

Bodem & Klimaat Netwerk Akkerbouw

Voortgangsrapportage juni 2021

M. Hoogmoed, L. Janmaat, D. Verstand, J.W. Bijker, B.L.M. Schurer,
B.G.H. Timmermans, H. I.M. Heesmans, J. Specken, H. Westerhof, C.
Michielsen, K. Colombijn-van der Wende, C.J. Koopmans

Colofon

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

Juni, 2021

Bodem & Klimaat Netwerk Akkerbouw - Voortgangsrapportage maart 2021

M. Hoogmoed¹, L. Janmaat¹, D. Verstand², J.W. Bijker², B.L.M. Schurer¹, B.G.H. Timmermans¹, H. I.M. Heesmans², J. Specken², H. Westerhof³, C. Michielsen⁴, K. Colombijn-van der Wende⁴ en C. Koopmans¹.

¹ *Louis Bolk Instituut* ² *Wageningen University & Research* ³ *SPNA* ⁴ *ZLTO*

103 pagina's

Inhoudsopgave

1	Samenvatting	5
2	Inleiding	7
3	Doelstellingen	9
4	Maatregelen in de netwerken: Ambities, kansen en belemmeringen	10
4.1	Werkwijze	11
4.2	Resultaten	11
5	Bodemkwaliteitsmetingen	17
5.1	Werkwijze	17
5.2	Resultaten	19
6	Koolstofbalansen	27
6.1	Werkwijze	27
6.2	Resultaten	28
7	Demonstraties	36
7.1	Werkwijze	36
7.2	Resultaten	38
8	Economische ondersteuning klimaatmaatregelen	42
8.1	Werkwijze	42
8.2	Resultaten	48
9	Conclusies en aanbevelingen	67
9.1	Kansen en netwerk akkerbouw	67
9.2	BLN-indicatoren	67
9.3	Koolstofbalansen	67
9.4	Demonstraties	68
9.5	Economische analyse	68
10	Referenties	70
	Bijlage 1. Verslagen van de regiobijeenkomsten	73
	Bijlage 2. Activiteiten binnen de telersnetwerken en regio's	80
	Bijlage 3. Voorbeeldverslagen terugkoppeling deelnemers.	81
	Bijlage 4. BLN-indicatoren	100
	Bijlage 5. Economische ondersteuning	101

1 Samenvatting

Het doel van het 'Bodem & Klimaat Netwerk' is om samen met Nederlandse akkerbouwers aan de slag te gaan met een relevante en passende set aan klimaatmaatregelen. Vanaf 2018 zijn er drie akkerbouw netwerken actief: in Zeeland, Flevoland en de Veenkoloniën. In 2020 is ook een groep akkerbouwers op zandgrond in West-Brabant aangesloten.

In 2020 zijn alle deelnemers uit de netwerken bezocht, deels fysiek en deels digitaal. Ook zijn er (digitaal) regiobijeenkomsten gehouden. Tijdens de gesprekken met de deelnemers zijn de meetresultaten van de bodemkwaliteitsbepaling (de BLN-indicatorset) teruggekoppeld en besproken, dit naast de ambities, kansen en belemmeringen omtrent de klimaatmaatregelen. In Flevoland werd de bemestingsruimte als limiterende factor ervaren om meer organische stof toe te passen. Wel zien akkerbouwers kansen bij het inzetten van meer groenbemesters. Alleen het risico van aardappelopslag maakt deelnemers wat terughoudend om na de aardappeloogst groenbemesters te zaaien. In West-Brabant is veel interesse in compost en andere vormen van vaste organische mest. Ook hier wordt de bemestingsruimte als belemmerend ervaren. In de Veenkoloniën wordt door de akkerbouwers al (relatief) veel compost aangevoerd. Door de van nature hoge organische stofgehalten in deze gronden hebben akkerbouwers moeite om de organische stof op peil te houden of te verhogen. In Zeeland worden veel groenbemesters ingezet en zien akkerbouwers kansen voor het overwinteren van groenbemesters. Maar, het inwerken van groenbemesters in het voorjaar is daarbij wel een punt van aandacht, dit wordt als belemmerend ervaren. Daarnaast is in Zeeland een relatief veel toegepaste maatregel het 'extensiveren van het bouwplan' door meer rustgewassen (graan) te telen. Echter, dit beperkt zich vooral tot bedrijven waarbij de teler nog extra inkomsten genereert naast zijn akkerbouwbedrijf. Zonder deze extra inkomsten is extensivering vooralsnog niet mogelijk.

Per deelnemend bedrijf zijn twee percelen bemonsterd voor koolstofmetingen en overige bodemkwaliteitsmetingen volgens de BLN-indicatorset (Hanegraaf et al., 2019). De gemiddeldes en spreiding van de indicatoren verschillen per regio. Voor enkele indicatoren is de spreiding op zandgrond (West-Brabant en Veenkoloniën) groter vergeleken met kleigrond (Flevoland en Zeeland). Voor koolstof vastlegging wordt gekeken naar C-elementair, deze parameter correleert niet sterk met de andere indicatoren. Voor heet water extraheerbare koolstof (HWC) en totale stikstofgehalte is wel een correlatie vastgesteld. Dit betekent dat een verhoging van koolstof in de bodem niet per definitie een verandering in de overige indicatoren veroorzaakt. De BLN-data uit het Netwerk Akkerbouw is vergeleken met de referentiewaarden zoals gepresenteerd in Hanegraaf et al. (2019).

Voor elk bedrijf zijn de koolstofbalansen van de percelen berekend op basis van het dynamische koolstofmodel NDICEA. Daarbij is gebruik gemaakt van de perceelgegevens over 5 jaar. In totaal waren 9 van de koolstofbalansen positief, 17 (licht) negatief en 19 neutraal. In elke regio kwamen zowel positieve, negatieve en neutrale koolstofbalansen op de bedrijven voor. Wel zijn duidelijke verschillen gevonden in het type aanvoer (gewasresten, ets etc.) en ook in de hoeveelheid aangevoerde koolstof. De balans blijkt op

sommige percelen sterk beïnvloed door het organische stofgehalte. Is het organische stofgehalte op een perceel reeds hoog, dan moet er relatief meer koolstof worden aangevoerd om de koolstofverliezen te compenseren. Omgekeerd hoeft op percelen met een laag koolstofgehalte relatief weinig koolstof aangevoerd te worden om op een positieve koolstofbalans uit te komen. De aangevoerde hoeveelheid koolstof alléén, zegt dus nog weinig over de uiteindelijke koolstofbalans.

Een veel terugkomende praktische vraag binnen de netwerken gaat over het overwinteren van groenbemesters en inwerken in het voorjaar. Rond dit thema zijn daarom in de regio's Zeeland, Flevoland en Veenkoloniën demonstraties aangelegd. In Flevoland en Zeeland gaan de vragen vooral over de aanleg van een goed zaaibed voor fijnzadige gewassen zoals uien. Ook zijn er zorgen over de bereikbaarheid van de grond; groenbemesters houden de grond langer nat waardoor telers pas relatief laat in het voorjaar het land op kunnen om de groenbemester in te werken. Ook het wegvallen van glyfosaat in de toekomst geeft vragen over alternatieve manieren van groenbemesters beëindigen. In de Veenkoloniën zijn er vragen over het isolerende vermogen van groenbemesters waardoor er zorgen zijn dat de verliesknollen van aardappelen die in de grond achterblijven minder snel doodvriezen. Daarnaast speelt aaltjesvermeerdering in deze regio een grote rol. Deze vragen worden in de demonstraties behandeld waarbij verschillende manieren van inwerken worden gedemonstreerd.

Voor de maatregelen 'grondbewerking' en 'akkerranden' zijn (economische) kosten en baten doorgerekend. Gereduceerde grondbewerking zoals Niet Kerende Grondbewerking (NKG) geeft niet altijd een positief economisch resultaat. Dit komt deels door lagere opbrengsten. De verschillen in opbrengsten verschillen per regio. Eénjarige akkerranden zijn financieel gunstiger vergeleken met méérjarige randen. Eénjarig akkerranden worden bij voorkeur in combinatie met laag salderende gewassen aangelegd, terwijl méérjarige akkerranden ook naast hoog salderende gewassen liggen. In dat geval is het verlies groter. In twee regio's komen vogelakkers als een gunstige variant van akkerranden naar voren.

Voor maatregelen 'verbeteren gewasrotaties' en 'dierlijke mest en compost toevoegen' zijn in Koopmans en Janmaat (2020) de economische kosten en baten gepresenteerd. Als vervolg zijn in deze rapportage de kosten gekoppeld aan de potentiële koolstofvastlegging van varianten binnen de maatregel. Dit geeft als resultaat welke maatregel de meeste koolstofvastlegging per geïnvesteerde euro oplevert. 'Verbeteren gewasrotatie' valt per ton koolstofvastlegging het duurste uit in de regio op de Centrale Zeeklei Noordoostpolder. Hier worden veel hoog salderende gewassen geteeld en verruiming van het bouwplan met rustgewassen heeft hierdoor een groot effect. Op Centrale Zeeklei Flevoland geeft 'verbetering van de gewasrotatie' juist maar een klein effect op de extra koolstofvastlegging waardoor de marginale kosten ook hoog uitpakken. Het 'toevoegen van organische mest' lijkt veelbelovender, omdat de marginale kosten per ton koolstof in de meeste gevallen een stuk lager zijn dan die van de maatregel 'verbeteren gewasrotatie'. Ook het benutten van extra organische reststromen in de landbouw draagt op de bedrijven sterk bij aan de koolstof opbouw.

2 Inleiding

Als uitvloeisel van het Klimaatakkoord dat in 2015 in Parijs is gesloten, is in Nederland in 2018 het Klimaatakkoord gesloten. Ook de landbouwsector heeft zich gecommitteerd aan klimaatdoelstellingen. Een onderdeel daarvan is het doel om 0,5 Mton CO₂-equivalenten per jaar vast te leggen in minerale landbouwbodems, met ingang van 2030. Deze doelstelling is een van de twee pijlers van het Nationaal Programma Landbouwbodems (NPL). De tweede pijler is dat alle landbouwbodems (1.8 miljoen hectare) in 2030 duurzaam beheerd worden.

Binnen het programma Slim Landgebruik is de kernvraag wat er nodig is om de doelstelling van 0,5 Mton CO₂-equivalenten per jaar te halen. Niet alleen technisch, maar ook als het gaat om de inpassing in de bedrijfsvoering op boerenbedrijven. Kosten en baten voor agrarische ondernemers spelen daarbij een grote rol, als ook het eventueel stimuleren van maatregelen. Het streven binnen Slim Landgebruik is dat ook het NPL-doel dat alle landbouwbodem in 2030 duurzaam worden beheerd positief mee koppelen met de koolstofvastlegging.

Binnen de klimaatenvolpe is de mogelijke bijdrage voor het 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 niet alleen gewenst om de bijdrage van klimaatmaatregelen aan de koolstof vastlegging te kwantificeren maar ook de mogelijkheden in de praktijk met ondernemers te inventariseren en te verkennen. Ook is het zaak helder te krijgen wat ondernemers ertoe beweegt de klimaatrelevante bodemmaatregelen toe te passen.

Het Bodem & Klimaat netwerk akkerbouw is inmiddels actief in vier regio's (Zeeland, Brabant, Flevoland en de Veenkoloniën) met ca. 60 betrokken deelnemers. Daarbij implementeren deelnemers vaak meerdere klimaatmaatregelen op hun bedrijf. In 2019 is de systematiek om de koolstofbalansen van de percelen te berekenen verkend en voor een deel van de bedrijven in kaart gebracht. De bodemkwaliteit is in 2019 met de BLN indicatorset (Hanegraaf et al., 2019) op zo'n 120 percelen gemeten. In regionale kennisuitwisselingsbijeenkomsten zijn de eerste resultaten gedeeld met de deelnemers. Ook is opgestart met een systematiek om de kosten en baten van maatregelen te berekenen en uit te werken voor de eerste maatregelen set. Op grond van de gegevens uit het netwerk is ook input gegeven voor een update van de tabel Lesschen (2012) in de CO₂bodem tabel om tot een inschatting te komen van het potentieel van de totale koolstof vastlegging op Nederlandse minerale landbouwgronden.

De resultaten uit eerdere jaren van het Bodem en Klimaat netwerk akkerbouw zijn te vinden in Koopmans en Janmaat (2019) en Koopmans en Janmaat (2020).

In 2020 zijn de bedrijven uit het netwerk die CO₂-vastleggende maatregelen in de praktijk toepassen en verder ontwikkelen ondersteund ten behoeve van demonstratie: Ambities, kansen en belemmeringen zijn per bedrijf in keukentafelgesprekken per bedrijf besproken. De Bodemkwaliteitsdata (BLN indicatorset) van de meting uit het jaar 2019 zijn per bedrijf en per regio verwerkt. Hiermee is de bodemkwaliteit op de bedrijven bekend en met de deelnemers gedeeld in regiobijeenkomsten. De koolstof balansen van de bedrijven zijn doorgerekend op perceelniveau om zicht te krijgen of en hoe sprake is van een netto

koolstof vastlegging op de percelen. Ook is in elke regio een vergelijkende demonstratie gestart naar de regionale inbedding van een specifieke maatregel waarbij aanpassing van de maatregel aan de regionale condities en specifieke vragen van de telers centraal stonden. Tenslotte zijn de koolstofmaatregelen voor de akkerbouw uit de tabel Lesschen (2012) voor verschillende regio's economisch doorgerekend en gekoppeld met de te bereiken koolstofopbouw.

3 Doelstellingen

Het doel van het 'Bodem & Klimaat' netwerk is een brug vormen tussen het wetenschappelijk onderzoek en de praktijk en daarbij kennis- en onderzoeksresultaten te toetsen in de praktijk. Aanvullend is de zoektocht om duurzaam bodembeheer en klimaatvriendelijke landbouwmaatregelen handen en voeten te geven. Dit door het testen en demonstren van klimaatvriendelijke bodemmaatregelen en met de telers te zoeken naar hoe zij hiermee al aan de slag zijn of aan de slag kunnen gaan. Daarmee wordt inzicht verkregen in de ontwikkeling en implementatie van klimaatmaatregelen in de praktijk. Meetresultaten van percelen geven indicaties van de bodemkoolstof en de daaraan gekoppelde integrale bodemkwaliteit (via de BLN-indicatorset) op de betrokken bedrijven. Kosten en baten van klimaatmaatregelen worden in beeld gebracht onder regionale condities. Ook wordt kwantitatief inzicht verkregen in koolstofbalans van de bedrijven.

Meer specifiek is het doel van het 'Bodem & Klimaat netwerk' om:

- Een brug vormen tussen het wetenschappelijk onderzoek en de praktijk en daarbij kennis- en onderzoeksresultaten te toetsen.
- Samenwerking met de praktijk te realiseren om duurzaam bodembeheer en klimaatvriendelijke landbouwmaatregelen handen en voeten te geven. Dit middels testen en demonstren.
- Zicht te krijgen op de potentie voor implementatie van maatregelen in de praktijk: welke maatregelen sluiten aan bij de praktijk en waar zien telers kansen om maatregelen praktische te implementeren?
- Inzicht krijgen in de koolstofbalansen van de bedrijven en deze zo mogelijk te kwantificeren.
- Inzicht krijgen in de ontwikkeling van bodemkoolstof op de percelen en de daaraan gekoppelde integrale bodemkwaliteit via de BLN indicatorset.
- Vaststellen met welke kosten en baten de klimaatmaatregelen gepaard gaan onder regionale condities.

4 Maatregelen in de netwerken: Ambities, kansen en belemmeringen

Sinds 2018 zijn er drie telersnetwerken actief in de akkerbouw in Zeeland, Flevoland en de Veenkoloniën. Sinds 2020 is ook een groep in West-Brabant aangesloten. Samen met de deelnemers uit de netwerken proberen we klimaatmaatregelen te testen en uit te rollen in de praktijk. Hierbij onderzoeken we wat de ambities van de telers zijn, welke kansen zij zien met betrekking tot de klimaatmaatregelen en tegen welke belemmeringen zij aanlopen bij het implementeren van de klimaatmaatregelen. Hieronder volgt een korte omschrijving van de vier regio's.

Zeeland

Zeeland is voornamelijk een akkerbouw gebied, met in het zuiden ook fruit teelt. De grond varieert van zavel tot (zware) zeeklei. Vanaf de Middeleeuwen zijn steeds opnieuw polders ontstaan. De bedrijfsgrootte varieert nogal, op Walcheren zijn veel kleine bedrijven met neventak recreatie, op Noord Beveland zijn meer grotere akkerbouwbedrijven (van 30 tot 120 ha). Een gemiddeld bouwplan in Zeeland bestaat uit consumptieaardappel, suikerbiet, wintertarwe en ui. Maar ook teelten zoals graszaad, zaaiuien, bonen en vlas komen voor. Ten opzichte van Flevoland zijn de bouwplannen wat ruimer (= meer gewassen). Droogte en gebrek aan "zoet" water om te irrigeren is een steeds groter wordend probleem.

Flevoland

Akkerbouw bedrijven in Flevoland bevinden zich op jonge zeeklei (zavel). De bedrijfsomvang verschilt per polder, in de Noordoost polder werden bedrijven van 24 ha en 48 ha uitgegeven. In Flevoland werd dit al ruimer rond 60 ha. Door samenvoeging is de bedrijfsomvang vergroot 48 tot 120 ha of nog groter. Een gemiddeld bouwplan bestaat uit consumptie- of pootaardappel, suikerbiet, tarwe en ui. Verhuur van percelen aan bollentelers komt ook voor. Winterpeen wordt zowel gangbaar als biologisch geteeld. Biologische akkerbouwers telen daarnaast ook groenten zoals kolen, pastinaken en conserven.

Veenkoloniën

De Veenkoloniën karakteriseren zich door zandgronden met hoge percentages organische stof in de percelen afkomstig van veen wat hier vroeger werd afgegraven. Bedrijven zijn gemiddeld 170 ha groot maar de onderliggende spreiding is groot, van ongeveer 65 tot 390 ha. De bedrijven telen relatief veel zetmeelaardappelen, veelal in een intensieve rotatie van 1:2 of 1:3. Daarnaast worden suikerbieten en granen geteeld. Aaltjes problematiek is hier een belangrijk onderwerp.

West-Brabant

In de regio West-Brabant bevinden zich akkerbouw- en veel veehouderijbedrijven. Verhuur van percelen aan veehouders voor voedermais komt veel voor. De grondsoort is overwegend zand, maar er zijn ook gebieden met klei waardoor op sommige bedrijven zowel klei als zand percelen voorkomen. In dit netwerk richten we ons op de zandgrond percelen. Een gemiddeld bouwplan bestaat uit suikerbiet, ui, aardappel, tarwe, in combinatie met tuinbouwgewassen zoals spinazie, sperziebonen en prei.

4.1 Werkwijze

In 2020 zijn alle deelnemers aan de netwerken bezocht, deels fysiek en deels digitaal vanwege de corona maatregelen. Tijdens de terugkoppeling zijn de meetresultaten van voorafgaand jaar doorgesproken en toegelicht. Hierbij is speciaal aandacht besteed aan bodemkwaliteit bepalingen (BLN) en beoordelingen. Voor akkerbouwers die bezig zijn met het optimaliseren van hun bedrijfsmanagement vormt bodemkwaliteit veelal de motivatie om deel te nemen aan het netwerk en klimaatrelevante maatregelen te implementeren. Hoewel de regio's van elkaar verschillen komen de gespreksonderwerpen veelal overeen. Binnen de netwerken spelen we in op de belangstelling en vragen vanuit de deelnemers. Naast de individuele terugkoppelingen, zijn er veldbijeenkomsten geweest, maar deze zijn tot nu toe ook uitgesteld vanwege corona.

4.2 Resultaten

Vanwege de coronarestricties waren in 2020/begin 2021 de meeste regio- en veldbijeenkomsten digitaal georganiseerd. Een aantal konden nog wel fysiek georganiseerd worden in een kleine groep. In Bijlage 1 zijn verslagen van de regiobijeenkomsten te vinden en in Bijlage 2 een overzicht van de georganiseerde en nog geplande bijeenkomsten. Regelmatig komen er verzoeken binnen bij het LBI voor presentaties over bodem & klimaat, een aantal hiervan waarbij de nadruk ligt op bodem & klimaat zijn in het overzicht opgenomen.

Eind 2020 en begin 2021 zijn de deelnemende bedrijven, net als in 2018 en 2019, weer bezocht voor keukentafelgesprekken. Binnen het netwerk worden jaarlijks evaluerende keukentafelgesprekken gehouden. De eerste deelnemers uit 2018 gaven aan verschillende maatregelen toe te passen die vallen onder klimaatmaatregelen (zoals extensiever bouwplan, maximaal inzet groenbemesters). Deze maatregelen zijn door de deelnemers doorgezet in de afgelopen 3 jaar (Tabel 4.1). We zien geen grote verschuivingen in de genomen maatregelen op de bedrijven. De voor- en tegens moeten blijken uit de inventarisatie in 2021. Bedacht moet worden dat de netwerken er niet op gericht zijn maatregelen financieel te stimuleren. Veelgehoord commentaar is dat de wetgeving een plafond aanbrengt in toediening van mest, terwijl de wil er is om kunstmest te vervangen met organische mest. Daarnaast is de discussie vaak dat op intensief gebruikte percelen het erg moeilijk is om organische stof in de bodem te verhogen. In sommige gevallen is dit volgens de deelnemers echter onwenselijk omdat hoge organische stof in de bodem soms kan leiden tot kwaliteitsverlies van het geogste product zoals bij aardappelen. Zo geeft hoge organische stof in de bodem meer risico op schurft.

Regiobijeenkomst Flevoland

Uitgelicht uit het regiobijeenkomstverslag (Bijlage 1)

In Flevoland gaven de deelnemers tijdens de regiobijeenkomst beperkingen aan bij het nemen van klimaatmaatregelen en specifiek aanvoeren van organische meststoffen. Zij zien in zowel fosfaat aanvoerbeperving als stikstof (stikstofgebruiksnorm van 170 kg N/ha/jaar) een beperking.

Vraag: wat zijn de knelpunten bij het doorvoeren van klimaatmaatregelen, wat is de boodschap voor het landbouwbeleid?

Antwoorden:

- De huidige fosfaatbemestingsruimte geeft een rem op toepassing organische meststoffen. De aanscherping voor fosfaat aanvoer weerhoudt akkerbouwers om organische stof te verhogen. In de praktijk loopt Pw toe door actief bodemleven met als gevolg dat er minder fosfaat ruimte is. Regels (aanscherping) voor fosfaat staan haaks op het streven naar meer koolstof in de bodem.
- Ook de limiet voor stikstof 170 kg/ha/jaar geeft beperkingen. Gewassen waarmee veel mineralen (N) worden afgevoerd, moeten worden gecompenseerd. In Nederland zijn de opbrengsten relatief hoog waarmee ook meer wordt afgevoerd, de limiet 170 kg N beperkt daarmee de aanvoer van organische mest.

Tabel 4.1 Implementatiepercentage van de verschillende maatregelen binnen de netwerken. De percentages geven een indicatie hoeveel bedrijven in het netwerk een specifieke maatregel toepassen, met 14 a 15 deelnemers per netwerk. Uit Koopmans en Janmaat (2020).

Hoofdmaatregel (naar Lesschen, 2019)	Maatregel specifiek	Flevoland	Veenkoloniën	Zeeland	Brabant
Verbeteren gewasrotaties	Extensief bouwplan (>1:4)	47%	-	20%	7%
	Minstens 50% rustgewassen	27%	-	43%	21%
Niet-kerende grondbewerking (minimale grondbewerking)	Niet-kerende grondbewerking	13%	-	13%	7%
	Ondiep ploegen	73%	21%	-	21%
	Spitten	-	43%	-	7%
Dierlijke mest en compost toevoegen	Vaste dierlijke mest	60%	21%	29%	29%
	Champost	47%	-	29%	29%
	Groencompost	47%	73%	21%	29%
	GFT	-	-	-	14%
Gewasresten achterlaten	Kunstmest vervangen door drijfmest	33%	100%	80%	100%
	Stro inwerken na oogst	43%	93%	27%	50%
Vangewas/ groenbemesters	Volgens GLB	100%	100%	100%	100%
	Extra inzaaien GLB+	13%	36%	-	64%
	Groeiduur verlengen / overwinteren groenbemester	27%	64%	67%	71%
Akkerranden/ vogelakkers		20%	14%	7%	29%

Hieronder wordt per regio verslag gedaan van de bedrijfsbezoeken.

Flevoland

De terugkoppeling met deelnemers is deels fysiek (bedrijfsbezoek) en deels digitaal gedaan. Aan de hand van het verslag, zie voorbeeld in Bijlage 2, zijn de ontwikkelingen binnen het project en op het bedrijf doorgesproken. Daarnaast zijn de meetresultaten uit 2019 en beoordeling van de bodemkwaliteit doorgesproken.

Afhankelijk van de gekozen klimaatmaatregelen hebben meerdere deelnemers varianten van maatregelen op hun percelen aangelegd, dit gaat vooral over verschillende organische mest (groencompost) die na de graanoogst wordt uitgereden. Naast het vervangen van kunstmest door organische mest, zover er bemestingsruimte is, gaat veel aandacht uit naar de inzet van groenbemesters. Alle deelnemers voldoen aan de GLB criteria, en daarnaast zoeken ze naar mogelijkheden om nog meer groenbemesters te zaaien na de oogst. Met name de risico's op aardappelopslag vormt nog een belemmering om na de

(vroeg) oogst van (poot)aardappelen een groenbemester te zaaien. Verder verkennen de akkerbouwers de mogelijkheden om groenbemers te laten overwinteren. Voor kleigrond houdt het overwinteren een risico in omdat het voorjaar vaak weinig bewerkbare dagen kent nadat een groenbemester is ingewerkt. De reden voor het laten overwinteren van groenbemers is met name om de bodem te beschermen. Of het overwinteren ook effect heeft op de hoeveelheid vastgelegde koolstof is echter niet bekend. In winterperiode staat de groei doorgaans stil.

West-Brabant

De terugkoppeling met deelnemers is grotendeels fysiek (bedrijfsbezoek) gedaan. Aan de hand van het verslag zijn de ontwikkelingen binnen het project en op het bedrijf doorgesproken. Daarnaast ook aandacht voor de meetresultaten en beoordeling bodemkwaliteit.

Het akkerbouw netwerk West-Brabant wordt gevormd door bedrijven die telen op zandgrond. In de praktijk liggen deze percelen met zandgrond vaak in de buurt van kleigrond percelen. Veel bedrijven betelen dan ook zowel zandgrond als kleigrond. Opvallend is dat zelfs binnen een perceel al grote verschillen in het bodemprofiel voorkomen. Met name akkerbouwers zijn op zoek naar percelen die geschikt zijn voor aardappelteelt, hierin wisselen ze vaak percelen uit met veehouders. De deelnemers zien weinig mogelijkheden in aanpassing van het bouwplan. Wel zijn akkerbouwers bezig met precisie landbouw waarbij scans (Veriscan) worden gebruikt om de variatie in een perceel in beeld te brengen. Daar worden dan zogenaamde taakkaarten van gemaakt om plaats-specifiek te bemesten. In relatie tot organische stof in de bodem, worden vlakken met een laag organisch stofgehalte extra voorzien van compost. Binnen het netwerk volgen we de effecten van deze maatregel. De deelnemers hebben met name interesse in toepassing van groencompost of andere vormen van vaste organische meststoffen. Ze ervaren de huidige mestregels als een beperking om kunstmest te vervangen met organisch meststoffen. Tijdens de zomer veldbijeenkomst is aandacht besteed aan de maatregel niet kerende grondbewerking.

Veenkoloniën

Over het algemeen zijn er in de Veenkoloniën in 2020 geen grote veranderingen doorgevoerd ten aanzien van teeltmaatregelen die zijn gerelateerd aan koolstof vastlegging en bouwplan. De meeste ondernemers voelen zich beperkt in de verdere mogelijkheden die ze zien om iets te doen met het thema koolstof vastlegging. Veel ondernemers doen vanuit hun gezichtspunt al relatief veel op het gebied van koolstof vastlegging maar ervaren dat het niet meevalt om het koolstofgehalte te verhogen op gronden die van nature al hoger liggen qua organische stofgehalte. De meeste telers voeren al jaren compost aan.

De teelt van zetmeelaardappelen staat van oudsher centraal in het veenkoloniale bouwplan en de bedrijfsvoering is qua mechanisatie en voorzieningen toegespitst op dit gewas. Op de meeste bedrijven teelt men zetmeelaardappelen in een rotatie van 1:2. Toenemende druk van virulente AM-populaties van dit aaltje laat boeren nadenken over een extra gewas in het bouwplan. Een rustgewas zoals graan zou vanuit het thema koolstofvastlegging goed

passen. Echter vormt het tegenvallende saldo van graan hierin een belemmerend. De meeste ondernemers zijn terughoudend met de teelt van groenbemestermengsels. Dit vanwege de ongewenste vermeerdering van vrijlevende aaltjes. Slechts twee ondernemers uit het netwerk in de Veenkoloniën experimenteren hiermee, maar houden nauwlettend de populaties in de gaten. Na de teelt van aardappelen is men terughoudend met het inzaaien van een groenbemester. Dit wordt ingegeven door het risico van aardappelopslag. Bij het losmaken van de grond worden verliesknollen dieper ingewerkt waardoor de kans dat ze kapot vriezen kleiner is. Bovendien verhindert een isolerende groenbemester het diep invriezen in de winter. Een deelnemer gaf aan te willen experimenteren met het toedienen van winterrogge voor het oogsten van de aardappelen zodat bij het rooien deze goed door de bouwvoor mengt. Echter, de natte herfst en de korte tijd waarin geoogst kon worden, is de reden dat dit niet is doorgezet. Voorafgaand aan een aardappel- en bietengewas past men vrijwel altijd drijfmest toe waarbij de gewasbehoefte wordt aangevuld met kunstmest stikstof en kalium. Grondbewerkingen worden beperkt gedaan. Voor een gewas als aardappel legt ieder teler het land klaar zonder diepe grondbewerking. Bij fijnzadige gewassen (biet, graan, groenbemester) kiest men er in de regel voor om het land klaar te leggen dmv spitten. Dit geeft een beter kans op een vlotte kieming van de zaden en het vocht blijft hierdoor beter in de bouwvoor.

In theorie is bij het bemesten nog wat winst te behalen. Dit betreft het 'meer op maat' bemesten met oog voor nutriëntenverhoudingen (NPK). Een deelnemer past sinds meerdere jaren vaste (stal)mest toe. Als tegen het einde van het jaar nog fosfaatruimte overblijft, dan vullen de meeste ondernemers die in met compost. Bij een deelnemer is dat vaste mest.

Zeeland

De terugkoppeling met deelnemers is digitaal verlopen. In Bijlage 2 is een voorbeeld terugkoppelverslag van het netwerk in Zeeland opgenomen.

De deelnemers aan het netwerk zijn bewust bezig met bodemkwaliteit in het algemeen en er komen veel percelen met groenbemesters voor. Een van de problemen die ter discussie staat in de groep is hoe om te gaan met groenbemesters op zware kleigrond. Het aantal bewerkbare dagen in het voorjaar vormt hierin een knelpunt ofwel risico. Het moment en de wijze van inwerken en zaaibedbereiding krijgt veel aandacht. In de praktijk wordt er op de zwaardere percelen groenbemester nog voor de winter ondergeploegd. Enkele akkerbouwers hebben wel ervaring met percelen die door niet-kerende grondbewerking (NKG) beter berijdbaar zijn in het voorjaar en daardoor hier minder problemen van ervaren.

De maatregel compost en mest toevoegen wordt ook al vaak ingezet, dit ter vervanging van of aanvulling op kunstmest. De mogelijkheden voor het uitrijden van vaste mest of compost is afhankelijk van het bouwplan, met name na de graanoogst kan vaste mest worden toegediend.

