies (SOM).
- Aansluiting bij de praktijk. Naast het meten van de koolstofvoorraad is het ook belangrijk om aan te sluiten bij de praktijk. Om de vertaalslag te kunnen maken tussen de op precisie gerichte meetgegevens over de koolstofvoorraad en de gegevens waar agrariërs mee werken is het belangrijk om de in de praktijk gebruikte, vaak op NIR(S) gebaseerde organische stof data, mee te nemen. De overige bepalingen betroffen C-totaal en NIR-klei %, pH-CaCl₂ en N-totaal klassiek.

Tabel 3.3.1 Bepalingen op akkerbouw monsters in Bodem & klimaat Netwerk

Parameter	Methode	Opmerking
C-elementair (SOC)	COR6 ¹	Betrouwbare schatter C voorraad
Organische stof –gloeiverlies (SOM)	GLV1 ²	Gangbare schatter organische stof
Organische stof - NIRS	NIRS ³	Praktijkmeting van organische stof
C-totaal (TOC)	CTT6 ⁴	Totale organische stof incl. anorganisch C
Kleifractie	NIR(S)	Relatie met organische stof stabiliteit
pH	CaCl ₂	Relatie met organische stof afbraak
N-totaal	Dumas-klassiek	N opslag schatten
Bulkdichtheid van de bodem	Ring 100 cc	Omrekening naar C per ha
Indringings weerstand	Penetrologer	Indicatie van bodemverdichting

¹ Soil organic carbon (SOC elementaire C analysis gevolgd door droge verbranding (Yeomans and Bremner, 1991; Soon and Abboud, 1991, ISO 10694). Internal classical code = COR6

² Gloeiverlies bij 550 graden (NEN 5754, 2005). Internal classical code = GLV1

³ Near Infra Red Spectroscopy

⁴ Total Carbon: SOC + inorganic carbon. Verbranding bij 1150 graden C (NEN 15936). Internal classical code = CTT6

Op basis van de analyseuitslagen wordt een berekening gemaakt van de hoeveelheid koolstof die in de bodem is vastgelegd. Voor het omrekenen van het koolstofgehalte naar de koolstofvoorraad is het nodig om de dichtheid van de bodem te kennen. Hiervoor is gebruik gemaakt van de pedotransfer functies op basis van het organische stofgehalte en de bodem-textuur van Wösten (2001) voor kleigronden en Hoekstra en Poelman (1982) voor de zandgronden:

$$Dichtheid_{klei} = 0.6117 + (0.003601 * kleigehalte) + (0.002172 * (OS\ gehalte)^2) + (0.01715 * \log(OS\ gehalte))$$

$$Dichtheid_{zand} = 0.667 + (0.021 * OS\ gehalte)$$

$$Koolstof\ in\ de\ bodem\ kg\ per\ ha = (100 \times 100 \times Bodemdiepte\ (m)) \times Bulk\ Dichtheid\ (g/cm^3) \times SOC / 10.000$$

C-elementair vormt de basis voor de berekeningen van de koolstof voorraad (0-30 cm). Tussen organische stof-gloeiverlies en organische stof NIRS zijn verschillen zichtbaar die lijken samen te hangen met de bodem typen en hoeveelheden organische stof in de bodem. Voor

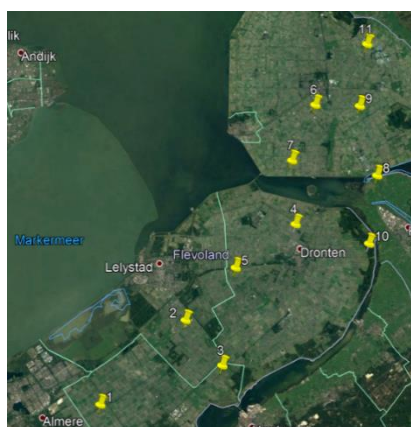
zeekleigronden (Flevoland en Zeeland) zijn de organische stof NIRS waarden hoger dan het organische stof-gloeiverlies. Bij de Veenkoloniën liggen de organische stof NIRS waarden juist wat lager ten opzichte van organische stof-gloeiverlies. Nadere analyse van correlaties tussen de bepalingen zijn te vinden in Koopmans et al., 2019).

3.4 Inzet van maatregelen op de bedrijven

Tijdens de keukentafelgesprekken zijn de verschillende opties voor klimaatmaatregelen doorgesproken met de akkerbouwer. Afhankelijk van de bedrijfssituatie, ligging van de percelen en specifieke interesse van de boer zijn mogelijkheden verkend. De keuze van de percelen is zoveel mogelijk gekoppeld aan de maatregelen die het bedrijf wil toevoegen. Indien extra maatregelen niet aan de orde waren, is gekozen voor een perceel waar de effecten van gestapelde maatregelen navolgbaar zijn in de toekomst.

3.5 Terugblik op bodemaatregelen: Pilot Veldleeuwerik

Op basis van de vraagstelling is gezocht naar inzichten en lessen uit de historische data en ervaringen van Veldleeuwerik akkerbouwbedrijven in Flevoland. Wat kunnen we hiervan leren voor toekomstige netwerken en monitoring van koolstofvastlegging in de akkerbouw? Belangrijke aandachtspunten zijn: de beschikbaarheid van data op de bedrijven, welke maatregelen zijn toegepast die een rol hebben gespeeld bij koolstofvastlegging, wat zijn de effecten van maatregelen op de bodem, welke methodische uitdagingen liggen er om dit alles beter te monitoren ten behoeve van koolstof vastlegging. Voor het beantwoorden van bovenstaande vraagstelling is een selectie gemaakt van 11 bedrijven die al minimaal 12 jaar bezig zijn met verduurzaming van hun bodembeheer en lid zijn van Stichting Veldleeuwerik. Drie bedrijven zijn al sinds 2003 betrokken, 8 bedrijven zijn sinds 2006 betrokken. De bedrijven zijn verspreid over de Flevopolder, de Noordoostpolder en een ligt op Kampereiland (Afbeelding 2).



Afbeelding 2. Locatie van bemonsterde percelen in de Veldleeuwerik terugblik

De elf bedrijven zijn bezocht in de periode oktober-november 2018. Tijdens de bedrijfsbezoeken zijn data vanuit diverse bronnen gebruikt. Het bouwplan van percelen is beschikbaar via RVO en toegankelijk via de website Boer & Bunder. De meeste bedrijven weten tot ca. 10 jaar terug goed welk gewas op elk perceel heeft gestaan. De grondbewerking wordt nergens geregistreerd. Alle

elf bedrijven geven aan dat ze sinds de deelname aan Veldleeuwerik bewuster met hun bodem omgaan en dus ook met de grondbewerking, bandenspanning, het moment van berijden (timing) en oogsten (door loonwerkers).

4 Kennisbijeenkomsten in de regio's

4.1 Flevoland

Conclusie kennisbijeenkomst Flevoland.

Veldleeuwerik akkerbouwers gaan bewust om met de bodem en nemen maatregelen om de bodemkwaliteit te verbeteren. Dat doen ze met meerdere maatregelen. Naast verruimen van het bouwplan, passen meerdere akkerbouwers minimale – of niet kerende grondbewerking (NKG) toe op het bedrijf. Daarnaast zoeken bedrijven naar mogelijkheden om kunstmest te vervangen voor organische meststoffen. De huidige mestwetgeving zien ze als een belemmering om meer koolstof-houdende meststoffen aan te voeren.

Opbouw van de avond:

- Presentatie van Henk Westerhof (perspectief vanuit Veldleeuwerik)
- Presentatie Leen Janmaat (perspectief vanuit wetenschap en LNV)
- Vragen en discussie vanuit de zaal

Welke maatregelen worden al getroffen?

Acht boeren staken hun hand op bij niet-kerende grondbewerking (NKG). Alle akkerbouwers in de zaal zaaien groenbemesters in na de oogst (GLB). Een aantal bedrijven laat groenbemesters overwinteren en werkt deze veelal na dood spuiten met glyfosaat in. Er is enige zorg hoe groenbemesters in het voorjaar in te werken als glyfosaat geen toelating meer heeft.

Kennisvragen

- Hoeveel aanvoer van organische mest is er nodig om tot een verhoging te komen van het organische stofgehalte in de bodem?
- In hoeverre speelt het bodemleven een rol in koolstofvastlegging en hoe kunnen we het aanwezige bodemleven meten?
- Tot welke datum is het zinvol om nog groenbemesters te zaaien?
- Hoe verkrijgt je een goed zaaibed bij overblijvende groenbemesters in een NKG-situatie?
- Hoe komen we tot een vergoedingssysteem voor akkerbouwers die koolstof vastleggen met toegevoegde klimaatmaatregelen?

Overige vragen vanuit de zaal

- Hoe lang duurt het project? Voor hoe lang zeg je toe?
- Moet je bij deelname ook altijd maatregelen treffen?
- Hoe kan je meten/weten of een maatregel effect heeft?
- Hoe zit het met gewasresten laten liggen en CO₂?
Als je gewasresten laat liggen, gaat het verteren en gaat er ook CO₂ de lucht in.

4.2 Zeeland

Conclusie kennisbijeenkomst Zeeland.

De deelnemers aan de bijeenkomst zijn bewust bezig met duurzaam bodembeheer en hebben maatregelen gericht op bodemkwaliteit genomen. De teeltplannen variëren, maar rustgewassen zoals graszaad naast granen komen veelvuldig voor.

Akkerbouwers gaan ondieper ploegen of zijn al gestopt met kerende grondbewerkingen. Door de inzet van glyfosaat kunnen groenbemesters overwinteren. Er bestaat wat twijfel of extra maatregelen meetbare effecten hebben op vastlegging van koolstof.

Opbouw van de middag:

- Presentatie van Roel Clement (perspectief vanuit Carbon Farming in samenwerking met het Bodem& Klimaat Netwerk)
- Presentatie Leen Janmaat (perspectief vanuit wetenschap en LNV)
- Inventariseren van maatregelen op de bedrijven in drie subgroepen
- Plenaire afsluiting met vragen en opmerkingen

Kennisvragen

- Hoe verhouden zich ploegen, spitten en NKG zich tot vastlegging van koolstof?
Is ploegen nou zo veel slechter m.b.t. koolstof vastlegging in de bodem; is ploegen soms beter, afhankelijk ook van het gewas dat je hebt staan? Meer specifiek: hoeveel CO₂ verdwijnt er dan met ploegen? Iemand anders antwoord; artikel in Boerderij geeft aan dat je vrijwel altijd 10% OS verliest met elke soort grondbewerking. In de USA zijn voorbeelden waarbij weinig/niet ploegen het OS-gehalte van 2.1% naar 5 % OS worden opgekrakt. Hoe is dit onder onze omstandigheden?
- Hoe kunnen we jaarrond zorgen dat land groen blijft, wanneer is groenbemesters zaaien zinvol?

Maatregelen vanuit de groepen

- Groenbemesters maximaal inzetten (30-50% areaal).
- Gras na mais zonder te ploegen
- Minder (diep)/niet ploegen
- Meer inzetten op compostgebruik, maar de kwaliteit moet goed zijn (geen plastic)
- Minder en/of andere kunstmest (kwalitatief beter)
- Meer rundveemest toepassen
- Stro hakselen
- Dubbel Doel randen voor FAB en natuur
- Vaste rijpaden

Overige vragen en opmerkingen vanuit de zaal

- Maakt de overheid geen misbruik van onze input, krijgen we hiervoor regelgeving terug?
- Hoe kunnen we groenbemesters na uienteelt inpassen?
- Staat de huidige mestregelgeving het gebruik van organische mest niet in de weg?
- We hebben al veel maatregelen genomen, leveren extra maatregelen nog wel wat op of is het gerommel in de marge?
- Biedt een keuzepakket geen uitkomst in plaats van eenheidsworst?

4.3 Veenkoloniën

Conclusie kennisbijeenkomst Veenkoloniën

De kennisbijeenkomst werd bezocht door 16 veldleeuweriktelers. De telers hebben interesse in een vorm van bodembeheer gericht op de lange termijn en de aanvoer van organische stof is daarin een belangrijk onderdeel. Er wordt veel nadruk gelegd op het feit dat de situatie in de Veenkoloniën verschilt van andere regio's. Er is twijfel of het mogelijk is het organische stofgehalte te verhogen.

In november 2018 is een kennisbijeenkomst gehouden waarbij het LBI een presentatie heeft gehouden voor circa 16 boeren. Het waren allen akkerbouwers en een enkele teler die naast akkerbouw nog veehouderij als nevenactiviteit heeft. Een deel van de telers had zich vanwege oogstwerkzaamheden afgemeld maar gaven wel aan eventueel interesse te hebben in de keukentafelgesprekken.

De inhoud van de presentatie die door Leen Janmaat werd verzorgd werd over het algemeen als duidelijk beschouwd. De behandelde thema's ten aanzien van organische stof zijn thema's die de akkerbouwers dagelijks bezighoudt tijdens hun bedrijfsvoering. Uit de keukentafelgesprekken later bleek dat er weinig nieuwsaarde werd verspreid maar dat het toch hun interesse heeft. Veel van de deelnemende boeren die graag willen meewerken aan dergelijke projecten hadden nog vragen wat tijdens de keukentafelgesprekken aan de orde zou komen.

Opbouw van de avond:

- Algemene presentatie van Henk Westerhof (Stichting Veldleeuwerik) landbouw, koolstofvastlegging in de veenkoloniën
- Presentatie Leen Janmaat (perspectief vanuit wetenschap en LNV)
- Vragen
- Plenaire afsluiting met vragen en opmerkingen

Kennisvragen

- Is koolstofvastlegging in de tijd wel meetbaar; het gaat om zeer geringe hoeveelheden in vergelijking met de bodemhoeveelheid en de meetfout is groter dan het te verwachten

effect. Voor telers is het meer de vraag hoe ze de afbraak kunnen beperken met de middelen die ze ter beschikking hebben.

- Er is tegenstrijdigheid in de beleving over spitten en NKG. Wat maakt het uit op de afbraak van organische stof? Voor sommige deelnemers is spitten ook een vorm van NKG. Ofwel hoe verhoudt spitten zich ten opzichte van NKG?

Maatregelen vanuit de groepen

- Groenbemesters inzetten na graan
- Compost aanvoeren als P-gebruiksruimte dit toelaat
- Grondbewerking minimaliseren
- Niet meer ploegen
- Gebruik van rundveedrijfmest i.p.v. varkensdrijfmest
- Groenbemester langer laten staan (indien mogelijk)
- Hogere opbrengsten nastreven (meer C-vastlegging)

Overige vragen en opmerkingen vanuit de zaal

- Telers streven naar C-vastlegging omdat er een 1:1 relatie bestaat met bodemvruchtbaarheid maar het moet bedrijfseconomisch wel reëel zijn
- Men wil graag meer graangewassen telen. Graan zou financieel beter gewaardeerd moeten worden omdat het landbouwkundig een fantastisch gewas is in het bouwplan.
- De inzet van groenbemesters is nuttig. Echter zijn er ook momenten waarop groenbemesters ook negatieve effecten hebben (zoals na aardappel). Met angst voor indirecte gevolgen zoals vermeerdering van ziekteverwekkers (aaltjes).
- Maatregelen moeten opgedragen en uitgevoerd worden vanuit de overtuiging van goed bodembeheer en niet vanuit wetgeving. Stimuleer dat.

5 Uitkomsten keukentafelgesprekken

5.1 Flevoland

De maatregelen die de deelnemers nemen zijn ingegeven vanuit goed bodembeheer (betere bodemkwaliteit) en bedrijfsrendement (salderende gewassen). Eén bedrijf overweegt om het bouwplan te verruimen met een minder intensief gewas. De andere maatregelen die worden overwogen, zijn meer gericht op gebruik van reststromen (compost) en inzet van groenbemesters (mengsels en overwinteren). Op de wat lichtere zavelgronden wordt groencompost toegepast. Bijkomend effect daarvan is dat de bodemstructuur daarmee kan worden verbeterd. Op zware kleigrond wordt voornamelijk voor de winter geploegd vanwege ongunstige bodemomstandigheden in het voorjaar.

Karakterisering van de regio en deelnemers

De toekomstvisie van de deelnemers in Flevoland varieerde van een idealistisch beeld ('Een robuust bedrijf voor de volgende generatie achter laten' en 'De wereld een klein stukje beter maken, door een vitaal en robuust bedrijf te maken, met een betere bodemkwaliteit dan toen ik het bedrijf overnam') tot aan meer praktische invulling ('Kunstmestgebruik beperken' en 'Streven naar geen of minimaal glyfosaat gebruik in de toekomst').

Tabel 5.1.1 Karakterisering van de deelnemende bedrijven in Flevoland.

Indicator	Respons
Aantal hectare per bedrijf	Tussen 25 ha en 130 ha
Geteelde gewassen	aardappelen, (winter)tarwe, uien, witlof, peen, suikerbiet, tulpen, overig
Rooigewassen (%)	< 50% (enkeling) 50%-70% (gemiddeld) >70% (enkeling)
Rotatie	1:3 of 1:4 (half) 1:6 (half)

De deelnemers aan het netwerk zijn ondernemers die initiatief tonen, enthousiast met de bodem aan de slag zijn en zich hebben aangesloten bij Stichting Veldleeuwrik. De akkerbouwers zijn daarmee gemotiveerd om te werken aan duurzaam bodembeheer. Omdat zij in de afgelopen jaren al diverse bodemaatregelen hebben genomen die aangemerkt kunnen worden als klimaatmaatregel is het interessant juist bij hen na te gaan waar de kansen liggen als het om klimaatmaatregelen gaat. Niet alle vermelde maatregelen zijn geschikt als bron van CO₂ opslag, maar worden wel door de deelnemers genoemd veelal omdat ondernemers naar een set van maatregelen zoeken die kunnen bijdragen aan een betere bodemkwaliteit.

De deelnemers hanteren een vast bouwplan, dit vanuit de afweging wat goed is voor de bodem en wat nodig is voor een gezonde financiële basis. Enkele bedrijven zijn afgelopen jaren overgestapt op niet kerende grondbewerking (NKG) als basis, veel andere deelnemers ploegen ondieper (< 20 cm) of schaffen een ECO-ploeg (< 15 cm) aan. Vooral bedrijven op een zavelgrond kiezen voor gebruik van groencompost ondanks de kosten voor deze grondverbeteraar. Volgens hen draagt compost bij aan een betere bewerkbaarheid en minder plassen op het land.

Deelnemers hebben geëxperimenteerd met mycorrhiza toediening als bodemverbeteraar maar zien hiervan geen resultaten. Maatregelen die sinds 2005 door de ondernemers zijn genomen staan weergegeven in tabel 5.1.2.

Tabel 5.1.2 Genomen maatregelen en acties bij de 15 deelnemers in Flevoland vanaf 2005 met beweegredenen.

Ingezette maatregel	Beweegredenen	Aandeel van de bedrijven (%)
Gewasrotatie		
Omschakelen van rotatie 1:3 richting 1:6	Omschakelen naar biologisch	7
Meer rustgewassen in bouwplan	Betere bodemkwaliteit, minder aardappelmoeheid (AM) besmetting in aardappel	18
Grondbewerking		
Omschakelen naar niet-kerende grondbewerking (NKG)	Betere bodemkwaliteit	13
Ondieper ploegen (ca. 20 cm)	Minder trekkracht nodig, geen ploegzool	80
Later ploegen / inwerken (vroeger was het voor de kerst zwart, nu hangt het af van verschillende factoren)	Akker groen houden en meer organische stof / Grondbewerking bij voorkeur onder gunstige omstandigheden	27
Minder ploegen als dit aansluit op vervolgteelt	Minder trekkracht nodig voor grondbewerking	18
Mest en reststromen		
Hoofdbemesting richting vaste mest (rund- of varkensdrijfmest, kippenmest, eendenmest) i.p.v. kunstmest als hoofdbemesting	Vervangen van kunstmest, geld toe bij afnemen van dierlijke mest en betere bewerkbaarheid van de bodem	27
Organische reststromen gebruiken	Betere bodemkwaliteit / Boer krijgt geld toe bij afnemen van reststromen (GFT)	33
Combinaties Champost/compost met digestaat	Betere bodemkwaliteit / Boer krijgt geld toe met digestaat	7
Aanvoer en aankoop groencompost	Vanwege bodemkwaliteit (bewerkbaarheid) en alternatief voor GFT i.v.m. vervuiling	13
Groenbemesters en vanggewassen		
Inzet van groenbemesters	Betere bodemstructuur voor betere beworteling van hoofdgewas. Telt mee voor de vergroeningseisen van GLB	100
Verschillende groenbemester-mengsels	Mengsels zijn voor bepaalde redenen geschikter om te gebruiken voor een bepaald hoofdgewas / meer variatie in beworteling	33
Overwinteren van groenbemesters i.p.v. inwerken voor de winter	Akker groen houden, ook voor natuur doeleinden	33
Overig		
Akkerranden	Functioneel (FAB) Vergoedingen Aantrekkelijk voor de burger	33
Vogelakkers	Vergoedingen	7

Kansen

Het vervangen van kunstmest door organische reststromen wordt als kansrijke maatregel aangemerkt in Flevoland, waarbij de bedrijven de mestwetgeving als beperking ervaren. Veel telers zouden graag ruimte krijgen om meer bodemverbeteraars in te kunnen zetten. Meerdere deelnemers benadrukken het belang van rustgewassen in het bouwplan maar schrikken terug voor de mogelijke consequenties wat gewassaldo betreft. Op het gebied van groenbemesters ziet men

extra kansen voor versterking door de onderzaai van bijvoorbeeld gras in granen of groenbemesters te zaaien na de teelt van aardappelen (Tabel 5.1.3).