Tot slot is een aanzienlijk vaak toegepaste maatregel het extensiveren van het bouwplan en meer rustgewassen telen. De gewassen die worden gekozen om een bouwplan op zo'n bedrijf ruimer uit te werken zijn vaak graangewassen (zomer/wintertarwe, gerst, rogge).

Het telen van meer rustgewassen is op deze bedrijven alleen mogelijk omdat de telers naast hun akkerbouwbedrijf nog een extra baan hebben die voor inkomsten zorgt. Zonder deze extra inkomsten is het extensiveren van het bouwplan niet mogelijk, de rustgewassen leveren niet genoeg op om het bedrijf financieel rendabel te maken.

Noordelijk kleigebied

Het Noordelijke kleigebied ontbrak tot op heden aan het Landelijke netwerk binnen dit project. Dit akkerbouwgebied op de klei- en zavelgronden in Groningen en Friesland wordt gekenmerkt door pootgoedbedrijven. Inmiddels is een start gemaakt met het opzetten van een groep akkerbouwers rond het thema koolstof vastlegging. De geïnteresseerde groep omvat 14 telers. Bij alle deelnemers zijn inmiddels de afgelopen maanden intake gesprekken gevoerd en zijn op twee percelen de eerste bemonsteringen uitgevoerd. Dit conform de werkwijze in de andere gebieden. Als gevolg van de Corona beperkingen zijn er nog geen fysieke bijeenkomsten met deze groep gehouden. Wel is er vanuit de proefboerderij Kollumerwaard van SPNA in het Lauwersmeergebied een digitale bijeenkomst gehouden rond een demonstratieproject met 26 soorten groenbemesters. Vanaf 2021 zal deze groep volwaardig meedraaien in het netwerk. In maart 2021 is een digitale regiobijeenkomsten gehouden waarbij de ambities, doelen en activiteiten vanuit Slim Landgebruik zijn toegelicht.

5 Bodemkwaliteitsmetingen

Maatregelen om koolstof vast te leggen in de bodem hebben zeer waarschijnlijk ook effecten op andere bodemkwaliteitsindicatoren. Positieve effecten van maatregelen op andere bodemkwaliteitsindicatoren kunnen voor telers een extra motivatie geven om een maatregel door te zetten.

5.1 Werkwijze

In de winter van 2019-2020 zijn op alle bedrijven in het netwerk akkerbouw twee percelen of meetvlakken bemonsterd conform de *Bodemkwaliteitsbeoordeling van Landbouwgronden in Nederland*, ofwel, de BLN. De BLN is op dit moment nog in ontwikkeling. Het bevat een bemonsteringsprotocol en een indicatoren set waarmee een oordeel kan worden gegeven over de bodemkwaliteit (Hanegraaf *et al.* 2019).

In de voortgangsrapportage Bodem & Klimaat Netwerk Akkerbouw 2020 (Koopmans en Janmaat, 2020) zijn de resultaten gepresenteerd van (een deel van) de BLN data, gemeten in het netwerk van akkerbouwbedrijven in de regio's Flevoland, Zeeland en Veenkoloniën. De gegevens voor de regio Brabant waren op dat moment nog niet beschikbaar. In deze rapportage zijn - voor de volledigheid - zowel de nieuwe resultaten van regio Brabant opgenomen, als de al eerder gepresenteerde resultaten van Flevoland, Zeeland en Veenkoloniën. De resultaten zijn hier gepresenteerd in boxplots (zie kader). Verder zijn er correlatieanalyses uitgevoerd tussen de koolstofvoorraad en de overige BLN indicatoren om te onderzoeken of koolstof gekoppeld is aan andere bodemkwaliteitsindicatoren. De spreiding van de waarden van de BLN-indicatoren die zijn gemeten in de regio's zijn vergeleken met de referentiewaarden zoals gepresenteerd in Hanegraaf *et al.* 2019.

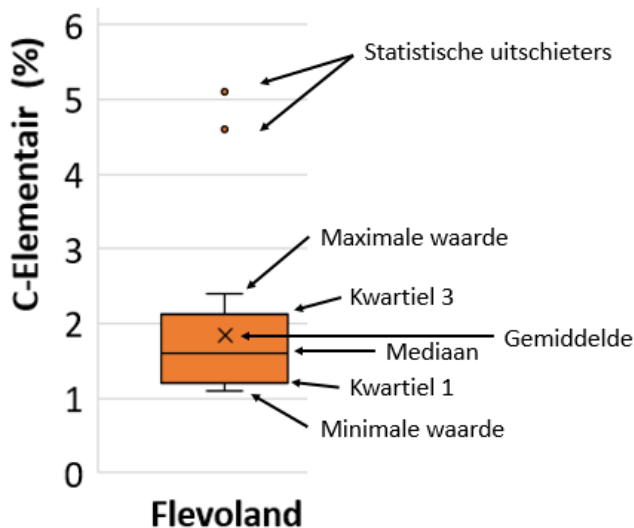
Korte uitleg boxplots

Boxplots zijn grafieken waarin de spreiding van data, de gemiddelde waarde, de mediaan en de statistische uitschieters worden weergegeven.

De boxplot kan in vier delen worden opgedeeld (zie Figuur hieronder):

- 1) gebied tussen de minimale waarde en *kwartiel 1*;
 - 2) gebied tussen *kwartiel 1* en de mediaan;
 - 3) gebied tussen de mediaan en *kwartiel 3*; en
 - 4) gebied tussen *kwartiel 3* en de maximale waarde.
- Elk deel bevat 25% van de totaal aantal datapunten.

De mediaan is de waarde in het midden van de verdeling van de datapunten, 50% van de datapunten vallen onder de mediaan, en 50% van de datapunten vallen er boven. Het gemiddelde van alle datapunten wordt aangegeven met een X. Deze is dus niet altijd hetzelfde als de mediaan. In het voorbeeld hieronder wordt de gemiddelde waarde wat omhoog getrokken door de twee statistische uitschieters. Een datapunt is een statistische uitschieter wanneer deze op een afstand van meer dan 1,5 keer het verschil tussen *kwartiel 3* en *kwartiel 1* (*kwartiel 3-kwartiel 1*), onder *kwartiel 1* of boven *kwartiel 3* ligt.

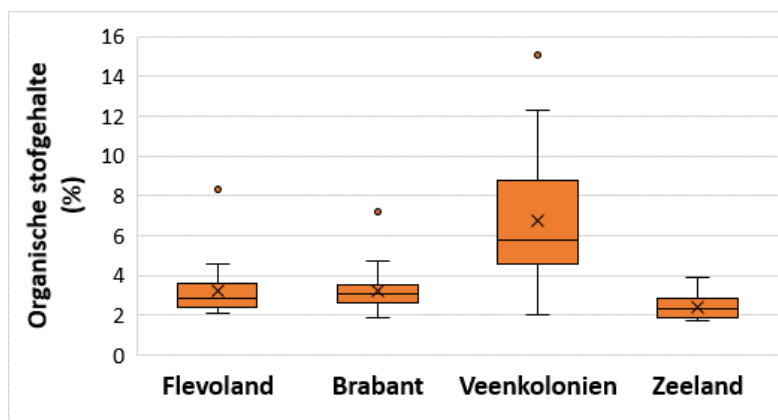


5.2 Resultaten

De resultaten van de *Bodemkwaliteitsbeoordeling van Landbouwgronden in Nederland* (BLN) indicatoren set zijn voor de regio's Flevoland, Veenkoloniën en Zeeland al gepresenteerd en besproken in Koopmans en Janmaat (2019). De resultaten van de regio Brabant –uit dezelfde meetcampagne van de winter 2019-2020- waren op dat moment nog niet beschikbaar. Hier zijn een aantal indicatoren geselecteerd waarvoor de data opnieuw wordt gepresenteerd met nadruk op de nog niet eerder gerapporteerde data uit de regio Brabant. De overige indicatoren zijn te vinden in bijlage 4. In bijlage 4 staan tevens de meetmethodes weergegeven. Een uitgebreidere beschrijving van de meetmethodes staat in Bijlage 2 van Hoogmoed *et al.* (2021).

5.2.1 Organische stofgehalte

Het organische stofgehalte op de Brabantse netwerkbedrijven ligt gemiddeld op 3,2% (Figuur 5.1, gemeten via gloeiverlies). Dit lijkt relatief hoog voor zandgronden in dit gebied, waarvan doorgaans wordt aangenomen dat deze gemiddeld een lager organische stofgehalte hebben dan kleigronden. Bijvoorbeeld in Zeeland (kleigrond) ligt het gemiddelde organische stofgehalte op 2,4%. In Flevoland (kleigrond) ligt het gemiddelde organische stofgehalte op 3,2%¹. Het netwerk bevindt zich in West-Brabant en hoeft daarmee niet representatief te zijn voor de gehele provincie Brabant.



Figuur 5.1. Spreiding, mediaan en gemiddelden van het organische stofgehalte (%) op de bedrijven van het Netwerk Akkerbouw (28 tot 30 datapunten per regio). Gemeten via gloeiverlies.

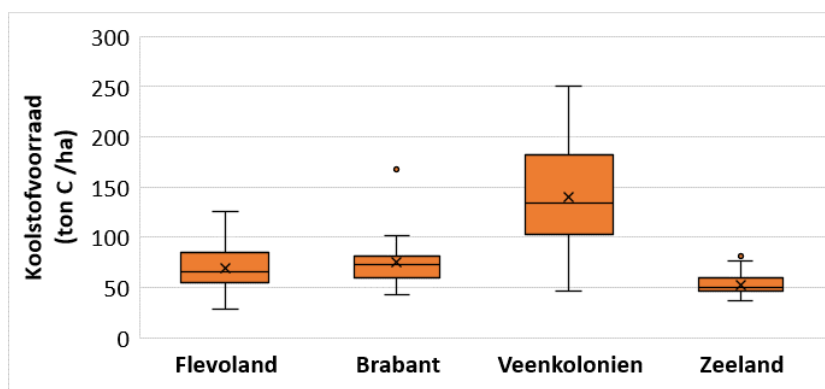
Binnen Flevoland komt nog een uitschieter voor, een perceel met een organische stofgehalte van 8,3%. Dit betreft een perceel dat recentelijk (2018) is gediëpploegd en waarbij een onderliggende veenlaag naar boven is gehaald. Naar verwachting zal het organische stofgehalte gaan afnemen. Dit was de reden om dit perceel te gaan volgen.

¹ In het Netwerk Flevoland is ten opzicht van 2018 één bedrijf niet meegenomen in de huidige presentatie van resultaten. Dit betreft een bedrijf wat buiten Flevoland ligt. Het huisperceel op dit bedrijf was tot 2018 in gebruik als blijvend grasland. Het organische stofgehalte in de bodem in grasland is vaak (substantieel) hoger dan in akkerbouwgrond. Ook op dit bedrijf lag het organische stofgehalte met 9,9% ver boven het gemiddelde van Flevoland. Daarom is besloten om dit bedrijf verder niet mee te nemen, om de gemiddelde waardes en de spreiding van de data representatief te houden voor akkerbouw in de provincie Flevoland.

Het organische stofgehalte in de Veenkoloniën ligt gemiddeld hoger en de spreiding van de gemeten gehalten is groter ten opzichte van de andere regio's. Veenkoloniale grond kenmerkt zich door relatief hoge gehalten organische stof in de bodem. Veel hiervan is inactief stabiel organisch materiaal dat is achtergebleven na de veenafgavingen tussen 1600-1900. Hierbij is de afgegraven bovengrond na het ontvenen weer gemengd met de onderlinggende zandgrond. Ook binnen het akkerbouwnetwerk in de Veenkoloniën ligt het gemiddelde organische stof gehalte hoog, gemiddeld op 6,7%, met een grote spreiding tussen de 2% tot boven de 12%.

5.2.2 Koolstofvoorraad

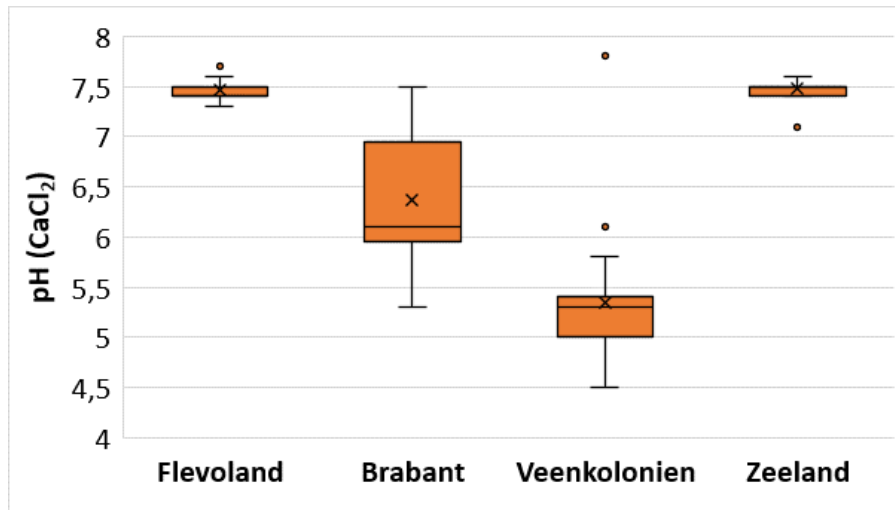
De koolstofvoorraad (ton C/ha) in de bouwvoor (top 30 cm) is in 2020 berekend met de gemeten concentratie koolstof en de gemeten bulk dichtheid in de bodem. De eerdere berekening in 2019 was op basis van de afgeleide bulk dichtheid volgens Wösten et al., (2001). De gemiddelde koolstofvoorraden per regio zijn 69, 75, 140 en 53 ton C per ha, in respectievelijk Flevoland, Brabant, Veenkoloniën en Zeeland (Figuur 5.2). De verschillen ten opzichte van de organische stof hangen mede samen met de bulk dichtheid van de bodem. Deze ligt in Flevoland lager ($1,37 \text{ g/cm}^3$) in vergelijking tot Brabant ($1,41 \text{ g/cm}^3$). De hoeveelheid koolstof in hetzelfde volume grond valt hierdoor lager uit, ook al zijn de concentraties organische stof per gewicht grond hetzelfde.



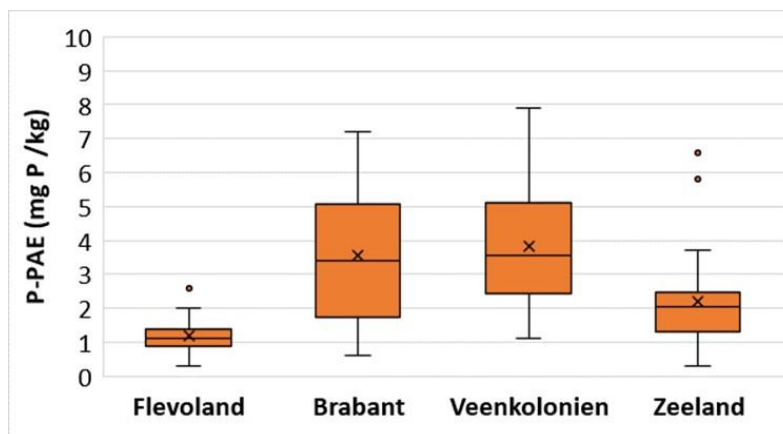
Figuur 5.2 Spreiding, mediaan en gemiddelden van koolstofvoorraad (ton C/ha), berekend met de gemeten bulkdichtheid en koolstofconcentratie gemeten via C-elementair methode (28 tot 30 datapunten per regio).

5.2.3 Fosfaat beschikbaarheid en pH

Zoals in Koopmans en Janmaat (2019) al was besproken is de fosfaat (P) beschikbaarheid sterk gerelateerd aan de pH, en het meest plant-beschikbaar bij een pH tussen de 5,5 en 6,5. De pH op de Brabantse percelen heeft een grote spreiding tussen de 5,3 en 7,5 (Figuur 5.3). Dit komt deels door de variatie in grondsoorten tussen de percelen, zowel zandgronden met relatief lage pH en (lichte) kleigronden met relatief hogere pH's. Ook de P-beschikbaarheid heeft een grote spreiding in Brabant tussen de 0.6 en 7.2 mg P kg⁻¹, met een gemiddelde op 3,6 mg P kg⁻¹ (Figuur 5.4)



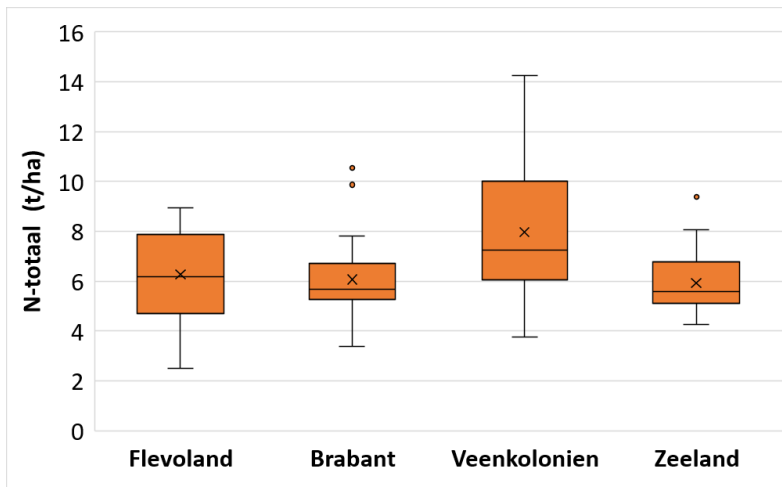
Figuur 5.3. Spreiding, mediaan en gemiddelden van pH gemeten via CaCl_2 extractie (28 tot 30 datapunten per regio).



Figuur 5.4. Spreiding, mediaan en gemiddelden van fosfaat beschikbaarheid gemeten via CaCl_2 extractie (ook wel aangeduid als P-PAE, 28 tot 30 datapunten per regio).

5.2.4 N-totaal en potentieel mineraliseerbare stikstof

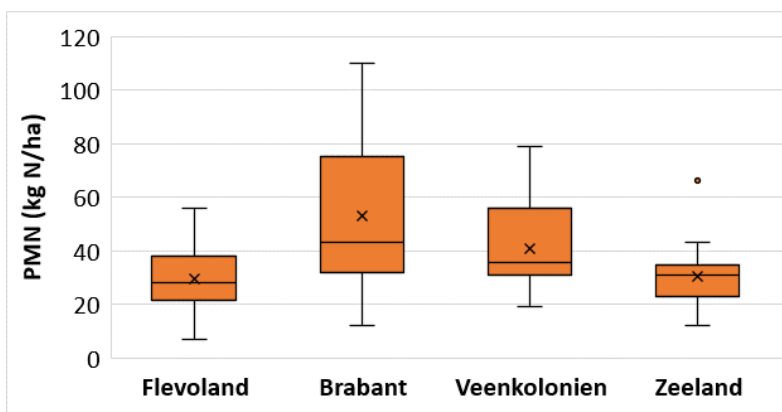
De totale hoeveelheid stikstof (N) in Brabant ligt gemiddeld op ongeveer 6,1 t/ha. Dit is vergelijkbaar met Flevoland (6,3 t/ha) en Zeeland (5,9 t/ha). In de Veenkoloniën ligt de N-totaal hoger met 8,0 t/ha. (Figuur 5.5)



Figuur 5.5 Spreiding, mediaan en gemiddelden van totale stikstofgehalte, gemeten via de Kjeldahl methode (28 tot 30 datapunten per regio).

De potentieel mineraliseerbare stikstof (PMN) is een indicatie voor de afbreekbaarheid van de organische stof. De afbraaksnelheid van organische stof is een functie van de aanwezige micro-organismen en de kwaliteit van de organische stof, bijvoorbeeld de C/N verhouding en de hoeveelheid lignine en cellulose in het organisch materiaal. De gemiddelde PMN van de percelen in Brabant ligt relatief hoog vergeleken met de andere regio's en heeft een grote spreiding (Figuur 5.6).

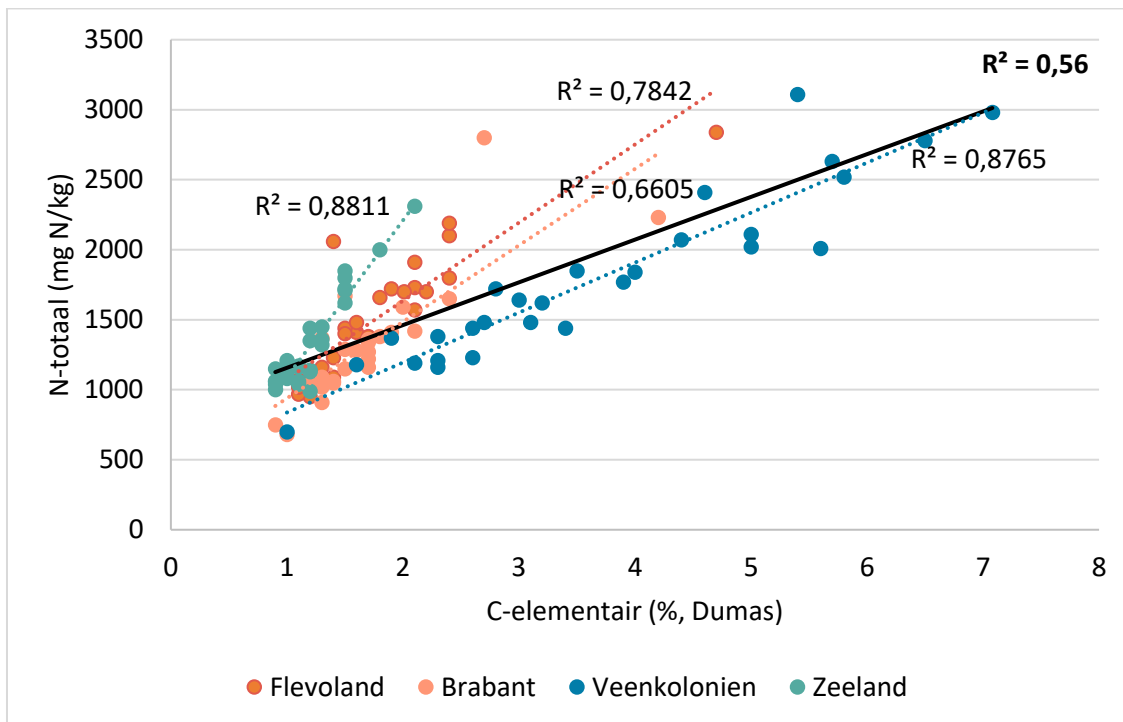
Dit kan een indicatie zijn dat of de bodem organische stof kwaliteit verschillend is tussen de percelen. Op veel plekken in Brabant komen moerige lagen voor in het profiel, deze fractie organische stof wijkt af van de overige aanwezige organische stof. In Brabant maken akkerbouwers gebruik van verschillende bronnen organische mest, van bewerkte varkensmest tot groencompost. Het effect op de opbouw en kwaliteit van de organische stof in de bodem door gebruik van verschillende bronnen is nog onbekend.



Figuur 5.6 Spreiding, mediaan en gemiddelden van potentieel mineraliseerbare stikstof (28 tot 30 datapunten per regio)..

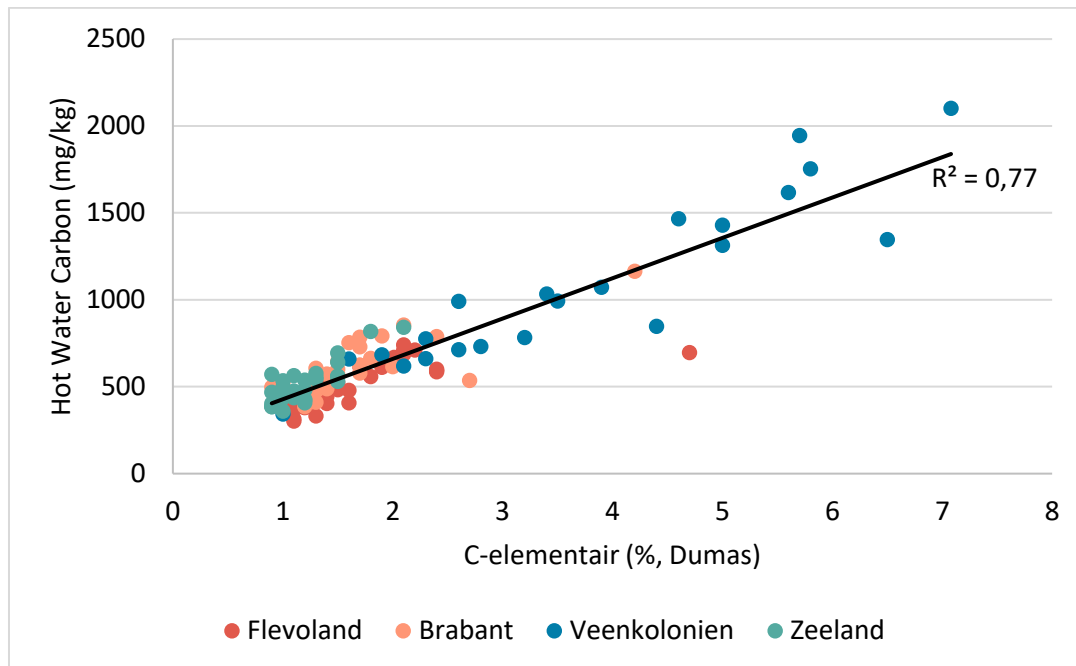
5.2.5 Correlatieanalyses

Om te onderzoeken of veranderingen in koolstof zijn gekoppeld aan andere bodemkwaliteitsindicatoren zijn correlatieanalyses uitgevoerd. De correlatie tussen de totale hoeveelheid stikstof (gemeten met de Kjeldahl methode) en de concentratie koolstof in de bodem verschilt tussen de regio's (Figuur 5.7). Wanneer alle datapunten uit alle regio's gezamenlijk worden bekeken, is er correlatie met een R^2 van 0,56 (zwarte trendlijn in Figuur 5.7). Wanneer de regio's afzonderlijk worden bekeken verbeteren de correlaties met R^2 waarden van 0,66 tot 0,88 en zien we aan de hand van de trendlijnen dat voor verschillende regio's de stikstof in de bodem sterker stijgt met toename van koolstof. Zo stijgt in Zeeland de totale hoeveelheid N sneller mee met een stijging van het gehalte C-elementair. Terwijl in de Veenkoloniën N-totaal minder snel oploopt bij een stijging van het gehalte C-elementair. Dit zal mogelijk te maken hebben met de verschillende bronnen van organische stof (veenresten, gewasresten, drijfmest, compost etc) en de hoeveelheden stikstof daarin.



Figuur 5.7 Correlatie tussen C-elementair (%) en de totale concentratie stikstof (mg N/kg).

Heet water extraheerbare koolstof (of hot water carbon, HWC) wordt vaak gezien als een voorspellende indicator voor veranderingen in koolstof op de lange termijn, en ook als een indicator van bodemleven activiteit. HWC correleert goed met C-elementair (Figuur 5.8).



Figuur 5.8 Correlatie tussen C-elementair (%) en HWC (mg/kg).

De overige BLN-indicatoren lieten geen correlaties zien met C-elementair. Dit betekent dat een verhoging van koolstof niet per definitie een verandering van de overige BLN-indicatoren veroorzaakt. Maatregelen zelf kunnen wel verschillende effecten op de BLN-indicatoren hebben (zie Hoogmoed *et al.* (2021)).

5.2.6 Referentiewaarden BLN indicatorset

In tabel 5.1 staan de referentiewaarden van de BLN indicatorset voor akkerbouwgronden, zoals gepresenteerd in Hanegraaf *et al* 2019. Deze referentiewaarden zijn gebaseerd op een eerste inventarisatie binnen de Nederlandse databases en literatuur en is nog niet volledig. De BLN data uit het Netwerk Akkerbouw kunnen worden gebruikt om de referentiewaarden van de BLN indicatorset verder te definiëren. In tabel 5.1 staat ook de spreiding (de laagste en de hoogste gemeten waarde) van de BLN indicatoren zoals die zijn gemeten binnen het Netwerk Akkerbouw in de klei (Zeeland en Flevoland) en zand (Brabant en Veenkoloniën) regio's.

Voor een aantal indicatoren zijn in Hanegraaf *et al* 2019 geen referentiewaarden beschikbaar. Met de spreidingsdata uit het Netwerk Akkerbouw is daarvoor nu een eerste indicatie gegeven.

Voor de akkerbouw op zand zijn de spreidingswaarden van de regio's Brabant en Veenkoloniën apart gepresenteerd. Veenkoloniale gronden zijn doorgaans hoog in (inactieve) organische stof en daardoor anders dan 'normale' zandgronden. In tabel 5.1 valt op dat de hoogst gemeten waarden van de organische stof indicatoren inderdaad hoger zijn in de Veenkoloniën vergeleken met Brabant. De overige fysische, chemische en biologische indicatoren zijn vrij overlappend qua spreiding binnen de Veenkoloniën en Brabant.

Tabel 5.1 De BLN-indicatorset met de (voorlopige) referentiewaarden zoals gepresenteerd in Hanegraaf et al. 2019, en de spreiding van de waarden zoals gemeten in de Netwerk Akkerbouw bedrijven. De spreiding geeft de laagst en hoogst gemeten waarde per indicator aan. Voor de akkerbouw op klei zijn de regio's Zeeland en Flevoland samengevoegd, voor de akkerbouw op zand zijn de regio Brabant en Veenkoloniën apart gepresenteerd. Hoewel de Veenkoloniën onder de zandgronden vallen, is deze dusdanig anders (o.a. in het gehalte organische stof) dat de spreiding van de waarden hier apart is gepresenteerd.

Categorie	Volledige naam	Eenheid	Referentie waarden akkerbouw op klei	Spreiding gemeten in Netwerk Akkerbouw - klei regio's Zeeland en Flevoland	Referentie waarden akkerbouw op zand	Spreiding gemeten in Netwerk Akkerbouw - Brabant	Spreiding gemeten in Netwerk Akkerbouw - Veenkoloniën
Organische stof	Organisch stofgehalte (gloeiverlies)	%	1,6-3,6	1,7-4,6 (8,3% op het gediëpplogde perceel waar veen omhoog is gehaald)	3,3-16,2	1,9-7,2	2,0 - 15,1
	C-elementair (Dumas)	%	n.b.	0,9-4,7	n.b.	0,9-4,2	1,0 - 7,1
	Hot water extractable carbon	mg kg ⁻¹	500	303-842	500-2.000	385-1.163	341-2.101
Fysisch	Watervasthoudend vermogen	%	0,24	0,11-0,37	0,19	0,13-0,34	0,14-0,44
	Gemiddelde indringingsweerstand penetrometer	MPa	< 2 a 3	0,2 - 2,4	< 2 a 3	0,6-4,2	0,4-3,0
	Droge bulkdichtheid	kg m ⁻³		0,7-1,7		1,2-1,6	0,9-1,6
Chemisch	Zuurgraad (CaCl₂ extractie)		7,3-7,7 (rutgers), of >6,7 (eurofins)	7,1-7,7	4,6-5,6 (rutgers)	5,3-7,5	4,5-7,8
	N-totaal Kjeldahl	Kg ha ⁻¹	3.110-3.890	2.510-9.370	n.b.	3.381-10.533	3.764-14.242

Categorie	Volledige naam	Eenheid	Referentie waarden akkerbouw op klei	Spreiding gemeten in Netwerk Akkerbouw - klei regio's Zeeland en Flevoland	Referentie waarden akkerbouw op zand	Spreiding gemeten in Netwerk Akkerbouw - Brabant	Spreiding gemeten in Netwerk Akkerbouw - Veenkoloniën
	Potentieel mineraliseerbare stikstof (NIRS)	mg N kg⁻¹	*	2-17	n.b.	2-26	5-31
	P-voorraad (P-AL)	mg P₂O₅ 100g⁻¹	31-62	10-105	34-75	36-98	19-88
	P-voorraad (Pw)	mg P₂O₅ L⁻¹	25	10-75	30	28-96	26-88
	P-beschikbaar (P-PAE / P-CaCl₂)	mg P kg⁻¹	5,4-9,1	0,3-6,6	n.b.	0,6-7,2	1,1-7,9
	K-voorraad (NIRS)	Kg ha⁻¹	*	10-36	n.b.	10-34	7-12
	K-beschikbaar (CaCl₂ extractie)	mg K kg⁻¹	210-330	73-223	n.b.	57-187	64-196
	Microbiële biomassa (NIRS)	µg C kg⁻¹	n.b.	107-417	n.b.	74-346	115-502
	Bacterie-biomassa (NIRS)	µg C kg⁻¹	n.b.	43-220	n.b.	49-187	46-179
	Schimmel-biomassa (NIRS)	µg C kg⁻¹	n.b.	13-163	n.b.	6-117	6-142

* De waarden voor potentieel mineraliseerbare stikstof en K-voorraad gepresenteerd in Hanegraaf et al. 2019 lijken niet te kloppen en wijken qua orde van grootte sterk af van de gemeten waarden binnen de netwerken. Hierover is gecommuniceerd met Hanegraaf et al. Zij geven inderdaad aan dat de eenheden van deze indicatoren foutief staan gepresenteerd in Hanegraaf et al 2019. Deze zijn daarom niet overgenomen in deze tabel.

n.b.: niet beschikbaar

6 Koolstofbalansen

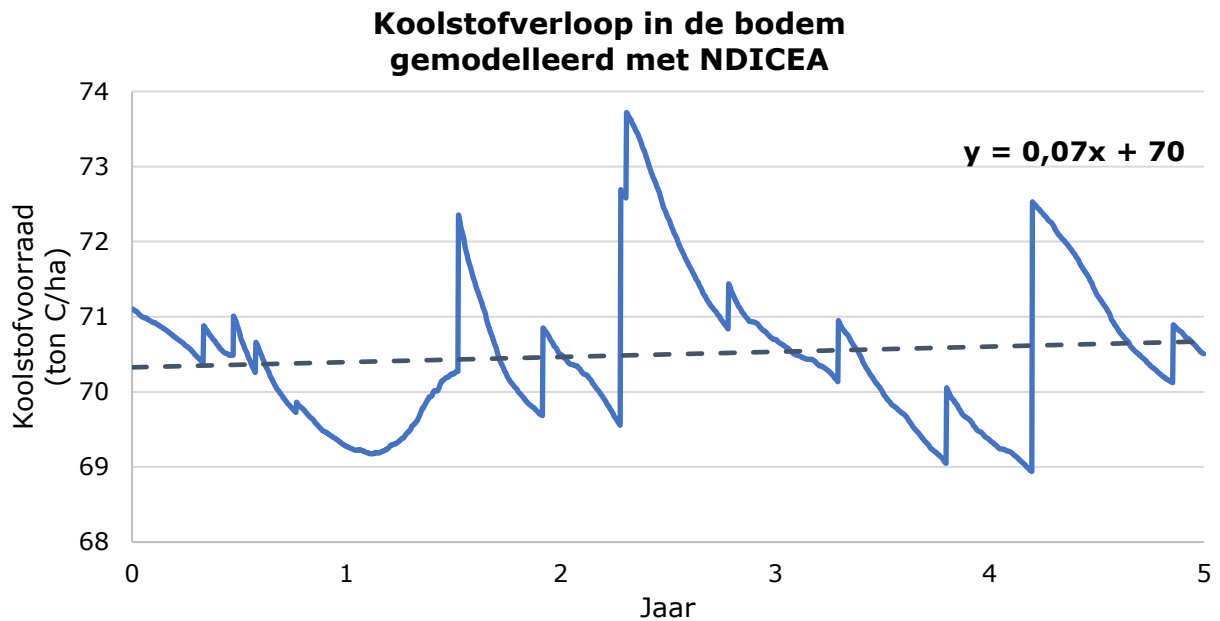
Om de Netwerk Akkerbouw deelnemers meer inzicht te geven in de koolstofdynamiek in hun percelen zijn koolstofbalansen opgesteld en besproken. De koolstofbalansen geven een indicatie van de mate van koolstofvastlegging of afbraak bij de deelnemers.

6.1 Werkwijze

Voor de telers van het Netwerk Akkerbouw in de regio's Flevoland, Zeeland, Brabant en Veenkoloniën zijn koolstofbalansen van de bemonsterde percelen opgesteld met behulp van het model NDICEA. NDICEA (Nitrogen Dynamics In Crop rotations in Ecological Agriculture) is een stikstof- en koolstofmodel, ontwikkeld door WUR en het Louis Bolk Instituut. Het model is wetenschappelijk gevalideerd (Van der Burgt *et al.*, 2006). NDICEA kan de stikstof- en koolstof dynamiek in een bodem simuleren met een minimale input aan informatie, bijvoorbeeld enkel de grondsoort, gewasrotatie en bemesting. Hierbij wordt dan met standaardwaarden per grondsoort gerekend. De standaardwaarden kunnen ook worden aangepast indien de informatie beschikbaar is, bijvoorbeeld uit veldmetingen, waarmee het model een steeds preciezere berekening kan maken. Ook kunnen gehalten aan inhoudsstoffen van organische bemesting worden aangepast, indien deze bekend zijn.

Zoals bij alle modellen het geval is, is de kwaliteit van de resultaten enkel zo goed als de kwaliteit van de gegevens die worden ingevoerd. In de praktijk is het soms echter lastig om erg nauwkeurige informatie te verkrijgen. Bijvoorbeeld de hoeveelheid biomassa-productie van een groenbemester wordt in de praktijk niet gemeten en hiervoor wordt dus een aanname ingevoerd. De gegevens die bij de telers tijdens (digitale) keukentafelgesprekken zijn opgehaald en zijn ingevoerd in NDICEA bestonden uit: gegevens over de grondsoort, de gewassen die de afgelopen 5 jaar op een perceel hebben gestaan, zaai en oogstdatums en opbrengst en groenbemesters. Bij graangewassen is aangegeven of de gewasresten zijn afgevoerd of ingewerkt. Ook is het type en de hoeveelheid (organische) bemesting evenals het tijdstip van toediening als gegeven ingevoerd. Omdat niet elke teler gegevens had over het organisch stofgehalte in de bodem van 5 jaar geleden en hierbij diverse analysemethoden door elkaar liepen, is voor elke simulatie het in 2018, volgens protocol gemeten organische stofgehalte (gloeiverlies) als beginsituatie genomen. De beginkwaliteit van organische stof is voor de berekeningen ingesteld alsof de vijf jaar aan gewassen en bemesting ter plekke reeds langjarig toegepast werden.

Het ingevoerde bouwplan is één keer doorgerekend. De output van NDICEA voor koolstof is een dynamische trend van bodemkoolstof door de tijd. In figuur 6.1 staat een voorbeeld. In de figuur is te zien dat er steeds pieken van koolstof de bodem in komen. Dit gebeurt aan het eind van een gewas wanneer gewasresten in een keer de bodem in komen, als een groenbemester wordt beëindigd en wanneer organische mest wordt toegevoegd. Daarna volgt een periode van langzame afbraak van de organische stof. De dynamiek van bodemkoolstof ziet er dus uit als een soort zaagtand waar op de lange termijn een dalende, neutrale of positieve trend in gezien kan worden. Voor elk perceel is een lineaire trendlijn door de zaagtand berekend (Excel). De formule van de trendlijn geeft de verandering in koolstof per ha per jaar. Dit geeft een eerste indicatie van de koolstofbalans, met de richting en orde van grootte van de koolstofvastlegging of koolstofverliezen.



Figuur 6.1 Voorbeeld van de NDICEA output voor koolstof in de bouwvoor, met een trendlijn. De helling van 0,07 is gelijk aan de jaarlijkse opbouw of afbraak van koolstof. In dit geval een opbouw van 0,07 ton C/ha/jaar. Het snijpunt met de y-as van 70 ton C/ha geeft de geschatte beginwaarde van de bodemkoolstof weer, op basis van de lineaire trendlijn.

6.2 Resultaten

In Tabellen 6.1 t/m 6.4 staan per regio de koolstofbalansen van de percelen gegeven. Op dit moment is er nog geen harde streefwaarde voor de balansen toegepast aangezien deze resultaten een eerste indicatie zijn en nog geen volledige balans (zie discussie). Bij een verandering van -0,2 tot 0,2 ton C/ha/jaar gaan wij uit van een neutrale koolstofbalans, ofwel geen echte toe of afname, vanwege de onzekerheid van het model. De kolom 'beginwaarde organische stof' geeft de waarde aan van de in het perceel gemeten organische stofgehalte in 2018 volgens de gloeiverlies methode. De middelste kolom geeft de verwachte verandering in organische stof weer (%OS/ha/jaar). In de laatste kolom wordt de verandering in koolstof in de bouwvoor weergegeven (ton/C/ha/jaar).

In de Figuren 6.2 t/m 6.5 wordt voor elk perceel in de desbetreffende regio de aanvoer van koolstof weergegeven. Deze is berekend met de totale aanvoer van organische stof die NDICEA als output geeft, en omgerekend naar koolstof. Hierbij is de aanname dat de helft van de organische stof uit koolstof bestaat. In NDICEA worden drie klassen onderscheiden: gewasresten, groenbemesters en mest/compost. Onder 'mest/compost' vallen verschillende mest en compostsoorten zoals o.a. drijfmest, vaste mest, groencompost of gft compost.

Flevoland

De 14 doorgerekende percelen in Flevoland laten een variabele koolstoftrend zien voor de afgelopen 5 jaar (Tabel 6.1). Zeven percelen hebben een duidelijk negatieve koolstofbalans met meer dan 0,2 ton koolstof afbraak per jaar. Twee percelen hebben een positieve koolstofbalans groter dan 0,2 ton koolstof vastlegging. De vijf overige percelen zijn ongeveer neutraal in vastlegging.

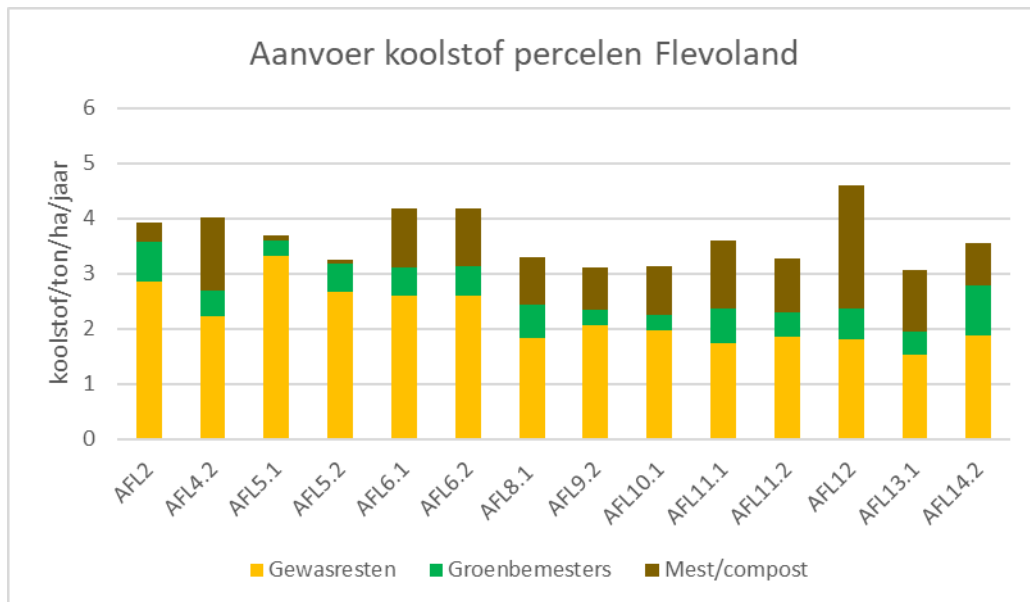
Tabel 6.1 Netwerk Flevoland koolstof- en organische stofbalansen. Gemodelleerd met NDICEA voor de afgelopen 5 jaar.

Perceel	Beginwaarde organische stof (%)	Verandering organische stof (% OS/ha/jr)	Verandering koolstof (ton C/ha/jr)
AFL 2	4,3	-0,03	-0,65
AFL 4.2	4,0	-0,03	-0,62
AFL 5.1	3,2	0,00	0,06
AFL 5.2	2,7	0,01	0,27
AFL 6.1	2,5	-0,01	-0,19
AFL 6.2	3,4	-0,02	-0,38
AFL 8	4,1	0,00	0,00
AFL 9.2	2,2	-0,03	-0,64
AFL 10.1	3,9	-0,02	-0,31
AFL 11.1	4,6	-0,02	-0,44
AFL 11.2	2,2	0,00	0,00
AFL 12.1	3,7	0,01	0,27
AFL 13.1	3,3	-0,03	-0,70
AFL 14.2	2,8	0,00	0,00

De twee percelen met de meest positieve koolstofbalansen zijn AFL 5.2 en AFL12.1. Interessant om op te merken is dat de bronnen van de koolstoftoevoer erg verschillen tussen de twee percelen (Figuur 6.2). Op perceel AFL5.2 komt de koolstof vooral uit gewasresten. Hier is in de vijf gesimuleerde jaren twee keer wintertarwe verbouwd, waarbij één keer het stro is ingewerkt. Terwijl op perceel AFL12.1 de meeste koolstof juist uit mest/compost komt. Hier worden meerdere keren vaste geiten- en varkensmest en compost toegediend. Op perceel AFL5.2 wordt wel een substantiële hoeveelheid varkensgier toegepast (140 ton), maar dit draagt nauwelijks bij aan de gemiddelde koolstofaanvoer aangezien gier weinig organische stof bevat (ong. 5kg per ton).

De vier percelen met de meest negatieve koolstofbalans zijn AFL2, AFL4.2, AFL9.2 en AFL13.1. Wanneer we kijken naar de totale toevoer van koolstof op die percelen (Figuur 6.2) dan valt op dat AFL2 en AFL4.2 toch een relatief hoge toevoer hebben, vergeleken met de andere percelen. Een deel van de verklaring kan liggen in de hoge organische stofgehalten op deze percelen (4,3% en 4,0% respectievelijk). Een hoger gehalte organische stof in de bodem, betekent ook meer afbraak van bodemorganische stof. Er moet dus meer organische stof worden toegevoerd om de afbraak van organische stof aan te vullen, vergeleken met een perceel met een laag gehalte aan organische stof.

De andere twee percelen met een sterk negatieve koolstofbalans hebben lagere organische stof gehalten (AFL9.2 met 2,2% en AFL13.1 met 3,3%) maar ook een relatief lage toevoer van koolstof. Op perceel AFL13.1 wordt veel drijfmest gebruikt, wat snel afbreekbare koolstof bevat. Vergeleken met de andere percelen heeft perceel AFL13.1 ook de laagste invoer van koolstof uit gewasresten. Deels komt dit doordat er (vezel)vlas in het bouwplan zit. Vlas wordt met wortel en al uit de grond getrokken om de vezels zo lang mogelijk te houden. Hierdoor blijven er nauwelijks gewasresten over.



Figuur 6.2 Aanvoer van koolstof naar de percelen in Flevoland

Zeeland

Voor negen percelen in Zeeland zijn koolstofbalansen berekend over de afgelopen 5 jaar (Tabel 6.2). Er zijn twee percelen met een positieve koolstofbalans met meer dan 0,2 ton koolstof vastlegging. Vier percelen zijn ongeveer neutraal en drie percelen hebben een sterk negatieve balans van meer dan 0,2 ton koolstof afbraak per jaar.

Tabel 6.2 Netwerk Zeeland koolstof- en organische stofbalansen. Gemodelleerd met NDICEA voor de afgelopen 5 jaar.

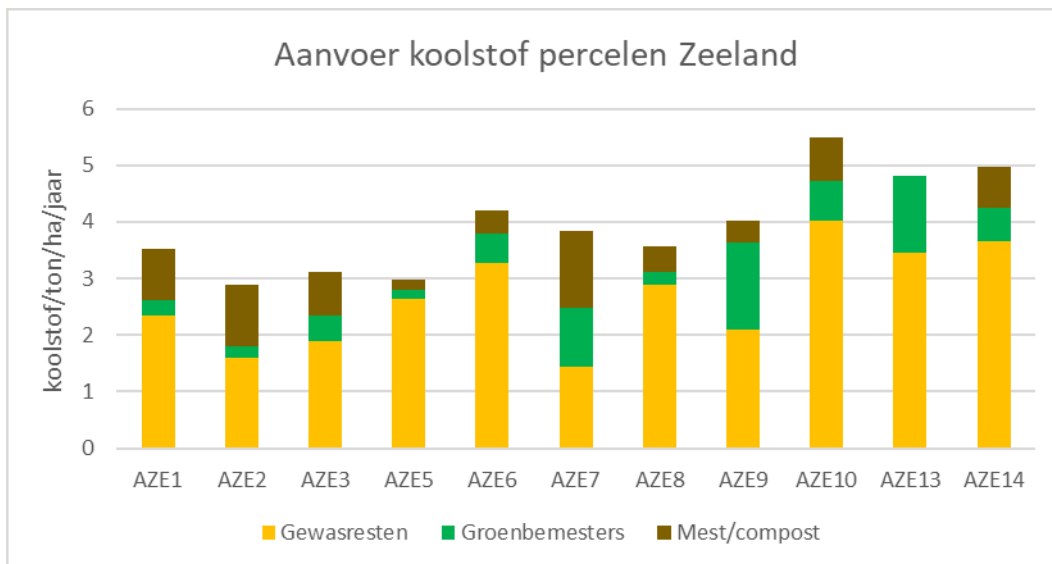
Perceel	Beginwaarde organische stof (%)	Verandering organische stof (% OS/ha/jr)	Verandering koolstof (ton C/ha/jr)
AZE1	1,9	0,03	0,90
AZE3	2,6	0,01	0,20
AZE5	1,9	0,01	0,26
AZE6	3,3	-0,02	-0,46
AZE7	2,9	0,00	-0,01
AZE9	2,9	0,00	-0,03
AZE10	2,4	-0,03	-0,52
AZE13	2,3	0,00	-0,03
AZE14	3,5	-0,03	-0,65

Bij beide positieve percelen (AZE1 en AZE5) is de beginwaarde organische stof relatief laag (Tabel 6.2). Perceel AZE1 heeft een sterk positieve koolstofbalans. Op dit perceel zijn een paar vrij intensieve gewassen geteeld zoals zaaiui en twee keer aardappel. Daarnaast is er twee keer

wintertarwe geteeld, waarvan het stro een keer is afgevoerd. Qua organische bemesting is er 60 ton varkensdrijfmest toegepast en er is een grote compostgift gedaan van 40 ton groencompost. De drijfmest levert wel enige bijdrage aan de koolstof opbouw, maar de compost de grootste bijdrage van ongeveer 180kg organische stof/ton. Bij AZE5 is ook sprake van een koolstofopbouw. Hier komt de meeste koolstof uit gewasresten van wintertarwe. Dit is de afgelopen 5 jaar tweemaal geteeld waarbij het stro niet is afgevoerd. Een bemesting van 30 ton varkensdrijfmest levert ook enige koolstof aan (Figuur 6.3).

Drie percelen hebben een sterk negatieve balans (AZE6, AZE10, AZE14). Twee hiervan hebben de hoogste beginwaarde organische stof in deze groep (AZE6, AZE14). AZE6 heeft twee keer suikerbieten en een keer aardappel geteeld. Ook twee keer wintertarwe waarvan het stro niet is afgevoerd en twee keer bladrammenas als groenbemester. De crux zit hier in de organische bemesting, er wordt wel 66 ton varkensdrijfmest aangevoerd, maar dit heeft weinig effect op de koolstofaanvoer (Figuur 6.3). Perceel AZE14 heeft door drie teelten van wintertarwe een vrij hoge aanvoer van koolstof. De afgelopen jaren is daarnaast 30 ton rundvee drijfmest, 10 ton kippenmest en 8 ton champost aangevoerd. Door de hoge beginwaarde organische stof zou er desondanks meer organische bemesting moeten worden aangevoerd om de koolstof in de bouwvoor op peil te houden.

Op acht van de Zeelandse percelen wordt gemiddeld 3,9 ton koolstof aangevoerd naar de bodem (Figuur 6.3). Afkomstig uit 2,7 ton gewasresten, 0,6 ton groenbemesters en 0,6 ton mest/compost. Op acht van de negen percelen is minstens eenmaal granen geteeld. Opvallend hierbij is dat maar op één perceel het stro is afgevoerd. Dit verklaart gedeeltelijk waarom Zeeland gemiddeld de hoogste aanvoer van koolstof uit gewasresten van de vier regio's heeft (2,7 ton/ha/jaar).



Figuur 6.3 Aanvoer van koolstof naar de percelen in Zeeland

Brabant

In het Brabantse netwerk zijn er vier percelen met een duidelijk positieve koolstofbalans van boven de 0,2 ton C/ha/jaar. Vier percelen hebben een afbraak van meer dan 0,2 ton C/ha/jaar. De overige drie percelen zijn ongeveer neutraal in koolstof.

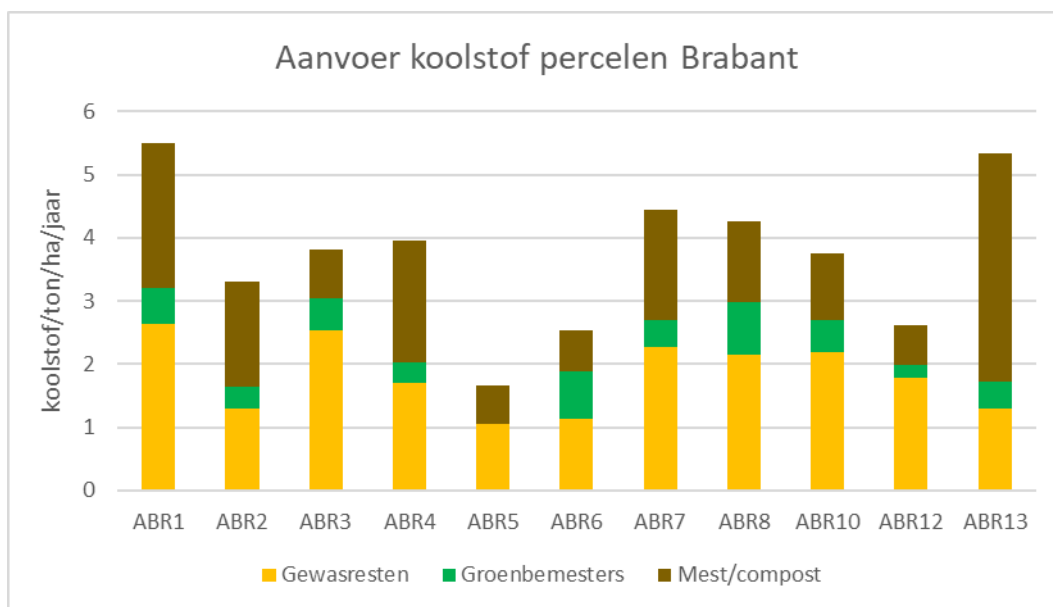
Tabel 6.3 Netwerk Brabant koolstof- en organische stofbalansen. Gemodelleerd met NDICEA voor de afgelopen 5 jaar.

Perceel	Beginwaarde organische stof (%)	Verandering organische stof (% OS/ha/jr)	Verandering koolstof (ton C/ha/jr)
ABR1	3,8	0,01	0,27
ABR2	2,8	0,01	0,27
ABR3	5,0	-0,05	-0,99
ABR4	3,5	0,00	0,07
ABR5	4,7	-0,06	-1,29
ABR6	1,9	-0,01	-0,15
ABR7	2,6	-0,01	-0,25
ABR8	3,5	0,02	0,32
ABR10	2,0	0,00	0,02
ABR12	2,7	-0,02	-0,31
ABR13	3,1	0,06	1,16

De opvallendste positieve koolstofbalans heeft perceel ABR13. Op dit perceel werden vrij intensieve teelten als aardappel, suikerbiet, ui en knolselderij geteeld. Desondanks is de koolstofbalans op dit perceel positief omdat hier veel gebruik wordt gemaakt van dierlijke (vaste) mest en compost. Naast 83 ton rundveedrijfmest, 63 ton runderpotstalmest werd er 100 ton groencompost aangeleverd in de afgelopen 5 jaar. Dit zorgt voor de positieve koolstofbalans in de bouwvoor. De andere positieve percelen (ABR1, ABR2, ABR8) hebben ook een vrij intensief bouwplan, maar maken naast drijfmest ook gebruik van verschillende compostgiften (GFT-, groen- of champignon-compost).

De twee meest negatieve percelen (ABR3, ABR5) hebben beide een hoge beginhoeveelheid organische stof in de bodem. ABR3 heeft een vrij intensief bouwplan van aardappel, suikerbieten en knolselderij. De twee teelten wintertarwe, de bladrammenas groenbemester en drijfmest giften leveren niet genoeg koolstof aan om koolstof in de bouwvoor op peil te houden. ABR5 heeft juist een weinig intensief bouwplan met drie teelten wintertarwe en drie jaar luzerne (meerjarig). Alleen wordt hier al het stro afgevoerd en is groenbemesters telen is geen optie in dit bouwplan. De bemesting bestaat uit drijfmest, het toepassen van vaste mest of compost is ook beperkt in meerjarige teelten als luzerne.

Op alle percelen wordt een vorm van drijfmest toegepast. Daarnaast wordt op 8 van de 10 percelen een vorm van compost toegepast, de drie waar dit niet wordt toegepast hebben de laagste balansen van het netwerk (ABR3, ABR5, ABR12). In de aanvoergrafiek is deze variatie in de categorie mest/compost ook te zien (Figuur 6.4).



Figuur 6.4 Aanvoer van koolstof naar de percelen in Brabant

Veenkoloniën

De situatie in de Veenkoloniën verschilt van de andere regio's vanwege het bijzondere bodemtype. De veenbodems zijn met name anders omdat hier een grote stabiele koolstofvoorraad in de bodem zit. Dit is ook terug te zien in de gemeten beginwaarde organische stof (Tabel 6.4). Drie van de percelen in het netwerk hebben een duidelijk negatieve koolstofbalans. Eén perceel heeft een positieve balans en de overige zeven percelen hebben een neutrale balans.

Tabel 6.4 Netwerk Veenkoloniën koolstof- en organische stofbalansen. Gemodelleerd met NDICEA voor de afgelopen 5 jaar.*

Perceel	Beginwaarde organische stof (%)	Verandering organische stof (% OS/ha/jr)	Verandering koolstof (ton C/ha/jr)
AVE1	9,1	0,01	0,15
AVE2	10,9	0,00	0,09
AVE5	5,0	0,00	0,02
AVE6	10,6	-0,02	-0,50
AVE7	7,8	0,00	0,00
AVE8	3,9	-0,01	-0,14
AVE9	5,0	-0,01	-0,16
AVE10	6,2	-0,02	-0,39
AVE12	8,3	-0,02	-0,35
AVE13	3,9	0,02	0,38
AVE14	6,0	0,00	-0,06

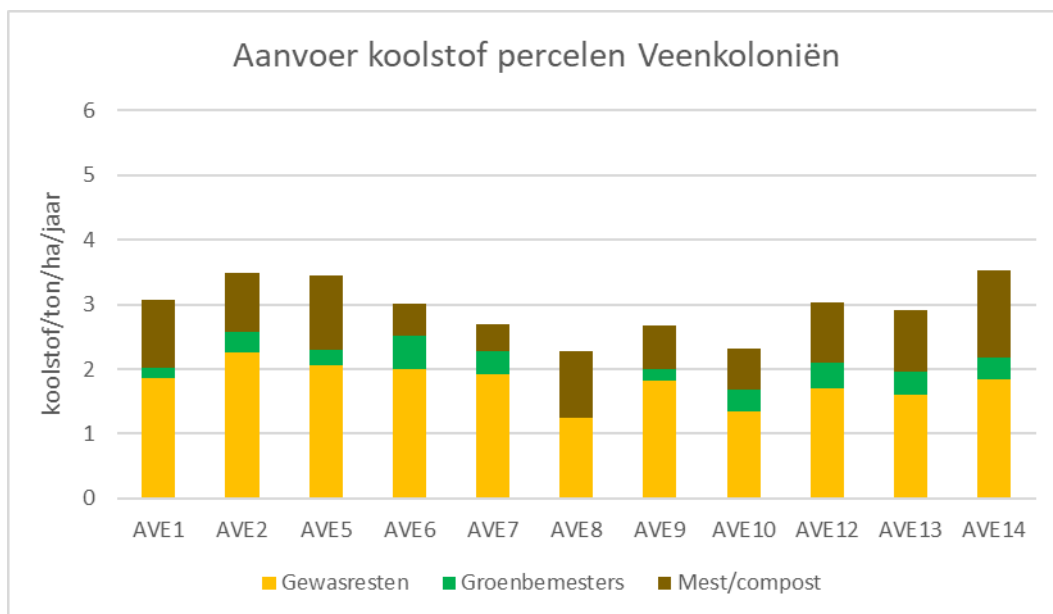
*Er gelden speciale omstandigheden voor deze regio

AVE13 heeft een positieve koolstofbalans. Dit perceel heeft een –voor deze regio - relatief lage beginwaarde organische stof. Er is sprake van een vrij intensief bouwplan; 3 teelten

zetmeelaardappelen, suikerbieten en graan. Wel wordt er organische bemesting toegepast van 93 ton varkensdrijfmest en 22 ton groencompost.

Er zijn drie percelen met een negatieve koolstofbalans. AVE6 heeft een hoge beginwaarde organische stof en heeft de meest negatieve balans. Ondanks twee teelten wintertarwe waarbij de stro wordt ingewerkt wordt er niet genoeg koolstof aangevoerd om de hoge beginwaarde op peil te houden (Figuur 6.5). Op AVE10 is een gemiddelde beginwaarde aan organische stof. Hier wordt echter wel de stro afgevoerd van de ene wintertarwe teelt. Ook wordt er alleen varkensdrijfmest aangevoerd. AVE12 heeft een relatief extensief bouwplan, maar ook hier wordt stro afgevoerd. Hoewel op AVE12 meer organische bemesting wordt aangevoerd dan bij AVE6 en AVE10, is dit niet genoeg om de balans positief te doen uitslaan.

De koolstofaanvoer naar de Veenkoloniale percelen ligt dicht bij elkaar (Figuur 6.5). Op de percelen wordt gemiddeld 3,0 ton koolstof aangevoerd naar de bodem. Deze koolstof komt uit 1,8 ton gewasresten, 0,3 ton groenbemesters en 0,9 ton mest/compost. Het valt op dat, vergeleken met de andere regio's, de bouwplannen erg vergelijkbaar zijn. Vijf van de elf percelen hebben eigenlijk hetzelfde bouwplan; 2 keer zetmeelaardappel, 2 keer suikerbieten en een keer wintergraan met bladrammenas groenbemester.



Figuur 6.5 Aanvoer van koolstof naar de percelen in de Veenkoloniën

Discussie

De koolstofbalansen op basis van de trendlijnen geven aan hoe het verloop is van de koolstof opbouw, dan wel afbraak, voor de percelen van deelnemers aan het Netwerk Akkerbouw. Bij het analyseren van de data vallen een aantal aspecten op. Hoewel meerdere percelen een enigszins vergelijkbare hoeveelheid koolstofaanvoer hebben, zijn er verschillen in het effect op de koolstofbalans. Een factor hierbij is de beginwaarde van organische stof in de bouwvoor. Bij een hoge beginhoeveelheid organische stof is er ook meer potentie voor afbraak van organische stof. Er moet op deze percelen dus relatief meer organische stof worden aangevoerd om de balans positief te houden. Een ander aspect is de kwaliteit (en daarmee afbraaksnelheid) van de koolstofbronnen. Een zelfde hoeveelheid koolstof uit bijvoorbeeld drijfmest breekt sneller af dan diezelfde hoeveelheid koolstof uit compost.