Tabel 5.1.3 Toekomstige opties klimaatmaatregelen met kansen en beperkingen

Maatregelen	Kans	Belemmering
Gewasrotatie		
Verruimen bouwplan met meer rustgewassen	Meer rust voor de bodem en meer organische stof	Minder saldo voor rustgewassen en gemaakte investeringen voor rooigewassen (mechanisatie, opslag, sorteren, etc.) Afzetperspectieven voor extra gewas
Mest en reststromen		
Vervangen van kunstmest door organische mest	Meer organische mest betekent minder kunstmest (= minder energie voor productie KAS)	Relatief lage kosten voor kunstmest Aanvoer organische meststoffen beperkt door mestwetgeving
Aanwenden van organische reststromen: composten en vaste mest	Betere bodemstructuur	Vervuiling van GFT op je perceel
Groenbemesters		
Gras onderzaai in granen	Tijdige bodembedekking na oogst	Risico in geval van graszaad teelt
Groenbemester voor pootaardappelteelt	Extra koolstof voor organische stof opbouw	Zaai-bed moet perfect zijn voor pootaardappelteelt en overleven van aardappelopslag
Groenbemesters overwinteren	Voor lichtere gronden	Inwerken in combinatie goed zaai-bed is lastig Glyfosaat is vaak nodig voor vernietiging overblijvende groenbemester
Overig		
Aanleg akkerranden en/of vogelakkers	Subsidies en vergoedingen	Afhankelijk van het gebied en mogelijkheden voor vergoedingen

Conclusies keukentafelgesprekken Flevoland

- De variatie tussen de 15 deelnemers in dit netwerk is groot, de akkerbouwers maken eigen keuzes in relatie tot het verduurzamen van het bedrijf.
- Het verruimen of extensiveren van het bouwplan komt aan de orde bij omschakeling naar biologische landbouw. Weinig deelnemers zien mogelijkheden om meer rustgewassen op te nemen in het bouwplan vanwege saldo verlies.
- Bedrijven die al maatregelen hebben genomen gericht op organische stof verwachten op langere termijn slechts geringe toename van het organische stofgehalte.
- Het gebruik van groenbemesters is gemeengoed onder de deelnemers, op lichtere gronden (zavel) wordt het groenbemestergewas veelal na de winter ingewerkt.
- Op een deel van de bedrijven wordt het overgrote deel van de bemestingsruimte (fosfaat) ingevuld door dierlijke mest die met geld erbij wordt afgeleverd. Enkele bedrijven kiezen bewust voor groencompost met als doel de bodemkwaliteit en bewerkbaarheid te verbeteren.
- Gft-compost wordt nauwelijks nog gebruikt omdat dit product te veel vervuiling bevatte (plastic, glas, etc.).

- De keuze van een enkelvoudige klimaat maatregel is lastig, in de praktijk neemt een bedrijf meerdere maatregelen.
- Het monitoren van de effecten per maatregel vraagt veelal om experimenten binnen één perceel.
- Het effect van gestapelde maatregelen kan wel in de tijd worden gevolgd door bemonstering van de specifieke plots binnen een gekozen perceel.
- De deelnemers beschikken over veel informatie inclusief historische bodemanalyses. Wel zijn in de loop der jaren de analysemethoden (wisseling van labs) soms veranderd wat de vergelijking van de uitslagen lastig maakt.

Aanbevelingen

Naar aanleiding van de gesprekken met de akkerbouwers in Flevoland is een lijst opgesteld met aanbevelingen:

- Thema's voor extra onderzoek groenbemesters:
 - De effecten van verschillende groenbemester mengsels op de bodemkwaliteit, de zaai- en bedbereiding en organische stof vastlegging.
 - De effecten van de teeltduur van de groenbemesters met betrekking tot bodemkwaliteit en organische stof vastlegging.
- De uiterste zaaidatum van groenbemesters als functionele maatregel.
- Richt pilots in voor het aanwenden van organische (rest)stromen op akkerbouwbedrijven die mogelijk buiten de wettelijke bemestingsnormen vallen.
- Maak inzichtelijk wat de effecten zijn op organische stofopbouw en koolstofvastlegging van verschillende grondbewerkingssystemen, van ploegen tot en met NKG.

5.2 Zeeland

Alle boeren uit het netwerk in Zeeland zijn zeer bewust bezig met goed bodembeheer, ze proberen optimaal groenbemesters te gebruiken, graan en gras als rustgewassen in te bouwen, bemesten met dierlijke mest voordat er kunstmest wordt gebruikt en daar waar mogelijk zo min of ondiep mogelijk ploegen. Er wordt weinig gebruik gemaakt van groencompost omdat deze niet eenvoudig verkrijgbaar is.

Karakterisering van de regio en deelnemers

Tabel 5.2.1 Karakterisering van de deelnemende bedrijven in Zeeland.

Indicator	Respons
Aantal hectare per bedrijf	Gemiddeld 64 hectaren (30 ha en 120 ha)
Geteelde gewassen	Aardappelen (poot en consumptie), (winter)tarwe, wintergerst, uien, cichorei, suikerbiet, graszaad/rietzenk/raaigras, groentezaad, peulen, spinazie, suikermals, wortelen/winterpeen, vlas, zonnebloem en tulpen
Rooigewassen (%)	44% (20%-70%)
Rotatie	Afhankelijk van gewas. Merendeel 1:4 tot 1:5 en zelfs 1:7

De deelnemers in het netwerk zijn betrokken en gemotiveerd om maatregelen te nemen. Ze onderscheiden zich hiermee van een gemiddeld bedrijf in het gebied en vormen daarmee vooral een groep die kan laten zien van wat mogelijk is in hun gebied. Meerdere akkerbouwers waren actief in het project koolstofboeren en zijn bekend met het onderwerp rond bodem en klimaat. Een ruim bouwplan inclusief rustgewassen heeft daarbij de voorkeur. De verschuiving richting minder of ondiepere grondbewerking zal doorgaan is de overtuiging van de deelnemers. In hoeverre het gebruik van compost in de akkerbouw toeneemt, hangt af van de verkrijgbaarheid. De (extra) vervoerskosten vormen een belemmering om groencompost te bestellen.

Goede bodemkwaliteit is de drijfveer voor genomen maatregelen, in combinatie met GLB-voorwaarden zoals vergroening van de percelen. Enkele bedrijven werken al langere tijd met NKG als basis, andere deelnemers ploegen ondiep of ECO-ploegen. De meeste boeren werken met groenbemesters, overwegen meer mengsels in te zetten, of op andere tijden deze te gaan inzaaien. Dit omdat in Zeeland de periode wanneer op percelen gereden kan worden gelimiteerd is. Door eerder in te zaaien of groenbemesters over de winter te laten staan, kan er meer worden geprofiteerd van een langere groenperiode.

Tabel 5.2.2 Genomen maatregelen en acties bij de 15 deelnemers in Zeeland vanaf 2005 met beweegredenen.

Ingezette maatregel	Beweegredenen	Aandeel van de bedrijven (%)
Gewasrotatie		
Van 1:4 naar 1:5 of 1:7 aardappelen	Gewassen uit de rotatie laten (aardappelen, suikerbieten, uien) of juist toevoegen (granen). Minder aaltjes, grond meer rust, hogere opbrengst	20
Luzerne als tussengewas	Grond krijgt rust, kan enkele jaren geteeld worden	20
Grondbewerking		
Omschakelen naar niet-kerende grondbewerking (NKG)	Betere bodemkwaliteit, geen rijsporen	13
Later ploegen (van voorjaar naar najaar)	Percelen langer groen houden	20
Woelen/roteren van aardappelen i.p.v. ploegen	Bereikbaarheid verbeteren, minder verstoring in de grond	13
Mest en reststromen		
Hoofdbemesting met runder- of varkensdrijfmest of vaste geitenmest i.p.v. kunstmest als hoofdbemesting	De betaling voor varkensdrijfmest is goed	80
Maximaal compost/champost toedienen	Dit wordt toegepast, omdat dit niet 100% meetelt in de N en P bepalingen	67
Groenbemesters en vanggewassen		
Inzet van groenbemesters	Telt mee voor de vergroeningseisen van GLB	100
Verschillende groenbemester-mengsels	Diepere wortels, beter biomassa verhouding	80
Overwinteren van groenbemesters	Akker blijft langer groen	67
Gewasresten		
Stro hakselen	Beter voor de grondkwaliteit	27
Overig		
Akkerranden	Functioneel (FAB). Vergoedingen voor aantal meters akkerrand.	7

Kansen

De deelnemers willen meer organische meststoffen (reststromen) gebruiken als maatregel. Van meer compost toevoegen, tot andere soorten dierlijke mest gebruiken en ook het toevoegen van hulpmiddelen om het bodemleven te stimuleren. De huidige mestwetgeving geeft beperkingen in het gebruik van reststromen. Hiervoor zou volgens de deelnemers ruimte buiten de huidige wetgeving moeten komen. De motivatie voor toepassing van compost is de betere bewerkbaarheid van de bodem en langere perioden waarin bewerkingen nog mogelijk zijn.

Tabel 5.2.3 Toekomstige opties klimaatmaatregelen met kansen en beperkingen

Maatregelen	Kans	Belemmering
Gewasrotatie		
Bouwplan extensiveren aandeel rustgewassen vergroten	Granen ruim toepassen Betere bodemkwaliteit	Graangewassen zijn niet rendabel vanwege lage graanprijzen
Grondbewerking		
NKG	Opbouw organische stof met name in top laag	De percelen zien er niet netjes en strak uit, goed zaai bed voor fijnzadige gewassen
Mest en reststromen		
Minder kunstmestgebruik door meer organische mest	Meer reststromen betekent minder kunstmest (= minder energie voor productie KAS)	Relatief lage kosten voor kunstmest. Aanvoer organische meststoffen beperkt door mestwetgeving
Aanwenden van organische reststromen: (andere) compost en vaste mest	Betere bodemstructuur	Soms te grote afstand, compost wordt dan niet geleverd
Gewasresten		
Stro inwerken	Opbouw organische stof	Stro brengt (direct) geld op, o.a. voor loonwerker
Groenbemesters		
Mengsels zaaien	Meer massa en meer organische stof	Onbekendheid
Groenbemesters overwinteren	Voor lichtere gronden extra groeiduur	Inwerken in combinatie goed zaai bed is lastig, vooral op zware kleigrond
Overig		
Aanleg akkerranden	Subsidies en vergoedingen zijn beschikbaar	Inleveren van productieareaal

Conclusies keukentafelgesprekken Zeeland

- De deelnemers passen al maatregelen toe gericht op goede bodemkwaliteit. Naar men verwacht zullen meer maatregelen hierdoor slechts kleine effecten laten zien.
- Geen enkele boer ervaart een duidelijke toename van organische stof op de percelen, ook niet als ze aan de maximale toediening van dierlijke mest, gewasresten en groenbemesters zitten. Enkele boeren zien verschil in bewerkbaarheid bij meer organische stof in de grond en ervaren dit als een positief effect.
- Glyfosaat is een belangrijk middel om plantenresten dood te spuiten na de oogst, als dit wegvalt doordat het verboden gaat worden, gaan veel boeren terug naar traditionele grondbewerkingen inclusief ploegen.
- Gft en compost zijn vaak niet schoon genoeg voor toediening op landbouwpercelen (glas, vervuiling, plastic).

Aanbevelingen

- Daar waar boeren in Nederland bekend staan als 'ondernemers met veel kennis', geeft iedereen aan graag beter te weten wat ze moeten doen om hun land zo optimaal mogelijk te beheren.
- Volgens de meeste boeren moet er een verruiming in de wetgeving komen van toediening van dierlijke mest. Vanuit landbouwkundig perspectief kan er meer worden toegepast, alleen is dit nu beperkt door de wetgeving.
- Pas na de toediening van dierlijke mest op een perceel, is vaak duidelijk wat het fosfaat getal is, dit zou eerder bekend moeten zijn zodat bedrijven beter op de mestgiften kunnen sturen.
- De subsidie voor afzet van varkensmest zou ook moeten gelden voor andere dierlijke mestsoorten, dit omdat een combinatie van deze mestsoorten een betere nutriëntenbalans geeft voor de gewassen.
- Geen van de deelnemers gebruikt de analyseresultaten uit bodemlaboratoria optimaal. De uitslagen worden niet vertrouwd (variëren te veel). Hier zou een stap gemaakt kunnen worden, omdat boeren nu niets met de uitkomsten doen.
- Gft en compost zijn niet schoon genoeg en worden daarom weinig ingezet. Champost is de betere variant van compost. Een verbetering van compost en gft zou helpen om het meer toegepast te krijgen.

5.3 Veenkoloniën

Veel akkerbouwers vinden 'het op peil houden' van het organische stofgehalte een grote uitdaging. De klimaat- en bodemmaatregelen hebben eerder als doel het organisch stofgehalte op peil te houden en dus niet achteruit te boeren. In een aantal gevallen geven telers aan dat ze hun bouwplan willen verruimen bijvoorbeeld door land bij te huren of te ruilen met een veehouder.

Karakterisering van de regio en deelnemers

Het hoofdgewas in het veenkoloniale bouwplan van de akkerbouwer is de zetmeelaardappel. Dit gewas wordt bij het overgrote deel van de telers in een frequentie van 1:2 geteeld. Dit is dan inclusief pootgoed voor eigen vermeerdering en eventuele aardappelen die ook voor consumptie (tafel- of industrie aardappelen) worden geteeld. Verder omvat het veenkoloniale bouwplan doorgaans circa 25% suikerbieten en wordt van oudsher de resterende hectares opgevuld met graan. De meeste gronden hebben door historische omstandigheden een relatief hoog organische stofgehalte, ondanks maatregelen zal dit niet verder stijgen. De afbraak hangt af van de soort organische stof in de bodem, op de zogenaamde versleten dalgronden breekt de organische stof nauwelijks verder af.

Tabel 5.3.1 Karakterisering van de deelnemende bedrijven in de Veenkoloniën.

Indicator	Respons
Aantal hectare per bedrijf	Tussen 60 ha en 240 ha
Geteelde gewassen	Zetmeelaardappel, pootgoed (NAK, TBM), suikerbiet, zomergerst, wintertarwe, mais, gras, overig
Roogewassen (%)	< 50% (niet)
	50%-70% (enkele)
	>70% meerderheid
Rotatie	ruime meerderheid teelt 1:2 aardappel soms 1:3 of 2:5

De visie van de bedrijven verschilt waarbij ook verschillende strategieën naar voren kwamen. Ongeveer de helft van de ondervraagden denkt na over uitbreiden door land bij te kopen als de gelegenheid zich voordoet. Een deelnemer gaf aan te stoppen zonder een opvolger te hebben. In alle gevallen was er sprake van een strategie die is gericht op een goed bodembeheer met als hoofdpunt: de grond in vergelijkbare staat over te dragen aan de volgende generatie. Vrijwel alle geïnterviewde telers hebben akkerbouwbedrijf zonder enige nevenactiviteiten.

Veel deelnemers staan welwillend tegenover meer graan in het bouwplan, maar de huidige lage prijzen weerhoudt hen deze verandering door te voeren. De meeste deelnemers zijn gestopt met ploegen, vaak is spitten hiervoor een alternatief. Over het effect van deze maatregel op klimaat en koolstofvastlegging zijn twijfels. Zover de mestregels het toestaan wordt kunstmest vervangen door dierlijke mest, veelal drijfmest. Het gebruik van groenbemesters (GLB) is gemeengoed, wat betreft het gebruik van mengsels zijn de deelnemers terughoudend. Dit hangt samen met de risico's voor uitbreiding van schadelijke aaltjes.

De bedrijven geven aan de volgende maatregelen in de afgelopen 10 jaar te hebben ingezet:

Tabel 5.3.2 Genomen maatregelen en acties bij de 14 deelnemers in de Veenkoloniën vanaf 2005 met beweegredenen.

Ingezette maatregel	Beweegredenen	Aandeel van de bedrijven (%)
Gewasrotatie		
Verruimen bouwplan van 1:2 tot 1:3 aardappel	Beter bodembeheer, om aardappelmoeheid beheersbaar te houden.	14
Samenwerking met veehouder en roulatie gras akkerbouw	Het voorhanden hebben van aardappelmoeheid vrije grond. Verruimen bouwplan met de roulatie	14
Grondbewerking		
Ploegen vervangen door spitten of enkel nog ploegen voorafgaand aan het scheuren van grasland	Beter bodemkwaliteit i.v.m. ploegzool, minder verschaling.	100
Proberen grondbewerking (spitmachine) te vervangen door cultivator	Meer organisch materiaal bovenin houden, een aantal telers zijn van mening dat er minder plasvorming door ontstond.	86
Grondbewerkingen minimaliseren	Bodemstructuur, vocht, erosie Bij voorkeur in één werkgang	100
Mest en reststromen		
Varkens- of rundveedrijfmest eventueel aangevuld met dunne fractie aan de basis van de bemesting	Snelle en voorspelbare werking van de nutriënten in drijfmest, telers krijgen een vergoeding voor het gebruik van drijfmest. Zo min mogelijk kunstmest bij strooien door aanvoer juiste samenstelling mest.	100
Compost/champost enkel wanneer er nog fosfaatruimte op het bedrijf over is	Aanvoer organische stof. Om de P-gebruiksruimte als die er nog is op te vullen. Seizoen afhankelijk, alleen als er nog P-ruimte is op het bedrijf.	93
Bermmaaisels toepassen	Als bodemverbeteraar, niet vanwege bemestende waarde	14
Groenbemesters		
Inzet van groenbemesters	Aaltjesbeheersing door bewuste keuze van het type groenbemester, nutriënten vastleggen, bodem bedekt houden, verminderen erosie, aanvoer o.s. onkruidonderdrukking met groenbemesters Wettelijk vanwege de vergroeningseisen vanuit het GLB.	100
Overwinteren van groenbemesters i.p.v. inwerken voor de winter	Groenbemesters vernietigen zodra het land berijdbaar is in de winter (vorstperiode zonder insporing op het land). Dit omdat het in het voorjaar vaak problemen geeft met de bewerkbaarheid van de grond. Een aantal vernietigt de groenbemester in het voorjaar met als argument: hogere benutting nutriënten in groenbemester. Minder erosie in winter (stuiven)	36
Gewasresten en overig		
Stro laten liggen	Hakselen stro graangewas. Dit jaar is een uitzondering omdat vanwege de droogte telers vermoeden dat het financiële resultaat slecht zou worden. Daarom hebben sommigen het stro verkocht.	80
Winter rogge na suikerbiet	Samenhang bodem. Teler schat nauwelijks effect op organische stof. Minder (wind)erosie.	21

Kansen

Regelmatig gaven telers aan op zoek te zijn naar een vierde gewas in het bouwplan. Een aantal van hen teelt uien of overwegen uien te gaan telen. In individuele gevallen zijn ook minder

algemene gewassen (zonnebloem) genoemd. In het gebied wordt veel gesproken over 'het vierde gewas' waar de meerderheid van de telers op zoek naar is. Deze teelt zou dan ten koste gaan van het aandeel graan in het bouwplan. Graan wordt over het algemeen gezien als een rustgewas en het geeft de mogelijkheid om een groenbemester te telen met de voordelen van organische stof opbouw en het gericht beheersen van schadelijke aaltjes. Vrijwel alle telers zijn zich bewust van de voordelen van een rustgewas maar zoeken desondanks toch naar een vierde gewas in hun bouwplan ten koste van graan. De verklaring hiervoor is het financiële resultaat. Telers willen graag naar een minder extensief bouwplan maar het saldo van de minder intensieve rustgewassen is juist lager.

Tabel 5.3.3 Toekomstige opties klimaatmaatregelen met kansen en beperkingen

Maatregelen	Kans	Belemmering
Gewasrotatie		
Bouwplan verruiming met rustgewassen	Minder rooivuchten en daardoor een betere bodemstructuur. Minder problemen met aardappelcystenaaltjes	Rooivuchten zorgen over het algemeen voor een beter saldo dan maaivuchten. Als het saldo van graan hoger zou liggen, dan kozen alle telers voor meer graan in het bouwplan.
Grondbewerking		
Niet-kerende grondbewerking (NKG)	Betere bodemkwaliteit. De meeste telers zien de meerwaarde van NKG maar geven aan soms toch deze bewerking uit te voeren i.v.m. scheuren grasland of het zaaien van fijnzadige gewassen	Het mogelijk wegvallen van glyfosaat kan leiden tot meer ploegen. Het zaaibed klaarleggen met een spitmachine geeft een iets mooier zaaibed voor fijnzadige gewassen
Cultivator i.p.v. kerende bewerking	Behoud bodemstructuur ondergrond, sneller te bewerken,	Aanwezigheid van wortelonkruiden, problemen met het klaarleggen van het zaaibed bij fijnzadige gewassen
Mest en reststromen		
Organische reststromen inzetten	Betere bodemstructuur Minder verslemping Extra organische stof in bouwvoor	Belemmerende mestwetgeving, met name fosfaat Risico op aanvoer onkruidzaden
Compost of champost	Verbetering bodemstructuur	P-gebruiksnormen zijn met andere mestsoorten al grotendeels ingevuld. Enkel als er nog ruimte over is, zal men dit inzetten. Ook is de hoeveelheid compost beperkt. Champost kost geld en telt mee voor 100% v.d. gebruikersnorm voor P.
Groenbemesters		
Inzet groenbemester-mengsels	Mengsels met vlinderbloemigen binden stikstof, produceren meer o.s. kunnen de bouwvoor beluchten	De ongewenste vermeerdering van m.n. <i>Pratylenchus Penetrans</i> en <i>Melodogyne</i> spp.
Overwinteren van groenbemesters	Bodem blijft bedekt, structuur beter, onkruid als straatgras krijgt onder groenbemester minder kans. Het gewas houdt langer koolstof vast.	Overleven aardappelopslag, de isolerende groenbemester voorkomt stukvriezen. Sommige groenbemesters zakken in en gaan slepen in het voorjaar bij de grondbewerking. Bij laat vernietigen kan een extra grondbewerking nodig zijn.
Inzaai groenbemesters na aardappel	Extra bodembedekking, soms goede samenhang bodem in het voorjaar	Overleven aardappelopslag, de isolerende groenbemester voorkomt stukvriezen. Weinig biomassa vanwege het late tijdstip. Mogelijke vermeerdering van aaltjes.
Gewasresten		
Stro laten liggen	Opbouw o.s.	Soms financieel. Vrijwel iedereen verhakselst het stro.

Conclusies keukentafel gesprekken Veenkoloniën

- In de Veenkoloniën worden intensief (zetmeel)aardappelen geteeld, het vormt de bedrijfseconomische poot onder het akkerbouwbedrijf. Veel aandacht gaat uit naar het beheersen van de aaltjespopulatie om vermeerdering tegen te gaan en de schade bij de aardappelteelt te beperken.
- Akkerbouwers in het gebied hebben moeite om het organisch stofgehalte op peil te houden, vanwege de hoge organische stofgehalten verdwijnt er ook relatief veel koolstof.
- De meerderheid van de ondervraagden is zeer terughouden met mengsels i.v.m. vermeerdering van ongewenste vrij levende aaltjes die voorkomen op lichte gronden. Slechts 1 teler geeft aan hier geen problemen mee te hebben en daarom wel voor mengsels te kiezen.
- De huidige mestwetgeving beperkt de aanvoer van organische meststoffen, de wens is groot om voor bodemverbeteraars een uitzondering in de mestwetgeving te maken.