De trendlijn wordt beïnvloed door de koolstofaanvoer uit de elkaar opvolgende gewassen, inclusief de toediening van organische mest/compost. In een aantal gevallen heeft de volgorde relatief veel invloed, bijvoorbeeld wanneer er in het laatste jaar van de modellering een groenbemester is ingezet en een compostgift is gegeven. In dat geval breekt deze organische stof nauwelijks af omdat het einde van de modellering al bereikt is en de berekening stopt. Dit zorgt voor een relatief grote piek aan het eind van de berekening en daardoor een meer opwaartse trendlijn. Omgekeerd, wanneer een grote compostgift en bijvoorbeeld een graangewas met achterlaten van gewasresten in het eerste jaar van de modellering was ingevoerd, vormt dit een relatief hoge piek aan het begin van de berekening, en daardoor vaak een meer dalende trendlijn. Deze relatieve invloed van koolstofaanvoer aan het begin en eind van de modellering kan worden afgevlakt door een lange termijn simulatie te doen en de rotatie meerdere keren te herhalen. Dit is echter vooralsnog niet mogelijk met de gegevens van de deelnemers over 5 jaar. Om een langere doorrekening te kunnen maken moet in plaats van een doorrekening van een vast aantal jaar (in dit geval 5 jaar), een doorrekening van een herhalende rotatie worden gemaakt. Dit verschilt per regio, bijvoorbeeld in Zeeland is dit vaak 4 jaar terwijl het in Flevoland bijvoorbeeld vaak 6 jaar is. Ook zijn er deelnemers zonder vaste rotatie. In het komende jaar wordt hier verder aan gewerkt met als doel de voorspellingen betrouwbaarder te maken.

7 Demonstraties

De demonstraties die in de verschillende regio's zijn georganiseerd hebben twee doelen. Het eerste doel is om de netwerkdeelnemers antwoord te geven op veel gestelde vragen tijdens de interviews. Ten tweede geeft een demonstratie boeren de mogelijkheid om een toegepaste maatregel in de praktijk te volgen en samen te bediscussiëren wat de implicatie en toepassingsmogelijkheden van de maatregel zijn. Omdat er onder de huidige omstandigheden met COVID-19 geen bijeenkomsten mogelijk zijn, zijn deze bijeenkomsten rond demonstraties voorlopig uitgesteld. Zodra versoepelingen worden aangekondigd zullen bijeenkomsten die buiten plaatsvinden opnieuw worden ingepland. Mocht er geen versoepeling in zicht zijn, dan worden de demonstraties zo goed mogelijk gedocumenteerd en wordt er de nadruk op gelegd om online en in groepen meer terugkoppeling te geven richting de boeren. Afhankelijk van het beleid op de (proef)bedrijven, is individueel bezoek mogelijk.

7.1 Werkwijze

Het telen van groenbemesters is een maatregel die al door veel telers – ook buiten de netwerken – wordt ingezet. Inzaaien van groenbemesters dient meerdere doelen. Over de toepassing ervan zijn nog veel, en vooral regio-specifieke, vragen. In de regio's Flevoland, Zeeland en Veenkoloniën zijn daarom groenbemesterdemonstraties aangelegd. Met name de keuze van het soort of mengsel groenbemesters en de wijze van inwerken na overwinteren staan centraal. In Brabant is interesse in toepassing van organische meststoffen. Hoewel er wel experimenten zijn aangelegd bij de deelnemers, is er geen separate demo aangelegd. In overleg met ZLTO wordt gekeken naar inrichting van een bodem & klimaat voorbeeldbedrijf.

7.1.1 Flevoland

In Flevoland is een demo aangelegd op het bedrijf van een van de deelnemers. Deze deelnemer neemt meerdere klimaatmaatregelen zoals: verbeteren gewasrotatie (50% graan), inwerken gewasresten (stro), gebruik organische mest, overwinteren van groenbemesters en minimale grondbewerking ofwel niet-kerende grondbewerking (NKG).

Met name bij het overwinteren van groenbemester (op zware zeekleigrond) is de vraag hoe deze zo goed mogelijk in gewerkt kan worden om een goed zaaibed te verkrijgen. Na een zachte winter is het gebruik van glyfosaat nodig om het groenbemestersgewas te vernietigen. Vanwege de vorst begin februari 2021 is glyfosaat gebruik dit jaar niet nodig en het effect ervan vormt daardoor geen onderdeel van deze Demo. De demo op het bedrijf van deze deelnemer draait om de vraag: Welke grondbewerkingsmethode en zaaitechniek maakt het mogelijk om in de NKG-systeem suikerbieten te zaaien zonder derving van opkomst en opbrengsten? Vanaf begin februari 2021 zijn drie varianten aangelegd:

1. Behandeling met een schijveneg net voor de vorstperiode (begin februari)
2. Behandeling met een biofrees (biomulch) na de vorstperiode (6 maart)
3. Direct zaaien met schijven zaaimachine zonder voorbereiding vooraf (eind maart)

Bij elke variant wordt gekeken naar de opkomst van de suikerbieten na zaaien, de gewasontwikkeling tijdens het groeiseizoen en de opbrengst bij de oogst. Eventueel wordt ook het suikergehalte gemeten van de drie varianten.

Op de proeftuin Agroecologie en Technologie te Flevoland is ook een demonstratie ingepland voor het voorjaar van 2021, over het direct inzaaien van granen in een overwinterende groenbemester. Binnen het lange termijn experiment BASIS wordt in een strook van 6x80m overwinterende groenbemester (mengsel) direct bieten gezaaid. Dit zal eind maart plaatsvinden.

7.1.2 Zeeland

Op proefboerderij Rusthoeve te Colijnsplaat is in het najaar van 2020 een demonstratie opgezet over het gebruik van groenbemesters. Binnen het netwerk Zeeland leefde vragen zoals: welke groenbemester soorten en/of mengsels zijn geschikt voor zeekeigronden? Hoe kunnen we de groenbemesters het best beëindigen wanneer we deze laten overwinteren? Kan dit ook zonder glyfosaat gedaan worden? En kan er dan een fijn genoeg zaaibed worden aangelegd voor de volgteelt (o.a. suikerbieten)?

Op 3 september 2020 zijn vijf groenbemesters ingezaaid in stroken, en één is strook braak gelaten. De enkelvoudige groenbemesters zijn: bladrammenas, gele mosterd en Japanse haver. En twee mengsels: Viterra Rasp (8% Alexandrijnse klaver, 23% olievlas, 15% Perzische klaver, 53% facelia) en Viterra Universal (11% Alexandrijnse klaver, 26% Japanse Haver, 10% Perzische klaver, 50% facelia, 3% wikken).

De groenbemesters worden op vijf verschillende manieren – dwars over de groenbemester stroken – beëindigd. In november 2020 is één dwarsstrook geploegd. Dit is de gangbare manier en dient als controle of referentie. In het voorjaar zullen de overige manieren toegepast worden met en zonder glyfosaat: onderwerken met een ecoploeg, rotorkoepel en een Geohobel frees. In de suikerbieten volgteelt zal de opkomst van de suikerbieten gemonitord worden.

7.1.3 Brabant

In het najaar van 2021 wordt gestart met een demonstratie omtrent het inzetten van een regenererend tussenjaar met groenbemesters. Op een akkerbouwbedrijf zullen 3 verschillende groenbemestermengsels worden gezaaid die tijdens het teeltjaar 2022 blijven staan. Het doel is om maximaal stikstof en koolstof te binden.

7.1.4 Veenkoloniën

In de Veenkoloniën is op 20 oktober 2020 een groenbemesterdemonstratie aangelegd op een akkerbouwbedrijf in Valthermond. In deze regio worden veel zetmeelaardappelen geteeld, vaak in een 1:2 rotatie. Zetmeelaardappelen worden relatief laat geoogst (oktober-november) waardoor er weinig tijd over blijft om een groenbemester in te zaaien. Deze demonstratie heeft als doel om uit te zoeken welke opties er zijn om toch nog een groenbemester in te zaaien. Daarnaast zijn er vragen over aaltjesvermeerdering, biomassa productie en beste manier van inwerken.

Er zijn drie groenbemestermengsels ingezaaid, en een stuk braak land ter controle. De groenbemesters zijn 1) Feed Cover: 50% Japanse Haver, 25% Alexandrijnse klaver, 25% winterwikke. 2) Easy Green winter (DSV): 74% bladrogge, 26% Italiaans raaigras. 3) Meteil: 45% Triticale, 30% haver, 25% voedererwt.

Eind maart 2021 worden de groenbemesters op twee verschillende manieren worden ingewerkt, zonder daarbij glyfosaat te gebruiken. De exacte manier van in werken zal te zijner tijd besloten

worden in overleg met de betrokken telers en is afhankelijk van hoe de groenbemester zich heeft ontwikkeld en/of is doodgevroren in de winter. De opkomst van het volggewas (suikerbiet) zal worden gevolgd.

7.2 Resultaten

Vanwege de Coronarestricties kunnen er geen fysieke bijeenkomsten georganiseerd worden rond het vernietigen van de groenbemesters. Bij elke demonstratie zal daarom het inwerken gefilmd worden voor gebruik bij digitale bijeenkomsten.

7.2.1 Flevoland

Ten tijden van deze rapportage zijn de eerste twee varianten van grondbewerking aangelegd op de demonstratie bij de Netwerk Akkerbouw deelnemer in Flevoland. De bieten zullen eind maart 2021 in beide demonstraties in Flevoland worden gezaaid.



Figuur 7.1 Effect van biofrees na overwinteren van groenbemester op zware kleigrond (6 maart 2021)

7.2.2 Zeeland

Na het zaaien van de groenbemesters in september 2020 is een aanzienlijke hoeveelheid biomassa gevormd (Figuur 7.2). In het braak/referentie object is wat onkruid gekomen, vooral straatgras en graanopslag. In februari 2021 zijn er zo'n vier dagen vorst geweest, met temperaturen van -6°C op de demo locatie. De meeste groenbemesters zijn hierdoor afgestorven (Zie figuur 7.3). Binnen de groenbemestermengsels zijn nog een aantal plantensoorten die niet zijn afgestorven. Ook de bladrammenas en Japanse haver waren na de vorstperiode nog enigszins groen, maar wel dusdanig beschadigd dat er geen sterke groei meer te verwachten is.

De groenbemesters zijn ten tijde van dit schrijven nog niet ingewerkt. Eind maart 2021 zullen er stroken worden doodgespoten met glyfosaat – voor zover deze nog niet dood gevoren waren – en daarna wordt de biomassa geklepeld om het te verkleinen. Hierna worden de groenbemesters op drie verschillende manieren worden ingewerkt, met en zonder de voorafgaande glyfosaat behandeling: 1) ecoploegen; 2) rotorkopeggen; 3) fresen.

Na het zaaien zal de opkomst van de suikerbieten worden gemonitord.



Figuur 7.2 Vier van de groenbemesters begin november 2020. A) bladrammenas, B) gele mosterd, C) Japanse haver, D) mengsel: Vitens Rasp.



Figuur 7.3 Vier van de groenbemesters eind februari 2021. A) bladrammenas, B) gele mosterd, C) Japanse haver, D) mengsel: Vitens Rasp.

7.2.3 Brabant

De demonstratie in Brabant is nog niet ingezet, maar er wordt in afstemming met de deelnemers opgesteld. Deze demonstratie zal op een meer wetenschappelijke manier worden ingezet met plots in herhalingen.

7.2.4 Veenkoloniën

De groenbemester in de demonstratie in de Veenkoloniën zal eind maart worden ingewerkt. Door de late zaai is er –zoals verwacht - weinig bovengrondse biomassa ontwikkeld. Op 4-5-2021 zijn een aantal metingen verricht, zoals bovengrondse biomassa bemonstering en profielekuilbeoordelingen. Hierin was een redelijk goede beworteling te zien, relatief voor de hoeveelheid biomassa die bovengronds te zien was. Het inwerken staat op twee manieren gepland: 1) doormiddel van een zogenaamde biofrees, en 2) doormiddel van stoppelcultivator. Voor de koolstofvastlegging was deze late oogst waarschijnlijk minimaal effectief. Maar, de telers op wiens bedrijven de demo's zijn aangelegd zijn voor alsnog toch positief, juist omdat het inwerken van veel biomassa in het voorjaar erg uitdagend is. Zij denken dat zelf de minimale begroeiing toch positieve effecten oplevert voor de bodemstructuur en bodemleven. Hier zullen nog verdere metingen aan gedaan worden.



Figuur 7.4 Van links naar rechts: Zaai van de groenbemesters op 20-10-2020; Uitzetten van plots voor aaltjesbemonstering op 26-10-2020; Ontwikkeling van de groenbemester op 16-12-2020; kluitbeoordeling op 04-03-2021; biomassa bemonstering op 04-04-2021.

8 Economische ondersteuning klimaatmaatregelen

Klimaatmaatregelen zullen alleen door telers worden geïmplementeerd wanneer deze geen nadelig economisch effect hebben. De economische doorrekening geeft een indicatie van verwachte kosten en baten per regio.

8.1 Werkwijze

In Koopmans en Janmaat (2020) zijn reeds de kosten en baten van de koolstofmaatregelen en regio specifieke varianten binnen 'verbeteren gewasrotatie' en 'organische stofaanvoer' uitgewerkt. In dit voortgangsrapport worden kosten en baten van de koolstofmaatregelen 'grondbewerking' en 'akkerranden' op vergelijkbare wijze uitgewerkt. Tevens zijn voor de maatregelen 'verbeteren gewasrotatie' en 'organische stofaanvoer' de kosten gekoppeld aan de koolstof vastlegging hoeveelheden (volgens Koopmans en Janmaat, 2020) van de desbetreffende maatregel en varianten daarbinnen. Dat geeft inzicht in hoeveel koolstof er voor elke euro kosten opgeslagen kan worden. Zo kunnen de maatregelen ook onderling vergeleken worden op de effectiviteit per eenheid kosten.

8.1.1 Werkwijze grondbewerkingsstrategieën:

Om de kosten en baten van verschillende grondbewerkingsmaatregelen te berekenen is in dit onderzoek gebruik gemaakt van data uit verschillende lange termijnexperimenten (LTE's). Deze LTE's hebben onder andere als doel om met alternatieve grondbewerkingsstrategieën tot een verbeterde bodemkwaliteit te komen en die te vergelijken met de referentie situatie. Daarnaast wordt er gekeken naar specifieke componenten zoals agronomie en ecologie. Tevens wordt er rekening gehouden met locatieafhankelijke eigenschappen (zoals grondsoort) en uitdagingen. Een voorbeeld van de laatstgenoemde zijn de problemen door winderosie in de Veenkoloniën welke ernstige schade kunnen veroorzaken in de landbouw (Kuhlman, Prins, Smit, & Wijnholds, 2014), zoals afname van de organische stof gehalte, bodemstructuur, vochtvasthoudend vermogen en vruchtbaarheid (Hessel, Stolte, & Riksen, 2011). Daarom worden de systeemprouven uitgevoerd op verschillende locaties met verschillende bouwplannen.

In dit onderzoek zijn de verschillende kosten en baten berekend van de verschillende grondbewerkingsstrategieën binnen bouwplannen voor Centrale klei, Zuidelijk zand en Noordelijk zand (Veenkoloniën). Voor deze bouwplannen zijn vervolgens de opbrengsten en kosten van de uitgangssituatie (ploegen of spitten) vergeleken met die van de alternatieve grondbewerkingsstrategie (NKG (niet-kerende grondbewerking) of woelen). De data voor de Centrale klei zijn afkomstig van het project BASIS waar sinds 2009 met een meerjarig systeemonderzoek wordt gekeken in welke mate de bodemkwaliteit wordt bevorderd door minimale grondbewerking (NKG) of een tussenvorm (met woelen) ten opzichte van ploegen. Dit wordt gedaan voor zowel het gangbare als het biologische landbouwsysteem. Deze twee systemen worden tevens onderzocht voor Zuidelijk zand in het project 'Bodemkwaliteit op zand' in Vredepeel waar ploegen wordt vergeleken met NKG. De gebruikte data voor Noordelijk zand is afkomstig uit het project 'Bodemkwaliteit Veenkoloniën' in Valthermond. Hier wordt spitten (uitgangssituatie) vergeleken met NKG in een gangbare rotatie. Dit onderzoek maakt gebruik binnen de systeemprouven bouwplannen en rotaties zoals in Tabel 8.1 weergegeven.

Tabel 8.1 Overzicht van bouwplannen en toegepaste grondbewerkingen binnen de lange termijn experimenten.

Centrale klei <i>Ploegen, woelen en NKG</i>		Zuidelijk zand <i>Ploegen en NKG</i>		Noordelijk zand <i>Spitten en NKG</i>
Gangbaar	Biologisch	Gangbaar	Biologisch	Gangbaar
Pootaardappelen	Consumptie-aardappelen	Consumptie-aardappelen	Consumptie-aardappelen	Zetmeelaardappel Festien
Suikerbieten	Grasklaver	Conservenerwten	Conservenerwten	Suikerbieten
Wintertarwe of zomergerst	Industriekool (wit)	Prei	Prei	Zetmeelaardappel Seresta
Zaaiuien	Zomertarwe	Zomergerst	Zomergerst	Zomergerst
	Winterpeen	Winterpeen	Winterpeen	
	Veldbonen/ zomertarwe	Snijmais	Snijmais	

Om de kosten en baten van de verschillende grondbewerkingen binnen de verschillende bouwplannen en systeemprouven economisch te evalueren is een kosten-baten analyse uitgevoerd. Hierbij worden de baten van bepaalde keuzes afgezet tegen de kosten (Drèze & Stern, 1987). De kosten en baten in dit onderzoek zijn gebaseerd op de volgende factoren:

- Baten: grondbewerkingen kunnen zorgen voor een mogelijke verandering in fysieke opbrengst. In dit onderzoek worden de verschillende opbrengstdata van de uitgangssituatie (ploegen) vergeleken met die van de alternatieve grondbewerking. Vervolgens zijn de fysieke opbrengsten omgezet naar de bruto-geld opbrengst per hectare doormiddel van de volgende formule:

$$R = P * Q \quad (1)$$

R is de bruto geldopbrengst per ha; P refereert naar de prijs van het product op basis op basis van de KWIN (Van der Voort, 2018); Q geeft de opbrengst van het product weer uitgedrukt in kg/ha.

- Kosten: de keuze voor een grondbewerkingsmethode is van invloed op de variabele en vaste kosten. De variabele kosten omvatten o.a. arbeid en brandstof. De vaste kosten zijn voornamelijk mechanisatie zoals werktuigen en trekkers. In dit onderzoek wordt net als bij opbrengsten de verschillen in kosten tussen de grondbewerkingen voor de verschillende bouwplannen berekend. De data voor de kosten zijn eveneens afkomstig van de verschillende systeemprouven.

De kosten en baten zijn in dit onderzoek als eerste weergegeven op gewasbasis binnen het bouwplan. Hierdoor is inzichtelijk wat de invloed is van een alternatieve grondbewerkingsstrategie op de fysieke- (in kg) en bruto-geldopbrengst per hectare per jaar. Daarna zijn voor de kosten en baten van alle gewassen de gemiddelden berekend op bouwplanniveau. Deze zijn berekend door de kosten en baten van de gewassen te delen door hun relatieve aandeel in het bouwplan en vervolgens bij elkaar op te tellen.

8.1.2 Inleiding Akkerranden

Vogelakkers en kruidenrijke akkerranden zijn natuurbeheerpakketten binnen het ANLb (Agrarisch Natuur- en Landschapsbeheer). Het ANLb gaat uit van een gebiedsgerichte

beheeraanpak om (internationale) natuurdoelen te realiseren. Hierbij speelt een collectieve benadering een belangrijke rol, om op een effectieve en efficiënte wijze (dier)soorten binnen een leefgebied in stand te houden. Hierbij wordt rekening gehouden met regionale verschillen. Subsidie kan worden aangevraagd voor vier verschillende agrarische leefgebieden: open grasland, open akker, natte dooradering en droge dooradering en de categorie water (BIJ12, z.d.). Vogelakkers en kruidenrijke akkerranden vallen onder de categorie open akker. Een vogelakker is een meerjarige maatregel met een afwisseling van meerjarige stroken groenvoedergewas zoals luzerne of rode klaver en stroken natuurbraak met een mengsel van granen en kruiden (Nederland Vogelbescherming, z.d.-b). Het aandeel groenvoedergewas bedraagt ongeveer 75% en 25% natuurbraak. Een kruidenrijke akkerrand is een eenjarige of meerjarige maatregel welke is ingezaaid met een mengsel van grassen, kruiden, granen en bloemen. Een eenjarige kruidenrand kan mee rouleren in het bouwplan en kan bijvoorbeeld aan de randen van het perceel, in plaats van een graangewas geteeld worden (Nederland Vogelbescherming, z.d.-a). De precieze invulling van de eisen rondom de vogelakker en kruidenrijke akkerranden zijn afhankelijk van het regionale collectief. Het collectief bepaalt met

beheereisen- en aanvullende beheervoorschriften welk beheer moet worden uitgevoerd. Dit houdt in dat er bijvoorbeeld eisen kunnen worden gesteld aan de gebruikte kruidenmengsels of de verhouding van luzerne ten opzichte van natuurbraak. Provincies geven namelijk op basis van hun ambities en natuurdoelen in samenspraak met gebiedspartijen hier invulling aan in een Natuurbeheerplan. In het Natuurbeheerplan staat welke doelsoorten waar worden beschermd. Een agrarisch collectief, een samenwerkingsverband van agrariërs en grondgebruikers in een gebied, stelt vervolgens een gebiedsaanvraag op waarin ze aangeven hoe zij bijdragen aan de natuurdoelen en in het stand houden van de doelsoorten. Agrariërs kunnen voor de uitvoering van de beheeractiviteiten met dit collectief een contract voor het natuurbeheer afsluiten. De collectieven voeren daarnaast grotendeels de controle en handhaving van deze contracten uit (BIJ12, z.d.). Bij de hoogte van de beheervergoedingen voor het ANLb wordt er rekening gehouden met verschillende criteria. De activiteiten die worden uitgevoerd moeten een bovenwettelijk karakter hebben en de verminderde opbrengsten en extra inspanning hiervoor mag worden vergoed. Hierbij wordt de eis gesteld dat het de concurrentieverhouding in de landbouw niet mag verstoren, dit houdt in dat bedrijven met of zonder ANLb-vergoeding hetzelfde inkomen moeten behalen (BoerenNatuur, z.d.).



Kruidenrijke akkerranden (Flevolands Agrarisch Collectief, 2019a)

gebiedsaanvraag op waarin ze aangeven hoe zij bijdragen aan de natuurdoelen en in het stand houden van de doelsoorten. Agrariërs kunnen voor de uitvoering van de beheeractiviteiten met dit collectief een contract voor het natuurbeheer afsluiten. De collectieven voeren daarnaast grotendeels de controle en handhaving van deze contracten uit (BIJ12, z.d.). Bij de hoogte van de beheervergoedingen voor het ANLb wordt er rekening gehouden met verschillende criteria. De activiteiten die worden uitgevoerd moeten een bovenwettelijk karakter hebben en de verminderde opbrengsten en extra inspanning hiervoor mag worden vergoed. Hierbij wordt de eis gesteld dat het de concurrentieverhouding in de landbouw niet mag verstoren, dit houdt in dat bedrijven met of zonder ANLb-vergoeding hetzelfde inkomen moeten behalen (BoerenNatuur, z.d.).

8.1.3 Werkwijze Akkerranden

Om de bedrijfseconomische effecten van de natuurbeheervarianten vogelakkers en kruidenrijke akkerranden te berekenen is een bouwplansaldo analyse uitgevoerd. Om zoveel mogelijk

rekening te houden met gebied specifieke gewassen en opbrengsten is er een analyse gedaan met representatieve bedrijfsopzetten in de regio's Centrale Zeeklei Noordoostpolder (CZKN), Centrale Zeeklei Flevoland (CZKF), Noordoostelijke Zand en Dalgronden (NON) en Zuidwestelijke Zeeklei (ZWZ). Deze regio's met representatieve bedrijfsopzetten zijn eerder gebruikt voor de economische doorrekening van bouwplanverruiming (zie Koopmans & Janmaat 2020). De representatieve bedrijfsopzetten dienen als referentiebouwplannen bij de doorrekening van de bedrijfseconomische effecten in de genoemde regio's en sluiten aan bij de bestaande netwerken in het project Slim Landgebruik. De regio NON kan worden gezien als representatief voor het Netwerk Veenkolonien, ZWZ voor Brabant en Zeeland en CZKF en CZKN voor het netwerk Flevoland. In Tabel 8.2 zijn de regio's weergegeven met het betreffende bouwplan welke in dit onderzoek is doorgerekend.

Tabel 8.2 Overzicht van de regionale referentiebouwplannen

CZKN		CZKF		NON		ZWZ	
Gewas	Aandeel (%)	Gewas	Aandeel (%)	Gewas	Aandeel (%)	Gewas	Aandeel (%)
Poot-aardappel	33,3	Consumptie-aardappel	25,0	Zetmeel-aardappel	50,0	Consumptie-aardappel	20
Suikerbiet	16,7	Suikerbiet	25,0	Zomergerst	33,3	Wintertarwe	40
Zaaiui	16,7	Zaaiui	25,0	Suikerbiet	16,7	Suikerbiet	20
Wintertarwe	16,7	Wintertarwe	25,0			Zaaiui	20
Tulpverhuur	16,7						

Om de economische effecten van de natuurbeheervarianten te analyseren en te vergelijken met de referentiesituatie is het bouwplansaldo berekend aan de hand van het gewogen gemiddelde:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n w_i x_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad (2)$$

Hierbij geldt \bar{x} als het gewogen gemiddelde (bouwplansaldo per hectare); x als het individuele gewassaldo; w als de wegingsfactor (aantal hectares); i refereert naar de sommatie-index van een specifiek gewas; n refereert naar het aantal gewassen binnen het bouwplan. De gewassaldo's zijn afkomstig uit de Kwantitatieve Informatie voor de Akkerbouw en de Vollegrondsgroenteteelt (KWIN AGV) (Van der Voort, 2018) en zijn per regio opgenomen in Bijlage 5. Waar beschikbaar wordt het saldo loonwerk gebruikt, anders het saldo eigen mechanisatie. Omdat er voor de vogelakkers en kruidenrijke akkerranden geen saldo's beschikbaar zijn, zijn deze voor dit onderzoek berekend (zie Bijlage 5). Dit is uitgevoerd op basis de uitgangspunten zoals beschreven in de KWIN AGV (Van der Voort, 2018). Hierbij zijn een aantal specifieke aspecten met betrekking tot dit onderzoek meegenomen:

- **Bruto geldopbrengst:** in dit onderzoek zijn, naast gewasopbrengsten bij de vogelakker (luzerne), de ANLb subsidies meegenomen in de berekening van de bruto geldopbrengst (Tabel 8.3). Deze vergoedingen zijn gebaseerd op de regionale vergoedingen voor beheerjaar 2020. De vergoedingen zijn afgeleid van de inkomstenderving door het uitvoeren van natuurbeheer bij het gangbare akkerbouwplan in Nederland (BIJ12, 2019;

Swart, Schreuder, & Metselaar, 2012). Zo wordt er in de berekeningen voor de hoogte van de vergoedingen binnen leefgebied open akker gekeken naar een gangbaar bouwplansaldo voor zand en klei. Binnen de grondsoorten is vervolgens geen verder onderscheid gemaakt. Voorts zijn regionale verschillen ook niet meegenomen zoals gebied specifieke geteelde gewassen of gespecialiseerde akkerbouwbedrijven (BoerenNatuur, z.d.). Voor ZWZ is alleen de vogelakker doorgerekend omdat de kruidenrijke akkerranden (veldleeuwerikenrand en patrijzenrand) een ander karakter hebben dan de akkerranden in de overige regio's (ANB Brabant, z.d.).

Tabel 8.3 Overzicht van regionale vergoedingen van vogelakkers, een- of meerjarige kruidenranden voor het ANLb

Regio	Grondsoort	Vogelakker ¹ (€)	Een- of meerjarige kruidenrand ² (€)	Referentie
CZKN	Klei	2.530	2.530	(Flevolands Agrarisch Collectief, 2019b)
CZKF	Klei	2.530	2.530	(Flevolands Agrarisch Collectief, 2019b)
NON	Zand	1.968	1.968	(Agrarische Natuur Drenthe, 2020)
ZWZ	Klei	2.150	-	(ANB Brabant, 2018)

¹ Beheerpakket 16b

² Beheerpakket 19c

Dit onderzoek gaat voor de vogelakkers (meerjarig), eenjarige en meerjarige kruidenrijke akkerranden (minimaal 9m breed) uit van de volgende vergoedingen (de vergoedingen verschillen per regionaal collectief en grondsoort):

- **Uitgangsmateriaal:** het uitgangsmateriaal als in de vorm van vereiste zaadmengsels kunnen sterk verschillen per natuurdoel. Om tot een eenduidige resultaten te komen is in dit onderzoek is gekozen om de volgende prijzen te hanteren (L. Janmaat, persoonlijke communicatie, 4 december 2020):
 - Eenjarige en meerjarige kruidenrijke akkerranden: €700 p/ha, in deze randen kunnen specifieke mengsels voorkomen.
 - Vogelakker: €350 p/ha, de kruidenmix voor de natuurbraakstrook is minder specifiek dan de mengsels voor de kruidenrijke akkerrand.
- **Bemesting:** de kruidenrijke akkerranden en natuurbraakstroken worden niet bemest om verschraving te bevorderen. In het geval van luzerne wordt er jaarlijks 15m³ rundveemest toegepast en geen kunstmest (L. Janmaat, persoonlijke communicatie, 4 december 2020).
- **Gewasbeschermingsmiddelen:** in de kruidenrijke akkerranden en natuurbraakstroken worden geen gewasbeschermingsmiddelen toegepast.
- **Energie en arbeidsbehoefte:** de energie (brandstofkosten) en arbeidsbehoefte zijn meegenomen om het beheer van de vogelakker en de kruidenrijke akkerranden uit te voeren.

- **Meerjarige gewassen:** het uitgangspunt van de teeltduur van de vogelakker en meerjarige kruidenrand is 2 jaar. Dit betekent dat de toegerekende kosten en opbrengsten in de saldoberekening over deze periode zijn gemiddeld per jaar.

In de berekening van het gemiddelde bouwplansaldo van de natuurbeheervarianten is ervoor gekozen om natuurbeheer op 5% van het bouwplan uit te voeren. Hierdoor wordt inzichtelijk of het gemiddelde bouwplansaldo onder een variant met natuurbeheer stijgt of daalt ten opzichte van de referentiesituatie. Tevens is ervoor gekozen om de eenjarige kruidenrijke akkerrand naast een graangewas aan te leggen (wintertarwe of zomergerst). De vogelakker en de meerjarige kruidenrijke akkerranden worden voor meerdere jaren aangelegd, waardoor elk gewas binnen relatief een gelijk aandeel inlevert.