Aanbevelingen

- Er is behoefte aan meer informatie ten aanzien van het effect van spitten ten opzichte van ploegen en NKG. Wat doet het op de lange termijn?
- Groenbemesters en mengsels: vrijwel iedereen is zeer terughoudend met de inzaai van mengsels. Hierover is meer kennis nodig (effect op organische stof en vermeerdering van aaltjes).
- Graanteelt vraagt om stimulansen. Kan er iets in gang gezet worden om een betere prijs te krijgen voor graan?
- Gewasbescherming in de teelt van groenbemesters toestaan om gericht onkruiden te beheersen en zo gericht bepaalde schadelijke aaltjes te bestrijden.
- Biedt mogelijkheden om bodemverbeteraars bovenwettelijk aan te voeren zoals dat nu het geval is met compost.
- Er is behoefte aan het vergroten van de humificatiefactor van toegediende organische stof. Hoe kan een teler dat bereiken?

Het wegvallen van glyfosaat zal voor de huidige landbouw grote gevolgen hebben qua werkwijze. Dit vraagt meer kennis, hoe kan het land worden opgeschoond voor aanvang van een teelt? Grasland scheuren zoals dat nu gaat met o.a. kweekgras vormt voor telers een probleem.

5.4 Aanbevolen maatregelen ten aanzien van koolstof-vastlegging

Voorlopers in de akkerbouw nemen in de praktijk maatregelen die aansluiten bij de klimaat opgave. Veldleeuwerik akkerbouwers zien het belang van goede bodemkwaliteit, op grond hiervan hebben sommigen het bouwplan in voorgaande jaren verruimd en/of geëxtensieerd met rustgewassen. In de provincie Zeeland worden van oudsher meer diverse gewassen geteeld, een vruchtwisseling van 1:4 is hier gebruikelijk. In de Veenkoloniën worden aardappels veelal in een 1:2 vruchtwisseling geteeld. Naast aardappels worden er granen en suikerbieten geteeld.

Akkerbouwers in deze regio zijn op zoek naar het vierde gewas dat inpasbaar is zonder negatieve impact op het financiële resultaat. Zonder ondersteunende maatregelen of stimulansen ontstaat er weinig animo om het bouwplan te verruimen of het aandeel rustgewassen te vergroten.

Tabel 5.4.1 Overzicht van perspectiefvolle maatregelen genomen binnen de netwerken sinds 2005. Het aandeel van de bedrijven dat een bepaalde maatregelen heeft toegepast is vergeleken met het implementatie % van Lesschen (2012).

Maatregelen	Flevoland	Zeeland	Veenkoloniën	Totaal	%	Lesschen (2012) %
Verruimen bouwplan	1	1	2	4	9	-
Meer rustgewassen	3	4	2	9	20	20
Toepassen NKG	2	2	1	4	11	50
Later ploegen	4	3	nvt	7	16	-
Meer organische reststromen	12	10	14	36	82	-
Groenbemesters GLB	15	15	14	44	100	50
Overwinteren groenbemesters	5	10	5	20	45	-
Mengsels groenbemesters	5	12	1	18	41	-

Uit bovenstaande overzicht wordt duidelijk dat alle ondernemers in de afgelopen jaren vol hebben ingezet op de inzet van groenbemesters. Met zo'n 100% implementatie ligt dit percentage aanzienlijk hoger dan Lesschen (2012) inschatte als mogelijk implementatie %. Zo'n 20% van de innovatieve bedrijven heeft gewerkt aan meer rustgewassen in het bouwplan hetgeen overeenkomt met Lesschen (2012). NKG is bij bijna 12% van de bedrijven doorgevoerd waar Lesschen uitgaat van een mogelijk implementatie % van 50%.

De grootste uitdaging bij klimaatmaatregelen ligt volgens de ondernemers in de aanpassing van het bouwplan. Vanuit de koolstof opslag is dit veruit de meest effectieve maatregel gebleken. Een vast bouwplan vormt doorgaans de rode draad in de bedrijfsvoering. De planning en investeringen (mechanisatie en opslagcapaciteit) zijn hierop afgestemd. Met name de lage graanprijzen weerhouden akkerbouwers het bouwplan (verder) aan te passen.

Afgelopen 10 jaar zijn meerdere bedrijven overgestapt naar niet kerende grondbewerking, dit in de overtuiging dat dit systeem leidt tot meer organische stof in de bovenste teeltlaag en daarmee bijdraagt aan een betere bodemkwaliteit. In veel gevallen ontbreekt nog de kennis over de meest effectieve inpassing van verschillende werkingen en zeker ook het effect daarvan op de koolstof vastlegging.

Akkerbouwers zijn gemotiveerd om kunstmest te vervangen door organische meststoffen. De huidige mestwetgeving (P & N) wordt gezien als een rem om dit te implementeren. Er is voldoende aanbod van dierlijke mest, maar de huidige mestwetgeving beperkt de toepassing hiervan. Akkerbouwers zijn zich bewust van het nut om stro na de oogst in te werken, maar afhankelijk van de prijzen is de verleiding aanwezig het stro te verkopen.

Akkerbouwers zien voldoende mogelijkheden in het gebruik van groenbemesters. Waar voorheen voornamelijk mono groenbemesters werden gezaaid, neemt het gebruik van mengsels toe. In de Veenkoloniën zijn akkerbouwers terughoudend omdat diverse soorten groenbemesters een waardplantstatus hebben voor vrij levende aaltjes. Daarnaast speelt onbekendheid met het toepassen van mengsels een rol bij de keuze voor enkelvoudige groenbemesters.

Akkerranden voor functionele agro biodiversiteit of voor natuurdoeleinden worden beperkt ingezaaid. Het gaat om relatief kleine oppervlakten zodat het effect op koolstof vastlegging gering blijft. De uitbreiding hiervan hangt af van het gebiedsbeleid en vergoedingen voor aanleg en verzorging van de randen of akkers.

Tabel 5.4.2 Klimaatmaatregelen met kansen voor implementatie in de praktijk

Hoofdmaatregel	Maatregel specifiek	Kansen voor implementatie ¹	Bijdrage aan CO ₂ vastlegging ²	Toelichting	Beperkingen
Gewasrotatie	Bouwplan verruimen naar 1:4	+	+	Verplichting / Vanwege bodemgezondheid	Inrichting bedrijf en opties voor extra gewas (afzet en prijs)
Grondbewerking	Meer rustgewassen zoals granen	+/-	++	Vanwege bodemkwaliteit	Financiële ruimte vanwege lage saldi
	Niet-kerende grondbewerking	+	+/-	Deels al opgepakt	Zaaibed bereiding
	Ondiep ploegen	++	+/-	Huidige praktijk	
	Spitten	++	+/-	In Veenkoloniën al praktijk	Investering in spitmachine
Mest en reststromen	Ploegen achterwege laten	+	+/-	Na aardappelen voor granen	
	Vaste dierlijke mest	+	++	Lage kosten	Fosfaatruimte
	Champost	+	++	Lage kosten	Fosfaatruimte (telt 100% mee)
	Groencompost	+	++	Kosten	Kosten en beschikbaarheid
	GFT	+/-	++	Lage kosten	Vervuiling met glas en plastic
Gewasresten inwerken	Kunstmest vervangen door drijfmest	+	+/-	Geld toe	Fosfaatruimte en N derogatie
	Stro inwerken na oogst	++	++	Veel toegepast	Verleiding voor verkoop (prijs stro)
Groenbemesters	Volgens GLB	++	+/-	Inpasbaar	Geen / vermeerdering nemathoden
	Extra inzaaien GLB+	+	+/-	Na aardappel /vroeg s.bieten	Aardappelopslag/slagingskans
	Groeiduur verlengen / overwinteren groenbemester	+/-	+/-	Geeft extra groene massa	Grondbewerking bij voorkeur onder gunstige omstandigheden
Akkerranden/vogelakkers	Akkerranden (fab / vogel)	+/-	+/-	Inpasbaar	Vergoeding afhankelijk van het gebied
	Vogelakker (mengsels met luzerne)	+/-	+/-	Onderdeel van agrarische natuur	Vergoeding afhankelijk van het gebied

¹ Toelichting

++ mogelijk en wordt ook al toegepast = goede mogelijkheden

+ biedt mogelijkheden

- door belemmeringen minder toegepast

² Toelichting bijdrage

+ + levert effectief bij aan koolstofvastlegging

+ levert matig bij aan koolstofvastlegging

+ - = neutraal of onvoldoende bekend

5.5 Kennisvragen

Gewasrotatie

Hoewel het verruimen van het bouwplan met rustgewassen zoals granen het meest bijdraagt aan de vastlegging van koolstof, is het animo voor opname van rustgewassen gering. Dit hangt direct samen met de lage prijzen voor granen waardoor de teelt hiervan uit bedrijfseconomisch perspectief niet aantrekkelijk is. Het verruimen van het teeltplan met rooigewassen inclusief uienteelt draagt niet bij aan de vastlegging van koolstof.

Kennisvraag:

- Welke gewassen zijn goed in te passen binnen het akkerbouwbedrijf waarbij de verdien capaciteit overeind blijft terwijl de verandering positief bijdraagt aan koolstofvastlegging?

Grondbewerking

Meerdere bedrijven zijn overgestapt op niet kerende grondbewerking, vrijwel alle deelnemers zijn minder en/of ondieper gaan ploegen. In de Veenkoloniën is spitten een veel gekozen optie.

Kennisvraag:

- Wat zijn de effecten op bodemkwaliteit en koolstofvastlegging van verschillende varianten in grondbewerkingen, van NKG tot ploegen?
- Draagt niet kerende grondbewerking (NKG) daadwerkelijk bij aan de vastlegging van koolstof?
- Heeft ploegdiepte effect op de koolstof vastlegging?
- Wat is het effect van spitten ten opzichte van ploegen?

Mest en reststromen

Zover de mestwet dit toestaat wordt er organische mest (plantaardig en dierlijk) aangevoerd. Kunstmest wordt deels vervangen door vaste organische mest of drijfmest.

Kennisvraag:

- In hoeverre levert gebruik van drijfmest ter vervanging van kunstmest een bijdrage aan koolstof vastlegging.
- Wat is de werking van vaste meststoffen en bodemverbeteraars zoals composten op de organische stof opbouw en het verbeteren van de bodemstructuur indien bovenwettelijk hoeveelheden worden toegepast.

Groenbemesters

Alle deelnemers zaaien groenbemesters conform GLB-richtlijn. Het verlengen van de groeiperiode is een optie die wordt toegepast of overwogen. Dit geldt ook voor het gebruik van mengsels van groenbemesters waarbij de keuze vooral afhangt met de waardplantstatus voor schadelijke aaltjes van de soorten in het mengsel.

Kennisvragen:

- Wat is de uiterste zaaidatum van groenbemesters als functionele maatregel?
- Welke mengsels zijn het meest effectief voor de koolstof opbouw en om verdichting tegen te gaan?
- Welke mengsels kunnen zonder risico's op aaltjes vermeerdering worden toegepast?
- Hoe kunnen groenbemesters in het voorjaar worden ingewerkt voor het verkrijgen van een goed zaai-bed?

6 Nulmeting van de bodem op de bedrijven

6.1 Bodemverdichting: metingen met de penetrologger

Voor de nulmeting is er op elk perceel gekeken naar de verdichting (ook wel indringingsweerstand genoemd) met een penetrologger. Uit de metingen wordt duidelijk of er een storende laag aanwezig is, of anderszins sprake is van bodemverdichting. Bodemverdichting heeft invloed op de wortelontwikkeling van de gewassen en daarmee op de water- en nutriëntenopname. Een hogere verdichting zal ook leiden tot een vertraagde afvoer van regenwater bij sterke buien. Volgens Locher & De Bakker (1990) kan ongestoorde wortelgroei plaatsvinden bij indringingsweerstand lager dan 1,5 MPa. Een waarde van circa 3 MPa kan worden beschouwd als grove vuistregel voor de bovengrens voor wortelgroei, die in werkelijkheid verschilt per gewas. Een penetrologger is relatief ongevoelig voor poriën en heterogeniteit van de bodem. Een storende laag met een verhoogde indringingsweerstand kan van nature in het profiel aanwezig zijn (bijvoorbeeld door textuurovergangen), maar kan ook het gevolg zijn van verdichting door berijding, aanwezige lagen of grondbewerking. Tabel 6.1.1. geeft een beknopte samenvatting van de nulmeting voor penetrologger-gegevens in de bouwvoor. Dit als maat voor beworteling mogelijkheden in deze laag. Onder de bouwvoor neemt soms de weerstand toe hetgeen duidt op een ploegzool of een andere laag in het profiel.

Tabel 6.1.1. Aantal metingen per regio en het gemiddelde en maximale indringingsweerstand (MPa) voor 0 tot 30 cm.

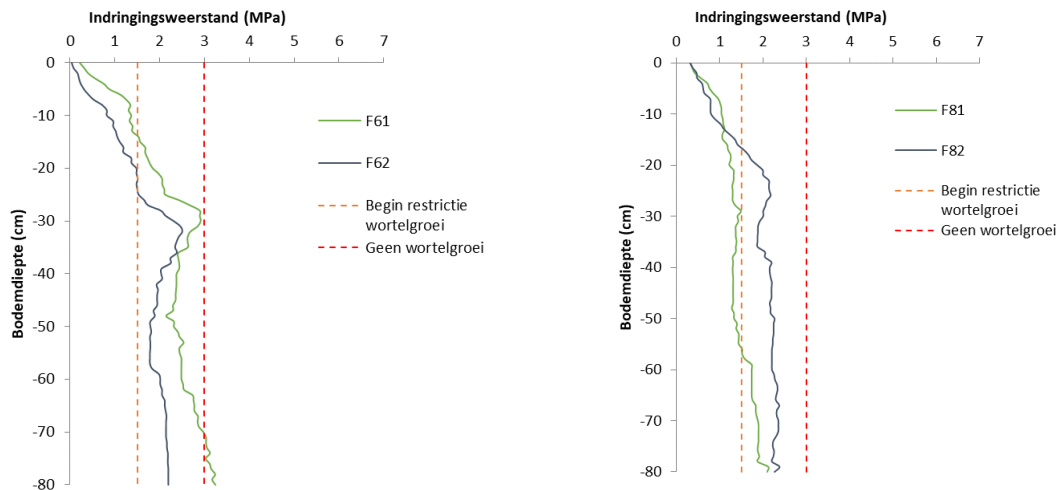
Regio	Aantal gemeten percelen	Gemiddelde indringingsweerstand (MPa)	Max indringingsweerstand (MPa)	Aantal percelen ploegzool
Flevoland	30	0,97	3,01	5
Zeeland	28	0,85	4,30	6
Veenkoloniën	28	1,59	5,16	7

Toelichting Flevoland (bijlagen 2.1 en 2.2)

De data van de indringingsweerstand zijn geïnterpreteerd aan de hand van de verschillen in bodemtype per perceel en de bedrijfsvoering. Bij de analyse van de data is er verschil gemaakt tussen zavelgronden (<25% lutum) en kleigronden (>25% lutum). De verdeling tussen zavel en klei laat zien dat bij zavelgronden tussen -30 en -50 cm eerder problemen zijn voor de indringing van de wortels dan bij kleigronden (bijlage 2.1). Deze verdichting hangt veelal samen met een (zand)laag onder de teeltlaag. Bij 20% van de bedrijven in Flevoland (3 van 15 deelnemers) lijkt sprake van een ploegzool. Dit is af te leiden uit de grafieken, waarbij de lijnen rond de 25-40 cm een toename hebben in de indringingsweerstand (Figuur 6.1.1). Of de ploegzool daadwerkelijk aanwezig is, kan worden beoordeeld door een profielkuil te graven, de verdichting is ook met het oog waarneembaar.

Verder valt af te leiden dat:

- Er geen verband is tussen invulling van het bouwplan en de gevonden indringingsweerstand;
- Bedrijven met een groter aandeel (> 50%) rooigewassen een hogere indringingsweerstand laten zien ten opzichte van bedrijven met een kleiner aandeel rooigewassen (< 50%).
- De bedrijven die niet-kerende grondbewerking (NKG) toepassen (F01/F02 en F81/F82) een relatief lage indringingsweerstand hebben in het profiel.
- Het gebruik van (groen)compost niet direct leidt tot een gunstigere indringingsweerstand.



Figuur 6.1.1. Voorbeeld van de indringingsweerstand (regio Flevoland) op een perceel met ploegzool (links) en onder Niet-kerende grondbewerking (rechts).

Toelichting Zeeland (bijlagen 2.3 en 2.4)

Ook in Zeeland zijn de data van de indringingsweerstand geanalyseerd aan de hand van de verschillen in bodemtype per perceel (zavelgronden, <25% lutum; kleigronden, >25% lutum). Bij de deelnemende bedrijven is te zien dat de indringing voor wortels al hoger in het profiel lastiger wordt, bij zavel op +/- 30 cm en bij klei +/- 40 cm. Bij 11 van de 15 bedrijven is de bodem vanaf ca. 35 cm tot 65 cm moeilijk doordringbaar ($\text{MPa} > 3$). Bij 6 (van de 28 percelen) is een ploegzool te onderscheiden. Op meerdere percelen komt klei op zand voor, deze overgangen zijn in droge perioden goed meetbaar.

Een relatie met het aandeel rooigewassen en indringingsweerstand is niet vastgesteld. Ook het verband tussen de rotatie en indringingsweerstand ontbreekt in deze metingen.

Toelichting Veenkoloniën (bijlagen 2.4 en 2.5)

Bij 10 van de 15 bedrijven is de bodem vanaf ca. 25 cm tot 65 cm moeilijk doordringbaar ($\text{MPa} > 3$). Bij 7 percelen (van de 28 in totaal) is een ploegzool te onderscheiden. Dit is te zien aan de grafieken, waarbij de lijnen rond de 25-40 cm een toename laten zien in de indringingsweerstand.

Samenvattend

Verdichtingen in het profiel zijn vaker gemeten op zavelpercelen dan op kleipercelen in Zeeland en Flevoland. Hierbij is het verschil tussen beide grondsoorten (klei en zavel) het meest duidelijk te zien in Flevoland. De grens van 3 MPa wordt in de Veenkoloniën op een diepte van +/- 25 cm bereikt vergeleken met +/- 35 cm in Zeeland en +/- 40 cm in Flevoland. Het meten van de indringingsweerstand is een momentopname, het geeft inzicht in beworteling mogelijkheden. De indringingsweerstand wordt mede bepaald door het bodemtype, de textuur, belasting van de bodem door mechanisatie en bodemvochtigheid. Met name droogte heeft invloed op de indringingsweerstand, zandgronden zijn hiervoor gevoeliger. Maar ook op kleigrond heeft droogte invloed op de indringingsweerstand, bij droogte neemt deze toe. De toename van indringingsweerstand hangt ook samen met de opbouw van het bodemprofiel, door het graven van een profielkuil ontstaat hierin meer inzicht.

6.2 Nulmeting van de bodem op de bedrijven

Het doel van de nulmeting op de bedrijven is om de koolstofvoorraad bij de start van het project (de zogenoemde baseline) eenduidig vast te leggen volgens een vastgesteld protocol (bijlage 1). Zodoende kan de komende jaren ook de ontwikkeling in bodem koolstof op de bedrijven op een vergelijkbare manier worden gevolgd zonder dat er verschillen in meetmethodiek, bemonsteringsmethode of verschil in laboratoriummetingen zullen optreden. Dit is nodig om de verwachte kleine veranderingen naar 2030 toe ook te kunnen registreren.

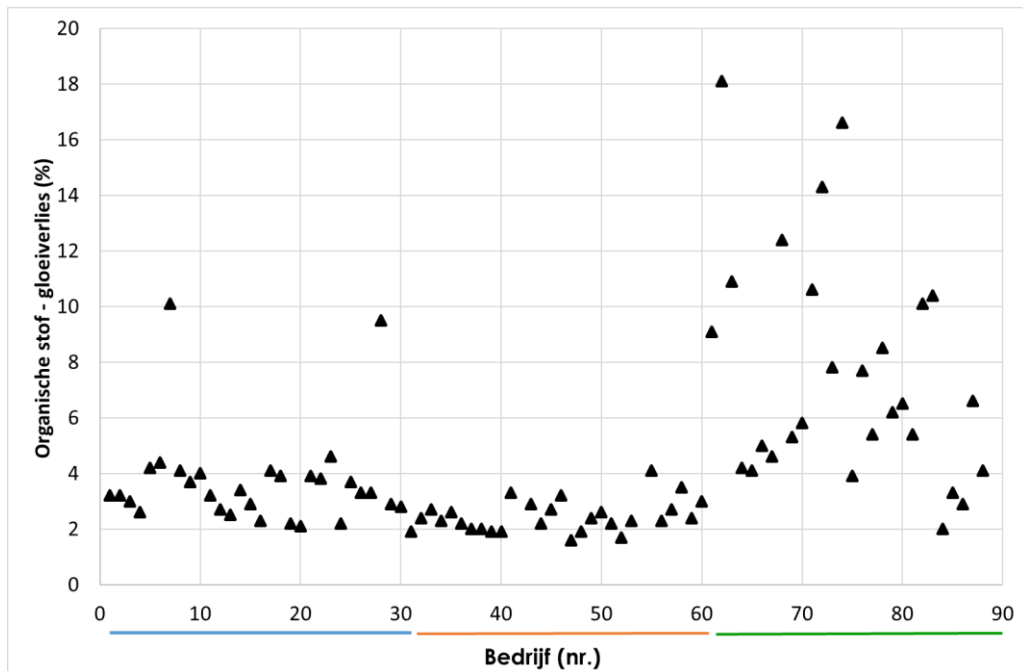
Volgens het meetprotocol zijn op alle bedrijven twee percelen bemonsterd. Dit op basis van een mengmonster van 40 steken binnen het vastgestelde meetvak. Alle uitslagen en gegevens zijn vastgelegd in een database samen met de informatie over maatregelen op de bedrijven. Bijlage 3a, 3b en 3c bevatten de analyseresultaten per bedrijf voor de regio's Flevoland, Zeeland en de Veenkoloniën, respectievelijk.

Tabel 6.2.1. Gemiddelden en standaard deviatie (tussen haakjes) van de nulmeting op de bedrijven in Flevoland, Zeeland en de Veenkoloniën.

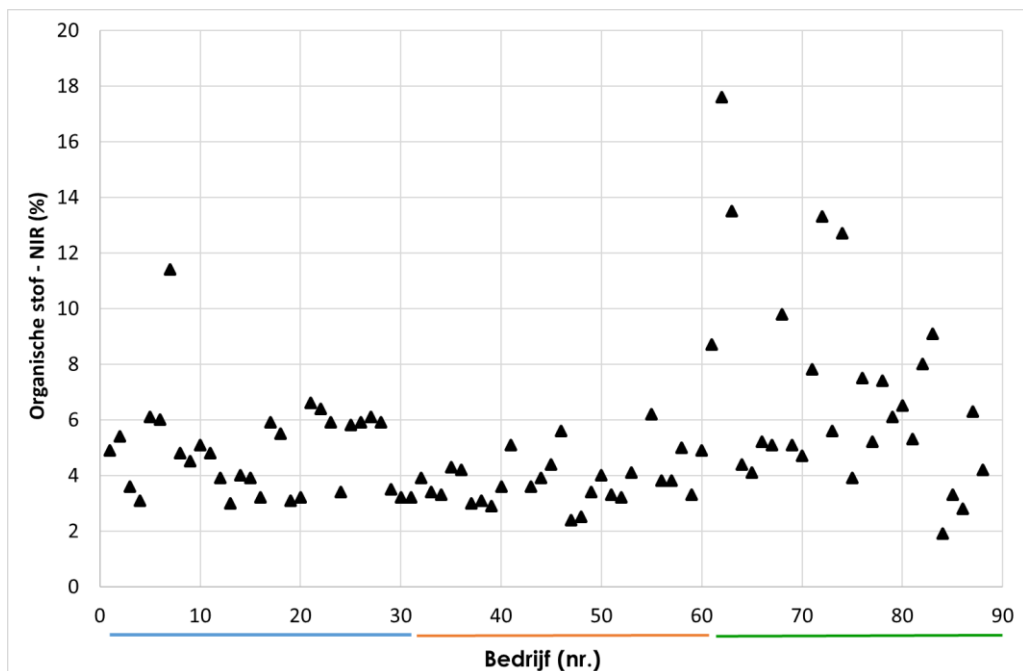
Regio	C-elementair SOC (%)	O.s - Gloeiverlies SOM (%)	O.S. - NIR (%)	Bodem-C (ton C/ha)
Flevoland*	1,9 (0,9)	3,7 (1,8)	4,9 (1,7)	76 (28)
Zeeland	1,3 (0,3)	2,5 (0,6)	3,8 (0,9)	53 (12)
Veenkoloniën*	3,7 (1,9)	7,2 (3,6)	6,6 (3,1)	136 (47)

*exclusief 1 gemeten uitschieter

De meeste percelen liggen rond een gemiddelde van 1,9% C-elementair in Flevoland en 1,3 % in Zeeland. In dit gemiddelde is een uitschieter van 5,1%, gemeten op een deelnemend bedrijf met een perceel in Wijhe (Overijssel) net buiten Flevoland dat voorheen in permanent grasland lag, buiten beschouwing gelaten. In de Veenkoloniën ligt het gemiddelde C elementair met gemiddeld 3,7% hoger.



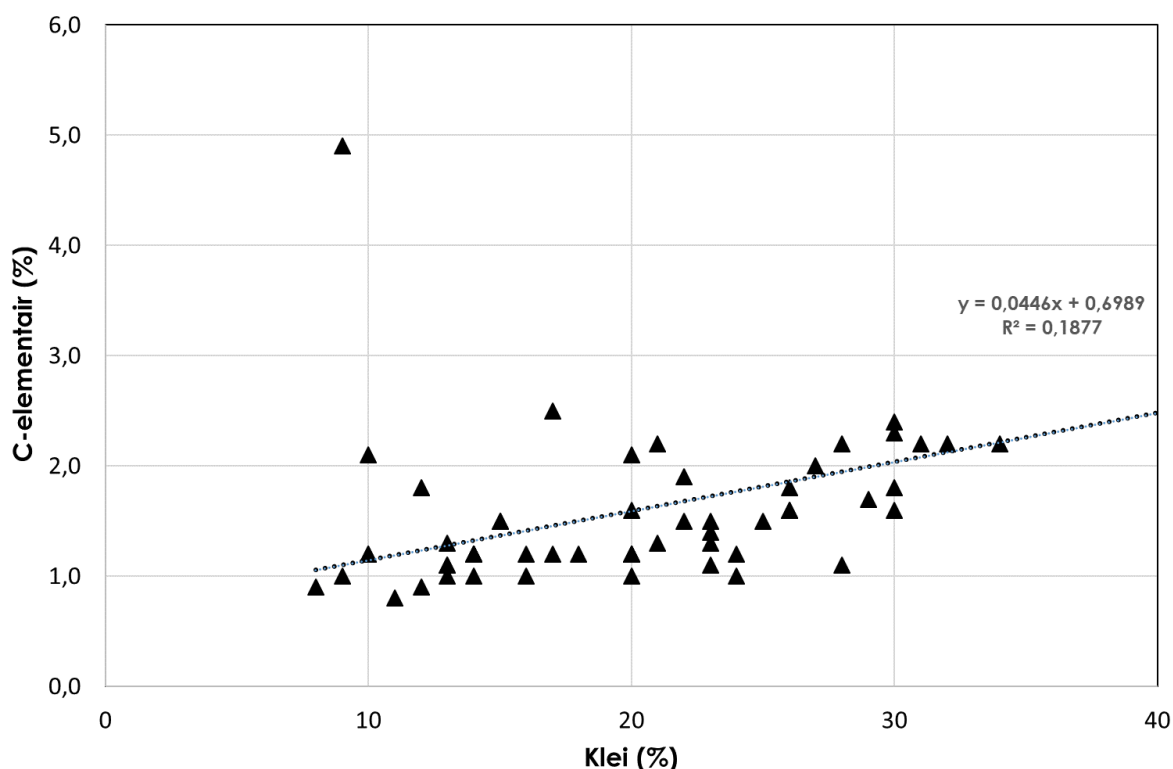
Figuur 6.2.1.A. Organische stof gloeiverlies (SOM) op de bedrijven in Flevoland (in blauw), Zeeland (in oranje) en Veenkoloniën (in groen).



Figuur 6.2.1.B. Percentage organische stof NIR op de bedrijven in Flevoland (in blauw), Zeeland (in oranje) en Veenkoloniën (in groen).

De bodem organische stof-gloeiverlies is het totale percentage organisch materiaal in de bodem. Hiervan is grofweg de helft koolstof. Percelen met een hoger percentage organische stof-gloeiverlies zullen in het algemeen een wat betere bodemkwaliteit vertonen, dan bodems met lage percentages. Organische stof gloeiverlies blijkt in de zavel en kleigronden van Flevoland en

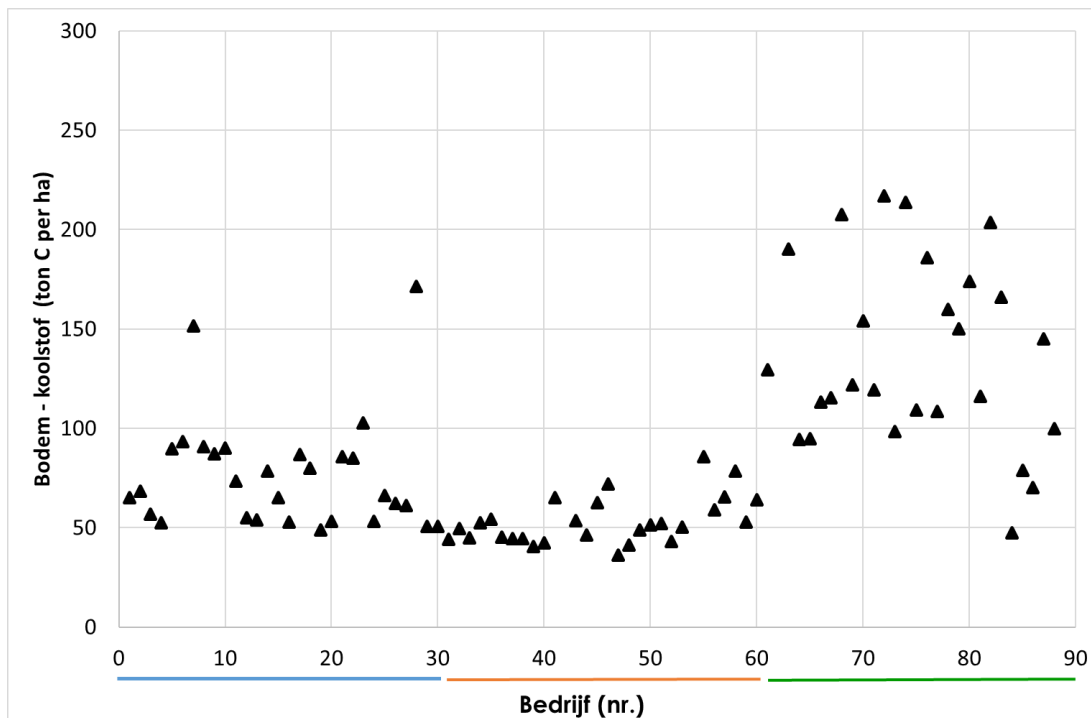
Zeeland lager te liggen dan het gemiddelde organische stofgehalte gemeten volgens NIR. Figuur 6.2.1 geeft de spreiding aan van het organische stof gloeiverlies (a) en organische stof NIR (b). De correlatie tussen het percentage klei op de percelen en het percentage C-elementair is weergegeven in figuur 6.2.2. Uit de data komt naar voren dat bij een hoger percentage klei ook meer koolstof in de bodem wordt aangetroffen. Deze correlatie is echter zwak ($R^2 = 0,18$). Met behulp van de pedotransferfuncties uit paragraaf 3.3 is de bulkdichtheid per perceel berekend en weergegeven in bijlage 3. Gemeten waarden schommelen rond een gemiddelde waarde van 1,39, 1,42 en 1,31 gram/cm³ voor respectievelijk de bedrijven in Flevoland, Zeeland en Veenkoloniën.



Figuur 6.2.2 Correlatie tussen C-elementair (%) en kleigehalte (%) in de gemeten percelen in Flevoland en Zeeland.

6.3 Berekening van de koolstof in de bodem

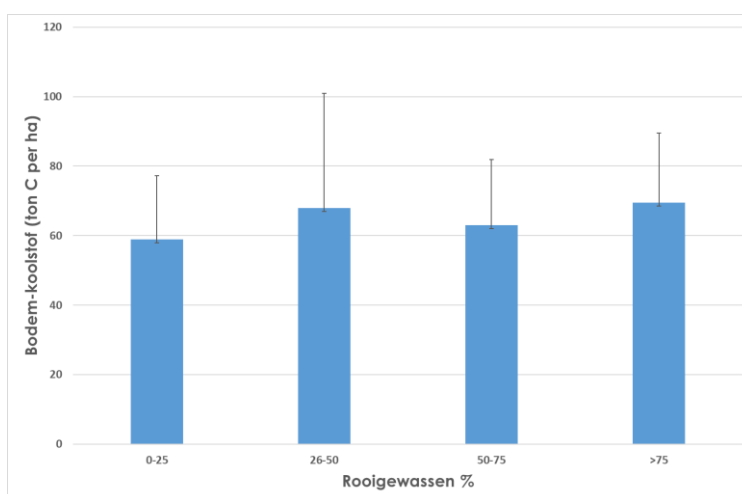
Om een duidelijk startpunt te hebben van de koolstof opslag op de bedrijven is per perceel de hoeveelheid koolstof berekend die opgeslagen is in de bemonsterde laag 0-30 cm. Aan de hand van de berekende bulkdichtheid van de bodem en het gehalte organisch koolstof is de hoeveelheid koolstof berekend in ton C per ha (bijlage 3). Dit op basis van gemeten C-elementair. In onderstaande figuur 6.3.1. is de bodem-koolstof in de laag 0-30 cm weergegeven van alle percelen uit het netwerk en gegroepeerd naar regio's. De bodemkoolstof van de bedrijven in Flevoland (76 ton C per ha) ligt gemiddeld gezien boven de bodemkoolstof van Zeeland (53 ton C per ha) en lager ten opzichte van de Veenkoloniën (146 ton C per ha).



Figuur 6.3.1 Bodemkoolstof (ton C per ha) van Flevoland (in blauw), Zeeland (in oranje) en Veenkoloniën (in groen)

6.4 Organische stof voorziening en management maatregelen

Mogelijk zijn er correlaties tussen bodemkoolstof en maatregelen. Zo heeft ieder bedrijf een eigen bouwplan waarbij een onderscheid te maken is in zogenaamde rooigewassen zoals aardappelen, suikerbieten, uien en bloembollen en gewassen die bovengronds worden geoogst. Rooigewassen hebben, door de intensieve grondbewerking die ermee gepaard gaat, mogelijk effect op het koolstofgehalte in de bodem. In figuur 6.4.2 zijn de bedrijven in Flevoland en Zeeland opgedeeld in 4 verschillende klassen, naar het percentage rooigewassen in hun bouwplan. De spreiding per klasse blijkt groot en voorsnog zijn er geen correlaties te vinden tussen het aandeel rooigewassen en de totale koolstof voorraad in de bodem.



Figuur 6.4.2: Gemiddelde bodemkoolstof (ton C per ha op basis van C-elementair) van Flevoland en Zeeland gegroepeerd naar percentage rooigewassen.

Ook andere correlaties tussen de managementmaatregelen die boeren treffen en de koolstof voorraad van de bodem zijn nagegaan. Hierbij zijn er geen correlaties gevonden tussen de betreffende managementmaatregelen en de bodem koolstof voorraad. De twee NKG-bedrijven in Flevoland hebben relatief hoge percentages SOM ten opzichte van bedrijven die ploegen. Dit zijn echter slechts 2 bedrijven van alle deelnemende bedrijven.

Om meer inzicht te verkrijgen in de effecten van klimaatmaatregelen is het van belang om dit perceel specifiek te volgen. Hierbij zal ook moeten worden gemeten volgens een vast protocol waarbij effecten gedurende een langere periode (tot 2030) kunnen worden gevolgd. In de praktijk worden echter meerdere maatregelen tegelijkertijd genomen waardoor een directe koppeling lastig te maken valt. Hiervoor is een modelmatige ondersteuning nodig om de effecten van verschillende maatregelen op hetzelfde perceel en de effecten daarvan op de organische stof te onderscheiden.

7 Inzet met de bedrijven

De deelnemers van het netwerk akkerbouw zijn bereid klimaatmaatregelen te nemen zoals afgesproken tijdens de keukentafelgesprekken. De afspraken zijn globaal gemaakt en vragen om nadere uitwerking en bijkomende afspraken. Tot dusver zijn alle data onder bedrijfscode vastgelegd. De data zijn alleen beschikbaar voor onderzoeksdoeleinden. Wel ontvangen de deelnemers de gemeten waarden van hun eigen percelen. Waar mogelijk voorzien van interpretaties. In afstemming met de deelnemers kunnen de gegevens worden gedeeld met collega akkerbouwers, in geval van Flevoland zijn dit de regiogroepen. De deelnemers in Zeeland vormen onderdeel van het project Carbon Farming, de afspraken hierbinnen worden gemaakt met de projectleider (ZLTO).

Om meer data beschikbaar te krijgen vindt overleg plaats met Stichting Veldleeuwrik om de data van alle leden te verzamelen waarbij de ondernemer bepaalt voor welke doelen data worden vrijgegeven. Na een inventarisatie lijkt de Cool Farm Tool (CFT) een bruikbaar instrument. Hierbij is gekeken naar wetenschappelijke onderbouwing, praktische bruikbaarheid en draagvlak bij netwerken en ondernemers. Volgens de huidige opzet krijgt een teler na inloggen in de CFT zijn eigen CO₂ prestatie in beeld. Daarnaast kan de teler via scenario's kennis en inzicht krijgen in de mogelijkheden tot verbetering van zijn klimaatprestatie. Zo mogelijk worden specifieke klimaatmaatregelen in de CFT meegenomen.

De koppeling van specifieke klimaatmaatregelen aan percelen bleek in de praktijk lastig. De metingen aan de bodem geven wel inzicht in de veranderingen die plaatsvinden in de tijd, maar meerdere maatregelen worden in de praktijk tegelijk toegepast. Op perceelniveau kunnen wel experimenten worden ingezet om gericht te kijken naar effecten van maatregelen zoals inzet van (extra) compost of varianten in grondbewerking.

De door ondernemers genoemde maatregelen zijn niet allen direct aan te merken als een klimaatmaatregel. Wel heeft een ingreep zoals diepploegen effect op het vastleggen of het verlies aan koolstof. In zowel Flevoland als Zeeland zijn akkerbouwers die meerdere veranderingen hebben doorgevoerd in de praktijk. Hierbij is gekozen om dit te benoemen als 'stapelen van maatregelen'. Zo heeft het verruimen van het bouwplan bij een van de ondernemers direct verband met het omschakelen naar biologische landbouw. Zo'n omschakeling brengt meerdere veranderingen met zich mee waardoor veranderingen niet zijn toe te schrijven aan één specifieke maatregel. De meest gekozen maatregel om door te voeren op de percelen is extra aanvoer van organische mest ofwel reststromen met als doel kunstmest te vervangen en de bodemkwaliteit te verbeteren. Voor de zavelgrond is het doel met name om de bewerkbaarheid van de bodem te bevorderen.

8 Een terugblik in Flevoland: pilot Veldleeuwerik

Welke inzichten geven de historische data en ervaringen van akkerbouwbedrijven in Flevoland die zich de afgelopen jaren hebben aangesloten bij Stichting Veldleeuwerik en wat kunnen we hiervan leren voor toekomstige netwerken?

Belangrijke vragen zijn:

- Wat is de beschikbaarheid van data op de bedrijven?
- Welke maatregelen zijn toegepast die een rol hebben gespeeld bij de koolstofvastlegging?
- Zijn er effecten van maatregelen op de bodem?
- Welke methodische uitdagingen liggen er om dit alles beter te monitoren?

8.1 Databeschikbaarheid

Tijdens de bedrijfsbezoeken werden data van 11 bedrijven vanuit diverse bronnen gebruikt. Het bouwplan van percelen is beschikbaar via RVO, en toegankelijk via de website Boer & Bunder. De meeste bedrijven weten tot ca. 10 jaar terug aardig goed wat op elk perceel gestaan heeft. Alle 11 bedrijven geven aan dat ze sinds de deelname aan Veldleeuwerik bewuster met hun bodem omgaan en dus ook met de grondbewerking, bandenspanning, het moment van bereiden (timing) en bijvoorbeeld oogsten door loonwerkers.

De grondbewerking wordt nergens geregistreerd en bewerkingdiepte moet worden ingeschat. Bemesting wordt geregistreerd voor RVO. Tijdens de interviews werden geen registratiesystemen geraadpleegd, maar gaven de akkerbouwers uit hun hoofd aan wanneer er hoeveel aan organische mest gegeven werd.

Bodemanalyses uit het verleden waren op alle bedrijven beschikbaar, soms van vele jaren, soms slechts van een enkel jaar. Analyses van vóór 2010 alleen op papier. Helaas ontbrak dan regelmatig de beschrijving van de onderzoeksmethode waardoor niet met zekerheid gesteld kon worden of bijvoorbeeld organische stof via gloeiverlies, C-elementair of NIR was bepaald. De meeste bemonsteringen waren uitgevoerd op perceelniveau, een groot aantal ook op kavelniveau. Niet alle akkerbouwers maakten altijd gebruik van het laboratorium van Eurofins. Voor de analyse zijn alleen Eurofins data gebruikt en alleen de monsters op perceelniveau om meet- en methodefouten zoveel mogelijk te beperken. Uiteindelijk is er voor 9 van de 11 bedrijven genoeg informatie om een grafiek met bodemanalyses en modelscenario's door te rekenen.

8.2 Maatregelen per bedrijf

Uit de bedrijfsbezoeken en interviews bleek dat de akkerbouwers al meerdere maatregelen toepassen. Tabel 8.2.1 geeft een overzicht. Bijlage 5 geeft een overzicht van maatregelen per bedrijf in de tijd.

Vijf bedrijven, vooral die op de zwaardere gronden, hebben een bouwplan op basis van 50% graan. Drie bedrijven hebben gras of grasklaver als vast onderdeel in hun vruchtwisseling. Zes bedrijven verhakselen hun stro. Alle bedrijven maken in meer of mindere mate gebruik van groenbemesters. Dit varieert van alleen na granen tot altijd alle percelen groen de winter in. Er lijkt een nieuwe trend naar meer gebruik van groenbemestersmengsels met haver als basis. Sowieso worden er vooral diepwortelende groenbemesters ingezet zoals Engels- en Italiaans raaigras of rogge.

Alle bedrijven hebben de afgelopen jaren veranderingen doorgevoerd in hun grondbewerking – van betere timing tot stoppen met ploegen. De meeste bedrijven gebruiken een ploeg voor de hoofdgrondbewerking. De ploegdiepte en het aantal scharen waarmee geploegd wordt, verschilt. Alle 11 akkerbouwers geven aan dat ze de afgelopen jaren minder diep zijn gaan ploegen, in de meeste gevallen betekent dat ca. 5-8 cm minder diep (van 25-30 naar 22 cm diepte). Eén bedrijf is volledig overgetapt naar niet-kerende grondbewerking, vier bedrijven gebruiken alleen nog de Eco-ploeg (15 cm diepte).

Alle bedrijven gebruiken (weleens) organische mest. Zes bedrijven gebruiken vaste dierlijke mest (vooral storsrijke geitenmest) en zes bedrijven gebruiken compost of champost.

Op alle bedrijven worden dus meerdere maatregelen genomen die van belang zijn voor de ontwikkeling van het organische stofgehalte van de bodem en daarmee de vastlegging van CO₂.