8.1.4 Werkwijze Marginale kosten koolstof maatregelen

De toegerekende kosten en effecten op het bouwplansaldo van de koolstofmaatregelen in verschillende regio's en verschillende varianten zijn inmiddels bekend (zie Janmaat *et al.* (2020) en Koopmans en Janmaat (2020) en dit rapport). In dit hoofdstuk worden deze kostenberekeningen gekoppeld aan de potentiële koolstof vastlegging van de maatregel. Daarmee wordt er een inschatting gemaakt van wat een ton koolstofvastlegging per maatregelen en de bijbehorende varianten kost. Dat geeft aan in welke maatregel een investering de meeste koolstofvastlegging per geïnvesteerde euro oplevert. Hier wordt dat gedaan voor een tweetal maatregelen: Verbeteren gewasrotatie en organische stofaanvoer. Voor de andere twee maatregelen (akkerranden en grondbewerking) is deze berekening niet mogelijk, omdat de koolstofvastleggingspotentie nog niet bekend is (akkerranden) of dat de koolstofvastlegging gelijk staat aan 0 in het geval van alternatieve grondbewerkingsstrategieën (Koopmans en Janmaat, 2020).

Methodiek

In dit onderzoek zijn de marginale kosten van koolstofmaatregelen berekend (Verbeteren gewasrotatie en organische stofaanvoer). Marginale kosten in de context van dit onderzoek houden in: de kosten die één ton vastgelegde koolstof met zich meebrengt door een koolstofmaatregel ten opzichte van de referentiesituatie. Om de marginale kosten van de maatregelen te berekenen is gebruik gemaakt van koolstofgegevens uit Koopmans en Janmaat (2020) en de economische saldoberekeningen uit Janmaat *et al.* (2020). Het berekenen van de marginale kosten is als volgt gedaan, waar de marginale kosten de verandering in de toegerekende kosten gedeeld door de verandering van de hoeveelheid vastgelegde koolstof is:

$$MC_i = \frac{\Delta VC_i}{\Delta Q_i}$$

Hierbij geldt MC als de marginale kosten per ton koolstof; VC als de verandering in de variabele kosten in een koolstofmaatregel ten opzichte van de referentiesituatie; Q als de verandering in de hoeveelheid vastgelegde koolstof ten opzichte van de referentiesituatie; i refereert naar een specifieke koolstofmaatregel en variant daarbinnen. De verandering in variabele kosten door Verbeteren gewasrotatie is de verandering van het bouwplansaldo ten opzichte van het referentiescenario. De verandering in variabele kosten van organische stof aanvoer bestaat uit de verandering van kosten door het gebruik van een andere meststof. Bij de verandering van koolstofvastlegging is gekeken hoeveel er verandert door de koolstofvariant ten opzichte van het referentiescenario. De koolstofgegevens voor Verbeteren gewasrotatie zijn tot stand

gekomen door modelberekeningen in NDICEA. Dit is gedaan voor varianten in de regio's Centrale Zeeklei Noordoostpolder (CZKN), Centrale Zeeklei Flevoland (CZKF), Noordoostelijke Zand en Dalgronden (NON) en Zuidoostelijk Zand (ZOZ), zie Appendix 3, 1.2 Marginale kosten). De modelberekeningen gaan ervan uit dat stro wordt ingewerkt (behalve in het referentiescenario), hierdoor kunnen de bouwplansaldo's in deze studie lager liggen dan die in Janmaat *et al.* (2020) waar stro wordt verkocht.

De koolstofvastlegging voor organische stof aanvoer door mest is weergegeven in Tabel 8.4. Voor de doorgerekende economische varianten van organische stofaanvoer uit Janmaat *et al.* (2020) zijn geen koolstofgegevens beschikbaar in Koopmans en Janmaat (2020). Daarom is op basis van de effectieve organische stof aanvoer (EOS) aanvoer van de verschillende mestsoorten de organische stof (OS) bepaald. Dit is gedaan door de humificatie-coëfficiënt (H.C.) te delen door de EOS-aanvoer waardoor de OS bepaald kan worden (Handboek Bodem en Bemesting, z.d.). De hoeveelheid CO₂ kan worden bepaald door OS te delen door 50% (Koopmans en Janmaat, 2020), op basis van CO₂ kan de vervolgens hoeveelheid vastgelegde koolstof afgeleid worden door de hoeveelheid CO₂ te delen door 44/12. De H.C. van potstalmest ontbreekt in het Handboek Bodem en Bemesting (z.d.), in dit onderzoek wordt uitgegaan van een waarde van 0,7 (W. Van Dijk, persoonlijke communicatie, 15 februari 2021).

Tabel 8.4 Overzicht varianten organische stof aanvoer door organische mest

Variant	Organische mestsoort	EOS-aanvoer (kg/ha)	Humificatie-coëfficiënt	OS-aanvoer (kg/ha)	CO ₂ -vastlegging (ton/ha)	Koolstofvastlegging (ton/ha)
Referentie	Dunne VDM	440	0,33	1333	2,67	0,73
Variant 1	RDM	2000	0,7	2857	5,71	1,56
Variant 2	Potstalmest	2581	0,7	3687	7,37	2,01
Variant 3	GFT-compost	5940	0,9	6600	13,20	3,60

8.2 Resultaten

8.2.1 Grondbewerking

Hieronder wordt per lange termijn experiment (LTE) telkens eerst de kosten van grondbewerkingsvarianten op een rij gezet, vervolgens worden de baten opgesomd en tot slot wordt het eindresultaat gepresenteerd.

Centrale Klei

Kosten

De resultaten van Centrale klei laten zien dat de kosten van alternatieve grondbewerkingen op bouwplanniveau in het gangbare en biologische systeem in absolute zin lager liggen dan de uitgangssituatie. Voor de gangbare variant levert de tussenvorm en minimale variant respectievelijk een besparing op van €13 (2,7%) en €63 (13,2%) p/ha/j (Tabel 8.17) op de grondbewerkingskosten. Voor de biologische variant zorgt de tussenvorm voor een besparing van €54 (14,4%) p/ha/j en de minimale €65 (17,4%) p/ha/j (Tabel 8.17). De besparingen liggen procentueel gezien voor alle gewassen binnen het gangbare systeem in de range van 1,9% tot

16,0% p/ha/j. In de biologische variant zijn de verschillen groter, zo dalen de grondbewerkingskosten in de minimale bewerking voor industriekool en consumptieaardappelen met 30,0% p/ha/j of meer. De kosten voor de alternatieve grondbewerkingen dalen ten opzichte van ploegen dalen doordat de kosten van arbeid, brandstof en mechanisatie dalen. Zo liggen de kosten van woelen (tussenvorm) 53,4% lager dan ploegen. Het onderzoek van De Wolf, Dawson, & Klompe (2019) maakt daarbij de opmerking dat de alternatieve grondbewerkingen met name in de biologische systemen ook van invloed kunnen zijn op de onkruiddruk waardoor de kosten van (handmatige) onkruidbeheersing toenemen. In dit onderzoek zijn de kosten niet meegenomen omdat deze in de LTE's niet beschikbaar waren.

Tabel 8.5 Overzicht grondbewerkingskosten per strategie en gewas voor de gangbare rotatie op Centrale klei

Kosten bewerkingen gewassen (gangbare gewasrotatie) (€/ha)					
Bewerking	Poot-aardappelen	Suikerbieten	Wintertarwe of zomergerst	Zaaiuien	Gem. bouwplan
S (standaard)	625	286	494	494	475
T (tussenvorm)	613	338	415	481	462
M (minimaal)	546	272	415	415	412
Vershil T t.o.v. S	-1,9%	18,2%	-16,0%	-2,6%	-2,7%
Vershil M t.o.v. S	-12,6%	-4,9%	-16,0%	-16,0%	-13,2%

Tabel 8.6 Overzicht grondbewerkingskosten per strategie en gewas voor de biologische rotatie op Centrale klei

Kosten bewerkingen gewassen (biologische gewasrotatie) (€/ha)							
Bewerking	Cons. aardappelen	Gras-klover	Industrie kool (wit)	Zomer tarwe	Winter peen	Veld-bonen / zomer tarwe	Gem. bouwplan
S (standaard)	484	208	410	286	347	494	372
T (tussenvorm)	405	208	272	208	399	415	318
M (minimaal)	339	208	272	208	399	415	307
Vershil T t.o.v. S	-16,3%	0,0%	-33,7%	-27,3%	15,0%	-16,0%	-14,4%
Vershil M t.o.v. S	-30,0%	0,0%	-33,7%	-27,3%	15,0%	-16,0%	-17,4%

Baten

In Tabel 8.7 zijn de baten, uitgedrukt als opbrengsten, weergegeven van het bouwplan voor de gangbare gewasrotatie. Hier valt op dat op bouwplanniveau de alternatieve grondbewerkingsstrategieën minder opbrengen dan de standaard bewerking. Op bouwplanniveau resulteren de tussenvorm en de minimale grondbewerking respectievelijk in een daling van €20 (0,3%) p/ha/j en €47 (0,8%) p/ha/j. Met name zaaiuien en mindere mate wintertarwe of zomergerst laten een lagere opbrengst zien. Voor de twee andere gewassen,

pootaardappelen en suikerbieten, liggen de opbrengsten wel iets hoger dan de uitgangssituatie. Wanneer wordt gekeken naar de biologische rotatie in tabel 8.8 dan valt op dat de opbrengsten van de alternatieve varianten in vergelijking tot de standaardbewerking een lagere opbrengst hebben, namelijk €599 (6,8%) p/ha/j voor de tussenvorm en €773 (8,8%) p/ha/j voor de standaardbewerking. De relatieve dalingen van de gemiddelde opbrengsten onder de biologische rotatie zijn hoger in vergelijking tot de gangbare rotaties. Kijkend naar welke gewassen deze daling het meeste beïnvloeden, dan vallen de gewassen de winterpeen en industriekool (wit) het meest op met een daling van respectievelijk van 13,4% en 1,9% voor de tussenvorm en 15,5% en 5,2% voor de minimale bewerking p/ha/j. Tegenover deze gewassen staat grasklaver die een stijging laat zien van 14,1% en 16,9% voor respectievelijk de tussenvorm en de minimale bewerking.

Tabel 8.7 Overzicht opbrengsten per strategie en gewas voor de gangbare rotatie op Centrale klei

Opbrengsten gewassen (gangbare gewasrotatie) (€/ha)									
	Pootaardappelen		Suikerbieten		Wintertarwe of zomergest		Zaaiuien		Gem. bouwplan
Bewerking	kg/ha	€/ha	kg/ha	€/ha	kg/ha	€/ha	kg/ha	€/ha	€/ha
S (standaard)	40900	11452	98700	4515	7800	1248	70900	7090	6076
T (tussenvorm)	41300	11564	98800	4519	7700	1232	69100	6910	6056
M (minimaal)	41400	11592	98800	4519	7900	1264	67400	6740	6029
Vershil T t.o.v. S	1,0%		0,1%		-1,3%		-2,5%		-0,3%
Vershil M t.o.v. S	1,2%		0,1%		1,3%		-4,9%		-0,8%

Tabel 8.8 Overzicht opbrengsten per strategie en gewas voor de biologische rotatie op Centrale klei

Opbrengsten gewassen (biologische gewasrotatie) (€/ha)													
Bewerking	Cons. aardappelen		Grasklaver		Industriekool (wit)		Zomertarwe		Winterpeen		Veldbonen / zomertarwe		Gem. bouwplan
	kg/ha	€/ha	kg/ha	€/ha	kg/ha	€/ha	kg/ha	€/ha	kg/ha	€/ha	kg/ha	€/ha	€/ha
S (standaard)	32300	11305	11849	1422	85558	9411	5300	1802	63300	27219	5000	1800	8827
T (tussenvorm)	31900	11165	13524	1623	83953	9235	5600	1904	54800	23564	5200	1872	8227
M (minimaal)	31600	11060	13851	1662	81136	8925	5600	1904	53500	23005	4900	1764	8053
Vershil T t.o.v. S	-1,2%		14,1%		-1,9%		5,7%		-13,4%		4,0%		-6,8%
Vershil M t.o.v. S	-2,2%		16,9%		-5,2%		5,7%		-15,5%		-2,0%		-8,8%

Resultaat

In Tabel 8.9 zijn de resultaten van de kosten en baten van de verschillende landbouwsystemen en grondbewerkingsvormen weergegeven. Voor de gangbare varianten zijn de resultaten in vergelijking tot de uitgangssituatie zeer klein, namelijk voor de tussenvorm een nadeel van €7 p/ha/j en een voordeel van €15,00 p/ha/j voor de minimale grondbewerking. In het biologisch systeem zijn de uiteindelijke verschillen groter. Beide alternatieve bewerkingen resulteren in een nadelig resultaat van €546 p/ha/j voor de tussenvorm en €708 p/ha/j voor de minimale bewerking. Economisch gezien is het niet nadelig om op kleigrond voor de geselecteerde gewassen binnen een gangbare rotatie te kiezen voor een alternatieve bewerkingstrategie. Het biologische systeem daarentegen laat sterke negatieve resultaten zien, die worden veroorzaakt door een beperkt aantal gewassen.

Tabel 8.9 Overzicht resultaten per strategie en gewas voor de gangbare en biologische rotatie op Centrale klei

Resultaat bewerkingen (€/ha)				
Opbrengsten en kosten	Gangbaar (S. en T.) ¹	Gangbaar (S. en M.) ¹	Biologisch (S. en T.) ¹	Biologisch (S. en M.) ¹
Gem. opbrengst bouwplan				
Opbrengsten standaard (A)	6076	6076	8827	8827
Opbrengsten alternatief (B)	6056	6029	8227	8053
Vershil in opbrengsten (C = B - A)	-20	-47	-599	-773
Gem. kosten bewerking				
Standaard (D)	475	475	372	372
Alternatief (E)	462	412	318	307
Vershil in kosten (F = E - D)	-13	-63	-54	-65
Resultaat verschillen (C - F)	-7	15	-546	-709

¹ Afkortingen: S. = standaard; T. = Tussenvorm; M. = Minimaal

Zuidelijk zand

Kosten

Uit de resultaten van het lange termijn experiment op Zuidelijk zand blijkt dat voor alle gewassen de kosten van ploegen op €143 p/ha/j liggen en NKG op €80 p/ha/j. Dit resulteert voor NKG in een besparing van €63 (44,1%) p/ha/j. De kosten van NKG liggen in de biologische rotatie op bouwplanniveau €31,50 (5,2%) p/ha/j hoger dan ploegen (Tabel 8.10). Deze kosten liggen voornamelijk hoger voor de gewassen prei (€208; 31,5% p/ha/j) en winterpeen (€208; 10,3% p/ha/j). Voor de gewassen conserven erwten, zomergerst en consumptieaardappelen liggen de kosten lager met respectievelijk: €88 (-38,4%), €87 (30,0%) en €63 (-44,1%) p/ha/j. De besparing van NKG ten opzichte van ploegen komt door een daling in de benodigde arbeid en brandstof en de besparing de op mechanisatie (trekkers en werktuigen). De reden voor het

verschil in kosten voor het biologische systeem wordt veroorzaakt door de kosten van het handwieden, de overige kosten blijven namelijk gelijk.

Tabel 8.10 Overzicht grondbewerkingskosten per strategie en gewas voor de biologische rotatie op Zuidelijk zand

Kosten bewerkingen gewassen (biologische gewasrotatie) (€/ha)							
Bewerking	Cons. aardappelen	Cons. erwten	Prei	Zomergerst	Winterpeen	Snijmais	Gem. bouwplan
Ploegen	143	229	660	290	2014	303	607
NKG	80	141	868	203	2222	314	638
Vershil NKG t.o.v. Ploegen	-44,1%	-38,4%	31,5%	-30,0%	10,3%	3,6%	5,2%

Baten

In Tabel 8.11 zijn de baten gangbare uitgedrukt als opbrengsten weergegeven van het bouwplan voor de gangbare gewasrotatie. Hieruit valt af te leiden dat de alternatieve grondbewerking voor een daling zorgt van de gewasopbrengsten ten opzichte van de uitgangssituatie. Dit vertaalt zich op bouwplanniveau in een daling van €116 (1,6%) p/ha/j. De biologische rotatie (Tabel 8.12) vertoont een vergelijkbaar beeld met een daling van €130 (0,8%) p/ha/j. Wanneer wordt gekeken naar de specifieke gewassen dan valt op dat de gewassen binnen de bouwplannen van de landbouwsystemen een gevarieerd beeld laten zien. In de gangbare rotatie laten de consumptieaardappelen en conservenerwten een stijging zien van de opbrengsten met respectievelijk €288 (4%) en €177 (10,5%) p/h/j. Andere gewassen laten juist een daling zien, zoals prei en winterpeen met respectievelijk €725 (4,1%) en €513 (3,5%) p/ha/j. In de biologische rotatie laten de gewassen consumptieaardappelen en zomergerst een stijging zien van respectievelijk €1232 (11,2%) en €177 (13,1%) p/ha/j. De andere gewassen laten een daling zien. Waar conservenerwten in de gangbare rotatie voordeel ondervonden van NKG, dalen de opbrengsten van dit gewas in de biologische rotatie met €319 (8%) p/ha/j. Dit geldt ook voor snijmais wat in de gangbare rotatie nauwelijks een daling liet zien, maar in het biologische systeem daalt met €802 (7,8%) p/ha/j.

Tabel 8.11 Overzicht opbrengsten per strategie en gewas voor de gangbare rotatie op Zuidelijk zand

Opbrengsten gewassen (gangbare gewasrotatie) (€/ha)													
Bewerking	Cons. aardappelen		Cons. erwten		Prei		Zomergerst		Winterpeen		Snijmais		Gem. bouwplan
	kg/ha	€/ha	kg/ha	€/ha	kg/ha	€/ha	kg/ha	€	kg/ha	€/ha	kg/ha	€/ha	€/ha
Ploegen	50987	7138	5141	1697	39356	17710	6587	1054	121800	14616	16744	2177	7399
NKG	53043	7426	5679	1874	37745	16985	7030	1125	117529	14103	16782	2182	7283
Vershil NKG t.o.v. Ploegen	4,0%		10,5%		-4,1%		6,7%		-3,5%		0,2%		-1,6%

Tabel 8.12 Overzicht opbrengsten per strategie en gewas voor de biologische rotatie op Zuidelijk zand

Opbrengsten gewassen (biologische gewasrotatie) (€/ha)													
Bewerking	Cons. aardappelen		Cons. erwten		Prei		Zomergerst		Winterpeen		Snijmais		Gem. bouwplan
	kg/ha	€/ha	kg/ha	€/ha	kg/ha	€/ha	kg/ha	€	kg/ha	€/ha	kg/ha	€/ha	€/ha
Ploegen	31487	11020	4968	3974	31242	39053	3852	1348	78173	33614	17236	10342	16559
NKG	35007	12252	4569	3655	31153	38941	4357	1525	75951	32659	15900	9540	16429
Vershil NKG t.o.v. Ploegen	11,2%		-8,0%		-0,3%		13,1%		-2,8%		-7,8%		-0,8%

Resultaat

Tabel 8.13 laat de resultaten zien van de kosten en baten van ploegen en NKG binnen de gangbare en biologische rotaties. De verschillen tussen de grondbewerkingen voor beide rotaties zijn klein. NKG laat in het gangbare systeem een nadelig resultaat zien van €53 p/ha/j. In het biologische systeem loopt dit negatieve resultaat op tot €161 p/ha/j. Economisch gezien is het nadelig om te kiezen voor de alternatieve grondbewerking NKG. Echter zijn relatieve verschillen tegenover de totale bruto geldopbrengst klein. Daarnaast zijn er ook een heel aantal gewassen welke een positieve invloed ondervinden van NKG.

Tabel 8.13 Overzicht resultaten per strategie en gewas voor de gangbare en biologische rotatie op Zuidelijk zand

Resultaat bewerkingen (€/ha)		
Opbrengsten en kosten	Gangbaar	Biologisch
Gem. opbrengst bouwplan		
Opbrengsten ploegen (A)	7399	16559
Opbrengsten NKG (B)	7283	16429
Vershil in opbrengsten (C = B - A)	-116	-130
Gem. kosten bewerking		
Ploegen (D)	143	607
NKG (E)	80	638
Vershil in kosten (F = E - D)	-63	32
Resultaat verschillen (C - F)	-53	-161

Noordelijk zand

Kosten

In het lange termijn experiment op Noordelijk zand (Valthermond) worden voor de gangbare rotatie de grondbewerkingsstrategieën spitten en NKG onderzocht. Binnen de grondbewerkingsstrategieën (spitten en NKG) wordt geen verder verschil gemaakt naar gewas waardoor de kosten binnen de strategieën voor de gewassen hetzelfde zijn. Uit de proef blijkt dat spitten €265 en NKG €177 p/ha/j kosten (Tabel 8.14). Hierdoor bespaart NKG €88 p/h/j (33,2%) ten opzichte van de uitgangssituatie (spitten). Het verschil in kosten wordt hoofdzakelijk veroorzaakt door de mechanisatiekosten. In de variant van spitten wordt er gewerkt met een spitmachine en in die van NKG een vastetand cultivator met voorzetwoeler en vorenpakker. De laatstgenoemde is voordeliger in aanschaf en vergt daarnaast minder onderhoud. Daarbij is de NKG-methode minder arbeidsintensief en wordt er minder brandstof verbruikt.

Tabel 8.14 Overzicht grondbewerkingskosten per strategie en gewas voor de gangbare rotatie op Noordelijk zand

Kosten bewerkingen gewassen (gangbare gewasrotatie) (€/ha)					
Bewerking	Zetmeelaardappel Festien*	Suikerbieten	Zetmeelaardappel Seresta	Zomergerst	Gem. bouwplan
Spitten	265	265	265	265	265
NKG	177	177	177	177	177
Vershil NKG t.o.v. Spitten	-33,2%	-33,2%	-33,2%	-33,2%	-33,2%

Baten

Tabel 8.15 geeft de baten weer het bouwplan waarin de grondbewerkingen spitten en NKG zijn onderzocht voor de gangbare gewasrotatie. Hier valt op dat NKG op bouwplanniveau tot €33 p/ha/j hogere opbrengsten leidt dan spitten. De gewassen binnen het bouwplan laten een wisselend beeld zien, zo heeft met name het gewas zetmeelaardappel Festien met een stijging van €168 (4,8%) p/ha/j positieve invloed op de opbrengsten. Andere gewassen zoals Zetmeelaardappel Seresta en zomergerst is de stijging beperkter, met een respectievelijke stijging van €35 (0,9%) en €4 (0,3%) p/haj/j. Voor suikerbieten zorgt NKG voor een daling van gemiddeld €76 (1,8%) p/ha/j.

Tabel 8.15. Overzicht opbrengsten per strategie en gewas voor de gangbare rotatie op Noordelijk zand

Opbrengsten gewassen (gangbare gewasrotatie) (€/ha)									
Bewerking	Zetmeelaardappel Festien*		Suikerbieten		Zetmeelaardappel Seresta		Zomergerst		Gem. bouwplan
	kg/ha	€/ha	kg/ha	€/ha	kg/ha	€/ha	kg/ha	€/ha	€/ha
Spitten	49575	3470	93722	4287	56150	3931	7301	1168	3214
NKG	51975	3638	92051	4210	56650	3966	7325	1172	3247
Vershil NKG t.o.v. Spitten	4,8%		-1,8%		0,9%		0,3%		1,0%

Resultaat

Om de kosten en baten van spitten en NKG tegen elkaar af te wegen zijn in Tabel 8.16 de resultaten van de kosten- en batenanalyse weergegeven. Hieruit valt af te leiden dat NKG een voordeel heeft van €121 p/ha/j ten opzichte van spitten. Economisch gezien is het dus aantrekkelijk om bij het gangbare landbouwsysteem met dit bouwplan te kiezen voor NKG.

Tabel 8.16 Overzicht resultaten per strategie en gewas voor de gangbare op Noordelijk zand

Resultaat bewerkingen (€/ha)	
Opbrengsten en kosten	Gangbaar
Gem. opbrengst bouwplan	
Opbrengsten Spitten (A)	3214
Opbrengsten NKG (B)	3247
Vershil in opbrengsten (C = B - A)	33
Gem. kosten bewerking	
Spitten (D)	265
NKG (E)	177
Vershil in kosten (F = E - D)	-88
Resultaat verschillen (C - F)	121

Discussie en Conclusie

Om de verschillen in kosten en opbrengsten van de verschillende grondbewerkingen inzichtelijke te krijgen is een kosten- en batenanalyse toegepast. Voor telers zijn de uitkomsten van belang om de afweging te maken om wel of niet te kiezen voor een alternatieve grondbewerkingsstrategie. Uit dit onderzoek komt naar voren dat de resultaten van alternatieve grondbewerkingsstrategieën wisselend presteren en niet in alle gevallen een positieve economische bijdrage genereren ten opzichte van het bedrijfseconomische resultaat. Op Centrale klei en Zuidelijk zand dalen op bouwplanniveau zowel in het gangbare als biologische systeem de fysieke opbrengsten. Dit is met name het geval voor Centrale klei in de biologische proef waarbij de opbrengsten ten opzichte van de alternatieve varianten tot 8,8% dalen. Noordelijk zand daarentegen laat op bouwplanniveau wel een positief opbrengst effect zien. Hierbij is het belangrijk om te vermelden dat de verschillen in fysieke opbrengsten tussen gewassen in het bouwplan groot zijn. Zo nam in de Zuidelijk zand proef in de biologische rotatie de fysieke opbrengsten van zomergerst toe met 13,1% p/ha/j terwijl de opbrengst van conservenerwten in dezelfde proef met 8% dalen. Naast de verschillen tussen gewassen zijn er mogelijk ook verschillen tussen grondsoorten. Zo stijgt de opbrengst van zomergerst in de Zuidelijk zand proef met 6,7% terwijl deze in de Noordelijk zand en Centrale klei proeven nagenoeg niet stijgen. Kijkend naar de kosten, dan liggen deze voor de alternatieve grondbewerkingen voor de meeste systemen en gewassen lager. Alleen binnen de Zuidelijk zand proef in het biologische systeem stijgen de kosten voor de gewassen prei, winterpeen en mais door de hoeveelheid benodigde arbeid. Voor Centrale zeeklei was deze data echter niet beschikbaar, hierdoor zullen de kosten in werkelijkheid hoger liggen waardoor NKG voor de biologische rotatie in economische zin nog minder interessant wordt. De keuze voor een bepaalde grondbewerkingsstrategie hoeft geen keuze te zijn op bedrijfsniveau, maar kan op perceel niveau worden gemaakt, waarbij de bodemomstandigheden van dat moment en de gewaskeuze belangrijke variabelen zijn. Op veel bedrijven is daarom al geïnvesteerd in verschillende technieken. Hierdoor zullen de veronderstelde kostenbesparingen in dit onderzoek lager uitvallen. Kostenbesparingen of stijgingen in dit onderzoek bestaan deels uit mechanisatiekosten. De bedrijfsomvang bepaalt hoe hoog of laag deze precies uitvallen. In het

onderzoek door De Wolf *et.al* (2019) zijn statistische toetsen uitgevoerd om de te bepalen of de opbrengsten van de alternatieve grondbewerkingsstrategie significant verschillen ten opzichte van de uitgangssituatie. In dit onderzoek zijn deze uitkomsten niet meegenomen omdat deze niet voor alle bouwplannen beschikbaar zijn. De keuze voor NKG of een andere grondbewerkingsstrategie hoeft niet louter economisch te zijn gedreven. Een systeem als NKG kan namelijk een positieve bijdrage hebben op de biodiversiteit van het bodemleven (Weide, Alebeek, & Broek, 2008).

8.2.2 Akkerranden

De resultaten zijn gestructureerd aan de hand van de vier regio's. Elke regio bevat een referentiebouwplansaldo, vogelakker en de eenjarige en meerjarige kruidenranden

Centrale Zeeklei Noordoostpolder

In Tabel 8.17 zijn de resultaten weergegeven van de bouwplansaldo's voor de regio Centrale Zeeklei Noordoostpolder (CZKN). Hieruit blijkt dat het bouwplan met de eenjarige kruidenrijke akkerrand (op 5% van het bedrijf) gemiddeld het hoogste saldo per hectare oplevert (€4.302). Dit is te verklaren doordat de akkerrand in plaats komt van een gedeelte van het bouwplanaandeel van het lager salderende wintertarwe. De vogelakker (€4.225) en de meerjarige kruidenrijke akkerrand (€4.173) leveren het laagste gemiddelde saldo op. Dit komt doordat de meerjarige varianten een deel in het bouwplan innemen van hoger salderende gewassen als poot aardappel en tulp. De vogelakker heeft hogere opbrengsten dan de meerjarige kruidenrijke akkerrand, dit komt door de extra gewasopbrengsten (luzerne) en lagere kosten van het zaadmengsel.

Tabel 8.17 Overzicht bouwplanaandelen en bouwplansaldo's per hectare van de verschillende scenario's Centrale Zeeklei Noordoostpolder (CZKN)

Gewassen	Referentie	Vogelakker	Eenjarige kruidenrijke akkerrand	Meerjarige kruidenrijke akkerrand
Poot aardappel	33,3%	31,7%	33,3%	31,7%
Suikerbiet	16,7%	15,8%	16,7%	15,8%
Zaaiui	16,7%	15,8%	16,7%	15,8%
Wintertarwe	16,7%	15,8%	11,7%	15,8%
Tulp verhuur	16,7%	15,8%	16,7%	15,8%
Vogelakker		5%		
Eenjarige kruidenrijke akkerrand			5%	
Meerjarige kruidenrijke akkerrand				5%
Gemiddeld bouwplan saldo	€4.281	€4.225	€4.302	€4.173

Centrale Zeeklei Flevoland

In Tabel 8.18 zijn de resultaten weergegeven van de bouwplansaldo's voor de regio Centrale Zeeklei Flevoland (CZKF). Hieruit blijkt dat het bouwplan met de eenjarige kruidenrijke akkerrand (€2.939) en vogelakker (€2.930) gemiddeld het hoogste saldo per hectare opleveren. Voor de eenjarige kruidenrijke akkerrand komt dit doordat het in plaats komt van een gedeelte van het bouwplanaandeel van het lager salderende wintertarwe. Voor de vogelakker is het gemiddelde saldo hoger door vergoeding voor het natuurbeheer en de opbrengsten van luzerne dan het saldo van het referentiebouwplan. De meerjarige kruidenrijke akkerrand levert gemiddeld het laagste saldo op (€2.879). Dit komt doordat de opname van deze variant in het bouwplan ten koste gaat van het aandeel gewassen met hogere saldo's.

Tabel 8.18 Overzicht bouwplanaandelen en bouwplansaldo's per hectare van de verschillende scenario's Centrale Zeeklei Flevoland (CZKF)

Gewassen	Referentie	Vogelakker	Eenjarige kruidenrijke akkerrand	Meerjarige kruidenrijke akkerrand
Consumptieaardappel	25,0%	23,8%	25,0%	23,8%
Suikerbiet	25,0%	23,8%	25,0%	23,8%
Zaaiui	25,0%	23,8%	25,0%	23,8%
Wintertarwe	25,0%	23,8%	20,0%	23,8%
Vogelakker		5%		
Eenjarige kruidenrijke akkerrand			5%	
Meerjarige kruidenrijke akkerrand				5%
Gemiddeld bouwplan saldo	€2.918	€2.930	€2.939	€2.879

Noordoostelijk Zand en dalgebied

In Tabel 8.19 zijn de resultaten weergegeven van de bouwplansaldo's voor de regio Noordoostelijk Zand en dal gebied (NON). Hieruit blijkt dat de varianten met natuurbeheer de hoogste gemiddelde saldo's per hectare opleveren. De vogelakker heeft het hoogste gemiddelde saldo per hectare (€1.238), dit doordat de vogelakker het hoogste saldo heeft ten opzichte van de andere gewassen in het bouwplan. Hierop volgen de meerjarige en eenjarige kruidenrijke akkerrand, met respectievelijk een gemiddeld saldo van €1.187 en €1.182. Het referentiebouwplan geeft het laagste saldo (€1.167). Voor beide varianten geldt dat de saldo's van kruidenrijke randen hoger liggen dan het gemiddelde saldo van de overige gewassen.