Tabel 8.2.1 Samenvatting van bodem- en klimaatmaatregelen die anno 2018 worden genomen per bedrijf uit de pilot Veldleeuwerik.

Bedrijf	Grondbewerking		Bouwplan				Bemesting		Acties
	NKG	Ecoploeg	50% graan	Gras(klaver)	Groenbemesters	Stro	Vaste mest	Compost	#
1					+	+	+	+	4
2			+		+		+	+	4
3	+		+		+	+			4
4			+		+	+		+	4
5		+	+	+	+	+	+		6
6			+		+				2
7					+	+		+	3
8					+		+		2
9		+		+	+			+	4
10		+			+		+	+	4
11		+	+	+	+	+	+	+	7
Totaal	1	4	5	3	11	6	6	6	*

8.3 Effecten op bodemparameters

Om zicht te krijgen op het effect van bedrijfsstrategie op de bodem en in het bijzonder de hoeveelheid C die al dan niet wordt vastgelegd op verschillende bedrijven zijn bodemparameters uit het verleden verzameld van specifieke percelen. Deze zijn eind 2018 opnieuw bemonsterd en gemeten. Een aantal zaken kwamen hierbij naar voren:

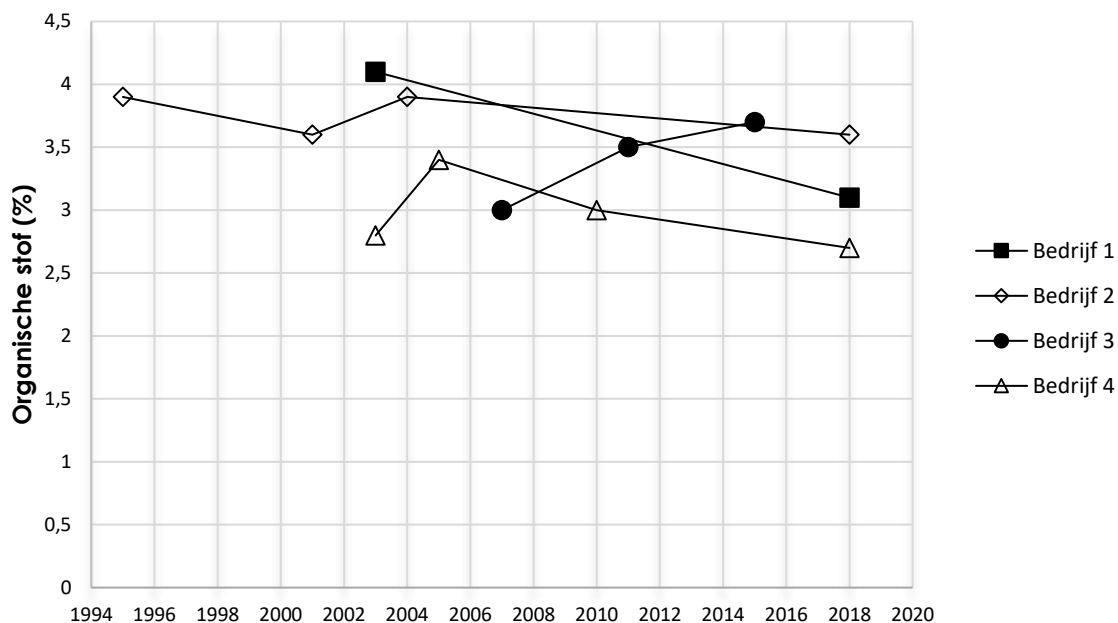
- Op basis van de metingen aan bulkdichtheid en C-elementair (SOC) in 2018 bevat de bouwvoor (0-30 cm) gemiddeld 57 ton C per ha. De hoeveelheid loopt uiteen van ca. 44 tot bijna 70 ton C per ha.
- Er is een positieve correlatie relatie gevonden tussen het percentage kleideeltjes in de grond en het organische stofgehalte ($R^2 = 0,7$).
- Van de 11 bedrijven hebben vooral bedrijven op de lichtere zavelgrond een hogere indringingsweerstand. Dit hangt samen met de zandige ondergrond, hoe zandiger de ondergrond, hoe hoger de indringingsweerstand.

Het organische stof-gloeiverlies van de 11 bemonsterde percelen in 2018 loopt uiteen van 2,2% tot 3,6% voor de laag 0-30 cm (bijlage 6). Gemiddeld is het percentage 2,8%. De analyse-data uit 2018 zijn vergeleken met de beschikbare data uit eerdere jaren van hetzelfde perceel voor 9 van de bedrijven (Figuur 8.3.1 en 8.3.2). In de eerdere analyses is niet altijd duidelijk met welke methode het organische stofpercentage is bepaald. Soms met C-elementair, soms met NIR en in een aantal gevallen is alleen een organische stof % gegeven zonder toelichting over de gebruikte methode. Omdat de metingen van organische stofgehalte wel 10% variatie kunnen vertonen, is in de figuren gewerkt met trendlijnen als zwevend gemiddelde.

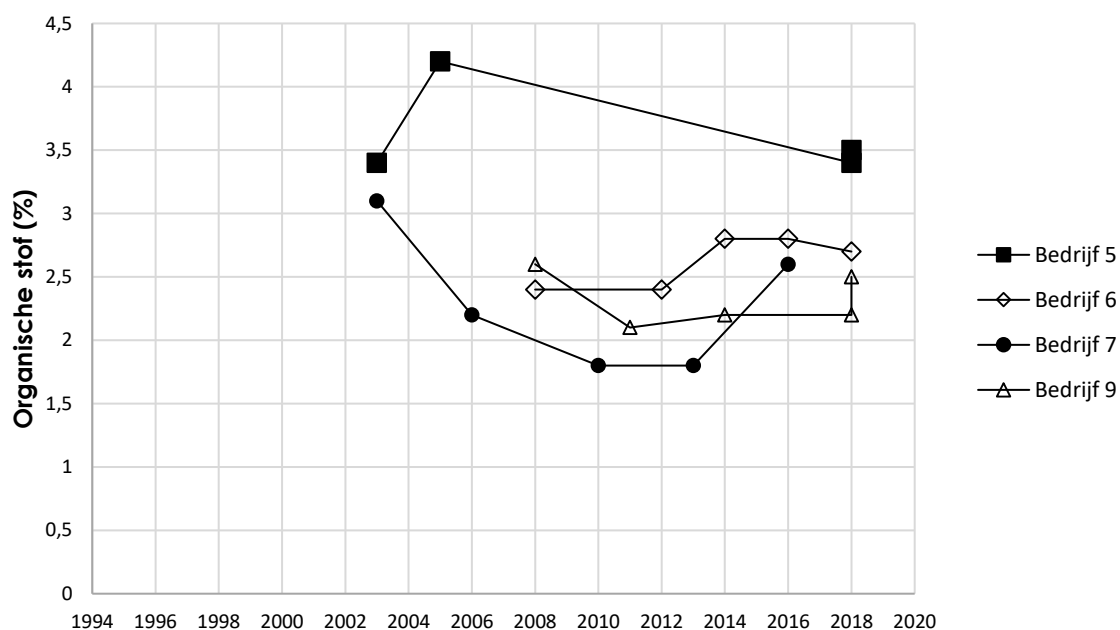
De trendlijnen tonen voor geen van de bedrijven een duidelijke afname of toename in de tijd. Wel zien we bedrijven die eerst een toename en later een afname lijken te hebben, of andersom. Of bedrijf 1, dat een afname toont maar slechts 2 meetmomenten heeft waardoor dit geen betrouwbaar beeld is. Gezien de variatie in de metingen binnen de percelen zoals hier getoond, is interpretatie van deze gegevens lastig. De oorzaak hiervan is:

- Heterogeniteit van de percelen en variatie in de exacte monsterlocaties hierop.
- Verschil in bemonsteringsdiepte (0-25 cm versus 0-30 cm), in het verleden werd veelal tot 25 cm bemonsterd terwijl het protocol 30 cm voorschrijft.
- Elke meting vormt een momentopname van organische stof, die net op een piek of dal kan zijn geweest.
- Verschillen in analysemethode.
- Onnauwkeurigheid in de analyses zelf.

We kunnen op grond hiervan concluderen dat het met bodemanalyses van de bedrijven zelf erg lastig is een goed beeld van het verloop van organische stof in de bodem te krijgen. Er zijn te veel onzekerheden. Gestructureerd aangestuurde metingen, met dezelfde analysemethode(s), bemonsteringsdiepte, en locatie (ook binnen het perceel) kan een groot deel van de bovengenoemde problemen oplossen.



Figuur 8.3.1 Verloop van organische stofgehalte op vier kleigronden van de pilot Veldleeuwerik. Trendlijnen zijn zwevende gemiddelden voor percelen met meer dan 2 metingen.

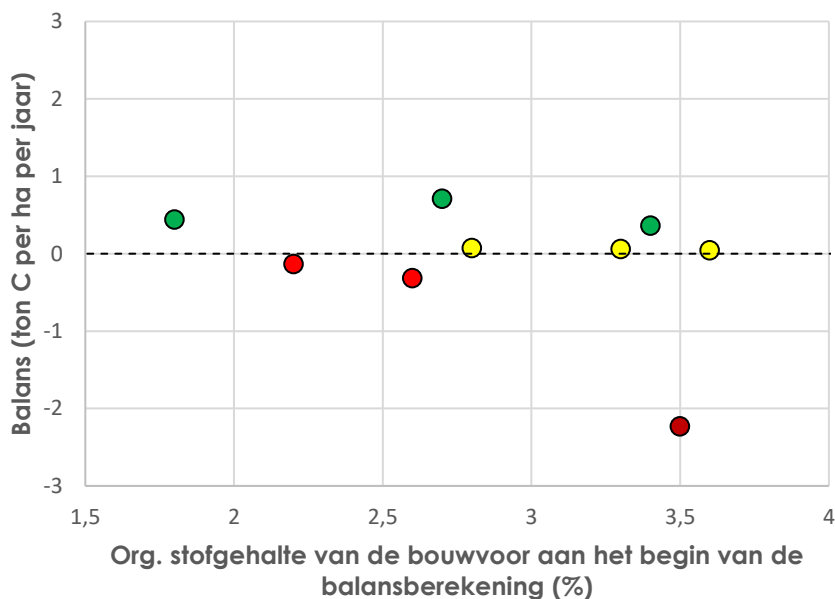


Figuur 8.3.2 Verloop van organische stofgehalte op zavelgronden van de pilot Veldleeuwerik. Trendlijnen zijn zwevende gemiddelden.

8.4 C-balansen, berekening met NDICEA

Van de 9 bedrijven uit de Veldleeuwerik pilot waarvan voldoende informatie voorhanden is, is er een balansberekening gemaakt voor C in de bouwvoor. Dit is gedaan met behulp van modelberekeningen met NDICEA (Van de Burgt et al., 2006). Hierbij werd voor deze bedrijven het bouwplan en alle maatregelen op de bemonsterde percelen doorgerekend over een periode

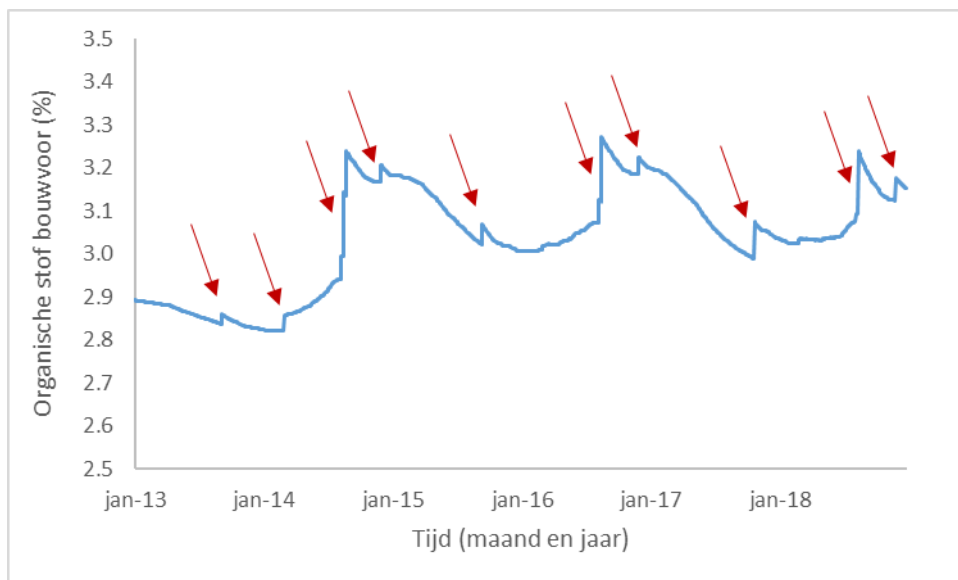
van 6 tot 11 jaar, afhankelijk van de hoeveelheid perceel-specifieke informatie die beschikbaar was. Het resultaat van deze berekening is te zien in Figuur 8.4.1. Drie van de bedrijfspercelen hadden hierbij meer dan 0,3 ton C per ha per jaar vastlegging (0,36 – 0,71 ton C per ha per jaar oftewel 1,32 – 2,6 ton CO₂ equivalenten per ha per jaar vastlegging). Drie andere bedrijfspercelen hadden een positieve balans, maar hier was de C-vastlegging kleiner (0,04 – 0,07 ton C per ha per jaar oftewel 0,15 – 0,26 ton CO₂ per ha per jaar vastlegging). De drie overige bedrijfspercelen hadden een negatieve balans (-0,13 – -2,23 ton C per ha per jaar oftewel -0,49 – -8,18 ton CO₂ per ha per jaar). Het bedrijfsperceel met de meest negatieve balans is daarbij ook het bedrijf met het hoogste organische stofgehalte in de bouwvoor. Dit duidt erop dat het van belang is dat vastgelegde koolstof in de bodem opgeslagen blijft en niet snel weer verdwijnt door bodemprocessen die zorgen voor afbraak van organische stof. Naast maatregelen gericht op het inbrengen van koolstof is ook het belangrijk maatregelen te nemen voor behoud van de koolstof in de bodem. Deze berekeningen laten zien dat, ondanks het feit dat al deze bedrijven reeds maatregelen voor behoud of verbetering van de bodemkwaliteit hebben doorgevoerd, het nog niet altijd is gelukt om een positieve balans te hebben. Meer 'richten' van specifieke maatregelen of een grotere stapeling hiervan is daarvoor nodig. Bovendien brengt deze berekening in beeld dat percelen die reeds een hoger organische stofgehalte hebben, eerder een negatieve balans kunnen krijgen. Extra maatregelen zijn dan nodig om de organische stof op peil te houden.



Figuur 8.4.1. C-balansen van 9 bedrijven uit de Veldleeuwrik pilot, in ton C/ha/jaar, uitgezet tegen het organische stof percentage aan het begin van de berekening. In groen balansen met meer dan 0,3 ton C/ha/jaar vastlegging, in geel balansen met positieve maar te kleine vastlegging, en in rood balansen die negatief waren voor de genoemde periode en percelen.

8.5 Analyse van C-balans-opbouw met modellen: de lego steentjes aanpak

Het percentage organische stof in de bouwvoor vertoont sterke wisseling in de tijd. Dit komt bijvoorbeeld door input van mest en gewasresten, afbraak, grondbewerking, etc. Figuur 8.5.1 toont de fluctuaties zoals berekend met NDICEA voor een van de 9 bedrijfspercelen van de Veldleeuwerik pilot. De rode pijlen geven hierbij handelingen (zoals het toedienen van bemesting of het oogsten van een gewas) weer die dit verloop beïnvloeden.



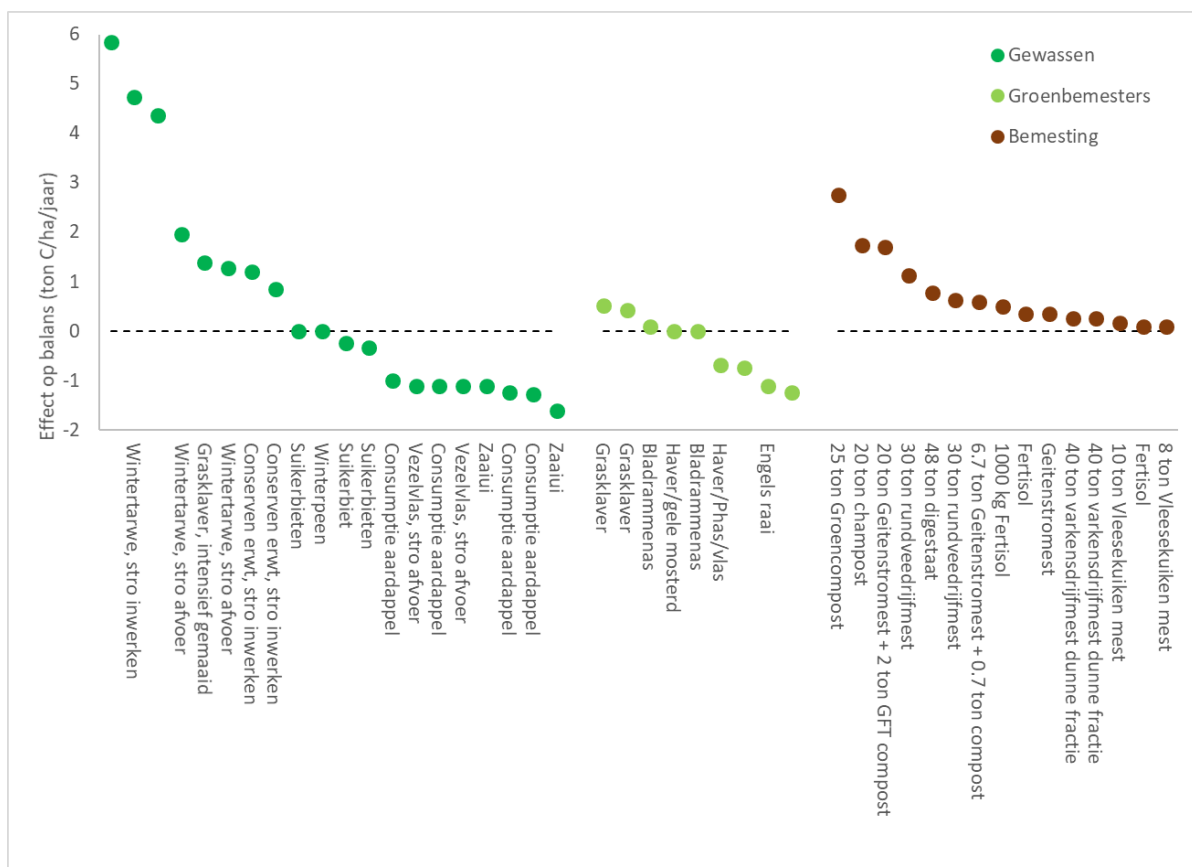
Figuur 8.5.1. De verandering van het percentage organische stof in de bouwvoor gedurende een aantal jaar op een van de bedrijven. Rode pijlen geven handelingen weer die het verloop beïnvloeden.

Eigenlijk kan men alle handelingen zien als een soort verzameling van elementen (zoals "lego steentjes") die bij elkaar opgeteld de balans van organische stof in een praktijksituatie bepalen.

De waarde van de netwerken is dat ze de praktijksituatie van maatregelen in ons land tonen. Het gaat om realistische maatregelen onder Nederlandse omstandigheden. Zo staat een bepaald gewas een bepaalde periode op het land, heeft het een bepaalde opbrengst en wordt er op een bepaalde manier mee omgegaan wat betreft grondbewerking, bemesting en gewasresten. Om inzicht te krijgen in de opbouw van de C-balansen op de praktijkbedrijven is een analyse gemaakt, met behulp van NDICEA, van het effect van de losse elementen op de C-balans. Voor een gewas of groenbemesters betekent dit een netto-effect, berekend uit de afname van C door grondbewerking en afbraak in de periode dat het gewas op het land stond, en een toename door sterfte van wortels en blad en door gewasresten. Voor organische bemestingen betekent dit een kleinere of grotere toename in C door toediening. In alle gevallen gaat het daarbij uitsluitend om maatregelen en bemestingen (inclusief hoeveelheid) die zijn gebruikt. Een eerste resultaat van een dergelijke analyse is weergegeven in Figuur 8.5.2. We zien hierin dat:

- Gewassen de grootste effecten op de C-balansen kunnen hebben, gevolgd door bemesting en dat groenbemesters slechts een relatief klein effect hebben.

- Binnen de gewassen er zeer grote verschillen zijn, waarbij wintertarwe met ingewerkt stro het meest positief is, gevolgd door wintertarwe met stroafvoer, een jaar grasklaver en erwten met ingewerkt stro. Gewassen als aardappel en zaaiui zijn negatief.
- Bij de organische bemesting compost het meest positief uitpakt van de maatregelen zoals ze gebruikt zijn.
- De orde van grootte van de maatregelen behoorlijk groot is (ong. -2 tot +6 ton C per ha per jaar oftewel -7 tot +22 ton CO₂ per ha per jaar)! De keuze van individuele maatregelen die er gemaakt wordt, met name ook in het bouwplan, is dus van zeer grote invloed op de uiteindelijke balans.



Figuur 8.5.2. Het effect op de C-balans (ton C/ha/jaar) van verschillende gewassen, groenbemesters en bemestingen zoals ze op de veldleeuwerik bedrijven zijn ingezet berekend op basis van NDICEA (van der Burgt et al., 2006).

8.6 Conclusies

De 11 bedrijven uit de Veldleeuwerik pilot voeren nu al een behoorlijke set aan maatregelen uit, voor een groot deel gericht op behoud van bodemkwaliteit (onder andere organische stof en structuur) en om nutriëntenverliezen te beperken.

Voor 9 van de 11 bedrijven zijn balansen berekend voor één perceel. Hiervan hadden er drie meer dan 0,3 ton C per ha per jaar vastlegging. Drie anderen hadden een positieve balans, maar minder grote vastlegging van C. Drie hadden een negatieve balans.

Kwalitatieve gegevens over welke maatregelen op de bedrijven worden toegepast en hoe deze worden uitgevoerd zijn aanwezig. Gedetailleerde kwantitatieve gegevens zijn er niet altijd en niet voor alle maatregelen beschikbaar. Wat betreft bemesting zijn gegevens veelal beschikbaar, maar informatie over grondbewerkingen en bewerkingdiepte worden vaak niet geregistreerd. Doorgaans nemen bedrijven ook meerdere maatregelen tegelijkertijd waardoor gemeten effecten lastig zijn toe te rekenen.