Tabel 8.19 Overzicht bouwplanaandelen en bouwplansaldo's per hectare van de verschillende scenario's Noordoostelijk Zand en dal gebied (NON)

	Referentie	Vogelakker	Eenjarige kruidenrijke akkerrand	Meerjarige kruidenrijke akkerrand
Zetmeelaardappel	50,0%	47,5%	50,0%	47,5%
Zomergerst	33,3%	31,7%	28,3%	31,7%
Suikerbiet	16,7%	15,8%	16,7%	15,8%
Vogelakker		5%		
Eenjarige kruidenrijke akkerrand			5%	
Meerjarige kruidenrijke akkerrand				5%
Gemiddeld bouwplan saldo	€1.167	€1.238	€1.182	€1.187

Zuidwestelijk Kleigebied

In Tabel 8.20 zijn de resultaten weergegeven van de bouwplansaldo's voor de regio Zuidwestelijk Kleigebied (ZWZ). Hieruit blijkt dat het bouwplan met de vogelakker (€2.266) gemiddeld het hoogste saldo per hectare oplevert. Bij het bouwplan met de vogelakker is dit te verklaren doordat het gemiddelde saldo hoger is dan het referentiebouwplan (€2.239) door de vergoeding voor het natuurbeheer en de opbrengsten van luzerne.

Tabel 8.20 Overzicht bouwplanaandelen en bouwplansaldo's per hectare van de verschillende scenario's Zuidwestelijk Kleigebied (ZWZ)

	Referentie	Vogelakker
Consumptieaardappel	20%	19,0%
Wintertarwe	40%	38,0%
Suikerbiet	20%	19,0%
Zaaiui	20%	19,0%
Vogelakker		5%
Gemiddeld bouwplan saldo	€2.239	€2.266

Discussie en conclusie

De analyse van bouwplansaldo's met beheerpakketten ten opzichte van de het referentie bouwplan in de verschillende regio's tonen een wisselend beeld, echter gaat het om kleine verschillen. In de regio's CZKN en CZKF zijn de eenjarige kruidenrijke akkerranden het meest aantrekkelijk om in het bouwplan op te nemen, omdat het altijd in het laagst salderende gewas geteeld kan worden, en minder opbrengsten reduceert ten opzichte van hoog salderende gewassen. De vogelakker komt in de regio's NON en ZWZ als meest positieve variant naar voren. Verder blijkt uit het onderzoek dat de meerjarige kruidenrijke akkerranden op klei bedrijfseconomisch het minst interessant zijn. De reden is dat de meerjarige variant niet mee routeert in het bouwplan (zoals de eenjarige kruidenrijke rand) en heeft daarnaast geen aanvullende gewasopbrengsten zoals de vogelakker. Deelname aan het ANLb is niet alleen een economische afweging, het perceel dient namelijk in een door de provincie vastgelegd leefgebied te liggen. Daarnaast moet een rand passen op het bedrijf en aan het door het regionale collectief gestelde eisen voldoen. En praktisch uitvoerbaar zijn. Hierdoor kan de breedte van de rand afwijken dan de minimale 9 m waar in dit onderzoek vanuit is gegaan. De kosten van het mengsel kunnen per regio en collectief verschillen door de natuurdoelen die worden gesteld.

Hoewel de eenjarige kruidenrijke rand bedrijfseconomisch een positiever beeld laat zien ten opzichte van de meerjarige rand, is het onduidelijk wat voor effect dit heeft op de meerjarige koolstofvastlegging. Dit maakt nog onderdeel uit van het onderzoek. Bovendien hebben meerjarige randen een beter natuurresultaat dan eenjarige randen (Nederland Vogelbescherming, z.d.-a). In deze analyse zijn groenbemester en het inwerken van stro buiten beschouwing gelaten hoewel deze wel van invloed zijn op het bedrijfseconomische resultaat. Het telen van een groenbemester brengt namelijk extra kosten met zich mee en de afzet van stro geeft extra opbrengsten. Beide maatregelen kunnen namelijk worden gezien als maatregel om koolstof vast te leggen en de bodemkwaliteit te verbeteren. Om deze analyse goed uit te kunnen voeren op individueel-koolstofmaatregel niveau, zijn ze hier niet toegepast in de bouwplanberekening en wordt enkel het wel of niet aanwezig zijn van de akkerrand of niet aanwezig zijn van de kruidenrijke akkerrand doorgerekend.

8.2.3 Marginale kosten koolstof maatregelen

De resultaten zijn gestructureerd aan de hand van de koolstofmaatregel. Eerst wordt voor de maatregel Verbeteren gewasrotatie de verschillende regio's en varianten de resultaten gepresenteerd. Vervolgens de organische stofaanvoer.

Verbeteren gewasrotatie

Voor de precieze invulling van elk bouwplan, zie Bijlage 5. Voor de regio Zuid West Nederland waren de modelberekeningen per bouwplanvariant ten tijde van publicatie nog niet beschikbaar. Deze regio is daarom ook niet terug te vinden in dit hoofdstuk.

Centrale zeelei Noordoostpolder

Tabel 8.21 toont een overzicht van de varianten en marginale kosten van koolstofvastlegging door Verbeteren gewasrotatie voor de regio Centrale Zeelei Noordoostpolder (CZKN). Hieruit komt naar voren dat variant 3 (Maximaal groenbemester, €1773), variant 2 (Extra groenbemester, €1800) en variant 5 (50% Graan plus groenbemester, €1893) de laagste marginale kosten per hectare geven om doormiddel van Verbeteren gewasrotatie koolstof vast te leggen. De kosten in variant 1 (Extra graan, €2932) en variant 4 (50% Graan, €3223) liggen aanzienlijk hoger dan de hiervoor genoemde varianten. De kosten in variant 6 lopen ondanks de geringe daling van het bouwplansaldo zeer hoog op, omdat deze variant nauwelijks meer koolstof vastlegt dan het referentiebouwplan.

Tabel 8.21 Overzicht varianten en marginale kosten van koolstofvastlegging door Verbeteren gewasrotatie Centrale Zeelei Noordoostpolder (CZKN)

	Δ Koolstof- vastlegging (ton/ha/ jaar) t.o.v. referentie (A)	Bouwplan- saldo (€/ha) (B)	Δ Bouwplan- saldo t.o.v. referentie (C)	Marginale kosten koolstofvastlegging t.o.v. referentie (€/ton/jaar) (D=- (C/A))
Referentie		4256		
Variant 1 Extra graan	0,42	3037	-1219	2932
Variant 2 Extra groen- bemester	0,70	3004	-1252	1800
Variant 3 Maximaal groen- bemester	0,72	2972	-1284	1773
Variant 4 50% Graan	0,48	2722	-1534	3223
Variant 5 50% Graan plus groen- bemester	0,86	2624	-1632	1893

	Δ Koolstof- vastlegging (ton/ha/ jaar) t.o.v. referentie (A)	Bouwplan- saldo (€/ha) (B)	Δ Bouwplan- saldo t.o.v. referentie (C)	Marginale kosten koolstofvastlegging t.o.v. referentie (€/ton/jaar) (D=- (C/A))
Variante 6 Standaard met grasklaver	0,02	3758	-498	32478

Centrale Zeeklei Flevoland

Tabel 8.22 toont een overzicht van de varianten en marginale kosten van koolstofvastlegging door Verbeteren gewasrotatie voor de regio Centrale Zeeklei Flevoland (CZKF). Hieruit komt naar voren dat variant 5 (50% Graan plus groenbemester, €1803), variant 3 (Maximaal groenbemester, €2159) en variant 2 (extra groenbemester, €2212) de laagste marginale kosten per hectare geven om doormiddel van Verbeteren gewasrotatie koolstof vast te leggen. De vastlegging van koolstof in variant 4 (50% graan) ten opzichte van het referentie bouwplan is minimaal waardoor de kosten per ton vastgelegde koolstof zeer hoog oplopen. Voor variant 6 zijn de kosten niet berekend omdat deze minder koolstof vastlegt dan het referentie bouwplan.

Tabel 8.22 Overzicht varianten en marginale kosten van koolstofvastlegging door Verbeteren gewasrotatie Centrale Zeeklei Flevoland (CZKF)

	Δ Koolstof- vastlegging (ton/ha/jaar) t.o.v. Referentie (A)	Bouwplansald o (€/ha) (B)	Δ Bouwplansald o t.o.v. Referentie (C)	Marginale kosten koolstofvastleg ging t.o.v. Referentie (€/ton/jaar) (D=- (C/A))
Referentie		2869		
Variante 1 Extra graan	0,17	2353	-516	3045
Variante 2 Extra groenbemester	0,25	2314	-555	2212
Variante 3 Maximaal groenbemester	0,28	2274	-595	2159
Variante 4 50% Graan	0,00	2266	-603	268148
Variante 5 50% Graan plus groenbemester	0,39	2168	-701	1803
Variante 6 Standaard met grasklaver	-0,19	2348	-521	N.v.t.

Noordoostelijk Zand en Dalgronden

Tabel 8.23 toont een overzicht van de varianten en marginale kosten van koolstofvastlegging door Verbeteren gewasrotatie voor de regio Noordoostelijke Zand en Dalgronden (NON). Hieruit komt naar voren dat variant 2 (Extra groenbemesters, €519) de laagste marginale kosten per hectare geeft om doormiddel van Verbeteren gewasrotatie koolstof vast te leggen. De kosten voor variant 4 (Graan en rustgewas, €1500) liggen een stuk hoger dan variant 2. Voor variant 1 (Extra graan) en variant 3 (Rustgewas) zijn de kosten niet berekend omdat deze minder koolstof vastlegt dan het referentie bouwplan.

Tabel 8.23 Overzicht varianten en marginale kosten van koolstofvastlegging door Verbeteren gewasrotatie Noordoostelijke Zand en Dalgronden (NON)

	Δ Koolstofvastlegging (ton/ha/jaar) t.o.v. Referentie (A)	Bouwplansaldo (€/ha) (B)	Δ Bouwplansaldo t.o.v. Referentie (C)	Marginale kosten koolstofvastlegging t.o.v. Referentie (€/ton/jaar) (D=-C/A)
Referentie		1103		
Variant 1 Extra graan	-0,55	1027	-76	N.v.t.
Variant 2 Extra groenbemesters	0,34	929	-174	519
Variant 3 Rustgewas	-0,05	1145	42	N.v.t.
Variant 4 Graan en rustgewas	0,16	856	-247	1500

Zuidoostelijk Zand

Tabel 8.24 toont een overzicht van de varianten en marginale kosten van koolstofvastlegging door Verbeteren gewasrotatie voor de regio Zuidoostelijk Zand (ZOZ). Hieruit komt naar voren dat variant 4 (Graslandverhuur, €11) de laagste marginale kosten per hectare geeft om doormiddel van Verbeteren gewasrotatie koolstof vast te leggen. De kosten voor variant 2 (Extra groenbemester, €1044), variant 3 (Maximaal groenbemester, €1105) en variant 1 (Extra graan, €1894) liggen een stuk hoger dan variant 4.

Tabel 8.24 Overzicht varianten en marginale kosten van koolstofvastlegging door Verbeteren gewasrotatie Zuidoostelijk Zand (ZOZ)

	Δ Koolstofvastlegging (ton/ha/jaar) t.o.v. Referentie (A)	Bouwplansaldo (€/ha) (B)	Δ Bouwplansaldo t.o.v. Referentie (C)	Marginale kosten koolstofvastlegging t.o.v. Referentie (€/ton/jaar) (D=(C/A))
Referentie		2629		
Variant 1 Extra graan	0,28	2104	-525	1894
Variant 2 Extra groenbemester	0,57	2031	-598	1044
Variant 3 Maximaal groenbemester	0,63	1933	-696	1105
Variant 4 Graslandverhuur	0,36	2625	-4	11

Organische stof aanvoer

Tabel 8.25 toont een overzicht van de varianten en marginale kosten van koolstofvastlegging door organische mest. Uit de tabel blijkt dat alle organische mestsoorten de koolstofvastlegging ten opzichte van dunne varkensdrijfmest (referentie) bevorderen. Verder komt naar voren dat GFT-compost de laagste marginale kosten per hectare geeft (€274). Dit is een klein verschil met rundveedrijfmest (RDM) welke per ton koolstof hectare €280 kost. Dit is een opvallend klein verschil en laat zien dat GFT-compost, ondanks haar hoge kosten, zeer kosteneffectief is. Potstalmest daarentegen is een stuk minder kosteneffectief met marginale kosten van €739 per ton koolstofvastlegging hectare.

Tabel 8.25 Overzicht varianten en marginale kosten van koolstofvastlegging door organische mest op klei

Variant	Organische mestsoort	Totale kosten bemesting (€/ha)	Koolstof vastlegging (ton/ha)	Δ Koolstof vastlegging (ton/ha/jaar) t.o.v. Ref. (A)	Δ Totale kosten (€/ha/jaar) t.o.v. Referentie (B)	Marginale kosten koolstofvastlegging t.o.v. Referentie (€/ton/jaar) (C=(B/A))
Referentie	Dunne VDM	-277	0,73			
Variant 1	RDM	-44	1,56	0,83	233	280
Variant 2	Potstalmeest	672	2,01	1,28	949	739
Variant 3	GFT-compost	511	3,60	2,87	788	274

Discussie en conclusie

De gepresenteerde analyse heeft in kaart gebracht hoe hoog de kosten voor het vastleggen van een ton koolstof voor een bepaalde maatregel zijn. Op deze manier kunnen maatregelen en varianten goed tegen elkaar afgezet worden. Zo blijkt dat in de Flevolandse bouwplannen (CZKN en CZKF) koolstofvastlegging via Verbeteren gewasrotatie duurder uitpakt dan koolstofvastlegging in de andere regio's. Dat komt met name doordat de verlaging van het bouwplansaldo door verbeteren gewasrotatie in CZKN groot is; het is een dure maatregel doordat in Flevoland hoog salderende gewassen worden geteeld zoals pootaardappelen of zaaiuien. Voor CZKF geldt dat er juist weinig koolstof vastgelegd wordt door de verbeteren gewasrotatie, waardoor de marginale kosten ook hoog uitpakken. In de andere twee bouwplannen, NON en ZOZ, zijn een aantal bouwplanvarianten te vinden die beperktere kosten met zich meebrengen. Er is een enkele bouwplanvariant waar de koolstofvastlegging lager is dan in de referentie, waardoor er geen marginale kosten berekend kunnen worden.

Het aanvoeren van organische mest lijkt veelbelovender, omdat de marginale kosten per ton koolstof in de meeste gevallen een stuk lager zijn dan die in de verbeteren gewasrotatiesmaatregel, zoals bijvoorbeeld bij de aanvoer van compost. Daar wordt veel koolstof vastgelegd voor relatief beperkte kosten. Hier gelden natuurlijk wel de wettelijke voorschriften die de toepassing maximeren.

9 Conclusies en aanbevelingen

9.1 Kansen en netwerk akkerbouw

De huidige bodem & klimaat netwerken in de akkerbouw zijn ontstaan in aansluiting op bestaande netwerken waarbij de deelnemers al actief bezig waren met bodem en klimaatvraagstukken. Al voor de opstart van Slim Landgebruik hebben akkerbouwers al maatregelen genomen met als doel de bodemkwaliteit te verbeteren. De meeste maatregelen kunnen ook als bodem-klimaatmaatregel worden aangemerkt. Hoewel de deelnemers bereid zijn te experimenteren met maatregelen, verandert er in de praktijk weinig aan de bedrijfsvoering. De ingezette maatregelen worden gecontinueerd. Langzamerhand ontstaat er wel meer bewustzijn over de relatie bodembeheer en koolstof vastlegging in minerale bodems. De uitdaging binnen de netwerken is om maatregelen te gaan stapelen en te ontdekken welke effecten dit heeft op bodemvruchtbaarheid en opbouw van organische stof. Het rekenmodel geeft hierin snel inzicht en blijkt een geschikt instrument om de verschillende opties te verkennen. Met name de telers in Flevoland, die het model al langer kennen, zijn enthousiast over de uitkomsten en inzichten. De netwerken die later zijn aangesloten hebben tijd nodig om met elkaar aan de slag te gaan en kennis met ervaringen uit te wisselen.

Ook het meten van veranderingen in organische stof in de bodem heeft tijd nodig. Dit mede omdat de monsternamen en analyse leiden tot variatie in de uitslag van koolstofmetingen. Akkerbouwers zijn wel bereid om maatregelen te nemen, maar zien beperkingen vanuit bedrijfseconomisch perspectief (= bedrijfsrendement) en de beperkte ruimte bij het aanvoeren van organische meststoffen. Door meer akkerbouw netwerken mee te nemen ontstaat meer inzicht in de regionale verschillen. Ook de bodemmetingen en berekeningen laten zien dat er verschillen tussen de regio's zijn.

9.2 BLN-indicatoren

De gemiddeldes en spreiding van de waarden in de BLN-indicatorset variëren tussen de regio's. De spreiding van de indicatoren is veelal het grootst in de Veenkoloniën, en vaak het kleinst in Zeeland. De BLN-indicatoren correleren niet sterk met de concentratie koolstof in de bodem (C-elementair). Alleen voor totale stikstof en heet water extraheerbare koolstof is een redelijke correlatie gevonden. Dit betekent overigens niet dat maatregelen die een effect op koolstofvastlegging hebben geen effect hebben op de overige BLN indicatoren (zie Hoogmoed *et al.*, 2021). De gemeten BLN-indicatoren op de Netwerk Akkerbouw bedrijven dragen bij aan de ontwikkeling van referentiewaarden voor de BLN dataset.

9.3 Koolstofbalansen

Voor de Netwerken Akkerbouw in Flevoland, Zeeland, Brabant en de Veenkoloniën zijn koolstofbalansen berekend over de afgelopen 5 jaar. Van de in totaal 45 doorgerekende bedrijfstercelen zijn er positieve (9), neutrale (19) en negatieve (17) trendlijnen van koolstof in de bouwvoor gevonden (H6).

Uit analyse van de resultaten komen een aantal opvallende zaken naar voren:

- Hoewel de totale aanvoer van koolstof tussen percelen vergelijkbaar kan zijn, heeft dit niet altijd hetzelfde effect op de koolstofbalans. De beginwaarde aan organische stof is hier een belangrijke factor. De potentie voor afbraak is groter bij een grotere hoeveelheid aanwezige koolstof. De aanvoer naar percelen met een hoge beginwaarde zou relatief groter moeten zijn om deze waarde op peil te houden.
- Uit de bouwplannen komen verschillende bronnen van koolstofaanvoer naar voren. De teelt van granen met het inwerken van het stro is een belangrijke component in de koolstofaanvoer uit gewasresten. Daarnaast worden op de meeste percelen groenbemesters ingezet, al varieert de mate en de periode hiervan sterk. Sommige typen mest en compost hebben meer invloed op de koolstofaanvoer dan de standaard drijfmest varianten. Met name vaste dierlijke mest en verschillende typen compost leveren een significante bijdrage aan een positieve(re) koolstofbalans in de bouwvoor.

De trendlijnen over de afgelopen vijf jaar geven een eerste indicatie van de koolstofbalansen in de bodem. Bij analyse van de gegevens blijkt dat de volgorde van de ingevoerde gewassen en bemestingen van invloed kan zijn op het verloop van de trendlijn. Het komende jaar wordt daarom gewerkt aan het doorrekenen van een herhalende rotatie om hiermee betere voorspellingen voor de toekomst te kunnen doen.

9.4 Demonstraties

Het aanleggen van regionale demonstraties is waardevol voor telers. Een teler uit de Veenkoloniën gaf als voorbeeld dat machines vaak op kleigronden worden gedemonstreerd, maar op veenkoloniale (zand)grond heel anders werken. Bijvoorbeeld waar op kleigronden een groenbemester steviger verankerd is in de bodem, kan het 'mes' van de frees de plant netjes afsnijden. Op Veenkoloniale grond waar de grond veel losser is en planten minder sterk verankert staan werkt dit niet goed en worden de planten meer opzij geduwd, i.p.v. afgesneden.

De overwinteren groenbemesters in de demonstraties in de regio's Zeeland, Veenkoloniën en Flevoland worden eind maart/begin april 2021 beëindigd. Wel worden effecten van behandelingen in het volggewas gevolgd (opkomst na zaaien, opbrengst bij oogst). Het inwerken zal worden gefilmd / gefotografeerd en tijdens toekomstige (digitale) bijeenkomsten getoond en besproken. De demonstratie in Brabant met betrekking tot het regeneratieve rustjaar wordt rond oktober 2021 ingezaaid.

9.5 Economische analyse

Uit de economische analyse zijn een aantal zaken helder geworden:

- De kosten van gereduceerde grondbewerkingsmaatregelen om koolstof vast te leggen zijn vaak wat lager dan de referentiesituatie waarin geploegd wordt. Aan de andere kant varieert de productie van de gewassen per grondbewerkingsvariant ten opzichte van de referentie. Al met al valt de kosten-baten analyse voor gangbare bedrijfssystemen vergelijkbaar uit met de referentie grondbewerkingsstrategie. De kosten-baten analyse voor biologische systemen toont een negatief beeld voor de grondbewerkingsmaatregelen, doordat de opbrengsten in een paar gewassen een stuk lager uitvallen dan in de referentie situatie.
- De bouwplansaldi voor de verschillende akkerrandvarianten zijn vergelijkbaar met die van de referentiebouwplannen waar geen akkerranden zijn geïmplementeerd. De vogelakker en eenjarige akkerrand tonen in de meeste regio's zelfs een iets hoger

berekend bouwplansaldo, terwijl de meerjarige akkerrand een net wat lager berekend bouwplansaldo dan de referentie oplevert. Dat komt doordat de meerjarige akkerrand niet mee roteert in het bouwplan (zoals de eenjarige kruidenrijke rand doet in het laagst salderende gewas) en heeft daarnaast geen aanvullende gewasopbrengsten zoals de vogelakker. Het is bij het realiseren van de saldi met akkerranden een voorwaarde dat de vergoeding voor de akkerrand beschikbaar is in dat specifieke gebied vanuit een agrarisch natuurvereniging.

- De berekende marginale kosten van koolstofvastlegging zijn voor 'organische stofaanvoer' maatregelen lager dan voor 'verbeteren gewasrotatie'. Dat komt met name omdat er meer koolstof wordt vastgelegd door de aanvoer van organische stof dan er door het verbeteren van de gewasrotatie gerealiseerd kan worden. Met name compost heeft relatief lage marginale kosten. Hier is wel van belang dat er binnen de wettelijke normen voor aanvoer wordt gebleven. Een enkele bouwplanvariant lijkt ook veelbelovend in het vastleggen van koolstof voor relatief geringe kosten. De marginale kosten voor gereduceerde grondbewerking en akkerranden als koolstofmaatregelen is (nog) niet te berekenen, omdat de koolstofvastlegging voor gereduceerde grondbewerking nagenoeg nul is en voor akkerranden de koolstofvastleggingspotentie nog niet bekend is.

10 Referenties

- Agrarische Natuur Drenthe (2020). *Beheerpakketten Agrarisch Natuur- en Landschapsbeheer*. Geraadpleegd van <https://agrarischnatuurdrenthe.nl/wp-content/uploads/Beheerpakketten-Open-Akkerland-ANLb-2020.pdf>
- ANB Brabant (z.d.). *Open akkers op klei – Agrarisch natuur- en landschapsbeheer in Brabant*. Geraadpleegd 21 januari 2021, van <https://anbrabant.nl/beheer-afsluiten/beheerpakketten-en-vergoedingen/open-akkers-op-klei/>
- ANB Brabant (2018). 16b Vogelakker (gebiedsaanvraag). Geraadpleegd van <https://anbrabant.nl/wp-content/uploads/2018/10/Vogelakker-2019.pdf>
- BIJ12 (z.d.). *Het Agrarisch Natuurbeheer (ANLb)*. Geraadpleegd 10 november 2020, van <https://www.bij12.nl/onderwerpen/natuur-en-landschap/subsidiestelsel-natuur-en-landschap/agrarisch-natuurbeheer-anlb/>
- BIJ12 (2019). Bijlage 1: Maximale vergoeding beheerjaar 2020 als bedoeld in artikel 3.12 lid 6 en 3.14 lid 5 van de Subsidiereregeling natuur- en landschapsbeheer («provincie_naam») 2016.
- BoerenNatuur (z.d.). *Uitgangspunten berekening tarieven en beheer*. Geraadpleegd van <https://intranet.boeren Natuur.nl/wp-content/uploads/2018/07/Uitgangspunten-tarieven-en-beheervergoedingen.pdf>
- Coleman, K., & Jenkinson, D. S. (1996). RothC-26.3-A Model for the turnover of carbon in soil. In *Evaluation of soil organic matter models* (pp. 237-246). Springer, Berlin, Heidelberg.
- De Wolf, P., Dawson, A., & Klompe, K. (2019). *Kosten en baten van bodemmaatregelen : Grondbewerking, organische stofaanvoer en Tagetes patula als aaltjesvanggewas*. <https://doi.org/10.18174/511834>
- Drèze, J., & Stern, N. (1987). *Chapter 14 The theory of cost-benefit analysis*. Handbook of Public Economics (Vol. 2). Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S1573-4420\(87\)80009-5](https://doi.org/10.1016/S1573-4420(87)80009-5)
- Flevolands Agrarisch Collectief (2019a). *Kruidenrijke akkerranden*. Geraadpleegd van <https://flevolandsagrarischcollectief.nl/anlb/kruidenrijke-akkerranden/>
- Flevolands Agrarisch Collectief (2019b). *Overzicht Beheerpakketten*. Geraadpleegd van <https://flevolandsagrarischcollectief.nl/wp-content/uploads/2019/12/Bijlage-2-Beheerpakketten-Grasland-en-Open-Akker-2020-versie-4.3.pdf>
- Hanegraaf, M.C, van den Elsen, H.G.M., de Haan, J.J. en Visser, S.M. (2019). Bodemkwaliteitsbeoordeling van landbouwgronden in Nederland – Indicatorset en systematiek, versie 1.0. Wageningen Research, Rapport WPR-795, 34 p.

Hessel, R., Stolte, J., & Riksen, M. J. P. M. (2011). *Huidige maatregelen tegen water-en winderosie in Nederland*. Geraadpleegd van <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/164250>

Hoogmoed, M., Timmermans, B.G.H., Bloem, J., van Asperen, P., Cruijisen, J., De Haan, J., Selin Norén, I., Slier, T., Wagenaar, J.P., en Koopmans, C.J. (2021). *Effecten van koolstof vastleggende maatregelen op de (BLN)-bodemkwaliteit indicatoren*. Louis Bolk Instituut en Wageningen Research, 35 p.

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

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

Koopmans & Janmaat (2020). *Bodem en Klimaat Netwerk – Akkerbouw. Voortgangsrapportage 2020* (2020). Louis Bolk Instituut, Wageningen UR, ZLTO. 48 p.

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.

Kuhlman, T., Prins, H., Smit, A., & Wijnholds, K. (2014). *Klimaatbestendige landbouw Veenkoloniën. Maatschappelijke kosten-batenanalyse*. Geraadpleegd van <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/reports/456385>

Lesschen, J. P., Vellinga, T., Dekker, S., van der Linden, A., & Schils, R. (2020). *Mogelijkheden voor monitoring van CO₂-vastlegging en afbraak van organische stof in de bodem op melkveebedrijven* (No. 2993). Wageningen Environmental Research.

Nederland Vogelbescherming. (z.d.-a). *Meerjarige akkerrand factsheet*. Geraadpleegd van <https://www.vogelbescherming.nl/docs/f03ea09a-ef40-435c-8314-ef5f1634ba1d.pdf>

Nederland Vogelbescherming. (z.d.-b). *Vogelakker factsheet*. Geraadpleegd van <https://www.vogelbescherming.nl/docs/4b1fd52e-55e2-4ebf-8cc0-d9c79fe0aa50.pdf>

Weide, R. van der, Alebeek, F. van, & Broek, R. van den. (2008). *En de boer, hij ploegde niet meer?: literatuurstudie naar effecten van niet kerende grondbewerking versus ploegen*. Geraadpleegd van <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/3507>

Swart, W., Schreuder, R., & Metselaar, D. (2012). *Beheerpakketten Akkerbouw*.

Van der Burgt, G.J.H.M., Oomen, G.J.M., Habets, A.S.J. et al. (2006). *The NDICEA model, a tool to improve nitrogen use efficiency in cropping systems*. Nutrient Cycling in Agroecosystems 74: 275.

Van der Voort, M. (2018). *KWING AGV*. Lelystad: Wageningen Plant Research.

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.

Bijlage 1. Verslagen van de regiobijeenkomsten

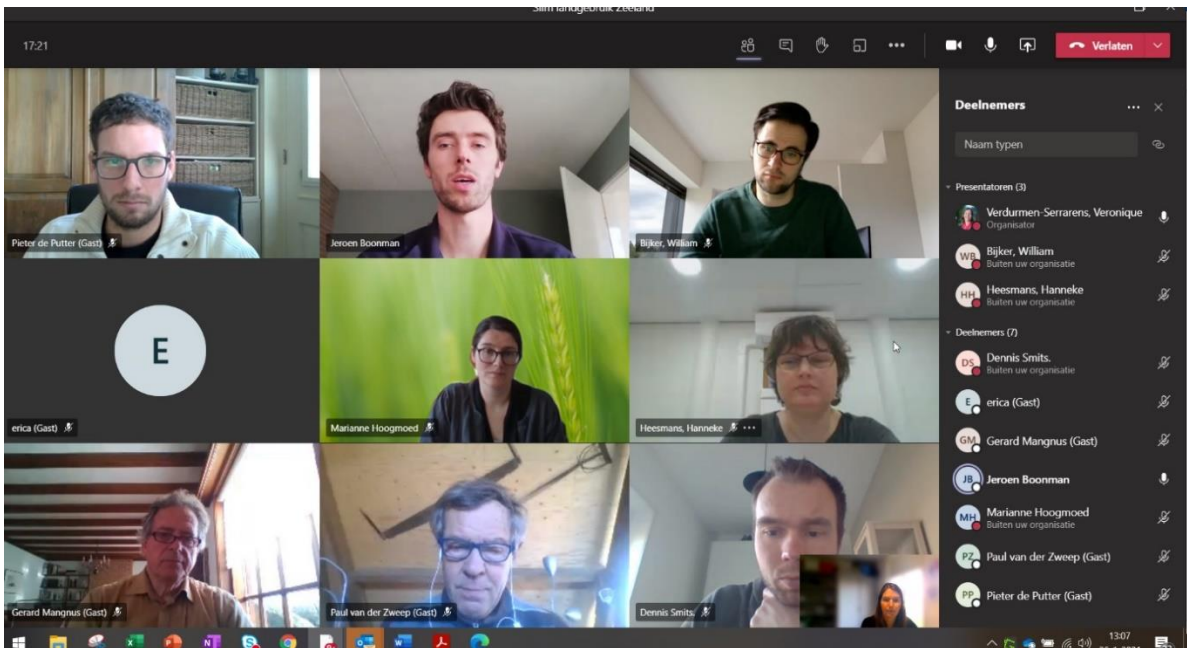
Regiobijeenkomst Zeeland

Groep 1, 26-1-2021

Aanwezig: Hanneke Heesmans (WUR), William Bijker(WUR), Marianne Hoogmoed (WUR), Veronique Verdurmen (ZLTO)

Gerard Mangnus, Jeroen Boonman, Paul van der Zweep, Dennis Smits, Peter en Erica Dieleman, Pieter de Putter

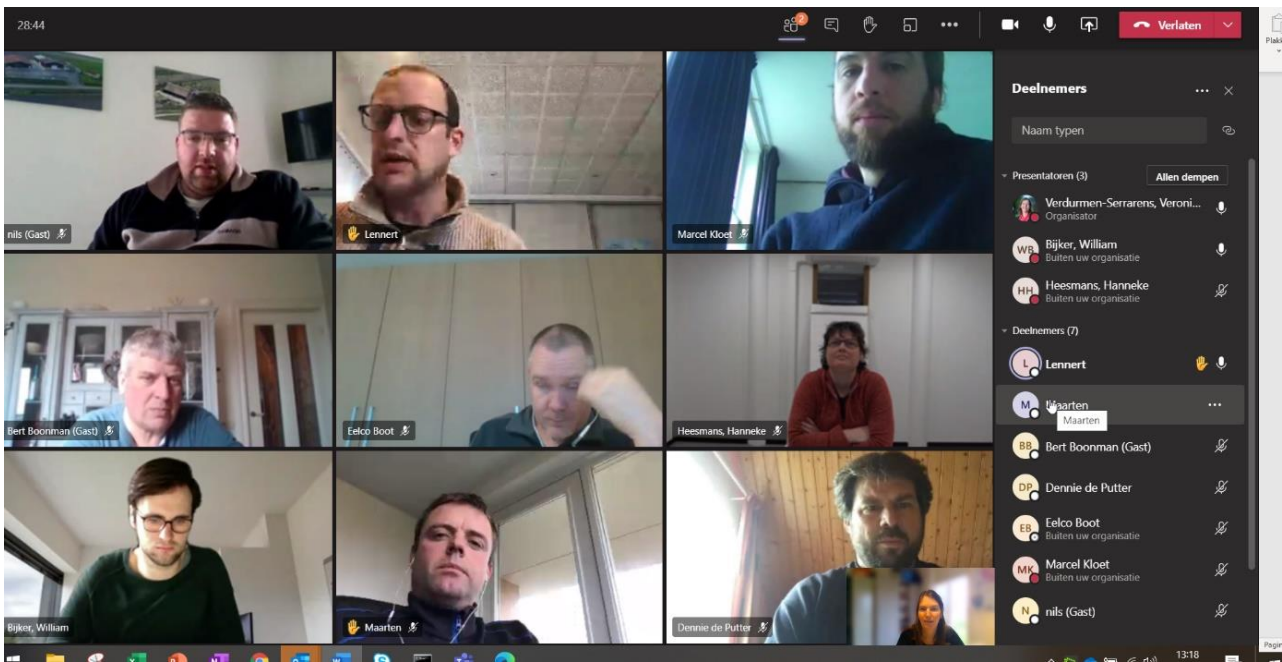
-
- Er wordt eerst een voorstelronde gemaakt. En er is gelegenheid tot het inbrengen van vragen.
 - Hier komt naar voren dat het lastig was vorig jaar als gevolg van weersomstandigheden met groenbemesters zaaien en mest/compost uitrijden.
 - Vraag: graslandfrees gebruiken voor luzerne. Ervaringen worden gedeeld.
 - Welke maatregelen worden toegepast? Ervaringen worden gedeeld.
 - Valt niet mee om een goede groenbemester te zaaien, op tijd zijn.
 - Groenbemester meezaaien met gerst. Goede ervaringen. Lastig om bepaalde onkruiden (duist) te bestrijden. Grondsoort is ook bepalend.
 - Frees kost veel brandstof. Wel een optie voor NKG. Er wordt uitgewisseld.
 - Ervaring met diepspitten.
 - Probleem met onkruiddruk bij veel groenbemesters. Graszaad toegevoegd aan bouwplan.
 - Vroeg ploegen voor structuur van de grond. Bij groenbemesters telen ploeg je later. Probleem met vergroening regelgeving.
 - Wortelonkruid probleem.
 - Hanneke: Gezien de tijd gaan we door naar William. Komt terug in de persoonlijke terugkoppeling.
 - William geeft toelichting.
 - Lange termijn effecten van bv. verbeteren gewasrotatie zijn niet meegenomen. Is dat uit te zoeken? Er wordt een link gelegd met de waarde van koolstof die wordt opgeslagen.



Groep 2, 28-1-2021

Aanwezig: Hanneke Heesmans (WUR), William Bijker(WUR), Veronique Verdurmen (ZLTO) Nils van Tilbeurgh, Dennie de Putter, Lennert den Boer, Maarten Janse, Bert Boonman, Eelco Boot, Marcel Kloet

- Er wordt een voorstellingsrondje gemaakt met praktische vragen.
- Er ontstaat een discussie rondom NKG en het maken van een zaaibed in het voorjaar. Binnen de groep zijn er verschillende ervaringen.
- Belangrijk keuze is de soort groenbemester. Groenbemester niet in het najaar kapot maken. Geduld hebben.
- Iets wat gemakkelijk kapot gaat in het voorjaar (phacelia). Wanneer zaai je de groenbemester? Discussie over vroeg zaaien. Anders sneller in het zaad.
- Resultaten worden apart teruggekoppeld door Hanneke.
- William geeft de presentatie. Er vindt een discussie plaats aan de hand van de resultaten.
- Er wordt nog een vraag later teruggekoppeld.
- Werkt een verbeteren gewasrotatie op lange termijn positieve effecten?
- Nog een vraag: waarom zijn de bewerkingskosten lager bij bio dan bij gangbaar.
- Hanneke licht haar presentatie toe.



Regiobijeenkomst Flevoland

Verslag Slim Landgebruik netwerk akkerbouw Flevoland

Datum: 24 februari 2021 Microsoft Teams

Aanwezig: Jan Peter Smid, Hilchard Waalkens, Jaap Buitenhuis, Wim Stegeman, Gert Jan van Dongen, Eric Pelleboer, Martin Topper, Harry Schreuder en Co'nn Rennen

Afgemeld: Pieter van Reeuwijk, Peter de Regt

Afwezig: Leo de Jongh, Eric Evers, Jaap Lodders

Resultaten Slim Landgebruik Bodem & Klimaat (Leen Janmaat)

Naast de meetresultaten binnen het netwerk, toont Leen resultaten uit de Lange Termijn Experimenten (LTE). Uit de doorrekeningen blijkt dat verruiming bouwplan (meer rustgewassen) en meer aanvoer organische mest bijdragen in opbouw van organische stof. Bij de maatregel Niet Kerende Grondbewerking (NKG) is geen effect in vergelijking met ploegen. Wel heeft NKG positief effect op bacteriologische biomassa en water vasthoudend vermogen. Uit evaluaties blijkt dat alle bodem klimaat maatregelen neutraal of positief effect hebben op bodemkwaliteit indicatoren. Bij de berekening van de hoeveelheid koolstof in de bodem (30 cm bouwvoor) wordt gebruik gemaakt van de meeting C-elementair en de bulkdichtdichtheid.

Vraag: Wat vind je van champost?

In principe een geschikte meststof, enerzijds goed voor bodemleven (opbouw organische stof) en anderzijds ook bemestende waarde. Nadeel is dat fosfaat 100% meetelt.

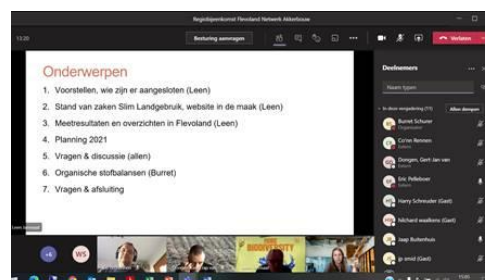
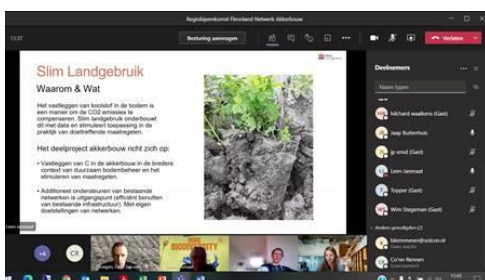
Vraag: Kunnen we de resultaten worden gebruikt bij de opgave voor bemestingsruimte?

Nee: De metingen hebben betrekking op een vlak binnen een perceel en is niet representatief voor het gehele perceel. Daarnaast is er een eis dat de monsternemer is geaccrediteerd.

Vraag: Wat zijn de knelpunten bij het doorvoeren van klimaatmaatregelen, wat is de boodschap voor de beleids mensen van Inv?

Antwoorden:

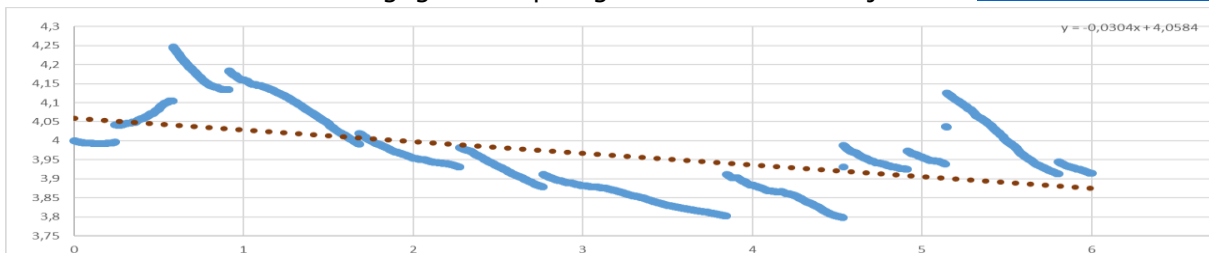
- De huidige bemestingsruimte (fosfaat) geeft een rem op toepassing organische meststoffen. De aanscherping voor fosfaat aanvoer, weerhoudt akkerbouwers om organische stof te verhogen. In de praktijk loopt Pw toe door actief bodemleven met als gevolg dat er minder fosfaat ruimte is. Regels (aanscherping) voor fosfaat staan haaks op het streven naar meer koolstof in de bodem.
- Ook de limiet voor stikstof 170 kg/ha/jaar geeft beperkingen. Gewassen waarmee veel mineralen (N) worden afgevoerd, moeten worden gecompenseerd. In Nederland zijn de opbrengsten relatief hoog waarmee ook meer wordt afgevoerd, de limiet 170 kg N beperkt aanvoer van organische mest.



Organische stofbalansen (Burret Schurer)

Burret geeft toelichting op de activiteiten van de afgelopen tijd met betrekking tot modellering. De aangeleverde data van de telers zijn gemodelleerd in NDICEA. De uitkomst wordt betrouwbaarder naarmate de ingevoerde gegevens beter aansluiten op het werkelijk bouwplan. Afgelopen jaar zijn de doorrekeningen van een perceel gedaan over afgelopen 5 jaar. Na het omzetten van de gegevens in Excel ontstaat een trendlijn. Deze trendlijn geeft een beeld van het verloop van de organische stof in de bouwvoor van de afgelopen 5 jaar. Komend jaar worden berekeningen verder verbeterd en afgestemd op het bouwplan. De huidige trendlijnen zijn dus nog niet definitief, maar geven al wel een inkijkje in het verloop van de koolstofbalans op dat perceel. Naast variatie in het bouwplan blijkt ook het start percentage OS invloed te hebben in het verloop van de balans. De verschillende percelen van de bedrijven zijn met elkaar vergeleken en in grafieken gezet. Gemiddeld wordt er bij de telers 4,7 ton gewasresten, 1 ton groenbemesters en 1,6 ton organische mest aangevoerd. Bij het tonen van de aangevoerde OS blijkt dat bij AFL15 nog organische bemestingen missen. Deze worden nog aangepast in het scenario. AFL15 blijft in de tussenrapportage nog even buiten beschouwing. Elke toevoeging van OS telt natuurlijk mee voor de uiteindelijke balans, en het is daarom erg belangrijk deze data goed te krijgen. Een van de telers dringt aan om de modelberekeningen echt betrouwbaar te maken voordat deze worden gebruikt voor kennisuitwisseling. De deelnemers hebben interesse om op basis van NDICEA naar elkaars bedrijf te gaan kijken. Leen adviseert om ook te kijken naar stikstof waarvoor het model is ontwikkeld.

Deelnemers kunnen ook hun gegevens opvragen en aanleveren bij Burret b.schurer@louisbolk.nl



Voorbeeld trendlijn OS op basis van doorrekening met NDICEA

Plannen voor 2021

- Verder volgen van effecten klimaatmaatregelen;
- Ndicea doorrekening uitbreiden naar volledig bouwplan voor meer betrouwbaarheid;
- Monsternamen, kwaliteitsbeoordeling en analyse voor de meetvlakken;
- Terugkoppeling resultaten;
- Demo's

12-3-2021

In de Meetlocaties

Vergelijken met eigen vooraf individueel bedrijf

- Beschouwen
- Meet
- Documenteren
- Documenteren
- Documenteren

Beknoptingen t.o.v. beschrijving en vooraf vaststellen met wie u wilt meten?

10

Achtergrond en aanleiding

Capaciteit labor met uitkomsten de tabel Lantaren

13

Meetresultaten

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
...

16

Meetwijze

Samenvatting met eigen vooraf individueel bedrijf

2 locaties op land

Met een 20 x 20 cm

- Beschouwen (zonder te spreken)
- Foto's maken meting
- Foto's maken
- Foto's maken 20 cm diepte

11



14



17

Overzicht van besmettingen met NDCEA

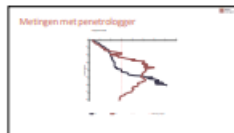
10 besmettingen van het LB

Besmettingen afgelezen 1 jaar + berekening + algemeen programma (20, 20, 20)

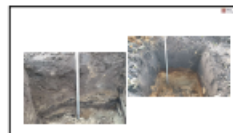
Beknoptingen t.o.v. beschrijving en vooraf vaststellen met wie u wilt meten?

Specifiek in de Meetlocaties: verduidelijken met een foto van de meetlocatie (zie 2.1.1)

12



15



18

12-3-2021

Wat zijn de besmettingslocaties?

Wat doet u met de besmettingen?

Beknoptingen t.o.v. beschrijving en vooraf vaststellen met wie u wilt meten?

19

Voortgang protocol & meetlocaties



22

Bijlage 2. Activiteiten binnen de telersnetwerken en regio's

Activiteit	Doelgroep
Veldbijeenkomst Brabant 3 juli 2020 over grondbewerking	Deelnemers netwerk (8 deelnemers aanwezig)
Veldbijeenkomst Zeeland 8 sept. 2020	Deelnemers netwerk (9 deelnemers aanwezig)
Webinar LTO 16 nov. 2020	Boeren / leden LTO (134 deelnemers)
Lezing webinar bodem & klimaat 9 febr. 2021	Onderwijs, boeren, adviseurs en beleid (74)
Online netwerkbijeenkomst Zeeland 26 en 28 febr. 2021	Deelnemers netwerk (13 deelnemers aanwezig)
Netwerk bijeenkomst Flevoland digitaal 24 februari 2021	Deelnemers netwerk (9 aanwezig)
Netwerkbijeenkomst Brabant gepland in april 2021.	Deelnemers netwerk
Netwerkbijeenkomst Veenkoloniën gepland in april 2021	Deelnemers netwerk
Demonstraties inwerken groenbemesters Zeeland / Flevoland / Veenkoloniën worden zullen worden gefilmd en via de website, webinars en eventuele online workshops worden getoond.	Zowel netwerkboeren als niet-netwerk boeren.

Bijlage 3. Voorbeeldverslagen terugkoppeling deelnemers.

Terugkoppeling Flevoland

Bodem & Klimaat Netwerk – Akkerbouw
Terugkoppeling 2019 / 2020

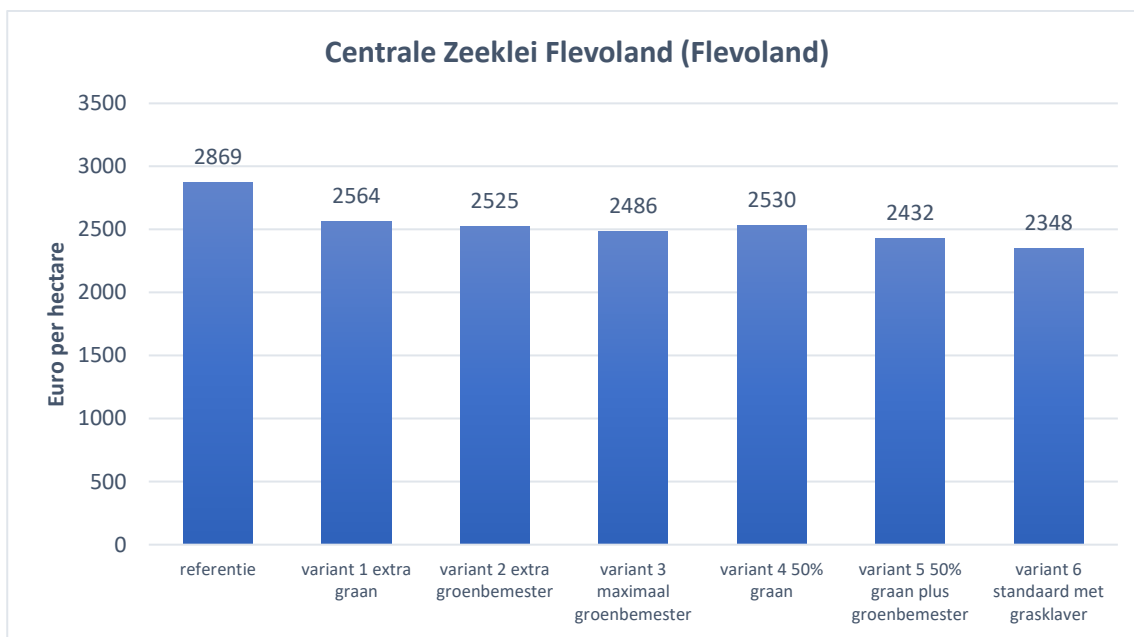
Contact: Leen Janmaat l.janmaat@louisbolk.nl M 0644197920

Terugkoppeling Bodem & Klimaat AFL06

Binnen Slim Landgebruik zijn meerdere netwerken opgestart. In Flevoland betreft dit het netwerk akkerbouw dat in samenwerking met Veldleeuwerik is gevormd. In 2019 zijn opnieuw de verschillende meetvlakken bemonsterd. De uitslagen zijn deels via de bemestingswijzer analyserapport eerder toegestuurd. In deze terugkoppeling zijn de overige meetresultaten en beoordelingen opgenomen. Op basis van de metingen kan de hoeveelheid opgeslagen koolstof (Bodem-C) in de bodem (30 cm) worden berekend. In deze terugkoppeling staan wat algemene resultaten over klimaatmaatregelen vermeld, daarnaast vindt u de bedrijfsspecifieke meetresultaten.

Klimaatmaatregelen algemeen

Van de verschillende maatregelen blijkt het aandeel rustgewassen in het bouwplan het meest effect te resulteren. Het extensiveren van het bouwplan heeft echter gevolgen voor het uiteindelijke economisch resultaat. Op basis van KWIN cijfers zijn verschillende varianten doorgerekend. De effecten zijn weergegeven in onderstaande figuur.

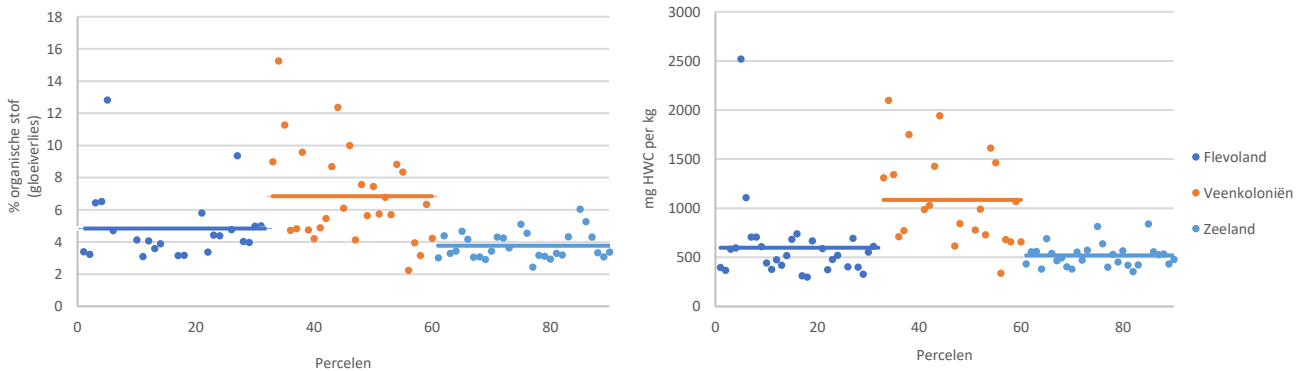


Figuur 1. Berekende bouwplansaldi in euro per hectare, van de referentie en de variant-bouwplannen voor Centrale Zeeklei van Flevoland.

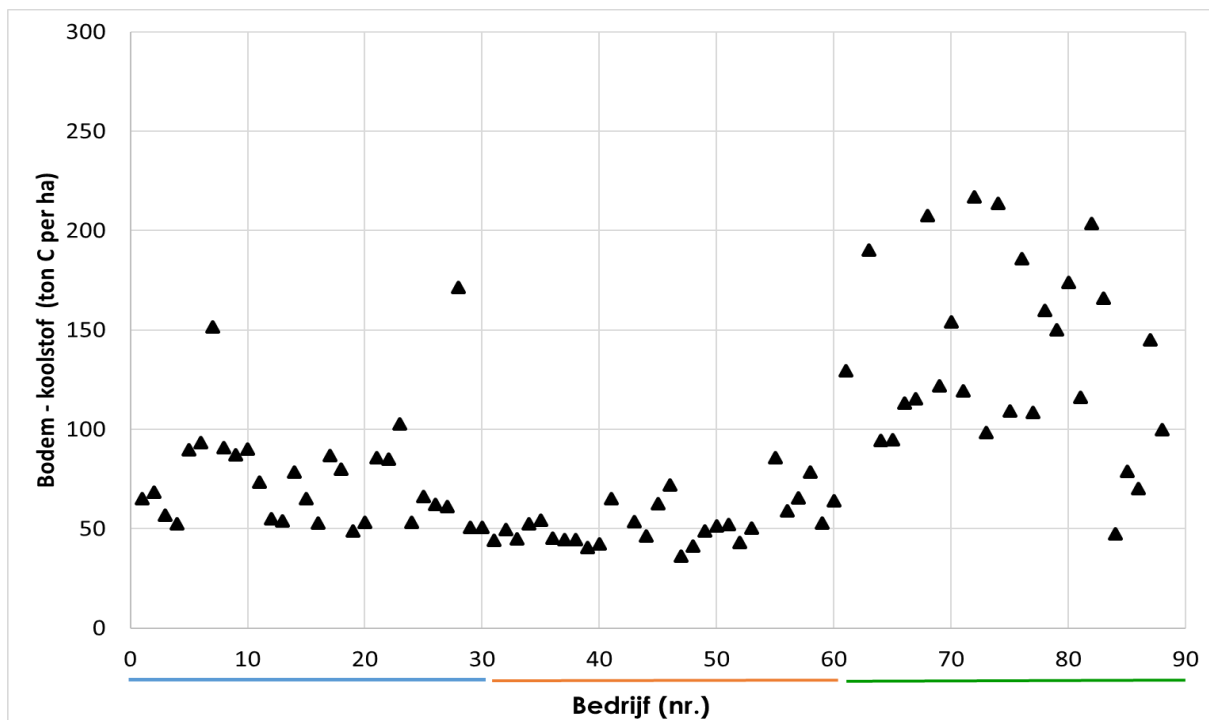
Naast het bouwplan heeft ook de keuze van meststoffen effect op de opbouw van organische stof in de bodem. Met name gebruik van vaste mest en compost draagt bij in de opbouw. De wijze van grondbewerking blijkt weinig effect te hebben op de hoeveelheid opgeslagen koolstof in de bouwvoor van 30 cm diepte. Bij niet kerende grondbewerking is wel een verhoging gemeten in de toplaag van 10 cm, maar in de laag van 30 cm is geen verschil met de geploegde varianten.

Binnen de netwerken zijn meerdere metingen gedaan, voor organische stof zijn naast organische stof NIRS (bemestingswijzer) ook C-elementair, C- gloeiverlies en Hot Water Carbon (HWC)

bepaald. Het wateroplosbare koolstof (HWC) is een indicator voor opbouw van organische stof. Aan de hand van C-elementair en bulkdichtheid wordt de hoeveelheid opgeslagen koolstof in de bodem (30 cm) berekend. Onderstaande figuren geven een samenvatting van de gemeten C-gloeiverlies in %, HWC in mg per kg en berekende hoeveelheid koolstof in de bodem in ton per ha.



Figuur 2. Het organische stofgehalte (links) en HWC (rechts)-waarden op de gemeten percelen met het gemiddelde per netwerk. De lijnen geven het gemiddelde per regio weer.



Figuur 3. Hoeveelheid opgeslagen koolstof in ton C per ha in de regio's Flevoland (links), Zeeland (midden) en Veenkoloniën (rechts)

Percelen

Bodem&Klimaat akkerbouw F61 en F62



Maatregel:

Extra inzet groenbemesters, ook voor poot aardappelteelt. De poot aardappelen vormen een belangrijke bedrijfseconomische poot onder het bedrijf. Als het bedrijf gaat extensiveren verdwijnen tulpen en/of witlof uit het bouwplan.

Bemonsteringen:

F61 Huiskavel (einde betonpad, voorbij de derde dam).

Doel: Uitbreiden groenbemesters, ook voor de pootgoedteelt.
2018 suikerbiet, 2019 uien, 2020 poot aardappels

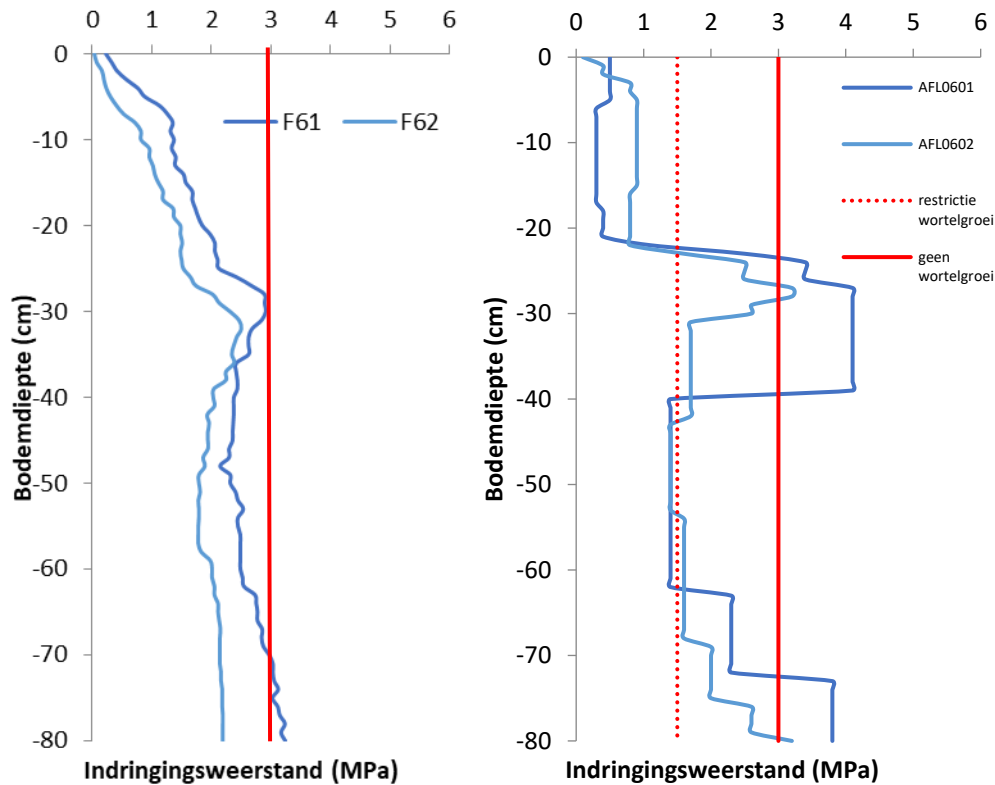
F62 Kavel verderop (2018 suikerbiet)

Doel: Inzicht in kwaliteit omdat hier voorheen veel organische mest is gebruikt. De grond is vettig en lastiger te bewerken.

Barrières:

- Na verbod op Round Up ontstaat de vraag hoe de grasgroenbemester goed in te werken
- Risico aardappelopslag beperkt inzet groenbemesters, ter compensatie wordt groencompost gebruikt tbv bodemkwaliteit.
- Bedrijfseconomie vormt afweging voor extensivering.

Meting indringingsweerstand



Meetresultaten

Code	Klei (%)	pH-CaCL2	C-elementair SOC (%)	Gloeiverlies O.S. SOM (%)	O.S. - NIR (%)	WVV	HWC	BD (g/kg)	Bodem-C (ton C/ha)
18F61	10	7,6	1,2	2,5	3			1,50	54
18F62	12	7,7	1,8	3,4	4			1,45	78
19F61	12	7,5	1,2	2,3	2,1	0,185	361	1,52	55
19F62	14	7,5	1,6	3,0	3,0	0,153	478	1,42	68

Toelichting

Beide percelen tot 80 cm doorwortelbaar. F61 is wat lager in organische stof en daarmee ook in koolstof opslag in de bodem. Wat kleine meetverschillen tussen 2018 en 2019.



AFL61



AFL62

Formulier visuele beoordeling profielkuil

Locatie:

Naam beoordelaar	LJ
Datum	05-11-2019
Bedrijf/LTE	
Code meetvlak	AFL06.01

Perceel- en teeltgegevens:

Gewas op moment bemonstering	Gele mosterd na zaaiuien
Toestand perceel	Vochtig/nat
Ploegdiepte	24 cm
Bijzonderheden	Overgang in profiel op ca. 35 cm

Bodemprofiel:

Bouwvoor			
Bouwvoor diepte in cm	35-40 cm		
Structuur			
% Scherpblokkig 0-25 cm	< 10	%	
% Scherpblokkig 25-50 cm	Ca. 40	%	
Beworteling			
Bewortelingsdiepte in cm	35	cm	
	Intensief	Redelijk	Slecht
Beworteling 0-25 cm	x		
Beworteling 25-50 cm		x	
Bodemleven 0-25 cm	x		
Bodemleven 25-50 cm		x	
Storende lagen			
Is er een storende laag aanwezig	Nee	Overgangslaag	
Zo, ja welke diepte in profiel (cm)		cm	
Zo, ja welke dikte (cm)		cm	
Beoordeling			
Waardering van het profiel (1 – 10) (geef een rapportcijfer)	7,5		
Toelichting op de waardering ¹ (bijzonderheden mbt profiel)	Beneden 35 cm oxidatie vlekken		

¹ Maak bij de beoordeling gebruik van brochures Bodemscan zand- en dalgronden, Bodemconditie, De Kuil,

Terugkoppeling Brabant

Binnen Slim Landgebruik zijn meerdere netwerken opgestart. In Brabant betreft dit het netwerk akkerbouw dat in samenwerking met ZLTO is gevormd. In 2019/2020 zijn per bedrijf meetvlakken bemonsterd. De uitslagen zijn deels via de bemestingswijzer analyserapport eerder toegestuurd. In deze terugkoppeling zijn de overige meetresultaten en beoordelingen opgenomen. Op basis van de metingen kan de hoeveelheid opgeslagen koolstof (Bodem-C) in de bodem (30 cm) worden berekend. In deze terugkoppeling staan de bedrijfsgegevens vermeld met daarbij de meetresultaten van afgelopen jaar.

Grondsoort: zandgrond, maar ook klei

Bedrijfs grootte: 120 ha

Bouwplan: Voorheen ook zwarte bessen, nu (1:4) friet aardappels (40 ha), (1:6) uien plant en zaai (10-15 ha), (1:6) suikerbieten (12 ha) en (1:6) knolselderij (10-12 ha), graan wt, wg en mais (40-45 ha). Deels uitruil (10 ha) mais-gras tegen aardappels. Ca. 60% rooigewassen om 40% maaigewassen.