Beschikbare resultaten van grond- en gewasanalyses van de laatste 10 jaar kunnen zicht geven op trends, maar zijn voor veel bedrijven niet voldoende gestandaardiseerd beschikbaar. Voor een betrouwbare monitoring zouden data over de jaren in ieder geval door hetzelfde laboratorium, via de dezelfde methode en op een via GPS vastgelegd (deel van een perceel) plaats moeten vinden.

Analyse van losse elementen laten zien dat deze grote effecten op de balans hebben. In potentie had gewaskeuze en inzet van compost het grootste effect. Wintertarwe en compost een positief, en aardappels en zaaiui een negatief effect.

9 Conclusies en aanbevelingen voor vervolg

9.1 Conclusies uit de netwerken

- Akkerbouwers zijn bereid maatregelen te nemen die bijdragen aan betere bodemkwaliteit wat samengaat met onderhoud en toename van organische stof in de bodem.
- Van het verruimen van het bouwplan met rustgewassen zoals granen en grassen is het meeste effect te verwachten in koolstof opbouw in de bodem.
- De huidige lage graanprijzen beperken de uitbreiding van granen in het bouwplan. Omwille van de verdien capaciteit is er noodzaak voor hoog salderende gewassen.
- De huidige mestwetgeving (fosfaat en stikstof) beperkt de mogelijkheden om met organische meststoffen (bodemverbeteraars) kunstmest te vervangen en daarmee meer koolstof aan te voeren op het bedrijf;
- De toepassing van GFT is beperkt vanwege de vaak slechte kwaliteit met name overmatige vervuiling (glas en plastic);
- Groencompost is schoner, maar hiervoor betalen de afnemers een prijs per ton. Met name voor de lichtere (slempgevoelige) gronden wordt groencompost ingezet om de structuur te verbeteren.
- Akkerbouwers gaan steeds minder of steeds ondieper ploegen, de kennis van de effecten hiervan op de koolstofvastlegging ontbreekt nog. Bij NKG en ondiep ploegen neemt het organisch stofgehalte in de toplaag toe, maar het effect op de opbouw van organische stof in de gehele bouwvoor (0-60 cm) is beperkt. Onder Nederlandse omstandigheden lijkt deze maatregel een gering effect te hebben op de totale hoeveelheid koolstof in de bodem.
- De keuze voor overwinteren van groenbemesters op lichtere gronden is mogelijk zolang de middelen (glyfosaat en/of mechanisch) beschikbaar zijn om een goed zaaibed te bereiden. De beperkte bewerkbaarheid van de grond in het voorjaar, maakt het voor zware gronden risicovol om de grondbewerkingen tot na de winter uit te stellen.
- De bijeenkomsten laten zien dat er bij aanwezige ondernemers zeer veel behoefte is aan kennis. Kennis omtrent de juiste inpassing van maatregelen en hun impact op de bodem en gewas. Ook is er een grote behoefte aan ondersteuning rond regionale inpassing en toetsing.
- Rond het beschikbaar stellen van data en monitoring leven veel vragen m.b.t. consequenties voor de ondernemers en sector indien gegevens bij de overheid terecht komen. Wel wordt er informatie gedeeld binnen bestaande regiogroepen. Het vormt onderdeel van de kennisuitwisseling waarmee bedrijven hun bedrijfsvoering verbeteren. Ondernemers zijn echter bezorgd dat informatie uit gedeelde data leidt tot nog meer regelgeving.

- De noodzaak tot eenduidigheid in bemonstering en analyse van de bodem wordt helder bij gegevens die ondernemers reeds zelf voorhanden hebben. Wisselende analysemethoden en analyselaboratoria maken het lastig om historische data goed te vergelijken en interpreteren. Een eenduidige nulmeting is noodzakelijk om in de toekomst ook vergelijkingen te kunnen maken.

Bij de inventarisatie blijkt dat veel akkerbouwers al meerdere klimaatrelevante maatregelen nemen. De afweging welke maatregelen het meeste opleveren in termen van koolstofopslag roepen veel vragen op. In de akkerbouw worden aanpassingen in het bouwplan en toediening van extra mest en compost als de meest effectieve maatregelen gezien, maar deze maatregelen zijn ook het moeilijkst te realiseren. Bij het verruimen van bouwplannen is dit vanwege de directe invloed op de verdien capaciteit, bij mest en compost toediening vanwege belemmerende wetgeving. Eenduidige en betrouwbare bemonstering en meting is noodzakelijk om een bruikbare nulmeting van percelen te realiseren en effecten van maatregelen naar de toekomst toe te kunnen vergelijken.

9.2 Aanbevelingen

Laat de netwerken de uitdaging aangaan om de maatschappelijke en wetenschappelijke ontwikkeling rond koolstofvastlegging in minerale bodems handen en voeten te geven in de landbouwpraktijk. Dit kan door:

- Inzicht in de effectiviteit en mogelijkheden van inpassing van specifieke landbouwmaatregelen door *onderzoek en kennisontwikkeling*. Hierbij is het nodig om realistische inschattingen te kunnen maken van de koolstofvastlegging in minerale bodems en de effecten op de bredere bodemkwaliteit. Naast het effect van specifieke klimaatmaatregelen is het noodzakelijk om gegevens en effecten over gestapelde maatregelen beschikbaar te krijgen. Het gebruik van rekenmodellen zal hierbij een hulpmiddel kunnen zijn. De ontwikkelde maatregelen(pakketten) zullen ook bedrijfseconomisch in kaart dienen te worden gebracht.
- *Maatregelen implementatie en ondersteuning* van klimaatmaatregelen op de bedrijven zelf. Richt beleidsmatig de focus op maatregelen die het meest kunnen bijdragen aan het vastleggen van koolstof en implementeerbaar zijn, het gaat hierbij om uitbreiding van de rustgewassen in het bouwplan met bijvoorbeeld granen, grasklaver of luzerne. Door deze gewassen mee te nemen in het GLB-beleid als klimaatmaatregel, kunnen middelen worden vrijgemaakt om akkerbouwers te compenseren. Ook grondbewerkingen (wijze en aantal), meststoffengebruik (aard en hoeveelheden), gewasresten beheer en inzet van groenbemesters kunnen bijdragen aan de opbouw van bodem-koolstof en verbetering van de bodemkwaliteit. Biedt handelingsperspectief door implementatievragen via on-farm experimenten in de regio's te ondersteunen. Dit is wat de praktijk zoekt en wat nodig is om tot eenduidige boodschappen in klimaat perspectief te komen. Een beslis-

ondersteunende benadering is hierbij belangrijk waarvoor een praktisch instrumentarium noodzakelijk is. Dit leidt tot maatregelen die specifieker worden ingevuld: hoe ziet die grondbewerking er precies uit? Hoe en wanneer is het onderwerken van groenbemesters effectief? Hoe effectief is de kwaliteit van de ingezette compost?

- *Kennisuitwisseling en begeleiding* waarbij verbinding van wetenschappelijke kennis met praktische inpassing centraal staan. Bodemverbetering slaagt pas wanneer dit in de praktijk draagvlak heeft. Het gaat hierbij om het daadwerkelijk uitvoeren van de voorgestelde maatregelen op de bedrijven. Door het organiseren van bijeenkomsten met boeren en stakeholders worden kennis en ervaringen uitgewisseld en de deelnemers uitgedaagd. Denk hierbij aan bijeenkomsten waarin de opgestelde bodemverbeteringsplannen samen met collega-boeren en een deskundige adviseur worden besproken en aan veldbijeenkomsten waarin de effecten van de maatregelen in beeld zijn gebracht.
- *Demonstratie van de maximale mogelijkheden.* Voor de vastlegging en behoud van koolstof in de bodem is de vraag hoe tellen diverse maatregelen op in combinatie? Hoe ver kunnen we gaan voor maximale vastlegging van koolstof en maximaal behoud van bodem-koolstof en hoe scoort het vastleggen van koolstof op diensten als behoud van bodemkwaliteit, emissies, ziektedruk en eventuele neveneffecten. Door scenariostudies, vormgeving en realisatie van demonstraties kunnen de maximale mogelijkheden per regio worden onderzocht en de bedrijfseconomische consequenties maar ook potentiële neveneffecten zowel positief als negatief in kaart worden gebracht.

Tabel 9.2.1 Samenvatting van de aanbevelingen voor invulling van de netwerken in de komende jaren.

	Onderzoek & Kennisontwikkeling	Maatregelen Implementatie & ondersteuning	Kennisuitwisseling & begeleiding	Demonstratie max. mogelijkheden
Doel	Koolstof vastlegging op de bedrijven realiseren & bodemkwaliteit verbeteren	Ondernemers zijn aan de slag & maatregelen implementeren	Ondersteuning bij implementatievragen	Zicht op maximaal haalbare klimaatteffect
Methode	Metten en monitoren van bodem-C en bodemkwaliteit op de bedrijven	Maatregelen worden ingezet. Implementatievragen experimenteel in regio onderzocht	Kennis- en veldbijeenkomsten	Klimaatmax bedrijven in meerdere regio met scenario studies
Resultaat	Veranderingen in bodem-C en bodemkwaliteit zijn vastgesteld	Maatregelen zijn beschikbaar voor de praktijk	Kennistoename en verdieping bij ondernemers	Zicht op maximaal haalbare en zicht op consequenties in andere beleidsterreinen

De aanpak in een vervolgtraject zal de verbinding van wetenschap en de praktijk moeten zoeken. Binnen de netwerken zijn ondernemers actief en betrokken. Naast kennisontwikkeling draagt het netwerk bij aan kennisoverdracht.

9.3 Klimaat max bedrijven

Bij de klimaatopgave wordt vooral ingezet op optimalisatie van onderdelen in het klassieke bedrijfssysteem. Kennis van en ervaring met nieuwe bedrijfssystemen kunnen worden overgenomen. Opties hierbij zijn: werken met een verhoogde en maximale organische stofinput, uitwisseling en afstemming met veehouderijbedrijven, gebruik van randen en rijpaden voor biomassa en bosschages, biomassa-input van terreinbeheerders, extra biomassa door keuze in gewassen/rassen en teelt in stroken waarbij intensieve teelten worden afgewisseld met maaigewassen. Naast bovengenoemde voorbeelden aan de mitigatiekant, is er ook behoefte aan klimaatadaptatie: een veerkrachtig landbouwbedrijf wat beter kan omgaan met extremen zoals lange droogteperioden of extreme regenval. We weten dat bedrijfssystemen die organische stof centraal stellen zowel maatschappelijke diensten leveren (mitigatie) alsook de verdien capaciteit op lange termijn weten te borgen (adaptatie).

Wat kun je bereiken?

Aanbevolen wordt om te verkennen wat verschillende scenario's binnen een regionale bedrijfsvoering kunnen opleveren. Centrale uitgangspunten: het maximaliseren van de klimaatbijdrage (mitigatie, adaptatie) van de landbouwsystemen, door minimaliseren van organische stofverliezen en het aanbrengen en optimaliseren van de organische stofinbreng. Dit onder voorwaarde van een duurzaam beheer van de bodem met het minimaliseren van emissies (afwenteling); niet alleen broeikasgassen, maar ook bijvoorbeeld nitraat etc. Doel is om bij deze inrichtingsscenario's tot een evenwichtig en robuust bedrijfsmodel te komen waarbij de klimaatbijdrage gemaximaliseerd wordt.

Ontwikkeling van regionale klimaatmaxbedrijven

Op regionale representatieve bedrijven kunnen op minimaal tien hectare de klimaatmaatregelen tot een maximum doorgevoerd worden; geen optimalisatie alleen t.o.v. productie, maar maximalisatie naar klimaatfuncties. Ratio: zo wordt helder wat de bovengrens van het bereik is, naast ook de neveneffecten. Uitvoering: ontwerp van drie tot vier scenario's, afspraken met regiobedrijven, nulmeting, inzet voor maatregelen (bouwplan, bemesting, organische stof opbouw en aanvoer, omgang met oogstresten etc.), meting en monitoring van bodemkwaliteit, opbrengsten, broeikasgassen, nitraat etc. Met een jaarlijkse rapportage en evaluatie met eventuele tussentijdse bijstelling.

Referenties

- Burgt, G.J.H.M. van der, G.J.M. Oomen, A.S.J. Habets and W.A.H. Rossing (2006). The NDICEA model, a tool to improve nitrogen use efficiency in cropping systems. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 74: 275-294.
- Burgt, G.J.H.M. van der, C. Rietema en M. Bus (2017). Planty Organic 5 jaar: Evaluatie van bodemvruchtbaarheid, stikstofhuishouding en productie. Louis Bolk Instituut rapport nr. 2017-037 LbP. 40 p.
- Cooper, J., M. Baranski, G. Stewart et al. (2016). Shallow non-inversion tillage in organic farming maintains crop yields and increases soil C stocks: a meta-analysis. *Agron. Sustain. Dev.* 36: 22.
- Deru, J., H. van Schooten, H. Huiting, R. van der Weide (2015). Reduced tillage for silage maize on sand and clay soils: effects on yield and soil organic matter. In EGF 2015. Wageningen, The Netherlands 15-17 June.
- Fernández-Ugalde O., A. Orgiazzi, A. Jones, E. Lugato, P. Panagos (2017). LUCAS 2018 – Soil components: Sampling instructions for surveyors, EUR 28501 EN, doi 10.2760/023673.
- Hoekstra, C. en J.N.B. Poelman (1982). Dichtheid van gronden gemeten aan de meest voorkomende bodemeenheden in Nederland. Stichting voor Bodemkartering, rapport nr. 1582, 47 p.
- Hull, J. van 't, J. de Haan, A. van der Linden, P. Kuikman, W. Dijkman, N. Douwe Dekker, J.P. Wagenaar en C.J. Koopmans, 2018. Demonstratie en netwerken – fase 1 – voorbereiding en selectie. Voorbereiding van demonstraties en netwerken binnen 'Klimaatwinst uit doordacht landgebruik'. Wageningen University and Research, Louis Bolk Instituut en CLM, 25 p.
- Koopmans, C.J. and J. Bloem, (2018). Soil quality effects of compost and manure in arable cropping. Results from using soil improvers for 17 years in the MAC trial. Louis Bolk Institute report no. 2018-001 LbP, Driebergen, 40 p.
- Koopmans, C.J., S. Staps, N. van Eekeren en M. Hondebrink (2018). Verkenning perspectieven voor CO₂ opslag in agrarische bodem van Noord-Brabant. Louis Bolk Instituut, rapport nr. 2018-018 LbP. 33 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). Louis Bolk Instituut en Wageningen UR.
- Lange M., N. Eisenhauer, C.A. Sierra et al, (2015). Plant diversity increases soil microbial activity and soil carbon storage. *Nat. Commun.* 6: 6707.
- 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.
- Lijster, E. de, J. van den Akker, A. Visser, B. Allema, A. van der Wal, W. Dijkman (2016) Waarderen van bodemwatermaatregelen. CLM, Publ. nr-912, CLM Culemborg, 56 p.
- Locher, W.P. H de Bakker (red) (1990). Bodemkunde van Nederland, del 1: Algemene Bodemkunde. Malmberg, Den Bosch, 440 pag. ISBN 90 208 3545 9.
- Wit, J. de, S. van der Goor, J. Pijlman en N. van Eekeren (2018). Opbouw organische stof met blijvend grasland. *Vfocus* april 2018: 32-33.
- Wösten, J.H.M., G.J. Veerman, W.J.M. de Groot en J. Stolte. 2001. Waterretentie- en doorlatendheidskarakteristieken van boven- en ondergronden in Nederland: de Staringreeks. Vernieuwde uitgave 2001. Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte, Wageningen, Alterra-rapport 153. 86 p.

BIJLAGEN

Bijlage 1 Protocol bemonstering

Doel protocol

Het verkrijgen van een representatief bodemonmonster uit de laag 0-30 cm van bouwland en grasland ten behoeve van het monitoren van het koolstof gehalte.

Materiaal

- Smalle guts, check voor scherpte
- Duimpje
- Emmertje
- Monsterzakken (gelabeld)
- Veehouderij extra graslandboor 0-10 cm)

Werkwijze

1. Een representatieve bemonstering van het perceel staat voorop voor de twee geselecteerde percelen per bedrijf (figuur 1).

Selecteer hiervoor een te bemonsteren strook 36 x 80 m uit de kopakker en kanten van het perceel. Vermijdt afwijkende en niet-representatieve stukken. Pas dit vak zo nodig aan indien afspraken met de boer over bepaalde maatregelen (bijvoorbeeld in een smaller strook) zijn gemaakt. Doel is om dezelfde voor het perceel representatieve strook ook in komende jaren terug te kunnen traceren.

Blijf 5 m uit de kanten van het perceel en weg bij de koppelakker

2. Noteer de breedte en ligging van de strook in samenhang met de GPS locatie van de rechter onderhoek.

3. Neem een foto van een guts steek (figuur 1c)

Maak een proefsteek in de bodemlaag 0-30 cm. Let op, gras of bovengrondse gewasresten tellen hiervoor niet mee. De totale steekdiepte kan dus iets groter zijn dan 30 cm.

Neem een foto.

Markeer de steekdiepte op de guts met een watervaste stift

4. Neem op 20 plaatsen telkens 2 steken van 30 cm diep binnen het meetvak volg daarbij een patroon zoals aangegeven in figuur 1

- Steek zowel in de rij als tussen de rij (dit geldt uiteraard niet voor grasland).

- Verwijder gras/bovengrondse gewasresten

Gebruik hiervoor een guts met een breedte van 1 cm.

Gras of bovengrondse gewasresten die op het perceel liggen worden niet meegenomen. Zorg daarom dat bovengrondse gewasresten uit het monster verwijderd worden en dat 30 cm diep wordt gestoken in de minerale laag.

Zorg ook dat je steeds verticaal steekt. Het gaat om de totale organische stof in de laag 0-30 cm.

5. Verzamel het monsters in de vooraf gelabelde monsterzakken

6. Leg de locatie vast door een GPS-meting met de penetrologger bij de eerste steek

Zet de GPS aan en wacht tot deze satellietcontact heeft (dit legt gelijk de locatie van het meetvlak vast).

7. Meet de verdichting 10x in het proefveldoppervlak met de penetrologger

Meet de verdichting in het meetvlak op 10 plekken daarbij weer de W-vorm volgend. Meet tot minimaal 80 cm.

Gebruik de smalste punt. Let er bij het steken op dat je de pin met de juiste snelheid in de bodem drukt (dit is te zien aan het balkje op de display). Penetrologger metingen/uitslagen zijn erg gevoelig voor welke monsternemer de meting doet en het vocht. Een vast persoon is daarom het beste.

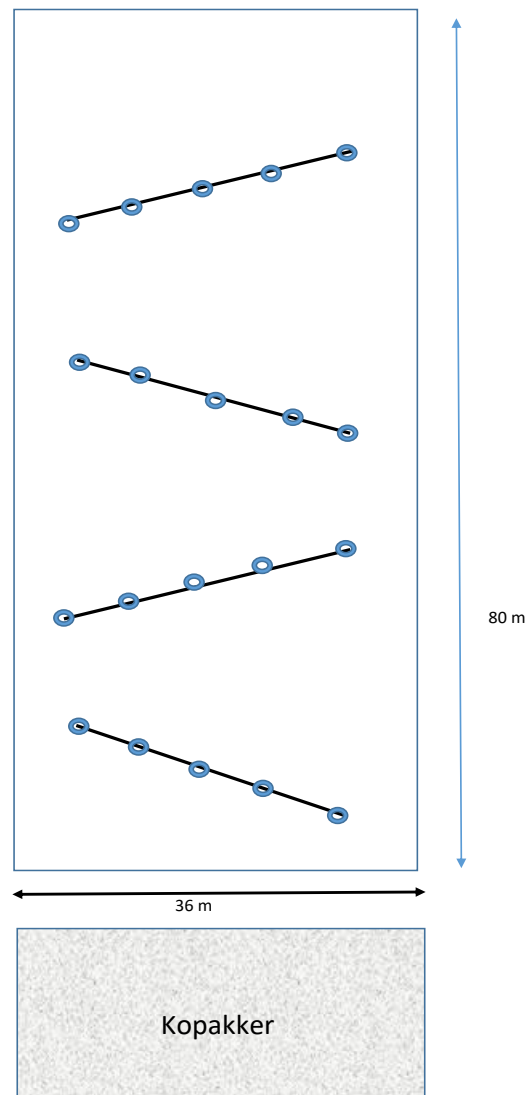
8. Veehouderij: neem ook nog 40 steken 0-10 cm in een aparte emmer/monsterzak

Volg hierbij de procedure als in stap 1 maar neem hiervoor de grasland boor

9. Sla de monsters koel op en stuur deze volgens afspraak en met het juiste order formulier naar Eurofins

Toelichting methode

- Zorg voor gelabelde zakken voor je begint. Dit werkt makkelijk en bovendien heb je betere controle of alle monsters genomen zijn.
- Op de guts staat om de 5 cm. Een streepje; om de gewenste diepte duidelijker af te kunnen lezen kun je met een stift het maatstreepje accentueren.
- Het aantal steken is 40 waarbij we op 20 plekken telkens 2 steken nemen.
- Vlakke teelt: De guts wordt recht (verticaal) de grond in gestoken tot de gewenste diepte.
- Beddenteelt: Verspreid steken, ook in het stukje tussen plantrij en rijpad.
- Ruggen teelt: De guts wordt recht (verticaal) halverwege de hoogte in het schuine vlak van de rug gestoken tot de gewenste diepte.
- Draai de guts zodanig dat de zijkant van de guts als het ware een beetje langs de rand van het gaatje schaaft en schraapt, dit om de bovenste 10 cm goed gevuld te krijgen.
- Recht uit de grond trekken en controleer of de guts goed vol zit.
- Afkeuren als:
 - Meer dan 2 cm onderin niet goed gevuld
 - Gaten in de kolom van meer dan 1 cm
 - Bovenin onvoldoende gevuld. Lastig bij droge grond, soms te corrigeren door later van de bovenste 10 cm apart te steken.
- Gebruik het duimpje om de grond uit de guts te verwijderen, mik goed in het emmertje



Bijlage 2 Penetrologger data netwerken

Flevoland A – Zavel (< 25% lutum)