Bemesting:

Voorjaarsbemesting RDM voor aardappels, groencompost voor uien. Na graan en plantuien VDM tbv groenbemester

Gewasresten

Stro wordt deels ingewerkt na wat drijfmest (vdm) giff.

Groenbemers:

Bladrammenas

Na graan en plantuien bladrammenas. Na aardappels komt er wt.

Grondbewerking:

Naast ploegen (25 cm) ook spitten.

Maatregel:

Geen aanvullende maatregelen.

Bemonstering op zandpercelen.

Bemonsteringen:

ABR0201 Tegenover de boerderij (in 2019 CA)

ABR0202 Huisperceel (in 2019 WT + compost)

Barrières: Mestwetgeving mbt gebruik vaste mest.

Percelen

Bij zijn twee percelen geselecteerd; het huisperceel (ABR0201) en het perceel tegenover de boerderij (ABR0202). De locaties zijn te zien op de satelietfoto.

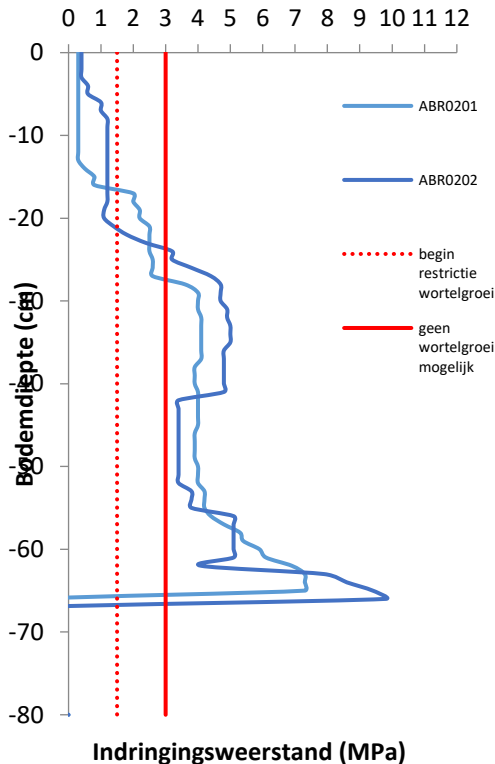


Metingen

Parameters	Eenheden	Toelichting
C-elementair (NIRS)	%	Gangbare methode voor het meten van organische koolstof
C-elementair Dumas	%	Betrouwbare methode voor het meten van organische koolstof
OS-Gloeiverlies	%	Betrouwbare methode voor het meten van organische stof
O.S. - NIRS	%	Gangbare methode voor het meten van organische stof
Watervasthoudend vermogen	cm ³ /cm ³	Volume water per volume grond
HWC	mg kg ⁻¹	Water oplosbare koolstof
Bodem-C	ton C ha ⁻¹	Vastgelegde koolstof per hectare

Meetresultaten koolstof

Code	Klei (%)	pH- CaCl ₂	C- elementair SOC (%)	Gloeiverlies		WVV	HWC	BD (g/kg)	Bodem- C (ton C/ha)
				O.S. (%)	O.S. - NIR (%)				
ABR21	6	6,5	1,5	2,8	2,9	0,14	600	1,57	71
ABR22	6	6,2	1,5	2,8	2,7	0,16	571	1,51	69



Qua textuur valt op dat beide percelen vrij zanderig zijn en weinig kleideeltjes bevatten. Het watervasthoudend vermogen van de grond is dan ook redelijk laag. Het watervasthoudend vermogen is meestal lager op zand- dan op kleigronden en kan worden verhoogd met het toevoegen van organische stof.

De indringingsweerstand van de bodem (zie figuur) geeft de druk aan die nodig is om in de bodem door te dringen. Een druk hoger dan 1,5 MPa geeft al restrictie van de wortelgroei daar waar na een druk van 3 MPa nog nauwelijks wortelgroei mogelijk is. In uw percelen wordt deze druk rond de 25 cm diepte al bereikt. Hier zit wellicht de ploegzool. De overgang van de teelt naar de zandlaag zit rond de 50cm, hier is ook een duidelijke verhoging van de indringingsweerstand te zien.

Profielkuil



ABR0201 Huisperceel



ABR0202 Tegenover

In de profielkuilen van uw percelen zijn verschillen zichtbaar die eigenlijk niet duidelijk terugkomen in de meetgegevens. Perceel 0202 lijkt in de teeltlaag humeuzer te zijn dan perceel 0201, maar dit is niet duidelijk terug te zien in het organische stofgehalte van de grond. Bij beide percelen is de teeltlaag zo'n 50cm diep en goed doorworteld. Beide percelen hebben een redelijk tot goed bodemleven en in perceel 0202 zijn veel wormen waargenomen (zie ook bijgevoegde beoordelingsformulier).

Bijlage 2 Visuele beoordeling profielkuil

Locatie: ABR02

Naam beoordelaar	LJ
Datum	27012020
Bedrijf/LTE	
Code meetvlak	ABR0201

Perceel- en teeltgegevens:

Gewas op moment bemonstering	Na aardappeloogst
Toestand perceel	
Ploegdiepte	22-24 cm
Bijzonderheden	

Bodemprofiel:

Bouwvoor	
Bouwvoor diepte in cm	50 cm
Structuur	
% Scherpblokkig 0-25 cm	< 10%
% Scherpblokkig 25-50 cm	Ca. 30 %
Beworteling	

Bewortelingsdiepte in cm			
	Intensief	Redelijk	Slecht
Beworteling 0-25 cm	x		
Beworteling 25-50 cm		x	
Bodemleven 0-25 cm	x		
Bodemleven 25-50 cm		x	
Storende lagen			
Is er een storende laag aanwezig	nee	Overgang 50 cm	
Zo, ja welke diepte in profiel (cm)	cm		
Zo, ja welke dikte (cm)	cm		
Beoordeling			
Waardering van het profiel (1 - 10)	7,5		
Teeltlaag op geel/wit zand	Teeltlaag op geel zand		

Locatie: ABR02

Naam beoordelaar	LJ
Datum	27012020
Bedrijf/LTE	
Code meetvlak	ABR0202

Perceel- en teeltgegevens:

Gewas op moment bemonstering	Groenbemester na bemesting met compost
Toestand perceel	
Ploegdiepte	22-24 cm
Bijzonderheden	

Bodemprofiel:

Bouwvoor	
Bouwvoor diepte in cm	55 cm
Structuur	
% Scherpblokkig 0-25 cm	< 10%
% Scherpblokkig 25-50 cm	Ca. 20 %
Beworteling	
Bewortelingsdiepte in cm	

	Intensief	Redelijk	Slecht
Beworteling 0-25 cm	x		
Beworteling 25-50 cm		x	
Bodemleven 0-25 cm	x		
Bodemleven 25-50 cm		x	
Storende lagen			
Is er een storende laag aanwezig	nee	Overgang	55 cm
Zo, ja welke diepte in profiel (cm)	cm		
Zo, ja welke dikte (cm)	cm		
Beoordeling			
Waardering van het profiel (1 - 10)	7,5		
Teeltlaag op geel/wit zand	Teeltlaag op zand	Veel wormen in toplaag	

Terugkoppeling Zeeland

Netwerk Akkerbouw
Slim Landgebruik

Terugkoppeling naar aanleiding van veldbezoeken en analyses 2018-2020

Achtergrond

Het Slim Landgebruik programma heeft als doel het leveren van wetenschappelijke kennis hoe er in aanloop naar en vanaf 2030, een additionele vastlegging van 0,5 Mton CO₂-eq per jaar tot stand kan komen. Dit is afgebakend tot Nederlandse minerale landbouwbodems. Om bevindingen te meten aan de praktijk, zijn er binnen enkele projecten netwerken opgestart voor zowel veeteelt als akkerbouw in verschillende regio's.

In Zeeland betreft dit het netwerk akkerbouw dat in samenwerking met ZLTO is gevormd in 2018. Binnen dit netwerk zijn 15 bedrijven geselecteerd die in de werkgroep van het programma meedoen. Op de bedrijven zijn in november 2018 één of twee percelen geselecteerd die in de tijd worden gemonitord op de hoeveelheid koolstof in de bodem. Dit is gebeurd door keukentafelgesprekken (2018, 2019 en 2020) en analyse van bodemonsters (2018 en 2019 [die van 2019 is uitgevoerd in februari 2020]). Binnen een perceel werd een representatief meetvlak van 40 m bij 80 m uitgezet, waarin alle metingen werden verricht. Hier zijn met behulp van een guts 40 bodemonsters gestoken in de laag 0-30 cm, waarna deze voor analyse zijn opgestuurd naar Eurofins Agro en Wageningen Environmental Research. Met een penetrologger is met tien steken tot 80 cm diepte de indringingsweerstand van de bodem gemeten. Doormiddel van een profielkuil van 50 bij 50 cm is de bodem visueel beoordeeld en zijn op 15 cm diepte twee ringen geslagen om de bulkdichtheid en het watervasthoudend vermogen van de bodem te meten. Deze ringmonsters zijn ter analyse verstuurd naar de Bodemkundige Dienst van België.

In deze terugkoppeling staan wat algemene resultaten over klimaatmaatregelen vermeld, daarnaast vindt u bijgevoegd de bedrijfsspecifieke meetresultaten. Op basis van de metingen is de hoeveelheid opgeslagen koolstof (Bodem-C) in de bodem (bovenste 30 cm) berekend.

Klimaatmaatregelen (algemeen)

Voorlopige resultaten binnen Slim Landgebruik

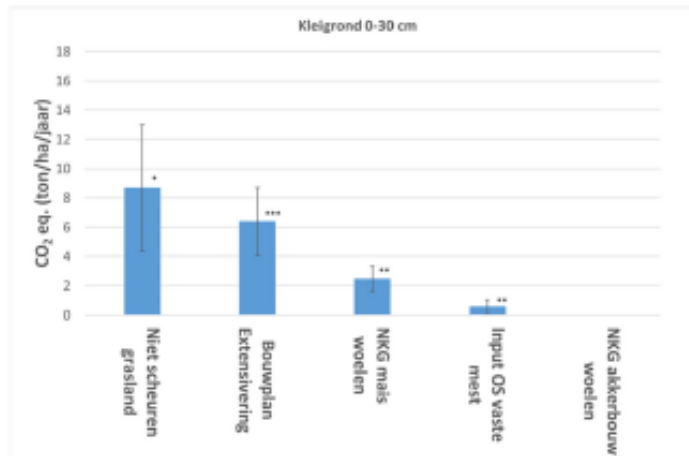
Van de verschillende maatregelen¹ die binnen het programma zijn getest, blijkt voor landbouw op klei het aandeel rustgewassen in het bouwplan het meest effect te resulteren (zie figuur 1). Er moet wel worden vermeld dat geen van deze experimenten op Zeeuwse klei is getest, dit maakt het zo belangrijk om dit soort experimenten in de praktijk te volgen en naar specifieke regionale context te kunnen omschrijven.

In onderstaande figuur wordt over equivalenten in koolstofdioxide (CO₂ equivalenten) gesproken. Dit is een manier om alle gassen die kunnen bijdragen aan het broeikas effect met het opwarmend vermogen weer te geven. Deze gassen zijn naast koolstofdioxide (CO₂) vaak distikstofoxide (N₂O) en methaan (CH₄).

Naast aanpassingen in het bouwplan, heeft ook de keuze van meststoffen effect op de opbouw van organische stof in de bodem. Met name het gebruik van vaste mest en compost draagt bij in het vastleggen van koolstof in

1 De 6 geteste potentieel rijke maatregelen als het gaat om CO₂-vastlegging: Aanpassingen bouwplan, NKG in akkerbouwrotaties, input organische stof, niet scheuren grasland (veeteelt), diversiteit grasland (veeteelt), grondbewerking mais (Koopmans et al., 2019).

de bodem. De wijze van grondbewerking blijkt weinig effect te hebben op de hoeveelheid opgeslagen koolstof in de bouwvoor van 30 cm diepte. Bij niet kerende grondbewerking is wel een verhoging gemeten in de toplaag van 10 cm, maar in de laag van 30 cm is geen verschil met de geploegde varianten.

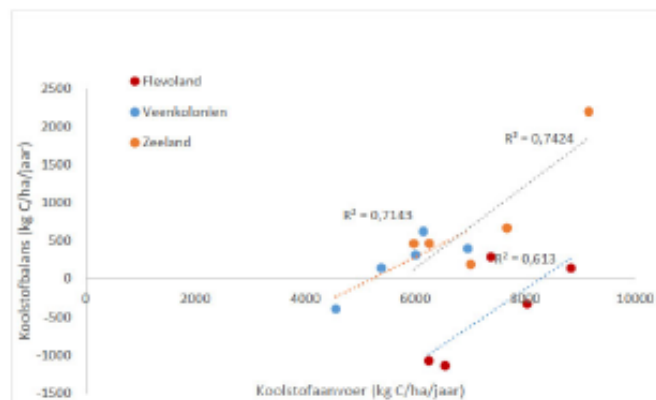


Figuur 1. Potentiele effecten van maatregelen in ton/ha/jaar aan CO₂-equivalenten voor kleigrond. Onzekerheid weergegeven door standaardfout van het verschil (SED), significantie weergegeven door sterretjes (Koopmans et al., 2019).

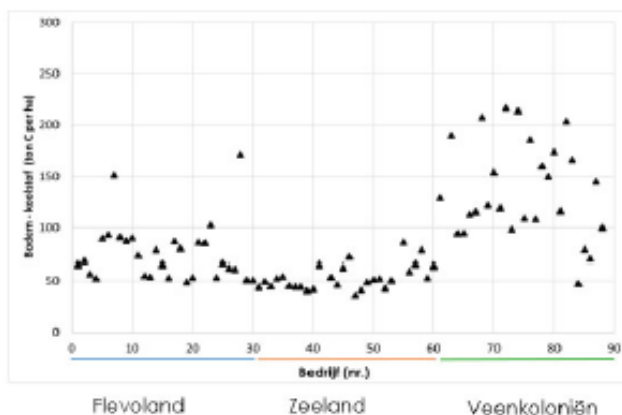
Voor NKG op klei zijn weinig verschillen gevonden wat betreft toename van koolstof in de bodem, aldus Koopmans et al (2020). Het ging bij deze proeven om percelen die 10, 8 en 5 jaar onder NKG werden beheerd. Enkele redenen die werden aangedragen waarom dat de verschillen (nog) niet duidelijk zijn:

- Dat bij NKG gedurende de eerste jaren weliswaar niet kerend en ondieper, maar mogelijk vaker bewerkt wordt vanwege onkruidproblematiek.
- Dat de proeven nog niet lang genoeg lopen om tot positieve resultaten te leiden.
- Dat een standaard bouwplan met veel rooivruchten dusdanige verstoring in de bodem veroorzaakt dat dit toename in organische stof tegengaat.
- Dat de vorm van NKG zoals die bij ons gebruikt wordt te intensief is wat bewerking betreft.

Uit berekeningen (Janmaat et al, 2020) van de koolstofbalans, dat de aanvoer van extra koolstof (in de vorm van organisch materiaal) ook echt zorgt voor opbouw, en niet alleen voor een hogere afbraak. Er zijn regionale verschillen te zien; in Flevoland lijkt het moeilijker om een positieve balans te behalen dan in Zeeland of de Veenkoloniën.



Figuur 2. Koolstofbalans versus koolstofaanvoer van 15 bedrijven in de regio's Flevoland, Veenkoloniën en Zeeland (2019).



Figuur 3. Berekeningen van bodem-C (in ton C/ha) in de bodem voor de drie regio's binnen netwerk Akkerbouw.

Alternatieve saldo berekeningen

De mogelijkheid om het bouwplan te extensiveren heeft gevolgen voor het uiteindelijke economisch resultaat. Op basis van KWIN cijfers zijn verschillende varianten (Tabel 1) doorgerekend. De KWIN gegevens zijn per regio verschillend, waardoor het saldo van eenzelfde gewas dus ook verschillend kan zijn per regio.

Tabel 1. Overzicht van de bouwplannen per regio. Het eerste bouwplan is telkens het referentie bouwplan.

		Referentie	variant 1	variant 2	Variant 3	variant 4
Zuidwestelijk Kleigebied	1	CA	CA	CA	CA	CA
	2	WT+gb	WT+gb	WT+gb	WT+gb	WT+gb
	3	SB	SB	SB	SB	SB
	4	ui	WT	WT+gb	WT+gb	WT+gb
	5	WT+gb	ui	ui	ui	ui
	6		WT+gb	WT+gb	vlas	GZ
	7					GZ

CA=consumptieaardappel, WT=Wintertarwe, gb=groenbemester, SB=suikerbiet, GZ=graszaad.

Eerst wordt het referentie bouwplan gepresenteerd als referentie. Vervolgens wordt daar extra graan aan toegevoegd (variant 1). Daarna worden er extra groenbemers geteeld (variant 2), en tot slot, zo mogelijk, maximale hoeveelheid groenbemers (variant 3). De laatste paar varianten zijn regionaal verschillend, met bijvoorbeeld praktijkvoorbeelden, andere rust- of graangewassen. De effecten voor Zeeland zijn weergegeven in onderstaande figuur (Figuur 4).

In het zuidwestelijke kleigebied levert een extra graangewas in het bouwplan tot een geringe afname in het bouwplansaldo (variant). Extra groenbemers vergroten dat verschil (variant 2 en 3). Tweejarig graszaad zorgt ervoor dat het aandeel van de andere hoger salderende gewassen in het bouwplan kleiner wordt, waardoor het bouwplansaldo nog wat verder afneemt.

Om de aanvoer van effectieve organische stof te vergroten, moet dat per bouwplan vastgesteld en vergeleken worden. Op deze manier kan er op zoek worden gegaan naar een optimale verruiming van het bouwplan, met zo min mogelijk saldo-verlies en lage vereiste opbrengstverhoging maar veel extra aanvoer van organische stof.



Figuur 4. Berekende bouwplansaldi in euro per hectare, van de referentie en de variant-bouwplannen voor het Zuidwestelijke Zeekleigebied van Zeeland.

AZE13

Percelen

Huiskavel en aardappelveld (apart bemonsterd)



(Foto's klein gemaakt wegens privacy)

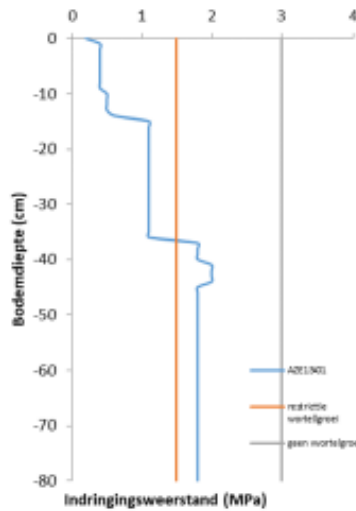


Maatregelen

Compost aanvoeren een probleem. Interesse is er wel, maar willen de bedrijven ook komen.

- Extensief bouwplan
- Maximaal groenbemesters
- Akkerranden/vogelranden
- Minimale grondbewerking
- NKG

Penetrologger



De indringingsweerstand van de grond bepaalt de kracht die nodig is voor wortels om in de grond door te dringen. Bij een indringingsweerstand hoger dan 1,5 MPa vindt er restrictie van wortelgroei plaats. Wortelgroei is nauwelijks meer mogelijk bij een indringingsweersrand hoger dan 3 MPa.

Deze lijn geeft een gemiddelde weer van 10 steken die op het perceel zijn genomen. Het kan als een indicatie worden gezien dat als een lijn snel voorbij de 3 MPa schiet, en op het perceel vaak wateroverlast is, dit een indicatie is voor een laag die moeilijk waterdoorlatend en worteldoorlatend is. Dat is hier niet het geval.

Een voorbeeld van maximale worteldiepte in Nederland:

- 100 cm tot grondwater; granen, gras, witlof, suikerbiet en luzerne
- 80 cm: wortel, bladrammenas
- 50 cm: aardappel, maïs, ui, bloembol, gele mosterd

NDICEA model

Organische stof (OS) neemt vooral toe bij de teelt van granen (ook al geeft gerst in het laatste jaar een afname in het seizoen). Specifiek het onderwerken van de gewasresten geven een positief resultaat op de OS in de bodem. Dit geldt ook voor het onderwerken van groenbemesters. Over het hele bouwplan neemt de OS toe met 0.1%.



Chemische analyses

Een deel van de metingen is rechtstreeks terug te vinden in de Bemestingswijzer van Eurofins, welke is bijgevoegd. Hier koppelen we de aanvullende meetresultaten terug. In de onderstaande tabel een korte toelichting van de aanvullende metingen.

Parameters	Eenheden	Toelichting
Klei	%	Percentage klei (deeltjes kleiner dan 2 µm) in monster
pH-CaCl ₂	[-]	pH gebruikt voor bemestingsonderzoek
C-elementair (SOC)	%	Betrouwbare methode voor het meten van organische koolstof
OS-Gloeiverlies	%	Betrouwbare methode voor het meten van organische stof
O.S. - NIRS	%	Gangbare methode voor het meten van organische stof
Watervasthoudend vermogen	cm ³ /cm ³	Volume water per volume grond
HWC	mg/kg	Water oplosbare koolstof
BD	g/kg	Bulk dichtheid van de bodem
Bodem-C	ton C/ ha	Vastgelegde koolstof per hectare

Binnen de netwerken zijn meerdere metingen gedaan. Naast het kleipcentage en de pH is voor organische stof, naast koolstof (C-elementair), ook de organische stof gemeten, de laatste is in zowel NIRS (bemestingswijzer), en via gloeiverlies gemeten.

Omdat binnen slim landgebruik uiteindelijk gerekend wordt aan C of CO₂ en niet aan organische stof, en er onzekerheid bestaat over hoeveel koolstof er nu in organische stof zit (Reijneveld et al., 2009), vormt dit het argument om bij de berekeningen van koolstof of koolstofdioxidevastlegging uit te gaan van C-elementair. Om de verschillen in waarden inzichtelijk te maken, zijn meerdere analyses opgenomen.

Het watervasthoudend vermogen (WVV) is gemeten als het volume water dat de grond van de teeltlaag vast houdt tussen het wegvloeien van een overmaat aan water (bijvoorbeeld na regen; veldcapaciteit) en het volume water in de grond waarbij het gewas geen water meer uit de grond kan opnemen (en dus verwelkt; verwelkingspunt). De referentiewaarde van WVV voor akkerbouw op klei ligt rond de 0,24 cm³/cm³.

Wateroplosbare koolstof (HWC) is een indicator voor opbouw van organische stof en een indicator voor de activiteit van het bodemleven (de waarde die wordt aangehouden als een goede waarde voor HWC is 500).

Bijlage 4. BLN-indicatoren

Tabel B3.1 Gemiddelde waarden van de BLN-indicatoren, gemeten in de netwerk akkerbouw regio's.

Categorie	Indicator	Analyse methode	Eenheid	Flevoland	Brabant	Veenkoloniën	Zeeland
Organische stof	C-elementair	Dumas	%	1,7	1,6	3,6	1,3
	Organisch stofgehalte	Gloeiverlies	%	3,2	3,2	6,7	2,4
	Organisch stofgehalte	NIRS	%	3,1	3,2	6,2	2,5
	Hot water extractable carbon	Heetwater extractie	mg kg ⁻¹	511	634	1085	520
Fysisch	Kleifractie (Lutum, <2 µm),	NIRS	%	21,1	6,4	1,5	19,9
	Maximale indringingsweerstand	Penetrometer	MPa	1,9	2,9	3,2	1,7
	Gemiddelde indringingsweerstand	Penetrometer	MPa	1,0	1,6	1,4	0,9
	Droge bulkdichtheid	Steekringmethode	kg m ⁻³	1,4	1,5	1,3	1,5
	Watervasthoudend vermogen	Berekend op basis van pF curve (pF 4,2 - pF2)	%	0,22	0,21	0,28	0,19
	Scherpblokkige structuurdelen	Visueel, bodemscan	%	11,6	13,6	12,3	19,1
	Hoeveelheid wortels	Visueel, bodemscan	index 0-2	1,8	1,9	1,6	1,2
Chemisch	Zuurgraad	CaCl ₂ extractie		7,5	6,4	5,3	7,5
	N-totaal-N	NIRS	g N kg ⁻¹	1,5	1,3	1,8	1,3
	N-totaal-K	Kjeldahl	g N kg ⁻¹	1,6	1,4	2,1	1,4
	N-mineraal in het najaar	CaCl ₂ extractie	kg ha ⁻¹	12,7	15,1	16,4	8,8
	P-beschikbaar (P-PAE)	CaCl ₂ extractie	mg P kg ⁻¹	1,2	3,5	3,8	2,2
	P-beschikbaar (Pw)	Water extractie	mg P ₂ O ₅ L ⁻¹	30,7	61,6	52,0	41,3
	P-voorraad	Ammoniumlactaat extractie	mg P ₂ O ₅ 100g ⁻¹	52,4	66,8	48,2	67,3
	K-beschikbaar	CaCl ₂ extractie	mg K kg ⁻¹	118,3	108,5	101,4	125,0
	K-voorraad	NIRS	mmol+ K kg ⁻¹	5,4	3,9	2,4	6,0
Biologisch	Potentieel mineraliseerbare stikstof	NIRS	mg N kg ⁻¹	29,6	53,0	40,9	30,2
	Microbiële biomassa	NIRS	mg C kg ⁻¹	205,4	215,3	264,8	264,5
	Bacteriebiomassa	NIRS	mg C kg ⁻¹	95,1	100,0	99,4	109,6
	Schimmelbiomassa	NIRS	mg C kg ⁻¹	65,0	66,9	74,9	81,8

Bijlage 5. Economische ondersteuning

Akkerranden

Centrale Zeeklei Noordoostpolder CZKN		Centrale Zeeklei Flevoland CZKF		Noordoostelijk Zand en dal gebied NON		Zuidwestelijk Kleigebied ZWZ	
Gewas	Saldo (€ p/ha)	Gewas	Saldo (€ p/ha)	Gewas	Saldo (€ p/ha)	Gewas	Saldo (€ p/ha)
Pootaardappel	7589	Consumptiea ardappel	4417	Zetmeelaard appel	1026	Consumptiea ardappel	3921
Suikerbiet	3016	Suikerbiet	3016	Zomergerst	889	Wintertarwe	1343
Zaaiui	2897	Zaaiui	2897	Suikerbiet	2143	Suikerbiet	2481
Wintertarwe	1343	Wintertarwe	1343	Vogelakker	2596	Zaaiui	2107
Tulp verhuur	3250	Vogelakker	3158	Eenjarige kruidenrijke akkerrand	1201	Vogelakker	2778
Vogelakker	3158	Eenjarige kruidenrijke akkerrand	1763	Meerjarige kruidenrijke akkerrand	1572		
Eenjarige kruidenrijke akkerrand	1763	Meerjarige kruidenrijke akkerrand	2134				
Meerjarige kruidenrijke akkerrand	2134						

Overzicht saldo's per hectare van: meerjarige vogelakker, eenjarige kruidenrijke akkerrand en meerjarige kruidenrijke akkerrand.

Meerjarige vogelakker	CZKN en CZKF	NON	ZWZ
	Bedrag (€)	Bedrag (€)	Bedrag (€)
hoofdproduct 1) 2)	735	735	735
ANLB vergoeding 3)	2.530	1.968	2.150
BRUTOGELDOPBRENGST (a)	3.265	2.703	2.885
UITGANGSMATERIAAL			
Luzerne: normaal zaad	33	33	33
Zaadmengsel	44	44	44
BEMESTING			
Rundveemest	-90	-90	-90
ENERGIE			
diesel	27	27	27
TOEGEREKENDE KOSTEN (b)	14	14	14
SALDO PER EENHEID EIGEN MECHANISATIE (c=a-b)	3.251	2.689	2.871
LOONWERK			
bemesten; bouwlandinjecteur	94	94	94
TOTAAL LOONWERK (d)	94	94	94
SALDO PER EENHEID LOONWERK (e=c-d)	3.158	2.596	2.778
1) Er wordt uitgegaan van een tweejarige teelt (voorjaars inzaai).			
2) Prijzen en opbrengsten op basis van gegevens van drogerijen, oogst en transport.			
3) ANLb vergoeding: meerjarige vogelakker (beheerpakket 16b)			

Eenjarige akkerrand	CZKN en CZKF	NON
	Bedrag (€)	Bedrag (€)
ANLB vergoeding 1)	2.530	1.968
BRUTOGELDOPBRENGST (a)	2.530	1.968
UITGANGSMATERIAAL		
Zaadmengsel	700	700
ENERGIE		
diesel	67	67
TOEGEREKENDE KOSTEN (b)	767	767
SALDO PER EENHEID EIGEN MECHANISATIE (c=a-b)	1.763	1.201
1) ANLb vergoeding: meerjarig kruidenrijke akkerrand (beheerpakket 19c)		

Marginale kosten

Overzicht van de bouwplannen per regio. Het eerste bouwplan is telkens het referentie bouwplan, gevolgd door per regio variërend aantal varianten. De afkortingen van de gewassen zijn gegeven in de volgende tabel

Regio	jr	referentie	Variant 1	Variant 2	Variant 3	Variant 4	Variant 5	Variant 6
		gewas	gewas	gewas	gewas	gewas	gewas	gewas
Centrale Zeeklei Flevoland CZKF	1	CA	CA	CA	CA+gb	UI	UI	CA
	2	SB	SB	SB	SB	WT	WT+gb	SB
	3	UI	WT	WT+gb	WT+gb	CA	CA	UI
	4	WT+gb	UI	UI	UI	WT	WT+gb	GK
	5		WT+gb	WT+gb	WT+gb	WP	WP	GK
	6					WT	WT+gb	
Centrale Zeeklei Noordoostpolder CZKN	1	PA	WT	WT+gb	WT+gb	WT	WT+gb	PA
	2	SB	SB	SB	SB	SB	SB	SB
	3	UI	UI	UI	UI+gb	WT	WT+gb	Ui
	4	PA	PA	PA	PA	PA	PA	PA
	5	WT+gb	WT+gb	WT+gb	WT+gb	WT	WT+gb	GK
	6	TU-V	TU-V	TU-V	TU-V	TU-V	TU-V	GK
Noordoostelijk Zand en dal gebied NON	1	ZA	ZA	ZA	ZA	ZA	ZA	
	2	SB	SB	SB	SB	ZG+gb	SB	
	3	ZA	ZG	ZG+gb	GK	ZG+gb	ZG+gb	
	4	ZG+gb	ZG	ZG+gb	GK	SB	ZA	
	5	ZA				GK	ZG+gb	
	6	ZG+gb				GK	ZG+gb	
Zuid Oost Nederland ZOZ	1	CA	CA	CA	CA+gb	CA	CA	
	2	SN+VG	ZG	ZG+gb	ZG+gb	SN+VG	WT+gb	
	3	Wasp	Wasp	Wasp	Wasp+gb	Wasp	SB	
	4	CE+SBB	ZG	ZG+gb	ZG+gb	CE+SBB	WT+gb	
	5	CA	CA	CA	CA+gb	CA	UI	
	6	SB	ZG	ZG	ZG+gb	SB	GZ	
	7	SN+VG	LE-V	LE-V	LE-V+gb	GR	GZ	
	8	LE-V	ZG	ZG+gb	ZG+gb	GR		

Afkortingen	Gewas
CA	Consumptieaardappel
CE+SBB	Conserven-erwt met volgteelt stamslaboon
Gb	Groenbemester (na hoofdgewas)
GK	Grasklaver
GR	Grasland veruur
GZ	Graszaad
LE-V	Lelie verhuur
LU	Luzerne
PA	Pootaardappel
SN+VG	Snijmais met vanggewas winterrogge
SB	Suikerbiet
SP	Spelt
TU-V	Tulp verhuur
UI	zaai-Uien
VL	Vlas
Wasp	Waspeen
WP	Winterpeen
WT	Wintertarwe
ZA	Zetmeel aardappel
ZG	Zomergerst