Flevoland B – Klei

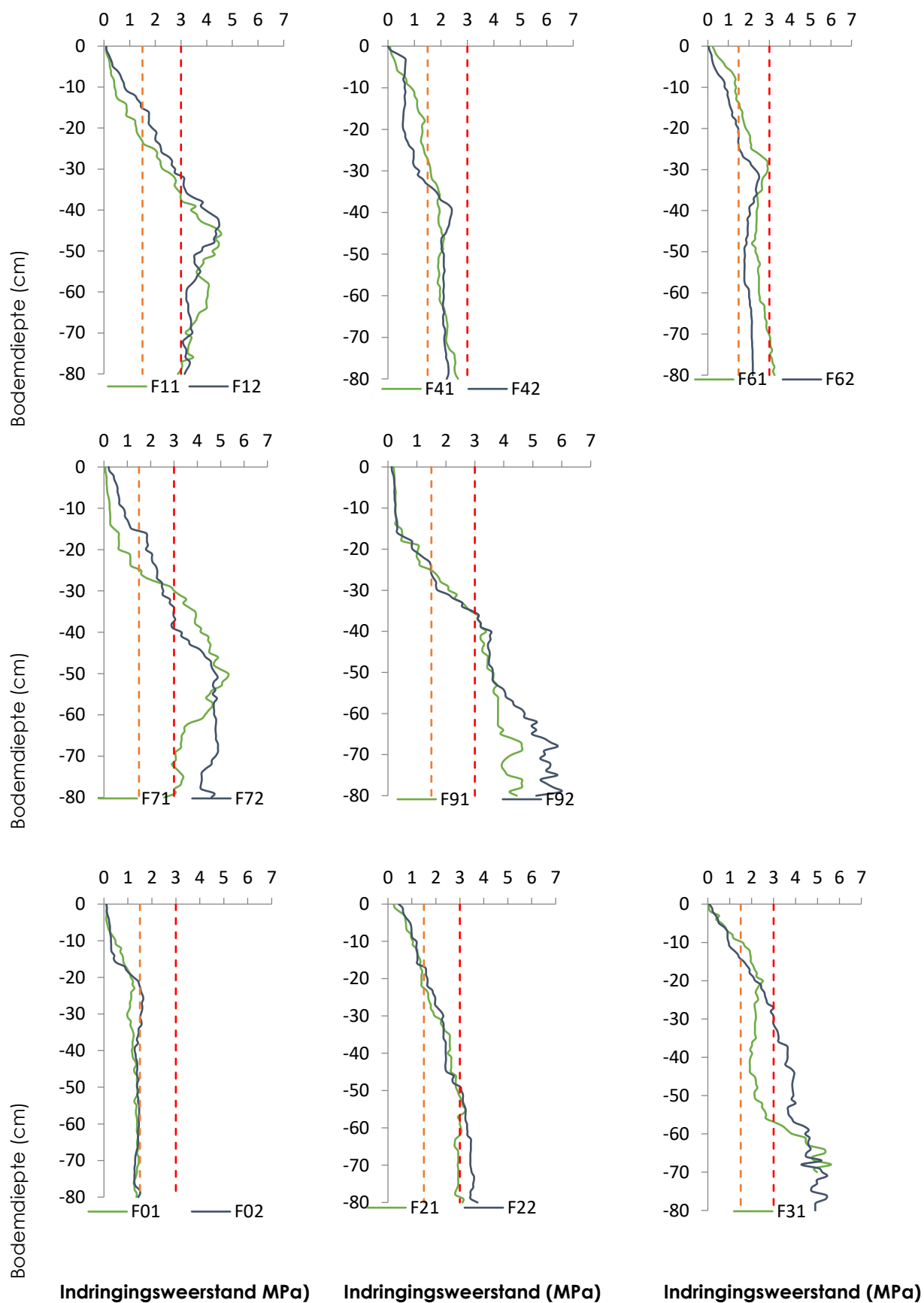
Zeeland A – Zavel (< 25% lutum)

Zeeland B – Zavel (< 25% lutum) en Klei

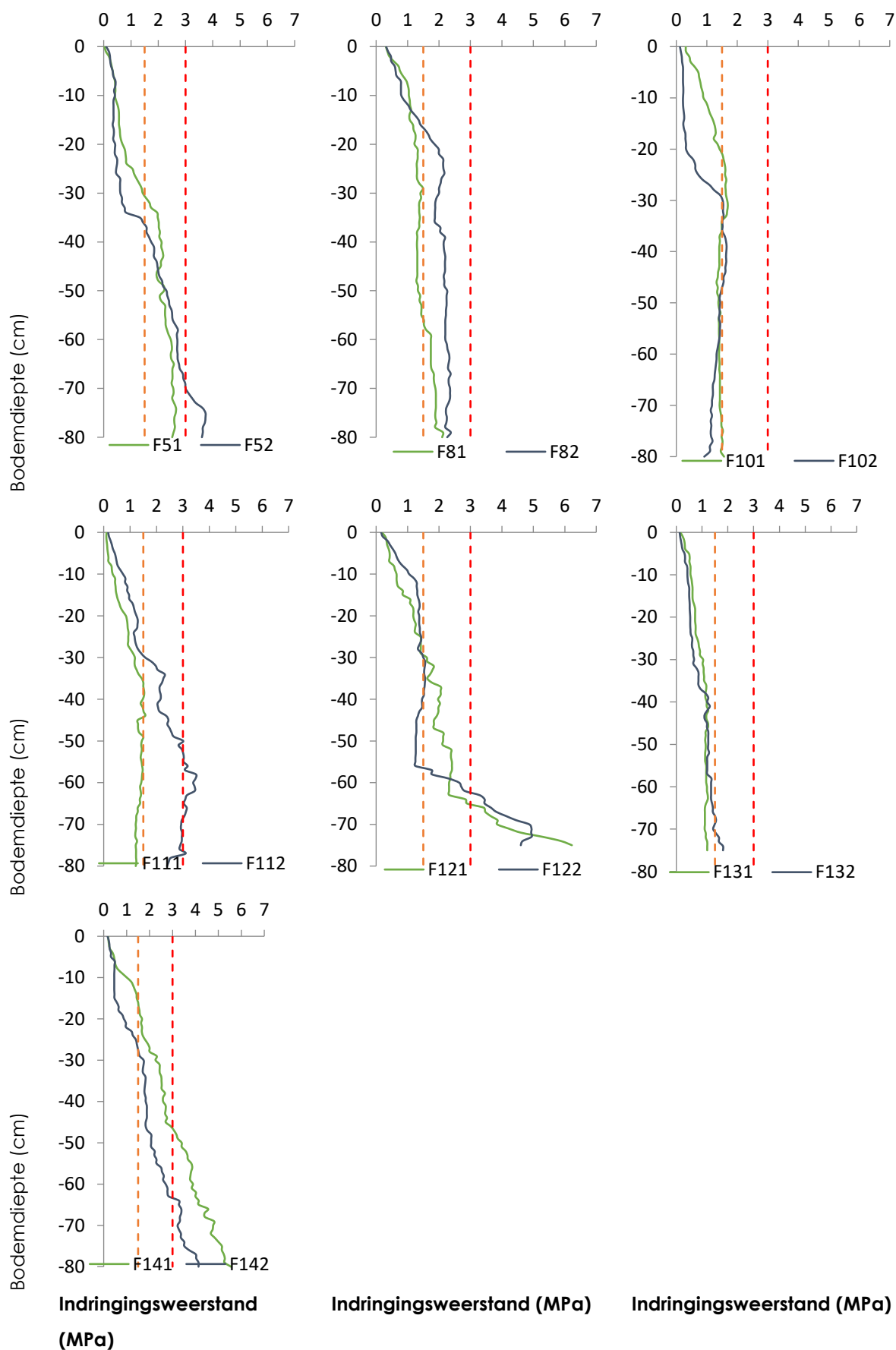
Veenkoloniën A Dalgrond

Veenkoloniën B Dalgrond

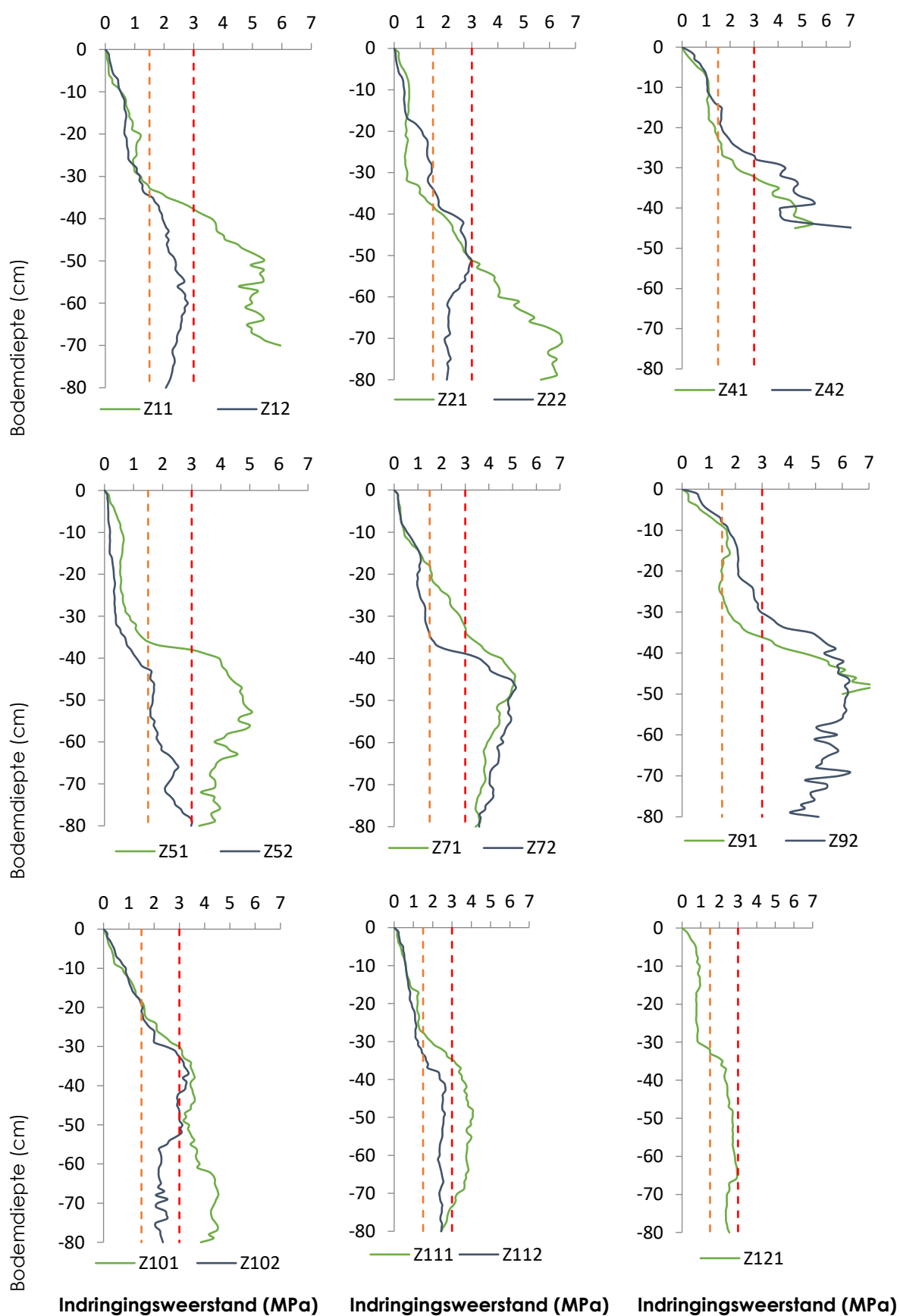
Penetrologger data network Flevoland A - Zavel (<25 % lutum)



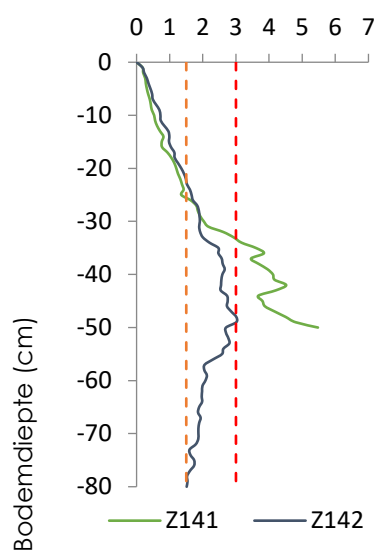
Penetrologger data network Flevoland B - Klei



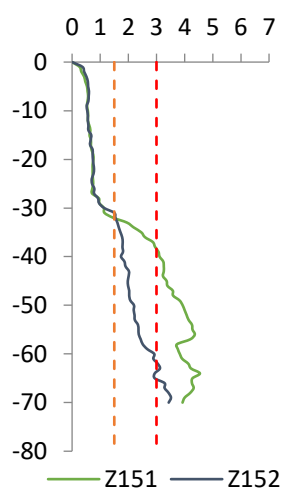
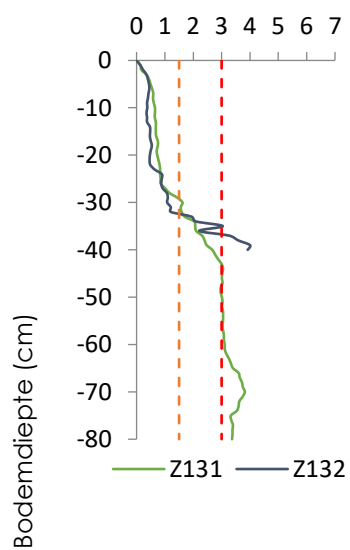
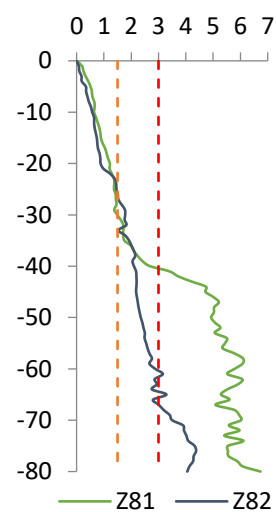
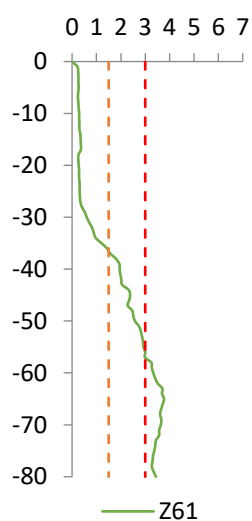
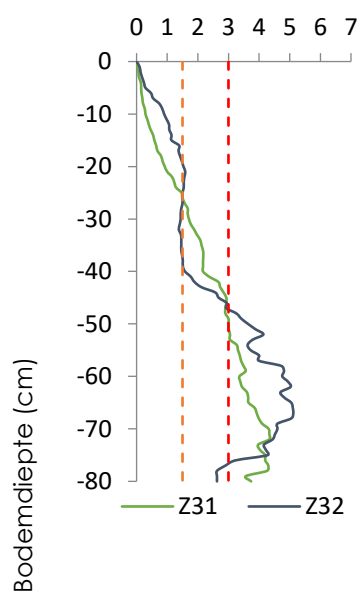
Penetrologger data network Zeeland A - Zavel (<25 % lutum)



Penetrologger data netwerk Zeeland B – Zavel (<25 % lutum) en klei



Klei

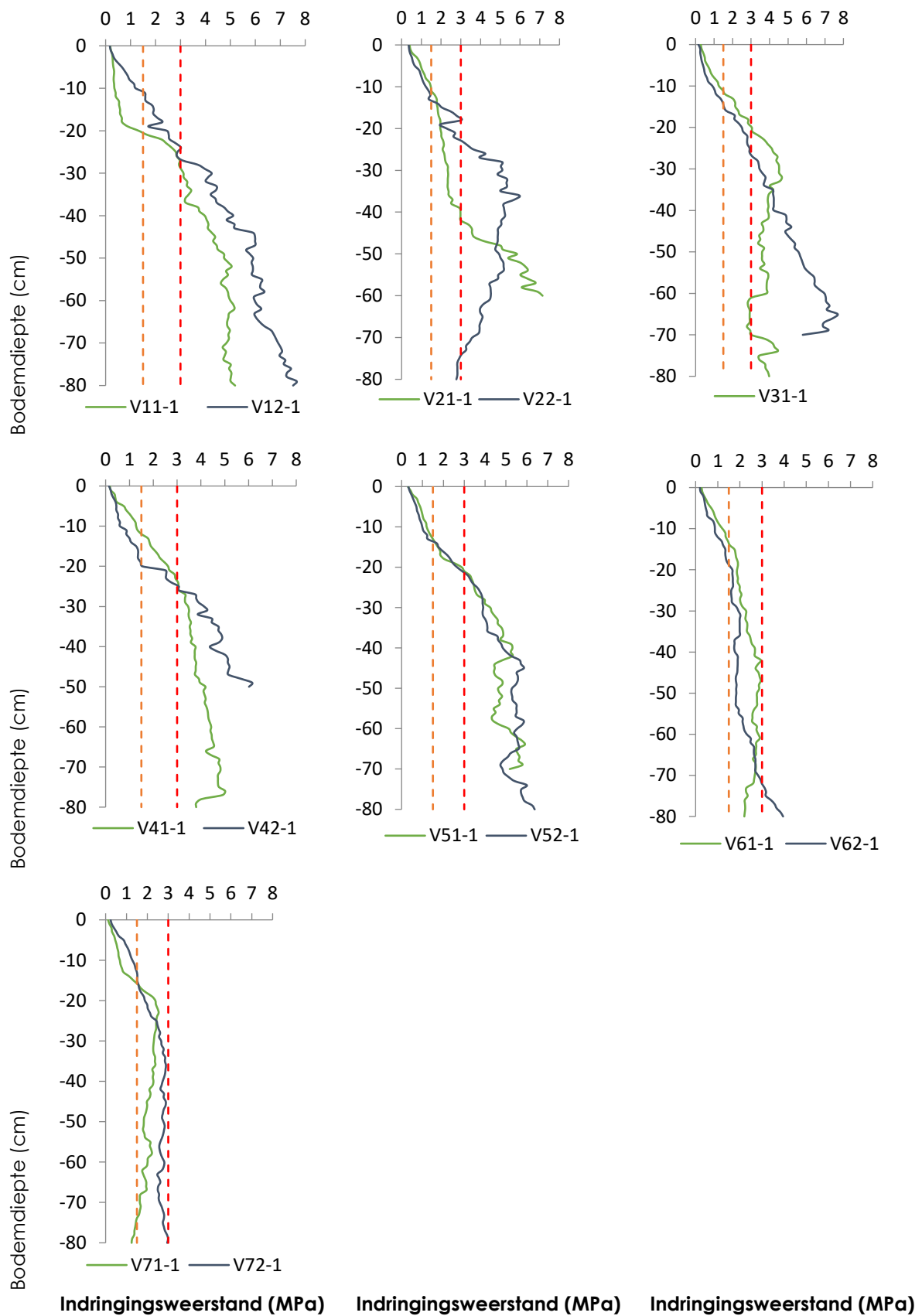


Indringingsweerstand (MPa)

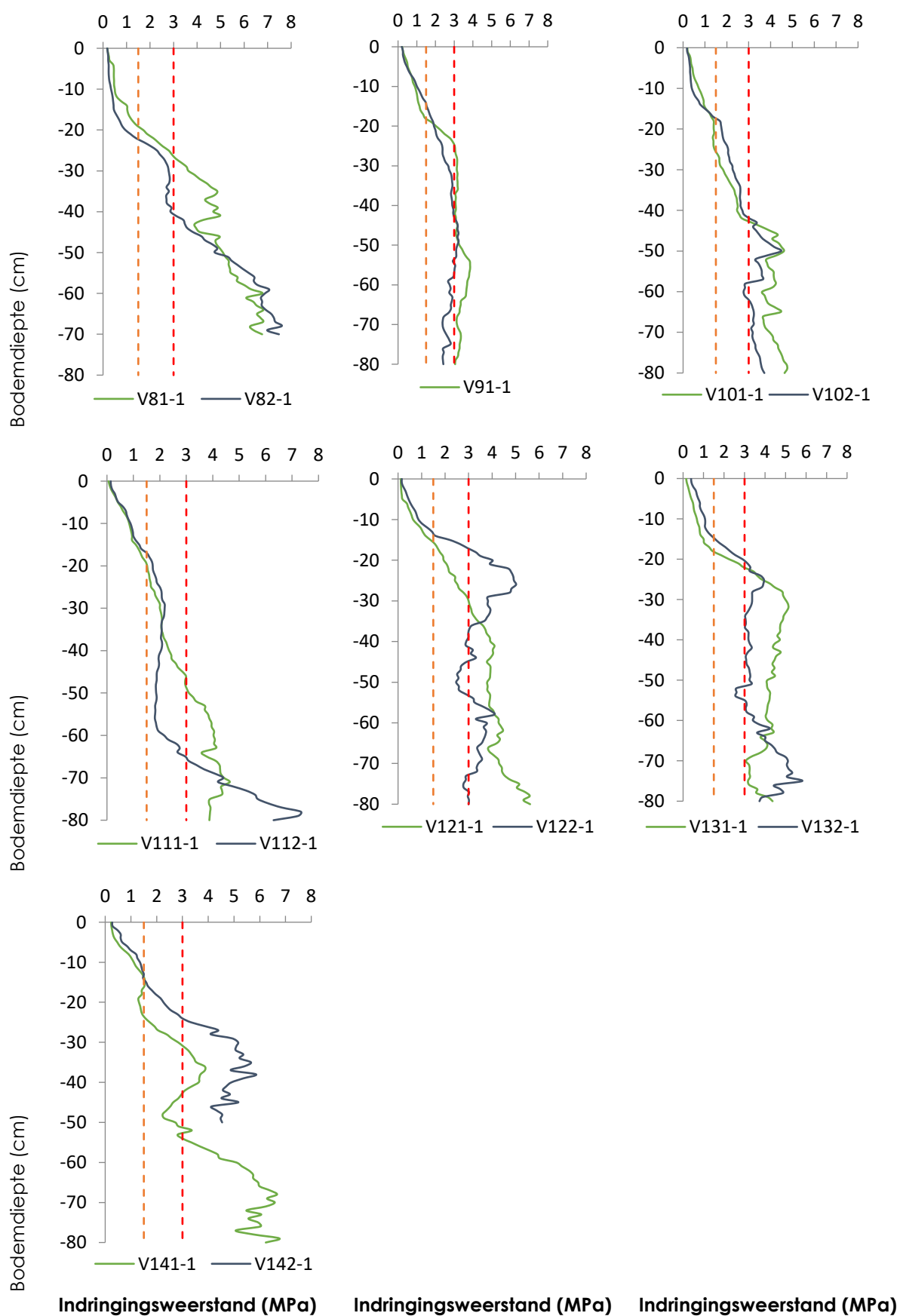
Indringingsweerstand (MPa)

Indringingsweerstand (MPa)

Veenkoloniën A Dalgrond



Veenkoloniën B Dalgrond



Bijlage 3a Nulmetingen op de bedrijven in Flevoland

Code	Rotatie (1:x)	Rooigewassen		Compost	Klei (%)	pH- CaCL2	C-elementair SOC (%)	Gloeiverlies O.S. SOM (%)	O.S. - NIR (%)	C-totaal			
		(%)	NKG							TOC (%)	N-totaal (mg N/kg)	BD (g/kg)	Bodem-C (ton C/ha)
F01	4	50	1	0	26	7,1	1,6	3,2	4,9	2,54	1610	1,36	65
F02	4	50	1	0	29	7,5	1,7	3,2	5,4	2,6	1680	1,34	68
F11	3	70	0	1	13	7,6	1,3	3	3,6	2,14	1080	1,46	57
F12	3	70	0	1	14	7,7	1,2	2,6	3,1	2,12	1030	1,46	53
F21	4	75	0	0	30	7,5	2,3	4,2	6,1	3,21	2050	1,30	90
F22	4	75	0	0	30	7,5	2,4	4,4	6	3,27	2080	1,29	93
F31	6	50	0	0	44	6,5	5,1	10,1	11,4	5,23	5240	0,99	152
F32	6	50	0	0	10	5,3	2,1	4,1	4,8	2,18	2120	1,44	91
F41	3	66	0	1	20	7,5	2,1	3,7	4,5	2,93	1830	1,38	87
F42	3	66	0	1	21	7,6	2,2	4	5,1	3,09	1860	1,37	90
F51	3	50	0	1	26	7,5	1,8	3,2	4,8	2,81	1640	1,36	73
F52	3	50	0	1	21	7,6	1,3	2,7	3,9	2,18	1320	1,41	55
F61	3	83	0	1	10	7,6	1,2	2,5	3	1,86	1120	1,50	54
F62	3	83	0	1	12	7,7	1,8	3,4	4	2,58	1460	1,45	78
F71	6	66	0	0	15	7,6	1,5	2,9	3,9	2,37	1320	1,45	65
F72	6	66	0	0	14	7,7	1,2	2,3	3,2	2,12	1080	1,47	53
F81	6	17	1	0	28	7,4	2,2	4,1	5,9	3,09	2100	1,32	87
F82	6	17	1	0	27	7,6	2	3,9	5,5	2,92	1860	1,33	80
F91	3	83	0	1	13	7,5	1,1	2,2	3,1	1,83	960	1,48	49
F92	3	83	0	1	14	7,5	1,2	2,1	3,2	1,97	930	1,48	53
F101	4	45	0	0	32	7,4	2,2	3,9	6,6	3,22	2070	1,30	86
F102	4	45	0	0	34	7,4	2,2	3,8	6,4	3,23	2120	1,29	85
F111	3	66	0	0	17	7,7	2,5	4,6	5,9	3,36	2130	1,37	103
F112	3	66	0	0	14	7,6	1,2	2,2	3,4	2,03	1090	1,47	53
F121	4	64	0	1	20	7,6	1,6	3,7	5,8	2,52	1520	1,38	66
F122	4	64	0	1	22	7,4	1,5	3,3	5,9	2,43	1450	1,38	62
F131	0	0	0	0	25	7,4	1,5	3,3	6,1	2,55	1430	1,36	61
F132	4	50	0	1	9	7,1	4,9	9,5	5,9	5,23	3300	1,17	172
F141	4	50	0	1	20	7,4	1,2	2,9	3,5	2,09	1200	1,41	51
F142	5	60	0	0	20	7,3	1,2	2,8	3,2	2,07	1160	1,41	51

Bijlage 3b Nulmetingen op de bedrijven in Zeeland

Code	Rotatie (1:x)	Rooigewassen		Compost	Klei (%)	pH- CaCl2	C-elementair SOC (%)	Gloeiverlies O.S. SOM (%)	O.S. - NIR (%)	C-totaal			
		(%)	NKG							TOC (%)	N-totaal SOC+Can (mg N/kg)	BD (g/kg)	Bodem-C (ton C/ha)
Z11	4	30	0	1	16	7,5	1	1,9	3,2	1,42	1190	1,47	44
Z12	4	30	0	1	20	7,7	1,2	2,4	3,9	1,7	1450	1,38	50
Z21	4	50	1	1	9	7,6	1	2,7	3,4	1,13	1240	1,50	45
Z22	4	50	1	1	16	7,7	1,2	2,3	3,3	1,7	1110	1,46	52
Z31	5	40	0	0	23	7,6	1,3	2,6	4,3	2,17	1570	1,40	54
Z32	5	40	0	0	28	7,6	1,1	2,2	4,2	2,55	1280	1,37	45
Z41	5	30	0	0	13	7,6	1	2	3	1,88	1100	1,49	45
Z42	5	30	0	0	14	7,6	1	2	3,1	1,98	1100	1,48	44
Z51	5	20	1	0	12	7,6	0,9	1,9	2,9	2,07	1020	1,50	40
Z52	5	20	1	0	24	7,7	1	1,9	3,6	2,64	1080	1,41	42
Z61	3	60	0	0	26	7,6	1,6	3,3	5,1	2,92	1910	1,36	65
Z62	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb
Z71	5	30	0	0	10	7,6	1,2	2,9	3,6	2,66	1320	1,48	53
Z72	5	30	0	0	23	7,6	1,1	2,2	3,9	2,44	1200	1,41	46
Z81	7	40	0	0	23	7,6	1,5	2,7	4,4	2,2	1680	1,39	63
Z82	7	40	0	0	30	7,5	1,8	3,2	5,6	3,01	1990	1,33	72
Z91	4	60	0	0	11	7,5	0,8	1,6	2,4	0,99	910	1,51	36
Z92	4	60	0	0	8	7	0,9	1,9	2,5	0,93	1100	1,53	41
Z101	4	25	0	0	13	7,5	1,1	2,4	3,4	2,31	1090	1,48	49
Z102	4	25	0	0	18	7,7	1,2	2,6	4	2,45	1200	1,43	52
Z111	5	20	0	0	17	7,5	1,2	2,2	3,3	2,13	1210	1,45	52
Z112	5	20	0	0	20	7,6	1	1,7	3,2	1,83	1060	1,44	43
Z121	4	40	0	0	24	7,6	1,2	2,3	4,1	1,69	1400	1,40	50
Z122		nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb
Z131	4	20	0	1	31	7,5	2,2	4,1	6,2	2,95	2520	1,30	86
Z132	4	20	0	1	23	7,7	1,4	2,3	3,8	1,59	1440	1,40	59
Z141	0	0	0	0	15	7,3	1,5	2,7	3,8	1,76	1480	1,45	65
Z142	0	0	0	0	22	7,4	1,9	3,5	5	2,14	2010	1,38	78
Z151	0	0	0	0	14	7,5	1,2	2,4	3,3	2,21	1220	1,47	53
Z152	0	0	0	0	30	7,5	1,6	3	4,9	2,42	1680	1,34	64

Bijlage 3c Nulmetingen op de bedrijven in de Veenkoloniën

Code	Rotatie (1:x)	Rooigewassen		Compost	Klei (%)	pH- CaCl2	C-elementair SOC (%)	Gloeiverlies O.S. SOM (%)	O.S. - NIR (%)	C-totaal			
		(%)	NKG							TOC (%)	N-totaal (mg N/kg)	BD (g/kg)	Bodem-C (ton C/ha)
V11	3	66	1	1	1	5,2	3,5	9,1	8,7	3,58	2220	1,23	129
V12	3	66	1	1	2	5	18,3	18,1	17,6	18,42	5110	0,74	406
V21	2	75	1	1	3	4,9	5,7	10,9	13,5	5,8	2710	1,11	190
V22	2	75	1	1	2	5,1	2,1	4,2	4,4	2,14	1150	1,50	94
V31	2	66	1	1	2	5,2	2,1	4,1	4,1	2,14	1340	1,50	95
V32	2	66	1	1	3	5	2,6	5	5,2	2,66	1840	1,45	113
V41	2	69	1	1	2	5,7	2,6	4,6	5,1	2,67	1180	1,48	115
V42	2	69	1	1	1	5,2	6,7	12,4	9,8	6,76	2460	1,03	208
V51	2 in 5	69	1	1	1	5,5	2,8	5,3	5,1	2,84	1650	1,45	122
V52	2 in 5	69	1	1	1	4,6	3,6	5,8	4,7	3,63	1700	1,43	154
V61	2	68	1	1	2	5,1	3,5	10,6	7,8	3,54	1890	1,14	119
V62	2	68	1	1	1	5,2	7,8	14,3	13,3	7,92	2730	0,93	217
V71	2	73	1	1	1	4,9	2,5	7,8	5,6	2,57	1040	1,31	98
V72	2	73	1	1	1	4,6	8,8	16,6	12,7	8,83	3280	0,81	214
V81	0,46	24	1	1	1	5,3	2,4	3,9	3,9	2,43	1230	1,52	109
V82	0,46	24	1	1	1	5,1	4,7	7,7	7,5	4,74	1920	1,32	186
V91	2	87,5	1	1	1	5	2,5	5,4	5,2	2,53	1660	1,45	109
V92	2	87,5	1	1	1	5,2	4,2	8,5	7,4	4,25	1960	1,27	160
V101	2	80	1	1	3	5,1	3,6	6,2	6,1	3,67	2320	1,39	150
V102	2	80	1	1	2	4,8	4,2	6,5	6,5	4,26	2030	1,38	174
V111	3	53	1	1	3	5,7	2,7	5,4	5,3	2,77	1790	1,43	116
V112	3	53	1	1	1	4,4	5,8	10,1	8	5,85	2100	1,17	204
V121	2	65	1	1	1	5,5	4,8	10,4	9,1	4,87	2170	1,15	166
V122	2	65	1	1	2	5,2	1	2	1,9	1,06	780	1,58	47
V131	2	71	1	0	1	5,1	1,7	3,3	3,3	1,73	1140	1,54	79
V132	2	71	1	0	1	5,1	1,5	2,9	2,8	1,55	1020	1,56	70
V141	2	72	1	1	1	5,1	3,5	6,6	6,3	3,53	2090	1,38	145
V142	2	72	1	1	1	5	2,2	4,1	4,2	2,24	1150	1,51	100

Bijlage 4 Perceel maatregelen op de bedrijven

Toegevoegde maatregelen in relatie tot perceelkeuzes in Flevoland

Bedrijf	Maatregel in relatie klimaat en perceelkeuze	Verwacht effect koolstof
F1	Geen compost / compost verdubbelen	Opbouw OS
F2	Standaard groenbemesters versus mengsels	Geen
F3	Geen	
F4	Geen	
F5	Gangbaar beheer versus biologisch beheer	Opbouw OS
F6	Geen	
F7	Geen	
F8	Aanleg vogelakker	Neutraal
F9	Strook geen compost versus standaard hoeveelheid	Opbouw OS
F10	Geen	
F11	Uitbreiden rustgewassen met graszaad / spitten i.p.v. ploegen / meer compost	Opbouw OS
F12	Aanpassen mengsel groenbemester meer vlinderbloemigen / effect toevoeging bodemverbeteraar	Geen
F13	Effect diepploegen versus niet diepploegen	Opbouw OS
F14	Proef met champost (ziektewering) na wintertarwe voor uien	Opbouw OS
F15	Gestapeld: 50% graan/NKG/maximaal organische mest	Opbouw OS

Toegevoegde maatregelen in relatie tot perceelkeuzes in Zeeland

Bedrijf	Maatregel in relatie perceelkeuze	Verwacht effect koolstof
Z1	Compost op zwaar perceel verhogen d.m.v. taakkaart	Opbouw OS
Z2	Compost gift verhogen (maximaal)	Opbouw OS
Z3	PHC/biovin (biologische KAS) waarbij mycorrhiza inwerken	Opbouw OS
Z4	Diepspitten om bewerkbaarheid te verhogen	Neutraal
Z4	Vaste rijpaden om geen compactie te krijgen	Neutraal
Z5	Luzerne inzaaien voor 3 jaar	Opbouw OS
Z7	Gepacht perceel waar rooibouw op is gepleegd: verhogen organische stof aanvoer voor verbetering bodemkwaliteit perceel	Opbouw OS
Z9	Intensief perceel versus verslechte grond: meer compost toedienen	Opbouw OS
Z10	Niet ploegen versus perceel met veel tarwe in de rotatie	Opbouw OS
Z11	Verschil stalgeitenmestgiften (20 ton en controle)	Opbouw OS
Z12	Dierlijke mest om verslapping tegen te gaan	Opbouw OS

Toegevoegde maatregelen in relatie tot perceelkeuzes in de Veenkoloniën

Deelnemer	Bemonsterde locaties	Verwacht effect koolstof
V1	Vergelijking tussen een perceel dat wel en niet gemengwoeld is	Opbouw OS
V2	Vergelijking tussen wel en niet diepgespit perceel vanuit verleden	Opbouw OS
V3	Vergelijking tussen een perceel met een intensief bouwplan en een extensief bouwplan qua rooivuchten	Opbouw OS
V4	Vergelijking tussen een perceel met een intensief en een extensief bouwplan.	Opbouw OS
V5	Vergelijking tussen een standaard perceel gedeelte en een deel dat schraler is vanwege ruilverkaveling dat nu extra aandacht krijgt qua o.s.	Opbouw OS
V6	Vergelijking tussen een moeriger deel van het perceel en een stuk dat is gediepspit	Opbouw OS
V7	Vergelijking tussen een perceel dat is gediepspit en een perceel waarmee men stopt met spitten	Opbouw OS
V8	Vergelijking tussen een bovenwettelijke aanwending van compost versus een standaard perceel	Opbouw OS
V9	Vergelijking tussen een standaard perceel en een stuk schralere grond	Opbouw OS
V10	Vergelijking tussen standaard en een strategie waarmee men met mycorrhiza werkt	Geen
V11	Vergelijking tussen het standaard werkwijze en een recent aangekocht perceel met een ander beheer	
V12	Vergelijking tussen een standaard perceel en een perceel met meer grasland	Opbouw OS
V13	Vergelijking tussen een standaard perceel en een perceel dat schraler is qua aanvoer org. materiaal.	Opbouw OS
V14	Vergelijking tussen een rijke esgrond en een schrale ontginningsgrond met een dunne bouwvoor	Opbouw OS

Bijlage 5 Maatregelen in de pilot Veldleeuwerik

Maatregelen ten gunste van CO₂ vastlegging

Perceel	Textuur	Maatregel	Sinds
1	Klei	-50% graan en vlas in de vruchtwisseling -Gebruik brandkalk afgebouwd -Van bladrammenas naar haver-mengsel -Van stro afvoer naar stro verhakselen -Van kippenmest naar storrijke vaste mest -Ondieper gaan ploegen, nu op 22 cm	2006 Van 2008 tot 2014 2012 2013 2013 2017
2	Klei	-Van 1:3 -> 1:4 -> 1:3 cons. aardappelen -Rogge i.p.v. gele mosterd na wintertarwe -Gebruik van geitenmest -Gebruik van compost -Voorjaarsbemesting RDM in wintertarwe	2008, 2017 2011 2016 2016 2017
3	Klei	-Bouwplan met 50% graan -Najaarsbemesting met droge kippenmest -Rogge na wintertarwe -Stro verhakselen -NKG -Groenbemester mono, naar mengsel	2006 2007 2007 2009 2011 2017
4	Klei	-Bouwplan met 50% graan -Stro verhakselen -ER na tarwe, gele mosterd voor ui -Ondieper gaan ploegen, van 25 naar 22 cm -Champost vóór aardappels -Gebruik Fertisol (gecomposteerde kippenmest) -Dunne fractie VDM in voorjaar met sleepslang -Najaar bemesting met RDM in tarwestoppel	2003 2003 2003 2003 1:6 jaar 2017 2018 2018
5	Zavel	-Van ploeg naar Eco-ploeg (15cm) -Bouwplan van 1:3 -> 1:6 -Stro verhakselen -Bouwplan met 50% graan -2jr Grasklaver in bouwplan, ruil voor mest -Omgeschakeld naar bio -Groenbemestermengsels op basis van haver -Experimenteren met voorjaarsploegen	2000 2002->2006 2003-2015 2006-2015 2014 2014 2016 2016
6	Zavel	-Najaar bemesting RDM i.p.v. VDM -Ondieper gaan ploegen (35 -> 22) -Meer tarwe in het bouwplan (1:5) -Onderzaai ER in wintertarwe	2005 2010 2010 2010
7	Zavel	-Minder aardappels en meer tarwe in bouwplan -Stro verhakselen -ER onderzaai in wintertarwe -VDM/RDM in het najaar -Minder diep gaan ploegen (30 -> 22)	2006->2018 2006 2010
8	Zavel	-Altijd groenbemester na graan en uien -Minder diep gaan ploegen (30 -> 25) -Najaar bemesting met geitenmest -Naast ploegen ook gaan spitten	.. 2010 2011 2016
9	Zavel	-Samenwerking met veehouder (gras/mais) -Na alle teelten ER als groenbemester -Voorjaar bemesting met RDM met sleepslang -Later gaan ploegen (januari) -Jaarlijkse aanvoer compost -Van ploeg naar Eco-ploeg	2006 .. 2007 2010 2010 2017
10	Zavel	-Meer inzet van organische mest -Najaar bemesting vaste mest of compost -Alle percelen groen de winter in met ER -Zomergerst vervangen door wintertarwe -Voorjaar bemesting met RDM met sleepslang -Van ploeg naar Eco-ploeg -Samenwerking met veehouder, maisteelt	2003 2008 2010 2010 2010 2016 2017
11	Zavel	-Van kunstmest naar vaste mest en compost -Van ploegen naar spitten -Stro verhakselen -Groenbemester na alle gewassen -Groenbemesters mengsels -Bedrijf sterk verkleind -Omgeschakeld naar biologisch -Grondbewerking max 15 cm -Grasklaver in bouwplan	2005-2014 2006 2007 2008 2010 2014 2014 2014 2014

Bijlage 6 Metingen op de bedrijven in de pilot Veldleeuwrik

Locatie	Diepte	Klei	Silt	Zand	N-Tot	Pw	P-AL	P-PAE	pH	pH	pH	OS	C-orq	C-anorg	C-totaal	K_HCl	K	S-totaal	Mq	Na	KZK
		%	%	%	mg N/kg	mg P2O5/l	mg P2O5/100 g	mg P/kg	CaCl2	NIR	KCL	gloeiverlies	Elementair	%		mg K2O/100 g	mg K/kg	mg S/kg	mg Mg/kg	mg Na/kg	%
1	0-30	32	44	14	1610	38	38	0.7	7.6	7.4	7.4	3.1	2.1	0.99	3.09	34	114	2000	100	22	7.4
2	0-30	28	39	22	1910	50	58	1.4	7.9	7.8	7.5	3.6	2.1	0.94	3.04	37	113	1495	110	159	7
3	0-30	29	39	22	1730	49	52	1.5	7.2	7.5	7.4	3.3	1.8	0.91	2.71	44	144	1080	137	44	6.8
4	0-30	23	39	27	960	29	39	0.4	7.5	7.3	7.3	2.7	1.6	1.08	2.68	26	97	960	90	64	8.1
5	0-30	18	54	17	1000	33	41	0.6	7.4	7.4	7.3	3.4	2	1.01	3.01	13	52	925	95	14	7.6
6	0-30	15	34	41	1280	44	67	1.3	7.8	7.7	7.4	2.7	1.4	0.97	2.37	27	117	570	76	46	7.3
7	0-30	16	33	42	1110	42	60	1.2	7.6	7.7	7.3	2.3	1.2	0.91	2.11	20	79	640	55	52	6.8
8	0-30	15	32	42	1090	75	63	2.5	7.5	7.7	7.1	2.8	1.5	1.11	2.61	19	77	485	50	16	8.4
9	0-30	13	29	49	1120	56	75	1.2	7.6	7.8	7.5	2.2	1.2	0.92	2.12	15	60	485	63	35	6.9
10	0-30	7	32	56	820	82	59	2.7	7.4	7.6	7.4	2.2	1.3	0.48	1.78	19	96	365	62	17	3.3
11	0-30	8	26	62	910	101	62	2.4	7.5	7.6	7.2	2.2	1.2	0.28	1.48	23	118	495	84	172	1.7
1	30-50	28	43	18	1480	23	32	0.3	7.5	7.3	7.4	3.7	2.2	0.96	3.16	26	88	2155	102	26	7.2
2	30-45	28	41	19	1870	21	33	0.3	7.6	7.5	7.5	3.7	2.1	1.05	3.15	26	91	1795	115	143	7.9
3	30-45	29	40	19	1790	22	34	0.5	7.5	7.4	7.4	4	2	1.02	3.02	24	59	1475	109	13	7.7
4	30-50	22	52	15	900	11	21	0.3	7.5	7.4	7.5	2.5	1.4	1.09	2.49	17	68	865	76	48	8.2
5	30-50	25	44	20	1070	26	38	0.4	7.5	7.3	7.5	2.7	1.7	1.06	2.76	14	48	825	94	17	8
6	30-45	12	40	37	1060	20	33	0.3	7.7	7.7	7.4	2.4	1.2	1.16	2.36	15	62	505	62	30	8.8
7	30-50	11	46	34	760	8	16	0.3	7.7	7.8	7.5	2	0.9	0.94	1.84	9	29	780	43	27	7
9	30-45	12	28	51	830	37	61	0.8	7.7	7.8	7.4	1.7	0.9	0.93	1.83	17	57	325	66	29	6.9
10	30-50	8	32	53	570	41	34	0.9	7.5	7.8	7.2	1.6	0.8	0.72	1.52	12	43	495	44	13	5.3
11	30-45	10	28	58	690	47	39	0.6	7.5	7.6	6.9	1.4	0.9	0.39	1.29	13	64	365	53	74	2.6